

Processamento e Utilização da Mandioca



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Cláudia Assunção dos Santos Viegas
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Membros

Diretoria-Executiva

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

Tatiana Deane de Abreu Sá
José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Diretores-Executivos

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical

José Carlos Nascimento
Chefe-Geral

Jorge Luiz Loyola Dantas
Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

Domingo Haroldo Reinhardt
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Neusa Alice dos Santos
Chefe-Adjunto de Administração

Embrapa Informação Tecnológica
Fernando do Amaral Pereira
Gerente-Geral

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MANDIOCA

Luciano da Silva Souza

Alba Rejane Nunes Farias

Pedro Luiz Pires de Mattos

Wânia Maria Gonçalves Fukuda

Editores Técnicos

Embrapa Informação Tecnológica
Brasília, DF
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB), W3 Norte (final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
vendas@sct.embrapa.br
www.embrapa.br/liv

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical

Rua Embrapa, s/nº - Caixa Postal 007
CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA
Fone: (75) 3312-8048
Fax: (75) 3312-8097
sac@cnpmf.embrapa.br
www.cnpmf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Domingo Haroldo Reinhardt - Presidente
Cristina Maria Barbosa Cavalcante Bezerra Lima - Secretária
Adilson Kenji Kobayashi, Alberto Duarte Vilarinhos, Carlos Alberto da Silva Ledo, Fernanda Vidigal Duarte Souza, Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa, Getúlio Augusto Pinto da Cunha, Márcio Eduardo Canto Pereira

Supervisor editorial

Domingo Haroldo Reinhardt

Revisor de texto

Comitê de Publicações Local

Normalização bibliográfica

Sônia Maria Sobral Cordeiro, Antonia Fossêca de Jesus Magalhães

Capa

Maria da Conceição Borba

Editoração eletrônica

Maria da Conceição Borba

Fotos da capa

Pedro Luiz Pires de Mattos

Wânia Maria Gonçalves Fukuda

Tratamento das ilustrações

Maria da Conceição Borba

1ª edição

1ª impressão (2005):

2.000 exemplares

Edição especial para o convênio

Incra/Faped/Embrapa (2006):

1.000 exemplares

2ª impressão (2009):

500 exemplaras

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Processamento e utilização da mandioca / editores técnicos, Luciano da Silva Souza... [et al.] ; autores, Alba Rejane Nunes Farias... [et al.] - Cruz das Almas : Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 547p. : il. ; 23 cm.

ISBN: 85 7158 012 X

1. Mandioca - Processamento. I. Souza, Luciano da Silva.
II. Farias, Alba Rejane Nunes.

CDD: 664.23 (21. ed.)

Embrapa 2005

AUTORES

ALBA REJANE NUNES FARIAS

Bióloga, D.Sc. em Ecologia e Recursos Naturais, Pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, C.P. 007, CEP 44380-000 – Cruz das Almas – BA. alba@cnpmf.embrapa.br

ANGELITA DUARTE CORRÊA

Engenheira Agrônoma, D.Sc. em Ciência dos Alimentos, Professora Adjunta do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras, C.P. 37, CEP 37200-000 – Lavras – MG. angelita@ufla.br

ELOISA MARIA RAMOS CARDOSO

Engenheira Agrônoma, M.Sc. em Fitotecnia, Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, C.P. 48, CEP 66095-100 – Belém – PA. eloisa@cpatu.embrapa.br

FERNANDO CESAR AKIRA URBANO MATSUURA

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Tecnologia de Alimentos, Pesquisador da Embrapa Transferência de Tecnologia, Av. Anchieta, 173, salas 41/42, Centro, CEP 13015-100 – Campinas – SP. matsuura@campinas.snt.embrapa.br

FERNANDO CÉSAR FERRAZ LOPES

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Ciência Animal, Técnico de Nível Superior da Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco, CEP 36038-330 – Juiz de Fora – MG. fernando@cnppl.embrapa.br

HELENICE MAZZUCO

Zootecnista, Ph.D. em Animal Sciences, Pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, C.P. 21, CEP 89700-000 – Concórdia – SC. helenice@cnpisa.embrapa.br

JAILTON DA COSTA CARNEIRO

Zootecnista, D.Sc. em Ciência Animal, Pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco, CEP 36038-330 – Juiz de Fora – MG. jailton@cnppl.embrapa.br

JORGE VITOR LUDKE

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Produção Animal, Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, C.P. 21, CEP 89700-000 – Concórdia – SC. jorge@cnpisa.embrapa.br

JOSÉ RAIMUNDO FERREIRA FILHO

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S. A./Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, C.P. 007, CEP 44380-000 – Cruz das Almas – BA. jraimund@cnpmf.embrapa.br

MARCO AURÉLIO DELMONDES BOMFIM

Médico Veterinário, D.Sc. em Nutrição e Produção de Ruminantes, Pesquisador da Embrapa Caprinos, C.P. D-10, CEP 62011-970 – Sobral – CE. mabomfim@cnpce.embrapa.br

MARIA DO CARMO MOHAUPT MARQUES LUDKE

Zootecnista, D. Sc. em Nutrição Animal, Professora Adjunta do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/nº, Bairro Dois Irmãos, CEP 52171-900 – Recife – PE. carmomml@ufrpe.br

MARÍLIA IEDA DA SILVEIRA FOLEGATTI

Zootecnista, D.Sc. em Tecnologia de Alimentos, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, C.P. 69, CEP 13820-000 – Jaguariuna – SP. marilia@cnpma.embrapa.br

MARNEY PASCOLI CEREDA

Engenheira Agrônoma, Professora Titular em Ciência e Tecnologia em Agroindústrias de Alimentos, Docente e Pesquisadora do CeTeAgro, Universidade Católica Dom Bosco, Avenida Tamandaré, s/nº, Instituto São Vicente, Fazenda da Cruz, CEP 79117-900 – Campo Grande – MS. cereda@ucdb.br

PEDRO BRAGA ARCURI

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Ciência Animal, Pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco – CEP 36038-330 – Juiz de Fora – MG. pba1@cnpgleinbrapa.br

PEDRO LUIZ PIRES DE MATTOS

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, C.P. 007, CEP 44380-000 – Cruz das Almas – BA. pmattos@cnpmf.embrapa.br

TEREZINHA MARISA BERTOL

Zootecnista, Ph.D. em Animal Sciences, Pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, C.P. 21, CEP 89700-000 – Concórdia – SC. tbertol@cnpssa.embrapa.br

Dedicamos esse livro aos
pesquisadores:

Antônio José da Conceição
Edgard Santana Normanha
Ernestino Lopes Machado
Milton de Albuquerque,

que muito fizeram em prol da
mandiocultura brasileira e mundial.

APRESENTAÇÃO

No início deste ano (2005), a Embrapa no âmbito das iniciativas de resgate dos aspectos do processo histórico brasileiro, lançou uma obra bilingüe (português/francês) intitulada “Mandioca o Pão do Brasil”. Essa publicação trata tanto da trajetória da mandioca no Brasil, como dos atuais esforços realizados em prol da melhoria da qualidade nutricional.

Na **Apresentação** daquela obra, feita pelo Ministro de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Roberto Rodrigues e pelo Diretor-Presidente da Embrapa, Sílvio Crestana, destacou-se que “...além de contribuir para alimentar cerca de um bilhão de pessoas em todo o mundo, a mandioca, uma matéria-prima privilegiada com uso comprovado em vários ramos da atividade industrial, tornou objeto de enormes esforços tecnológicos com vistas à qualificação de seus subprodutos, sobretudo o amido, tornando-os aptos a concorrer nos mercados nacional e internacional.”

O atual trabalho “Processamento e Utilização de Mandioca” faz parte desse esforço. É uma obra que estava faltando na bibliografia do sistema agroindustrial da mandioca que passa por profundas mudanças estruturais, resultantes de alterações nas políticas governamentais de regulamentação dos negócios, da evolução da renda da população brasileira e dos seus hábitos de consumo de alimentos, além das novas aplicações dos produtos derivados da mandioca, com conseqüente alteração nos padrões de concorrência enfrentados pelas empresas do setor.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa e o Centro de Mandioca e Fruticultura Tropical, sentem-se orgulhosos em apresentar este trabalho que revela a grandeza de sua missão de viabilizar, em benefícios dos diversos segmentos da sociedade brasileira, soluções para o desenvolvimento sustentável do espaço rural, com foco no negócio agrícola, por meio da geração, adaptação e transferência de informação e de tecnologias.

Quero parabenizar e agradecer a todos aqueles que contribuíram para esta obra e faço votos de que este livro chegue às mãos dos estudiosos e de leigos que possam usá-lo como instrumento auxiliar para o desenvolvimento sustentado da agricultura brasileira.

Uma vez mais, a sociedade alegra-se por receber o retorno dos seus investimentos em pesquisa e tecnologia, fortalecendo a economia de conhecimento que é o principal fator de crescimento e de competitividade global, neste caso envolvendo uma das principais fontes energéticas para a população mundial.

Kepler Euclides Filho
Diretor-Executivo da Embrapa

PREFÁCIO

A mandioca tem inúmeras vantagens em relação a outras culturas, tais como: facilidade de propagação, tolerância à seca, rendimentos satisfatórios em solos de baixa fertilidade, nos quais é geralmente cultivada, baixa exigência em insumos modernos, que normalmente encarecem os sistemas de produção de outras culturas, resistência ou tolerância a pragas e doenças, alto teor de amido nas raízes e de proteína nas folhas, presença de vitaminas e minerais em toda a planta e possibilidades de mecanização do plantio à colheita e de consorciação com outras culturas.

O Brasil é um dos maiores produtores de mandioca do Mundo, detendo essa cultura elevada importância social e econômica, basicamente por ser a principal fonte de carboidratos e de subsistência para as populações mais carentes, constituindo-se também em importante base para a alimentação animal.

Por essa razão, a Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical vem pesquisando a cultura da mandioca desde 1975, sempre em cooperação com outras instituições nacionais e internacionais, surgindo em 2003 a intenção de reunir, em um livro, informações existentes e dispersas sobre o processamento e utilização da mandioca. Certamente valeu a pena o esforço dos editores e autores em colocar à disposição de pesquisadores, extensionistas, professores, técnicos, estudantes de graduação e pós-graduação, agentes de crédito etc. informações completas e detalhadas sobre o tema.

INTRODUÇÃO

A mandioca destaca-se como uma planta de muitos usos, desde a alimentação humana e animal ao uso industrial. É a principal fonte de carboidratos para mais de 700 milhões de pessoas no Mundo, especialmente nos países em desenvolvimento.

Esse livro reúne informações sobre o processamento e utilização da mandioca, iniciando com uma abordagem sobre os produtos e subprodutos dessa cultura. Em seguida, são focalizados aspectos relativos à industrialização da farinha da mandioca, com particularização para a produção da farinha d'água e da farinha de tapioca, produtos típicos da Amazônia. O item processamento é encerrado com um capítulo sobre indústria de fécula e outro sobre conservação in natura de raízes da mandioca.

Quanto à utilização da mandioca, buscou-se, prioritariamente, enfocar o uso na alimentação humana e animal; neste caso, são apresentadas informações detalhadas sobre o uso de mandioca na alimentação de aves, suínos, bovinos, caprinos e ovinos, admitindo-se ser um documento ímpar sobre esse tema, com a amplitude que apresenta.

Acredita-se que não existem dúvidas que, com essa obra, os leitores têm à sua disposição uma completa e detalhada abordagem sobre o processamento e utilização da mandioca, numa linguagem simples e, portanto, de fácil entendimento.

Capítulo 1

PRODUTOS E SUBPRODUTOS

Marney Pascoli Cereda

Introdução	17
Composição química e valor alimentar da mandioca e de seus produtos	19
A toxidez da mandioca	20
Deterioração pós-colheita	23
Padronização	24
Padronização da mandioca de uso culinário	24
Industrialização da mandioca	24
Farinha	26
Legislação	27
Processo básico	28
<i>Ralação ou moagem</i>	28
<i>Prensagem</i>	29
<i>Esfarelamento</i>	29
<i>Secagem</i>	30
<i>Classificação</i>	31
<i>Embalagem</i>	32
Tipos de farinhas	32
Outros produtos: beijus, tapioca, carimã ou massa puba, tucupi, tacacá	33
Fécula: amidos modificados, dextrinas, glicose, xarope de glicose, polvilhos doce e azedo	34
Produtos de panificação e massas	38
Fabricação de massas alimentícias	39
Fabricação de pão sem glúten	41
Folha de mandioca	43
Resíduos e subprodutos	45

Manipueira	45
Bagaço (casca, fibra) e farelo (crueira)	47
Massa, farelo ou bagaço	47
Processamento de raízes de mandioca para uso culinário	49
Mandioca in natura	50
Colheita e transporte	50
Descascamento, seleção e lavagem	50
Recepção da mandioca	51
Mandioca minimamente processada	51
Processamento de mandioca pré-cozida congelada (“french fries”)	52
Corte	52
Lavagem	53
Seleção	53
Pré-cozimento	53
Resfriamento	53
Embalagem	54
Congelamento	54
Mandioca frita (“chips”)	54
Pré-cozimento da mandioca	54
Corte em fatias	55
Fritura	55
Embalagem	56
Referências bibliográficas.....	56

INTRODUÇÃO

As tuberosas são eminentemente calóricas e rústicas, razões pelas quais são consideradas alimentos de subsistência, capazes de proporcionar energia para populações carentes. A Fig. 1 apresenta a produção de caloria alimentar por cereais e tuberosas, em mega joules – MJ por hectare por dia. Dos cereais, o milho destaca-se como a cultura que disponibiliza maior quantidade de energia. Entre as tuberosas, a batata e o inhame são as mais energéticas. Os cultivos de cereais, por sua baixa umidade na colheita, proporcionam os maiores rendimentos de energia por área.

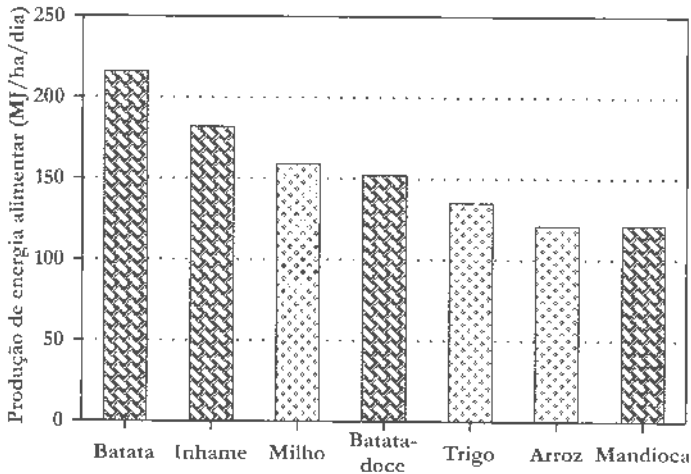


Fig. 1. Produção de energia alimentar por cultivos amiláceos.

Fonte: Scott et al. (2000a).

A mandioca, mesmo não sendo o cultivo mais energético por unidade de área plantada (Fig. 1), destaca-se por ser uma planta de muitos usos, desde a alimentação humana e animal ao uso industrial. Quando se considera o valor calórico por unidade de peso, a classificação é alterada e a mandioca passa a ser um dos cultivos alimentares que proporcionam mais calorias; os valores encontram-se na Tabela 1, juntamente com a composição em glicídios, protídeos e lipídios.

Tabela 1. Valor energético e composição centesimal de tuberosas brasileiras.

Tuberosas (base seca)	Calorias	Glicídios	Protédeos	Lipídios
	kcal/100g	----- mg/100g -----	----- mg/100g -----	----- mg/100g -----
Açafrão	167,0	12,0	5,0	11,0
Araruta	97,4	22,0	1,5	0,5
Batata	78,5	18,0	1,8	0,1
Batata-doce amarela	125,5	28,0	1,3	0,8
Batata-doce branca	89,0	20,0	1,9	0,1
Batata-doce roxa	95,0	22,0	1,8	0,1
Mandioquinha-salsa	125,0	30,0	1,5	0,3
Taro	70,0	16,0	1,3	0,2
Gengibre	301,0	72,0	7,6	2,9
Inhame	67,0	15,0	1,5	0,2
Mandioca	142,0	33,0	2,0	0,2
Mangarito	107,2	24,0	3,0	0,3

Fonte: Cereda (2001c).

Os dados da Tabela 1 indicam teores baixos de proteínas, embora a mandioca, pela quantidade consumida por dia, possa ser considerada fonte razoável de proteínas para as populações de baixa renda. Os teores de lipídios também são pouco expressivos, a não ser no caso do gengibre, onde são característicos do material aromático.

A possibilidade de as tuberosas serem fontes de vitaminas também deve ser avaliada com cautela, pois o processamento pelo calor, forma básica de consumo, pode reduzir ou eliminar vitaminas como o ácido ascórbico (vitamina C). Ainda assim, pode-se considerar que a maioria das tuberosas constitua-se em boas fontes de vitamina do grupo B. A riqueza em riboflavina do açafrão torna muito importante a sua ingestão, ainda que como corante alimentar. Os produtos de mandioca podem ter teores de ferro aumentados, caso os equipamentos usados no processamento sejam feitos de ferro. Considerando-se as necessidades humanas diárias de minerais e não sendo estes destruídos pelo processamento térmico, talvez seja esta, juntamente com o aporte calórico, a maior contribuição das culturas tuberosas (Tabela 2).

Tabela 2. Principais minerais encontrados em raízes e tubérculos cultivados no Brasil.

Tuberosas (base seca)	Cálcio	Fósforo	Ferro	Sódio	Potássio
	----- mg/100g -----				
Açafrão	250,0	116,0	5,60	...	...
Araruta	19,0	54,0	3,40	10,1	40,9
Batata	9,0	69,0	1,00	47,4	394,4
Batata-doce amarela	43,0	46,0	2,40	50,2	331,4
Batata-doce branca	34,0	52,0	1,00	...	...
Batata-doce roxa	40,0	62,0	0,90	36,6	350,2
Gengibre	51,0	78,0	2,77	6,0	264,0
Inbame	25,0	50,0	4,00	30,7	65,9
Mandioca	43,0	140,0	0,50	40,6	343,7
Mandioquinha-salsa	45,0	110,0	0,67	61,5	586,6
Mangarito	114,0	398,0	3,02	...	...
Taro	18,0	96,0	0,50	46,9	363,5

Fonte: Cereda (2001c).

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR ALIMENTAR DA MANDIOCA E DE SEUS PRODUTOS

A Tabela 3 apresenta a composição da raiz crua de mandioca, comparada com a de seus produtos. Observa-se que a mandioca frita, apesar de partir da mandioca cozida, apresenta maior poder calórico pelo óleo absorvido, que eleva os lipídios para 14,5%, e por sofrer uma desidratação em razão do processamento por fritura. Seu poder calórico é equivalente ao do polvilho ou fécula, embora apresente menor teor de açúcares (glicídios). A farinha concentra o poder calórico e as folhas são mais protéicas e acumulam mais minerais. O polvilho, designação que a legislação brasileira dá à fécula de mandioca (ou amido), é, por sua riqueza em glicídios, o produto da mandioca mais concentrado em calorias.

O teor de proteínas da mandioca e seus produtos pode ser considerado baixo (Tabela 3), mas aumenta na mandioca frita, com a concentração em razão da desidratação que ocorre no processo de fritura, ao mesmo tempo em que é reduzida a concentração de amido,

que é alta nos produtos apenas desidratados como a farinha e fécula ou polvilho. As folhas concentram a maior quantidade de proteínas, entre os produtos da mandioca. A qualidade da proteína da mandioca deixa a desejar, mas não difere de outras proteínas de origem vegetal. Analisando-se a fração protéica em relação ao nitrogênio bruto, observa-se que a proteína da mandioca contém arginina, tirosina, triptofano e cistina. Essa fração protéica, se comparada à caseína, albumina de ovo, proteínas da couve e da batata-doce, mostra que o defeito está na baixa quantidade dos aminoácidos, pois em qualidade são satisfatórios. Rogers (1963) citou que os teores são baixos para histidina, prolina e glicina e que ocorre deficiência em aminoácidos que contêm enxofre, como a metionina, cisteína, treonina, isoleucina e triptofano.

Quanto às vitaminas, observa-se na Tabela 4 que apenas as folhas podem ser consideradas como significativas em teores de vitaminas. A raiz de mandioca e seus produtos não apresentam teores significativos de vitaminas; a vitamina C aparece em pequenas quantidades nas mandiocas cozida e frita e na farinha de mandioca.

A TOXIDEX DA MANDIOCA

A principal característica da raiz da mandioca, em relação a outras matérias-primas amiláceas, é seu teor de linamarina, glicosídeo complexo que, em situações especiais, pode gerar cianeto livre – CN⁻ que, em água, forma ácido cianídrico – HCN. O cianeto é, portanto, apenas uma parte da molécula do glicosídeo e é a única parte tóxica da linamarina e da lotaustralina, outro glicosídeo cianogênico da mandioca. Portanto, só há toxidez quando o cianeto está livre, e não quando ainda está ligado aos glicosídios. Essa característica tem marcado a mandioca como matéria-prima, complicando sua comercialização devido ao receio derivado da falta de compreensão, tanto do real perigo de intoxicação quanto dos mecanismos de destoxicação.

Tabela 3. Composição da raiz e seus produtos e da folha da mandioca.

Produtos (base fresca)	Calorias kcal/100g	----- g/100g -----					
		Glicídios	Proteínas	Lipídios	Cálcio	Fósforo	Ferro
Mandioca cozida	119,0	28,0	0,60	0,2	28	37	0,9
Mandioca frita	352,0	55,2	1,20	14,5	54	70	1,7
Farinha de mandioca	342,0	83,2	1,36	0,5	45	198	0,9
Fécula de mandioca	352,0	86,4	0,60	6,2	10	16	0,4
Folha de mandioca	91,0	18,3	7,00	1,0	303	119	7,6

Fonte: Franco (1996).

Tabela 4. Principais vitaminas encontradas na raiz e seus produtos e na folha da mandioca.

Produtos (base seca)	----- mg/100g -----				
	Retinol	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Ácido Ascórbico
Mandioca cozida	2	50	30	0,6	31,0
Mandioca frita	3	90	60	1,1	66,0
Farinha de mandioca	0	80	70	1,6	14,0
Fécula de mandioca	0	10	20	0,5	0,0
Ponta e folhas	1.960	120	270	1,7	290,0

Fonte: Franco (1996).

A Fig. 2 apresenta as fórmulas da linamarina e da lotaustralina, os dois glicosídeos cianogênicos da mandioca. A linamarina prevalece, com mais de 80%.

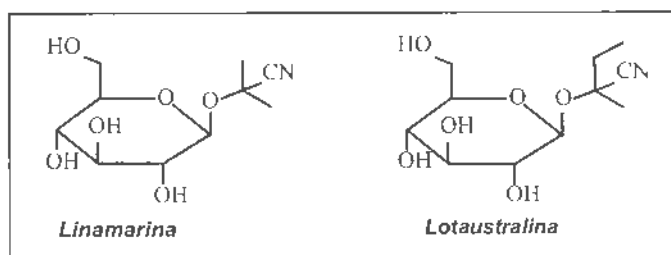


Fig. 2. Fórmulas estruturais da linamarina e da lotaustralina.

O teor de cianeto total encontrado nas variedades de mandioca determina a sua nomenclatura e o tipo de mercado consumidor. O teor de linamarina motivou a classificação das variedades em de baixo teor (mansas ou doces, com menos de 100 mg de HCN/kg), destinadas ao uso culinário ou de mesa, e de alto teor (bravas ou amargas, com mais de 100 mg de HCN/kg), destinadas ao uso industrial. Em geral, as variedades de uso culinário apresentam maiores concentrações de linamarina na entrecasca, camada que é removida juntamente com a casca, no processamento de mandioca de mesa. Este procedimento reduz a possibilidade de intoxicação. O teor de linamarina só pode ser estabelecido por análise em laboratório, pois não existem características morfológicas que se correlacionem com a toxidez. Por essa razão, e pela pouca ocorrência de intoxicação comprovada cientificamente por ingestão de mandioca, existem sérias controvérsias sobre a real toxidez da mandioca, tendo sido aprovado, em fórum internacional sobre o tema, que se indique cianeto potencial nos resultados de análises. Também não há correlação entre o sabor amargo e o teor de linamarina.

O nível de segurança para o consumo de mandioca ou de seus subprodutos, para que não ocorra intoxicação com cianeto, é adotado como sendo de 1,0 mg/kg de peso vivo (Conceição, 1987). Este limite foi erroneamente estabelecido em ensaios com ácido cianídrico por inalação. Resultados de pesquisa recente realizada com linamarina extraída de raízes de mandioca, avaliada por ingestão, comprovaram

que a DL_{50} , quantidade de linamarina suficiente para matar 50% dos camundongos usados no teste, foi de 324,86 mg/kg, equivalente a 35,35 mg de cianeto, com base em cálculo teórico (Lopes, 2001).

O processamento é outra forma de reduzir o teor de cianeto, embora não seja tão eficiente quanto se acredita. A Tabela 5 apresenta a redução de cianeto total em função do processamento da mandioca de uso culinário, cultivar IAC-576-70, com oito meses de cultivo, em raiz inteira (testemunha), toletes, palitos e massa. Observa-se que os toletes, por serem maiores, retêm maior teor de cianeto total do que os palitos, e que a massa cozida apresenta ainda cerca de 15% de cianeto. Essas dosagens, que se sabe hoje são inócuas (Lopes, 2001), poderão ser empecilho para exportação para o Japão, por exemplo.

Tabela 5. Redução da linamarina pelo processamento.

Processamento	Teor de cianeto (mg/kg)	% retida
Raiz inteira	62,30	100,00
Toletes	3,17	5,09
Palitos	1,46	2,34
Massa	9,77	15,68

Fonte: Cereda(2003).

Para Cereda (2000), um dos principais entraves para o desenvolvimento de produtos processados de mandioca, para utilização culinária, é a falta de compreensão de seu mecanismo de cozimento, e para Van Olschot et al. (2000) o maior problema é a deterioração pós-colheita. Na verdade, esses e outros problemas têm que ser vencidos pela pesquisa, uma vez que, por ser a mandioca cultivada em regiões tropicais, dificilmente as soluções virão de outra parte do Mundo.

DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA

A deterioração pós-colheita foi abordada nesta mesma obra, pelo mesmo autor deste capítulo, em texto específico sobre conservação de raízes da mandioca.

PADRONIZAÇÃO

Não existe padronização para a mandioca de uso industrial.

Padronização da mandioca de uso culinário

Segundo as informações da Ceagesp de São Paulo, a mandioca de mesa é comercializada em caixas com 23 kg e padronizada em graúda, média e miúda. Em outubro de 2003, a cotação da mandioca de mesa foi a que consta na Tabela 6.

Tabela 6. Classificação, cotação por caixa de 23 kg e preço por quilo de mandioca de mesa na Ceagesp, São Paulo, SP.

Classificação	Cotação (R\$/caixa com 23 kg)			Preço (R\$/kg)	Preço médio/caixa ⁽¹⁾
	Menor	Média	Maior		
Graúda	15,39	17,18	18,98	0,75	11,19
Média	11,59	12,59	13,59	0,55	9,00
Miúda	8,80	9,80	10,00	0,43	7,07

⁽¹⁾Preço médio mensal de agosto de 2003. As demais cotações referem-se ao dia 23 de setembro de 2003.

Fonte: CEAGESP (2003).

A Fig. 3 apresenta a variação de preço e quantidade de mandioca comercializada na Ceagesp da Cidade de São Paulo, de 1994 a 1999. Observa-se que, a partir de 1997, os preços não apresentaram mais as oscilações que são uma característica da comercialização da mandioca. Este ano coincidiu com a introdução de tecnologias que permitiram o estabelecimento de indústrias de processamento de palitos pré-cozidos e congelados. Após essa introdução, houve um aumento significativo de industrialização do processamento culinário artesanal, valorizando as raízes, mas levando a uma tendência de diminuição do volume comercializado como produto in natura.

INDUSTRIALIZAÇÃO DA MANDIOCA

A mandioca pode ser considerada como a mais versátil das tuberosas tropicais. Várias opções podem ser encontradas nos mercados das capitais e grandes cidades do País, para aumentar o consumo

culinário da mandioca: minimamente processada, congelada ou refrigerada, pré-cozida e congelada e, mais recentemente, “french fries” e “chips”. Para mandioca industrial, o processamento no Brasil concentra-se em farinha. Calcula-se que cerca de 80% das raízes sejam consumidos para este fim, a maioria em farinheiras não formais, distribuídas por todo o Brasil. Cerca de 3% podem ser contabilizados formalmente como sendo destinados à extração de fécula e suas modificações. O restante, provavelmente, vai para a alimentação animal.

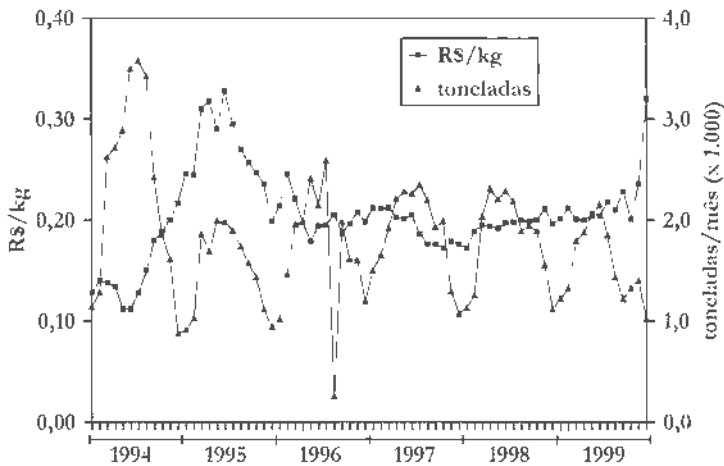


Fig. 3. Preços e quantidades de mandioca de mesa comercializada na Cidade de São Paulo. Os preços foram dolarizados e convertidos em reais.

Fonte: Seção de Economia e Desenvolvimento da CEAGESP (2003).

Deve-se observar também que, para ter seu uso valorizado no mercado, na maioria das vezes o valor alimentício é de pequena importância. A valorizada batata não pode ser considerada mais que um alimento energético, embora presente, em relação à mandioca, maiores teores de proteína. Exportada para a Europa, onde matou a fome de milhares de pessoas, a batata conta hoje com uma imagem melhorada e informações atualizadas (Scott et al., 2000a, 2000b), que mostram que está ganhando terreno e substituindo o consumo das demais tuberosas. Observa-se na Fig. 4 que a batata é o cultivo que apresenta maior crescimento anual, destacando-se sobre as demais.

Em seguida vem a mandioca e o milho, cultivos considerados comerciais. Entre os cultivos comerciais, o arroz apresenta o menor crescimento percentual. A batata-doce e o inhame empatam com o trigo, mas é importante destacar que os cereais apresentam maior rendimento por área do que as tuberosas, em razão do desenvolvimento de técnicas e de materiais de plantio.

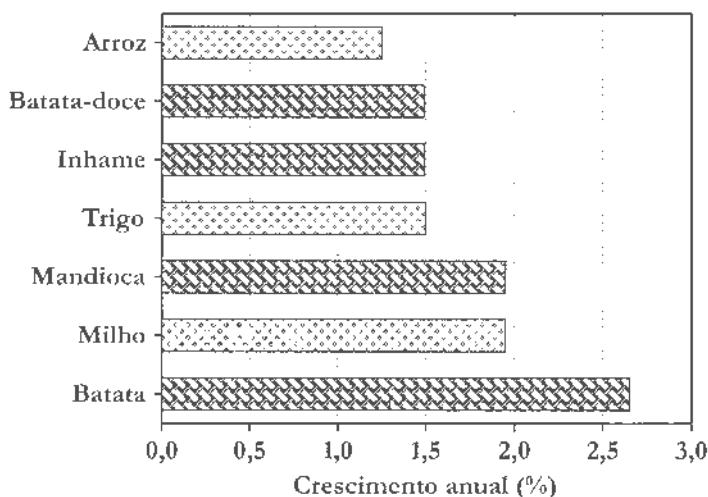


Fig. 4. Crescimento anual de cultivos amiláceos.

Fonte: Scott et al. (2000b).

Farinha

A farinha de mandioca é um produto tipicamente brasileiro. Do Brasil passou para a África, onde é possível encontrar diversos tipos de farinha, cujo principal tipo é o “gari”; em sua fabricação, a massa ralada fica mais tempo em prensagem que no fabrico da farinha brasileira, permitindo que se desenvolva um processo fermentativo que faz com que o “gari” seja bastante mais ácido do que o produto brasileiro. Nos países sul-americanos e caribenhos também não se encontra a farinha, com exceção do Paraguai onde, por influência brasileira, existem algumas fábricas de farinha, porém com uso diverso do produto, pois serve para fazer sopas nas fazendas de gado.

Segundo Lima (1982), a fabricação da farinha é generalizada em todos os Estados do Brasil, sendo um alimento amplamente apreciado

pelos brasileiros, que dela se servem de várias maneiras, de acordo com os costumes das diversas regiões. Em alguns Estados ela é a base essencial da alimentação, complementada com carne de caça e de peixe fresco ou salgado.

Estima-se que 80% das raízes de mandioca produzidas no Brasil, de um total de 23 milhões de toneladas, sejam destinados à fabricação de farinhas. A falta de uma estatística confiável e o fato de que a maioria das pequenas fábricas, denominadas de casas de farinha ou casas de forno, é informal dificultam essa avaliação.

No Brasil, a variabilidade de tipos de farinhas é muito grande, o que dificulta em muito a comercialização. Essas diferenças surgem de variedades (amarelas no Norte e brancas no restante do País), mas, principalmente, do processamento. Fornos muito quentes ou frios, cargas elevadas ou muito pequenas, prensagem mais ou menos intensiva são alguns dos fatores que podem influenciar o padrão da farinha. Essas variações tornam quase impossível a proposta de um padrão nacional de qualidade. De origem indígena, o processamento da mandioca para obtenção de farinha ainda guarda alguns vestígios dessa origem. A farinha d'água é muito comum no Norte do Brasil e a desintegração da raiz é facilitada pela fermentação em água. As raízes fermentadas (ou pubadas) são mais fáceis de descascar e podem ser desmanchadas sem necessidade do ralador.

Mesmo em uma única propriedade, por consequência do sistema artesanal de produção, é raro ocorrer uniformidade em fabricações sucessivas. Ainda segundo Lima (1982), a heterogeneidade é devida, principalmente, à fabricação por pequenos produtores para seu uso diário, cada um deles seguindo um processo próprio. As classificações de qualidade são particulares de cada fabricante, que as definem como grossa, média, fina, superior, de primeira e outras, sem obedecer a padrões ou técnicas que relacionem a qualidade ao nome do produto.

Legislação

Segundo a legislação brasileira, farinha é o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, no caso a raiz da mandioca, que passou previamente por processos tecnológicos adequados. As farinhas sofrem diferentes processos complementares e podem ser

comercializadas como crua, torrada, temperada, fina, grossa etc. Reconhecem-se dois tipos de farinha: a) simples - é feita de apenas uma espécie vegetal, que deve ser citada, precedida da qualificação de sua origem; e b) mista - pode ser feita com duas ou mais espécies vegetais (BRASIL, 1978).

Processo básico

As etapas ou operações unitárias do processamento de farinha de mandioca são: colheita, transporte, descascamento e lavagem, ralação ou moagem, prensagem, esfarelamento, secagem, classificação e embalagem. Os itens colheita, transporte, descascamento e lavagem foram desenvolvidos por este mesmo autor e neste mesmo livro, em texto relativo à indústria de fécula.

Ralação ou moagem

Como descrito por Lima (1982), as raízes limpas e repenicadas são enviadas para os raladores, manualmente ou por meio de transportadores mecânicos, dependendo do volume de produção. Nessa operação a mandioca é reduzida a uma massa mais ou menos fina. Os raladores mais comuns são os constituídos por um cilindro de madeira provido de lâminas de aço serrilhadas, substituíveis, fixadas paralelamente entre si e no sentido longitudinal do eixo. O tambor gira de 1.200 a 1.500 rpm, protegido por um cofre de madeira ou metal. As raízes podem ser empurradas contra ele, por meio de braços de madeira de movimento alternativo.

A mandioca apresenta teores de linamarina. Sob ação da linamarase, uma enzima da própria planta de mandioca, a linamarina desdobra-se em acetonacianidrina e ácido cianídrico. O cianeto reage com ferro para formar um composto azul, o ferrocianeto de potássio, reação que é facilitada pelo fato de a mandioca ser rica em potássio. Por isso, deve-se evitar qualquer contato com ferro após a ralação. Como o custo do aço inoxidável é alto, ainda são usados muitos equipamentos em madeira, como é o caso de raladores.

Prensagem

Segundo Lima (1982), mesmo que as raízes sejam raladas a seco, a massa ralada é excessivamente úmida e o excesso de água deve ser eliminado antes da secagem, para facilitar esta operação e evitar a formação de goma. A oxidação também é reduzida, porque a massa fica reunida em blocos, que oferecem menor exposição ao ar. A operação de prensagem é executada em prensas hidráulicas, que oferecem vantagens de maior rapidez, menos mão-de-obra e maior rendimento. Na indústria é mais comum o uso de prensas com duas gaiolas abertas, sobre plataforma móvel, para uso alternado. Enquanto uma está em operação, a outra está sendo carregada. Ao final da prensagem gira-se a plataforma, coloca-se a outra em operação, enquanto procede-se à descarga da massa prensada e nova carga. A indústria nacional de equipamentos produz diferentes tipos de prensas hidráulicas. Geralmente, elas são abertas, de cestos duplos e apresentam as seguintes características: capacidade diária de 1,20 a 3,25 t de farinha ou 3,6 a 10 t de raízes, demanda de energia de 3 HP e ocupam 2,5 m² de área. Os 20% a 30% de água eliminados encerram de 5% a 7% de fécula, que pode ser recuperada. O uso de tecidos mais fechados nas prensas pode reduzir as perdas de amido.

Em casas de farinha ainda são frequentes as prensas manuais de parafuso e os tapitis ou tipitis, prensas rústicas feitas de folhas de palmeira.

Esfarelamento

A massa, após a prensagem, passa pelo processo de esfarelamento, descrito por Lima (1982). Segundo o autor, quando sai da prensa, a massa encontra-se sob a forma de blocos compactos, em razão da pressão exercida. Antes de seguir para a torração ou secagem, provoca-se o seu desmembramento, por meio de um ralador comum, girando a menor velocidade (600 rpm) do que o ralador de raízes, ou usando esfareladores. A massa esfarelada é eliminada por meio de uma moega e é recolhida à saída, após passar por uma peneira de jogo, de malha fina, que retém fibras, pedaços de casca e de raízes que escaparam à ação do ralador e auxilia a desagregação da massa pelo movimento

vibratório. O material retido na peneira, conhecido por crueira, é subproduto que pode ter mais de um destino, mas o mais comum é a mistura com resíduos para a fabricação de rações.

Nas casas de farinha, o esfarelamento é feito passando a massa prensada por uma peneira ou crivo.

Secagem

Existem no mercado quatro tipos de fornos mecanizados. Os mais comuns são os fornos baianos, que são tachos semi-esféricos dotados de um agitador central de pás. O segundo é o tipo paulista, dotado de chapa plana circular com espalhamento da massa esfarelada através de uma peneira vibratória e uma escova para retirada da farinha seca. O terceiro é um forno especial da empresa paranaense Mádria, que constrói fornos contínuos tubulares a vapor. O quarto tipo, usado nas Regiões Norte e Nordeste, é um forno plano, com pequena profundidade, dotado de pás agitadoras com movimento planetário.

Segundo Lima (1982), a torração é uma operação delicada, talvez a que mais influa na qualidade do produto final. Dela dependem o sabor, a cor e a conservação da farinha.

Das condições de secagem depende também a granulometria da farinha. Quanto menor a carga (quantidade de massa por área do forno) e maior a temperatura do forno, mais fina será a farinha. Fornos frios com baixa carga proporcionam farinha branca e solta, como a farinha de Santa Catarina. Cargas elevadas em fornos quentes provocam a granulação característica das farinhas d'água. Fornos giratórios e baixa carga espalhada sobre a superfície promovem a floculação típica da farinha paulista.

Apesar das modernizações ocorridas, a energia para secagem da farinha de mandioca ainda vem da queima de lenha. Tentativas feitas nos Estados de São Paulo e Paraná, de substituição por eletricidade ou óleo (PPF), não conseguiram consolidar-se em razão da instabilidade de preços e mercados da farinha. Poucas melhorias foram introduzidas nos fornos de secagem de farinha, que são mal dimensionados e desperdiçam energia.

Classificação

Lima (1982) comentou a questão da qualidade e padronização para farinhas. Segundo o autor, embora seja possível padronizar a qualidade, estes padrões ainda não existem. A legislação apenas define farinha de mandioca como sendo o “produto ligeiramente torrado”. Complementam que devem ser isentas de radical cianeto. As farinhas podem apresentar, no máximo, 14% de umidade, 2% de resíduo mineral fixo e acidez correspondente a 2,5 mL de NaOH N/100 g, e, no mínimo, devem conter 60% de substância amilácea.

A classificação passa pela uniformização da granulometria. Segundo Lima (1982), durante a torração e esfriamento há sempre a formação de aglomerados, por causa da gelificação da fécula. Para obter-se um produto homogêneo e permitir uma classificação final, reduz-se o tamanho destes aglomerados por meio de trituração, que pode ser feita em moinhos de cilindro, de disco ou de martelo. A operação de trituração deve ser feita de forma a desintegrar corretamente a farinha, sem pulverizá-la. Após a trituração a farinha é passada por peneiras, com a finalidade de separar as partes não trituradas e promover a classificação. Essa classificação pode ser obtida pela passagem em uma série de peneiras de crivos diferentes e padronizados, obtendo-se, em uma única operação, farinhas de diferentes granulometrias. A partir do momento em que se passou a usar moinhos de martelo e peneiras rotativas, as farinhas passaram a ser classificadas apenas em grossa e fina. A indústria nacional está apta a fornecer diversos tipos de peneiras com características próprias de cada fabricante, porém com um desempenho aproximado. As peneiras centrífugas com 40 a 240 rpm são de construção mais simples, apresentam um consumo de energia semelhante às de jogo e oferecem maior facilidade de operação. Quando divididas em seções, podem ostentar malhas de diversas medidas, permitindo a classificação da farinha em diversos tipos. Normalmente, as peneiras são divididas em quatro seções e, neste caso, há possibilidade de classificar, em uma única operação, quatro tipos de farinha. Por exemplo: extra fina (malha menor que 0,17 mm), fina (malha de 0,17 a 0,5 mm), média (malha de 0,5 a 1 mm) e grossa (malha com mais de 1 mm). Uma peneira dessas terá 4 m de comprimento, aproximadamente. Na prática, as indústrias

oferecem peneiras com 2,0 a 2,5 m de comprimento, e a classificação, como já foi dito, geralmente não passa de grossa e fina.

Embalagem

A embalagem pode ser muito variada, em função da região. A mais comum é o saco de algodão de 50 kg, com as informações da empresa produtora e o tipo. Essas embalagens servem também para a comercialização a granel, principalmente em feiras. As empresas que comercializam em supermercados usam embalagens de 1 kg (menos freqüente) e 500 g. A existência de farofas prontas no mercado exigiu embalagens especiais para evitar a oxidação do óleo causado pela penetração de ar. Essas embalagens são metalizadas e, para estocagem maior que 30 dias, devem receber gás nitrogênio, para evitar a rancificação. No Norte e Nordeste é comum o uso de cestas e coberturas com folhas.

Embora seja possível o embalamento manual, na maioria das indústrias a embalagem é mecanizada.

Tipos de farinhas

O processamento descrito produz qualquer tipo básico de farinha. Pequenas alterações de matéria-prima, processos e equipamentos podem produzir farinhas especiais. No Território Brasileiro, pode-se considerar que inúmeros tipos de farinhas são produzidos, principalmente quando o processo é manual ou pouco mecanizado. Algumas das farinhas existentes são paulista crua, torrada e temperada, baiana, carimã, seca e d'água, além de outras típicas regionais. A farinha seca é preparada como descrito para processamento básico.

A farinha amarela é mais encontrada no interior dos Estados do Amazonas, Pará e Norte do Maranhão, sendo também mais artesanal. Seu preparo tem influência indígena, onde a dificuldade de ralar a mandioca era contornada colocando-as para pubar em água parada ou rios, até amolecer. As raízes moles podem ser piladas para produzir a massa que, depois de prensada, vai para o forno quente para grolar. O tempo de pubagem é variável de região para região. O tucupi da mandioca puba não é aproveitado. A farinha d'água é bastante

encaroçada, sendo assim preferida. A pubagem de mandioca branca proporciona a farinha carimã, que pode ser seca ao sol.

OUTROS PRODUTOS: BEIJUS, TAPIOCA, CARIMÃ OU MASSA PUBA, TUCUPI, TACACÁ

O Brasil é rico em alimentos regionais produzidos com mandioca. Citam-se os beijus elaborados sobre chapa aquecida, com massa da mandioca ralada e prensada, acrescida de açúcar e temperos aromáticos diversos.

Outro produto regional com grande potencial é a tapiquinha de goma, designação regional para o amido ou fécula da mandioca. A goma, com cerca de 50% de umidade, é peneirada ou esfarelada sobre a chapa aquecida. Uma vez gelificada e revirada para secar do outro lado, é recheada com coco, queijo, manteiga etc. Esse produto poderá se transformar em um “fast food”, desde que suficientemente padronizado.

Além das farinhas d’água e carimã, a própria massa de raízes pubadas pode ser comercializada como massa puba, para elaboração de bolos.

O tucupi é um produto típico apenas dos Estados do Norte, Amazonas e Pará, além do Norte do Estado do Maranhão. Trata-se do líquido obtido por prensagem da massa ralada de raízes de mandioca de polpa amarela. O líquido é coletado sob a prensa e, em algumas regiões, é fermentado e fervido com pimenta, sal e especiarias e usado na forma de molho. Em outras regiões, o tucupi recém-extraído é fervido diretamente sem que seja fermentado. Pode ser utilizado no preparo de pratos, como o famoso pato no tucupi, além de fazer parte do não menos famoso tacacá, o qual consta de tucupi, goma, camarões secos e salgados e uma erva chamada jambú que, além do sabor, adormece a boca de quem consome o prato, servido fervente. Pelo volume consumido, sobretudo em festividades como o Círio de Nazaré, em Belém, PA, o tucupi chega a ser o produto principal, sendo subproduto a goma. Em Belém, PA, existem equipamentos eficientes para extração do tucupi.

Além desses, outros produtos novos começam a aparecer nos supermercados dos Estados do Norte e Nordeste. A massa ralada e prensada de aipim ou macaxeira, para fabricação de bolos e pudins (Fig. 5), e a goma úmida (50%), para fabricação de tapiquinha de goma, são dois exemplos.



Foto: Marney Pascoli Cereda

Fig. 5. Massa e goma de mandioca, comercializados no Nordeste Brasileiro.

FÉCULA: AMIDOS MODIFICADOS, DEXTRINAS, GLICOSE, XAROPE DE GLICOSE, POLVILHOS DOCE E AZEDO

Segundo as normas técnicas da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (BRASIL, 1978), as especificações para produtos amiláceos no Brasil classificam os produtos em amidos e féculas. Amido é o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais (sementes etc.). Fécula é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais (tubérculos, raízes e rizomas). O produto é designado amido ou fécula, seguido do nome do vegetal de origem. Citam-se amido de milho e fécula de mandioca. Esses amidos e féculas são chamados de amidos naturais ou nativos, para diferenciar dos amidos modificados.

Segundo Lima (1982), os amidos naturais são usados, principalmente, para preparar alimentos, na indústria de papel e de cartonagem, na fabricação de glicose e de xarope de glicose, dextrina e colas e na indústria têxtil. As indústrias de fermentação, farmacêutica, química, de cosméticos, a fundição e a mineração são responsáveis por uma pequena parcela do consumo de amido.

A empresa Indemil (marca Yoki), no Paraná, produz glicose de fécula de mandioca por processo ácido.

Os amidos são modificados para adquirir características que os amidos nativos não possuem. As modificações podem ser físicas, químicas e enzimáticas.

Para Lima (1982), a gelatinização e a posterior eliminação da umidade do amido permitem a obtenção de substâncias derivadas, solúveis em água, que são a base para confecção de alimentos previamente preparados. O amido pré-gelatinizado é preparado pela geleificação de suspensões de amido nativo, que são posteriormente desidratadas. Os amidos podem ser ácido-modificados para reduzir a viscosidade e são utilizados nas indústrias têxteis e de papel. Os modificados oxidados de massa muito clara e de baixa viscosidade a quente são usados na confecção de doces de goma mais claros e mais suaves. Os amidos de ligação cruzada possuem alta resistência à ação mecânica e enzimática; são usados na confecção de alimentos com pH 4 ou inferior. Os acetilados apresentam redução na tendência à retrogradação. Os amidos fosfatados são recomendados para alimentos refrigerados ou congelados. A molécula de amido é neutra ou apresenta cargas elétricas fracamente aniônicas. A introdução de grupamentos iônicos na estrutura da molécula do amido proporciona forças que se repelem e reduzem a tendência à retrogradação. Existem na estrutura do amido nativo poucos grupamentos de amido monoéster fosfato. O amido fosfatado é o obtido pelo tratamento do amido monoéster fosfato da estrutura do amido com ácido fosfórico, de forma a introduzir um grupamento iônico. Por este tratamento, pode-se obter o amido monoéster fosfatado ou poliéster fosfatado. Suas propriedades o indicam para usos em gelatinas, gomas coloidais e lhe conferem estabilidade ao congelamento. Os amidos fosfatados são usados em mineração e na indústria de alimentos e têxtil. Na mineração é usado para ligar os materiais usados na confecção dos moldes de fundição de metais e ligas. Em mineração, é usado para separar minérios, como agente depressor. Na indústria têxtil é usado na engomagem, e na indústria de papel para aumentar a resistência deste quando molhado, como nas toalhas de papel.

Processos enzimáticos dão origem às dextrinas, maltose e glicose, açúcares mais ou menos complexos, com diferentes graus de doçura e aderência. As dextrinas são a base para fabricação de colas e a maltose e glicose são versáteis, sendo usadas em alimentos e bebidas, fermentadas ou não.

Segundo Cereda et al. (2001), o polvilho azedo é considerado atualmente como um amido modificado por oxidação. Graças a essa modificação, adquire a propriedade de expansão que outros amidos nativos não possuem. A expansão permite seu uso na fabricação de biscoitos de polvilho e de pão de queijo. A Fig. 6 apresenta um fluxograma da fabricação comercial de polvilho azedo.

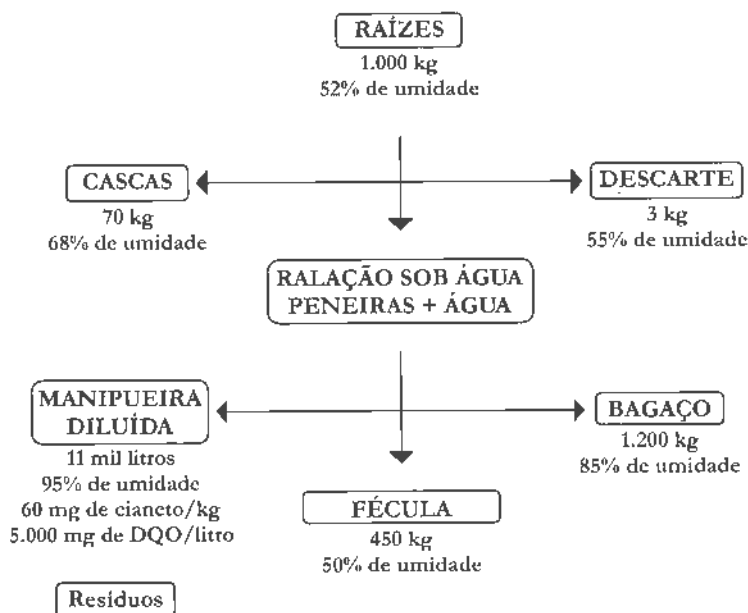


Fig. 6. Processo de fabricação de polvilho azedo a partir da extração da fécula de mandioca.

Fonte: Cereda (2001a).

Cereda (1987) informou que a técnica utilizada para extração da fécula de mandioca para fazer polvilho azedo é a mesma que se usa para extrair polvilho doce ou fécula, a qual foi abordada no capítulo sobre indústria de fécula, neste mesmo livro. O processo tradicional inicia-se com a extração da fécula a partir da raiz, seguida da fermentação do produto ainda úmido. A maioria dos produtores inicia o processamento pela raiz da mandioca, embora haja alguns que fermentem o polvilho doce extraído e armazenado durante a safra de mandioca. As raízes são lavadas, descascadas, raladas e submetidas à extração, onde se separa o bagaço (massa), que contém as fibras, e o “leite” de fécula, onde os grãos de amido estão em suspensão. O “leite” de fécula pode então passar por peneiras de malha fina (estacionárias, vibratórias ou

rotativas), onde são separadas as fibras mais finas. O processo de purificação poderá também incluir decantação em tanques de alvenaria ou chicanas (labirintos), revestidos de cerâmica ou com divisórias de madeira, ou ainda o uso de centrífugas. A fécula purificada é transferida para tanques de fermentação, que podem ser descobertos ou não, enterrados, semi-enterrados ou elevados ou, ainda, ser desde cochos de madeira a tanques de alvenaria, revestidos ou não. Os revestimentos mais comuns são os de cerâmica, lajota, ladrilho e azulejo. No caso de tanques de alvenaria, é prática comum revesti-los de plástico preto, para evitar que o desenvolvimento de acidez solte areia da argamassa, que irá passar para o produto fermentado. Os ácidos produzidos atacam os interstícios do revestimento aplicado, de modo que se torna necessário reformar os tanques na entressafra.

A fécula deve permanecer em tanques de fermentação, sob uma camada de água que, no início, chega a 20 cm de espessura e vai secando à medida que o tempo passa. O tempo necessário para que a fermentação se complete é variável de 3 dias no Paraná a 30 a 40 dias nas regiões tradicionais produtoras de Minas Gerais, onde chega a 60 dias, no início da safra. O material que fica entranhado nas paredes dos tanques pode dar início ao processo fermentativo. A fermentação sempre apresenta sinais visíveis após poucos dias, com formação de bolhas e espuma na superfície. Essas bolhas caracterizam o final do processo fermentativo, para alguns autores. A fermentação caracteriza-se pelo abaixamento do pH, com produção concomitante de ácidos orgânicos e compostos aromáticos. O final da fermentação não é fácil de ser constatado. A formação de bolhas na superfície, embora seja adotada por alguns autores, não marca o final da produção de ácidos. Os ácidos podem ser formados até 2/3 do tempo total de fermentação. Alguns produtores contam com seus próprios critérios, avaliando a superfície da massa em fermentação no tanque ou mesmo a acidez na boca. O valor de pH na massa de polvilho em fermentação cai para valores entre 3,0 e 3,5, chegando mesmo a 2,5, provavelmente inibindo o processo fermentativo. Em regiões produtoras, pode-se identificar o odor do ácido butírico (regiões quentes) ou do ácido láctico (regiões frias), ou mesmo o aroma de abacaxi maduro, característico do fungo que cresce no líquido sobrenadante em tanques cobertos. A fermentação também muda a consistência do polvilho, tornando-o macio e friável. Uma vez completada a fermentação, deixa-se secar a superfície dos tanques até que o polvilho fique com umidade ao redor de 30% a 50%, com consistência e aspecto de queijo.

O polvilho fermentado é retirado dos tanques por meio de pás, podendo ou não passar por esfarelador mecânico, sendo então espalhado para secar. A operação tem início ao amanhecer, para que a secagem se processe no mesmo dia, já que o polvilho azedo armazenado úmido pode tornar-se azulado e os produtos com ele confeccionados podem não apresentar bom crescimento.

Para Cereda et al. (2001), a secagem é sempre feita ao sol, em processo que pode ser limitante à produção. Produtores que tentaram secagem artificial com uso de calor não obtiveram produto seco com o mesmo poder de expansão pois, mais que o calor, é a radiação solar a responsável pela característica. A secagem normalmente é feita sobre jiraus, sobre os quais se estendem panos brancos ou plástico preto. A secagem em jiraus necessita de mão-de-obra numerosa. Normalmente opera-se em duplas, um de cada lado, esfarelando o polvilho entre as mãos. No final da secagem, o polvilho azedo apresenta uma fina granulação que lhe é característica. O produtor sempre estará à mercê do tempo; qualquer ameaça de chuva exige o pronto recolhimento do produto. A carga utilizada nos secadores solares tradicionais varia de 1,0 a 1,5 kg/m², calculando-se em polvilho azedo seco. As mesas de secagem, nome regional mineiro para o jirau, deve ter largura de 1,50 m, o que proporciona uma área de secagem de 1,50 m² por metro linear. A secagem artificial da fécula de mandioca fermentada foi desenvolvida a partir de pesquisa que comprovou a influência da radiação ultravioleta nas propriedades especiais que o produto final apresenta. Essas propriedades fazem dessa fécula um tipo especial de amido modificado, embora de fabricação ainda artesanal. O processo se caracteriza por reação de natureza fotoquímica, devido à ação da radiação ultravioleta sobre a fécula, previamente tratada por ácido láctico, provavelmente em reação do tipo “grafting” induzida pela radiação ultravioleta. Os resultados obtidos indicam que a reação é instantânea, com sua aplicação industrial dependendo apenas do desenvolvimento de um equipamento adequado. Pesquisa neste sentido está sendo conduzida pelos citados autores.

PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO E MASSAS

A fabricação de produtos de panificação, com misturas de farinha de trigo a farinhas de outras fontes botânicas, é bastante estudada na literatura nacional e internacional. Farinhas alternativas

já foram pesquisadas para produção de farinha mista em porcentagens que variam de 10% a 15%, para pão, até 35% em macarrões (Tabela 7). Ensaios feitos pela autora indicam que, em massas, essa porcentagem pode chegar até 60%.

A fabricação de massas alimentícias de outras matérias-primas que não a farinha de trigo tem sido vista mais como uma excentricidade dos povos asiáticos. Que se saiba, não há nas Américas tecnologia equivalente, embora os produtos derivados do amido e, em especial da mandioca, sejam de tecnologia muito rica. Nos países asiáticos, esse processo é artesanal ou de alta tecnologia, mas é uma expressão da cultura, uma vez que a Ásia dispõe de trigo para elaboração de suas massas tradicionais.

Um segundo enfoque que se pode ter de tais produtos vem a ser o de evitar a dependência da farinha de trigo importada dos países do Hemisfério Norte. É bem conhecido o fato de que a introdução, algumas vezes forçada, dos derivados de trigo em países da América do Sul, Central, Caribe e África alterou hábitos de consumo, reduziu ou eliminou produtos tradicionais e, o que é pior, trouxe dependência de importação, já que a maioria desses países não é auto-suficiente na produção de trigo.

Recentemente, uma outra visão tem sido enfocada pela pesquisa. Esses produtos de panificação de matérias-primas alternativas poderão privilegiar um mercado altamente carente de alternativas, ou seja, o dos doentes celíacos, que são sensíveis ao glúten.

Fabricação de massas alimentícias

A literatura cita diversas tecnologias para elaboração de massas alimentícias não convencionais, mediante a substituição da farinha de trigo por fécula. Essas massas são elaboradas em escala artesanal ou industrial e são características da culinária do Oriente.

Milatovic & Ballini (1986) descreveram as técnicas envolvidas que, em todos os casos, baseiam-se em tratamentos da suspensão de amido em alta temperatura, sendo, em seguida, vigorosamente misturada aos demais ingredientes. A fração de amido gelificado comporta-se como um ligante, formando uma rede.

Tabela 7. Mistura de derivados de mandioca em produtos à base de trigo.

Produtos	Substituição de farinha de trigo por derivados de mandioca ⁽¹⁾ (%)				
	Farinha de raspa		Farinha de mandioca		Fécula comum
	Comum	Pré-gelificada	Comum	Pré-gelificada	
Pão					
• Francês	3	5	10	5	7
• Forma	7	10	13	10	15
Biscoito					
• Estampado	10 a 12	13 a 15	20	20	20
• Amanteigado	25	30	40	35	35
• Fermentado	-	-	-	35	50
Macarrão	-	-	-	30	35

⁽¹⁾A serem usados na fase de esponja.

Fonte: Pizinatto (1999).

Pagani et al. (1981) relataram tecnologia onde se promove a pré-gelatinização de uma parte da matéria-prima, de 5% a 7%, e a posterior mistura desta porção com o total dos ingredientes da massa não tratada. Nesse processo, a amilose da porção gelificada favorece a polimerização dessa fração com a fração amido não tratada, criando uma estrutura que desempenha funções similares às que o glúten desempenha nas massas à base de farinha de trigo.

Para Pagani (1986), é possível obter uma massa não convencional de boa qualidade se forem acrescentadas substâncias protéicas à formulação, capazes de formar uma rede durante o cozimento e mesmo durante o processo. Os requisitos tecnológicos para esses ingredientes são a perfeita solubilização inicial e a rápida coagulação durante o tratamento térmico (secagem ou cozimento). A secagem à alta temperatura favorece a formação de uma rede protéica que envolve o amido gelatinizado durante o cozimento, não permitindo que ele se disperse na fase aquosa. Consegue-se, assim, uma massa menos pegajosa.

Fabricação de pão sem glúten

Embora a importância da mandioca como fonte energética na alimentação humana seja bem estabelecida, seu uso em panificação foi restrito à farinha de raspa. Atualmente, tem sido tentada a introdução de farinha de mandioca e fécula comercial.

El-Dash (1991) relatou que, no final dos anos 80, já era proposta uma estrutura de amido criada sob condições adequadas, que pode ter propriedades viscoelásticas suficientes para sustentar os gases produzidos durante a fermentação da massa, ou seja, substituir a rede de glúten.

Por outro lado, pesquisas apontam a crescente preocupação, no âmbito mundial, com substitutos do trigo visando atender à população hipersensível ao glúten, em que se inclui a dos celíacos. A necessidade de produzir pão sem glúten ampliou o entendimento acerca da qualidade do pão e o papel do amido no processo. Neste sentido, alguns autores estimaram que vários materiais podem fabricar pão sem glúten, isolados ou em conjunto, como: amido ou fécula de trigo, milho, mandioca, batata, arroz, soja, feijão fradinho e polvilho azedo. Várias farinhas amiláceas, como a de mandioca comum, de raspa de mandioca, de

inhame, de milho integral desengordurada e de sorgo, ou protéicas como as de soja, de tremoço e de amaranto, foram estudadas para substituir parcialmente a farinha de trigo (Machado, 1996, citado por Escouto & Cereda, 2002).

Eggleston et al. (1992), em estudo sobre a elaboração de pães alternativos elaborados com farinha de mandioca fortificada com farinha de soja, empregaram clara de ovo, margarina e goma xantana como aditivos. Esses autores não esclarecem se a farinha usada é a comum ou de raspas, mas, como a farinha de mandioca é autóctone do Brasil, a suposição é de que se trata de farinha de raspas. Todos os aditivos empregados aumentaram a quantidade de ar retido pela massa no estágio de mistura e a quantidade de gás retido com 60 minutos de fermentação. Entretanto, segundo os pesquisadores, o volume final do pão depende também da estabilidade da massa, o que foi obtido com a utilização da clara de ovo e margarina, que agem como estabilizantes, reduzindo a taxa de gelatinização e solubilidade do amido no pão. Esses pães, além de terem sido bem aceitos pelos consumidores da Nigéria, apresentaram boas características de armazenamento.

Mestres (1996) comparou a capacidade de fermentação do milho e do polvilho azedo para fabricação de produtos do tipo pão, desenvolvendo testes em laboratório para avaliar a capacidade de expansão de produtos de padaria. A expansão ocorrida durante a cocção foi mais alta para o polvilho azedo seco ao sol, com observação de estruturas alveolares no miolo. Cereda et al. (1995) também relataram que a exposição ao sol é essencial para a capacidade de expansão do polvilho azedo ao cozimento e, conseqüentemente, de impacto nas propriedades reológicas.

Shen et al. (1998), pesquisando o desempenho da fécula fermentada exposta ao sol (polvilho azedo) em panificação, produziram pães com 80% de polvilho azedo e 20% de farinha de soja, sendo estes mais nutritivos e econômicos do que os com farinha de trigo comum.

Escouto & Cereda (1999), pesquisando pão sem glúten baseado em polvilho azedo, usaram vários produtos e processos e modificaram a formulação básica de polvilho azedo 63%, sal 1%, açúcar 1%, óleo 13%, fibra 16%, leite em pó 4%, lecitina de soja 1% e fermento biológico 1%. Outros ingredientes foram testados: amido pré-

gelatinizado, fibra de trigo sem glúten, conteúdo de fermento biológico fresco e gordura vegetal hidrogenada. Todos os ensaios foram feitos pelo método direto, avaliando-se o uso de misturador ou cilindro. O cilindro apresentou melhor resposta na massa e facilitou o processo. O melhor pão foi feito com a seguinte formulação: polvilho azedo 48%, açúcar 6%, leite em pó 3%, sal 1%, fermento biológico fresco 5%, lecitina de soja 1%, gordura vegetal hidrogenada 10% e farinha de mandioca comum moída fina 26%. Escouto & Cereda (2002) substituíram a lecitina de soja por clara de ovo desidratada. O pão com 28% de clara de ovo desidratada (Fig. 7) apresentou miolo compacto e elástico, com ligeira gomosidade, e alvéolos desuniformes, com estrutura característica de pão. A perda de peso entre a massa crua (348,66 g) e o pão cozido (300,17 g) reduziu-se a 14%. O aroma do pão foi adequado e o sabor tornou-se adocicado.



Foto: Marney Pasoli Cereda

Fig. 7. Aspecto das fatias de pão sem glúten com 28% de clara desidratada.

FOLHA DE MANDIOCA

As folhas de mandioca no Brasil são consideradas resíduos, pois apenas nas Regiões Norte e Nordeste são consumidas como hortaliça, como um prato denominado maniçoba. Na Região Sudoeste as folhas caem durante a estação seca e fria, com grande desperdício. A proteína das folhas é, assim como da planta toda, deficiente em aminoácidos

sulfurados, mas apresentam teores consideráveis de carotenos e vitamina C. Enquanto a vitamina A se conserva em parte, a vitamina C é perdida no processo de secagem.

Pode-se obter até 30% de proteína bruta na matéria seca dessas folhas (Carvalho & Kato, 1987), além de vitaminas do grupo A e elevados valores de minerais (cálcio, potássio e ferro). O processamento, além de afetar grandemente as perdas de vitaminas, intervém sobre a eliminação do cianeto. As folhas apresentam também elevado teor de cianeto, beta-glicosídeo capaz de gerar ácido cianídrico em processo de hidrólise enzimática, levada a efeito por enzimas autóctones ou exógenas. Apresentam ainda teores elevados em enzimas que podem liberar todo o cianeto, tornando as folhas seguras para a alimentação humana. As condições adequadas para que a liberação ocorra são temperatura ambiente de 25°C a 30°C e pH entre 5 e 6. A linamarina não é cumulativa e sua destoxicação pode ser complementada no organismo humano, às custas do aminoácido metionina. Pequeno et al. (1996) obtiveram em média 2,42 t de folhas desidratadas (10% a 12% de umidade)/ha, com 1,13 mg de cianeto total/kg, 27,3% de proteína e 103,87 mg de β caroteno/kg. As análises não detectaram a presença de ácido ascórbico (vitamina C) na “farinha” de folhas das variedades estudadas.

As folhas de mandioca podem também sofrer desidratação osmótica, em soluções de NaCl e sacarose. Os melhores resultados mostraram material com 23% a 25% de umidade, contra 65% a 70% quando elas estavam frescas, representando uma redução de mais de 50%. Após desidratação durante cinco horas a 55°C em salmoura saturada em sal e açúcar (respectivamente 350 g e 1.900 g por litro de água), a atividade de água da folha foi de 0,77. O produto da desidratação apresentou a seguinte composição, em g/100 g de matéria seca: nitrogênio 4,21, fósforo 0,29, potássio 1,55, cálcio 1,41, magnésio 0,44 e enxofre 0,27; e em mg/100 g de matéria seca: ferro 242, zinco 48, cobre 11, manganês 237 e boro 56. Os resultados prévios obtidos foram de 0,99% em fenólicos totais, avaliados por método de oxirredução com reativo de Folin-Crocalteau, e 0,09% de taninos, expressos em matéria seca e avaliados pelo método da vanilina-HCl. Esses resultados indicaram que os teores de tanino são desprezíveis nesse material. Esses teores de fenólicos totais são muito menores que

os encontrados por Rickard (1986) em raízes desidratadas e moídas (farinha de raspa de mandioca). Nas folhas frescas, os teores de cianeto dependem da idade da folha. Variaram de 500 mg/kg (folhas velhas) a 1.000 mg/kg (folhas mais novas), para o cianeto total, e de 40 mg/kg (folhas velhas) a 100 mg/kg (folhas mais novas), para o livre, expressos em base seca. Quando se emprega desidratação osmótica de 1 hora e 5 minutos a 66°C, em salmoura saturada em sal e açúcar, uma amostra mista apresentou 25 mg de cianeto total/kg e 15 mg de cianeto livre/kg. Com o processo não ocorre perda da vitamina A e as perdas dos componentes minerais, quando existem, são bastante baixas. Os fenólicos foram dosados em 1,0 mg/100 g, o que pode ser considerado baixo o suficiente para não serem tóxicos.

RESÍDUOS E SUBPRODUTOS

Manipueira

A manipueira resultante da fabricação de farinha ou extração de fécula, também denominada água vegetal, que corresponde à água de constituição da raiz de mandioca, é considerada despejo líquido industrial. A água que sai da prensagem da massa ralada na fabricação de farinha também é chamada de tucupi nos Estados do Norte do País. Nos Estados do Sul e Sudeste, o seu volume e a falta de hábito de consumo podem transformá-la em poluente.

O subproduto líquido constituído pela água de extração da fécula de mandioca é composto pela mistura da água captada pela indústria com o líquido de constituição da raiz da mandioca. Constitui, pois, uma diluição da água de constituição da raiz.

A água de lavagem das raízes, tanto de farinheiras como de fecularias, pode alcançar 2,62 m³/t de raízes. A água de processo varia das farinheiras para as fecularias. Nas farinheiras são gerados cerca de 300 L de água residual por tonelada de raízes, que equivale a metade da umidade das mesmas. Nas fecularias a ralação é feita com adição de água, ocasionando diluição da manipueira, mas aumentando o volume, que chega a 600 L/t de raízes. Na Tabela 8 consta a composição média de amostras de manipueira de fábricas de farinha e de fécula, destacando-se o elevado teor de cianeto total.

Maiores detalhes sobre a composição e usos potenciais da manipueira podem ser encontrados em Cereda (2001a 2001b). Entre os usos potenciais destacam-se a produção de energia e tratamento por digestão anaeróbia e o aproveitamento como substrato para processos fermentativos, como a produção de aromas, ácidos orgânicos, álcool e glicose. Citam-se também as pesquisas realizadas por Ponte (1999), na Universidade Federal do Ceará, visando o controle de nematóides, insetos e ácaros e como fungicida, herbicida e adubo. Entretanto, nenhum desses usos chegou a ser implantado em indústrias.

Tabela 8. Valores médios para caracterização de resíduos líquidos da industrialização da mandioca de farinheiras e fecularias.

Composição	Manipueira de farinheira	Manipueira de fecularia
Umidade %	92,77	91,53
	% Massa Seca	
Proteína (6,25)	1,22	0,97
Amido	9,42	6,12
Matéria graxa	0,50	0,11
Cinzas (500°C)	0,54	0,08
Fibras	0,30	0,10
	Outros	
pH	4,10	4,10
Acidez ⁽¹⁾	3,27	2,70
H ₂ CN ^P (mg/kg)	463,76	80,00

⁽¹⁾mL NaOH/ 100g ou mL de produto

Fonte: Cereda (2001a).

Deve ser feita a diferenciação entre a manipueira de farinheiras e a de fecularias. Os resultados (Cereda, 2001a) indicaram que cerca de 60% da carga orgânica em manipueira de farinheiras são compostas de partículas de material oxidável, capazes de passar por poros de 0,05 a 0,005 µm, o que dificulta seu tratamento por processos físicos. Esse resultado foi obtido em filtro de cerâmica e resultou em líquidos límpidos, mas a remoção da demanda química de oxigênio – DQO foi de apenas 57% para ultrafiltração e de 62% para microfiltração. A DQO desse resíduo situa-se em torno de 20.000 mg de O₂/litro para a manipueira de farinheiras e de 6.000 mg de O₂/litro para a de fecularias. A micro e ultrafiltração reduziram muito pouco esses teores de sólidos

suspensos degradáveis, mostrando que 42,68% deles eram menores do que 0,2 μm e que 38,30% eram menores do que 0,005 μm . A análise dos carboidratos solúveis da manipueira apontou presença de glicose e maltose e muitas vezes apenas glicose, entre 40 e 45 g/L. O pH apresentou-se mais baixo que o das raízes, em média de 4,0 a 4,6, enquanto que o da raiz ficou entre 5,5 e 6,0, devido à ocorrência de fermentação. O teor de minerais foi elevado, predominando potássio e fósforo. A condutividade elétrica média, comparada com a de solução de cloreto de potássio (0,7455 g/L), foi de 6.780 μohms .

Por outro lado, a água residual de fecularia, por ser mais diluída, apresentou maior volume em relação ao mesmo resíduo originário de farinheiras, porém com cargas orgânicas mais baixas. A umidade foi muito alta, em torno de 95%, e a DQO ficou ao redor de 6.000 mg de O_2 /litro. A condutividade elétrica média, comparada com a de solução de cloreto de potássio (0,7455 g/L), foi em média de 1.412 μohms .

Bagaço (casca, fibra) e farelo (cruieira)

Um dos subprodutos sólidos industriais é a casca marrom que, em termo técnico, corresponde à periderme, variando entre 2% e 5% do peso total das raízes. Constitui-se em fina camada celulósica, cor marrom-clara ou marrom-escura. Sua composição média, obtida de diversas partidas, é apresentada na Tabela 9. Com a casca, em geral, pode sair certa quantidade de entrecasca ou parênquima cortical, o que acarreta perda de amido nas fecularias, mas é desejável em farinheiras, caso apresente-se excessivamente fibrosa. Nas farinheiras esse material é chamado também de cruieira. Para adequar-se à realidade da indústria, a composição dos subprodutos denominados “cascas” é melhor expressa pela mistura de ambas as frações (casca + entrecasca). Esses subprodutos, por sua composição, poderão ser empregados como adubo ou na alimentação animal.

Massa, farelo ou bagaço

Esse resíduo sólido é composto pelo material fibroso da raiz, contendo parte do amido que não foi possível extrair no processamento. É gerado na etapa de separação da fécula e, por embeber-se de água, apresenta maior volume do que da própria matéria-prima, contendo

cerca de 75% de umidade. Esse resíduo sólido, após parcialmente seco, tem, em média, a composição que consta na Tabela 10.

A característica principal do farelo é de conter mais de 70% de amido residual e ao redor de 16% de fibras. A acidez é bastante variável, provavelmente porque ocorrem fermentações naturais, uma vez que o farelo apresenta elevada umidade. O amido residual não é acessível por métodos físicos, mas pode ser mobilizado por enzimas.

Tabela 9. Valores médios de diversas determinações realizadas na casca e casca + entrecasca da mandioca.

	Casca	Casca + entrecasca
Umidade (g/100g)	48,28	72,32
	g/100 g de massa seca	
Sólidos voláteis	...	26,23
Cinzas	4,00	1,45
Carboidratos solúveis	...	7,86
Amido	0,00	32,00
Lipídeos	3,00	0,63
Nitrogênio	0,64	2,10
Fibra	41,00	...
Lignina	...	6,46
	mg/100 g de massa seca	
CN livre	...	23,90
CN total	0,00	120,00
Fósforo	60,00	60,00
Potássio	430,00	430,00
Cálcio	280,00	280,00
Magnésio	80,00	80,00
Ferro	5.538,00	26,00
Cobre	9,00	9,00
Zinco	21,00	21,00
Manganês	104,00	103,00
Enxofre	110,00	320,00
Boro	18,00	18,00

Fonte: Motta et al. (1986) e Cereda (2001a).

PROCESSAMENTO DE RAÍZES DE MANDIOCA PARA USO CULINÁRIO

A mandioca de uso culinário tem diferentes denominações nas diversas regiões do Brasil: aipim, macaxeira ou mandioca de mesa. Em geral, é colhida precocemente, entre 6 e 12 meses, quando é menos fibrosa. No Estado de São Paulo, a mandioca de uso culinário é de polpa amarela, sinônimo de mandioca de bom cozimento. No restante do País, as mandiocas brancas são preferidas.

Tabela 10. Valores médios de diversas determinações realizadas em farelos originários de fecularias, de indústrias de polvilho azedo e de farinheiras.

	Indústrias de origem do farelo		
	Fecularia	Polvilho azedo	Farinheira
Umidade %	9,42	14,82	9,52
	g/100 g de massa seca		
Cinzas	0,83	3,77	0,66
Carboidratos solúveis	0,01	...	...
Amido	69,76	74,99	63,85
Lipídios	0,65	0,28	0,83
Nitrogênio	0,24	1,86	0,32
Fibra	11,08	7,81	14,88
	mg/kg de massa seca		
Cianeto livre	...	...	...
Cianeto total	0,00	0,00	...
Fósforo	...	30,00	...
Potássio	...	280,00	...
Cálcio	...	90,00	...
pH	4,00	...	...

Fonte: Fioretto (2001) e Cereda (2001a).

O processamento industrial de mandioca de uso culinário aumentou muito no Estado de São Paulo, nos últimos cinco anos. As principais formas de processamento são in natura, minimamente processadas, resfriadas e congeladas, pré-cozidas congeladas ("french fries"), esterilizadas e fritas ("chips"). Para todos os processos, as operações básicas são de descascamento, seleção e lavagem.

Mandioca in natura

As mandiocas in natura são cada vez menos freqüentes em grandes cidades e supermercados. Além da deterioração pós-colheita, precisam ser descascadas em casa e têm menores garantias de qualidade pois, em geral, não têm rótulo do produtor de origem. Em outros países da América Latina é comum encontrar mandioca parafinada ou em sacos plásticos. O mais comum, no Estado de São Paulo, é a oferta de raízes descascadas imersas em água ou congeladas, sendo uma forma de processo mínimo (minimamente processada).

Colheita e transporte

A colheita das raízes é ponto importante do processamento. As raízes podem ser colhidas manualmente ou com ajuda de um subsolador, devem ser cortadas junto ao pedúnculo com instrumento afiado, tipo facão, não devem sofrer machucaduras e, o mais importante, devem ser transportadas para a fábrica o mais rápido possível, até no máximo 24 horas da colheita, evitando o sol direto e o vento. Como opção, podem ser utilizadas caixas de plástico ou caixas de madeira com 23 kg de raízes, como ocorre para a comercialização em mercados ou feiras.

Descascamento, seleção e lavagem

O descascamento das raízes de mandioca para uso culinário compreende a retirada da entrecasca, diferentemente da fabricação de farinha e fécula, onde apenas a casca marrom é removida. Não existe equipamento que faça um descascamento eficiente, razão pela qual ele é feito manualmente. O tempo gasto no descascamento varia com a variedade e com o intervalo após a colheita. O tempo para retirada da entrecasca, contabilizado em uma empresa paulista que processa de 2 a 3 toneladas de raízes em 8 horas, estava entre 70 a 200 kg/dia/homem, sendo mais freqüente 120 kg. Para processar toda a produção de um dia, muitas vezes são necessárias 100 pessoas, o que constitui forma de absorver mão-de-obra no meio rural. Após ou antes do descascamento é feita a seleção, com retirada de partes lenhosas ou podres. A lavagem das raízes pode ser mecanizada ou manual. Para a retirada da casca marrom, um lavador descontínuo com carga de 500

kg/batelada pode ser adequado, ficando a tarefa manual restrita à retirada da entrecasca, com maior rendimento, menor consumo de água e maior facilidade de manuseio das raízes (Vilpoux & Cereda, 2003).

Recepção da mandioca

A mandioca pode ser recebida em caixas, como a maioria da mandioca de mesa no Brasil, ou em sacos de aniagem. Neste caso, ao contrário do que muitos produtores afirmam, o produto chega em boas condições. A mandioca deve ser colhida no mesmo dia do processamento ou no dia anterior e armazenada à noite. Na recepção, ela deve ser pesada e, se for o caso, armazenada durante a noite em tanques de água. O período de conservação em água não pode ultrapassar 12 horas, sob pena de fermentação das raízes e de degradação do produto.

Mandioca minimamente processada

Segundo Oliveira et al. (2000), o consumo de hortaliças minimamente processadas cresceu nos últimos anos, pela exigência do consumidor de alimentos semi-prontos. A mandioca seguiu essa tendência, ainda que tardiamente. O processamento mínimo exige cuidados para se obter um produto durável e de boa qualidade. Para a cultivar IAC-776-70, de polpa de cor amarela, foram estabelecidos os seguintes procedimentos para elaboração de minimamente processados de raízes de mandioca sob refrigeração. Os toletes, lavados e descascados, devem ser cortados em pedaços de aproximadamente 5 cm, com faca de aço inoxidável. Os toletes cortados são mergulhados em soluções, uma contendo um fungistático (hipoclorito de sódio na concentração de 200 mL/L) e a outra um antioxidante (ácido cítrico a 5%), em volume suficiente para recobri-los. O tratamento deve durar 15 minutos, para cada solução. Os toletes então são escorridos e acondicionados em sacos de polietileno de espessura de 150 μm , sob vácuo. A durabilidade vai depender da temperatura de armazenamento, sendo 4°C a ideal, que garante conservação por quatro semanas. Nessas condições, não ocorrem escurecimento ou desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Acima dessa temperatura a respiração das raízes pode estufar a embalagem.

Processamento de mandioca pré-cozida congelada (“french fries”)

O processamento de raízes de mandioca congeladas, qualquer que seja seu porte, compreende operações básicas. As etapas iniciais são de descascamento, seleção e lavagem das raízes, como já descrito. As operações específicas desse produto são o corte, lavagem, seleção, pré-cozimento, resfriamento, embalagem e congelamento.

Corte

O processo inicia-se com o corte das raízes lavadas, em toletes de 5 cm de comprimento. A uniformidade dos palitos depende da uniformidade dos toletes. Quanto maior o diâmetro da raiz, maior o rendimento de palitos ou “french fries”. Entretanto, aumenta também a resistência ao corte. Este corte deve ser feito com guilhotinas do tipo que se usa para cortar papel, adaptadas com lâminas de aço inoxidável. Outra possibilidade é o uso de serra fita, a mesma utilizada em açougues. Para a complementação do descascamento, uma faca inoxidável é utilizada contra uma tábua ou superfície de corte, destacando a entrecasca e retirando-a por meio de uma torção. Em indústrias de pequeno porte, o corte é feito manualmente, com facas, mas os toletes não são uniformes.

Após o primeiro corte, os toletes são colocados transversalmente em aparato que corta palitos de 1,0 cm de seção. Cereda et al. (1990) relataram que, para a variedade Pioneira com 12 meses, o rendimento de palitos regulares foi de 45% da polpa, sendo os cerca de 12% restantes as sobras, com as quais foi possível elaborar massa para sopas, purês, empadinhas etc. Outros dados de rendimento são apresentados na Tabela 11.

No caso específico da Tabela 11, o rendimento de polpa cortada em palitos foi muito maior, resultando em menor quantidade de descarte, apenas 4,6%. Esse rendimento depende do desenho da raiz, diâmetro, época de colheita etc.

Tabela 11. Rendimento no processamento da variedade IAC-576-70 para preparo de mandioca pré-cozida congelada.

Componentes	Peso (kg)	%
Raiz inteira	10.178	100,0
Casca	488	4,8
Entrecasca	1.305	12,8
Polpa	7.921	77,8
Descarte (massa)	464	4,6

Fonte: (Vilpoux & Cereda, 2003).

Lavagem

A lavagem das raízes descascadas e cortadas é feita por imersão ou por aspersão.

Seleção

Selecionam-se os palitos inteiros, com boa aparência, separando-os dos quebrados e lenhosos. Estes são pesados, assim como a casca e entrecasca, para que se possa calcular o rendimento das raízes. Os toletes não selecionados são utilizados para elaborar massa para outros fins.

Pré-cozimento

Os palitos inteiros são submetidos ao pré-cozimento por 10 a 15 minutos, em água fervente, em volume correspondente a 2 litros/kg de palitos crus. Esse procedimento diferencia o produto pré-cozido dos existentes no mercado, que exigem cozimento complementar. O pré-cozimento garante também um aumento de rendimento dos palitos processados, pois ganham cerca de 10% em água absorvida, aumentando o peso das raízes que serão vendidas.

Resfriamento

Os palitos pré-cozidos devem ser submetidos a resfriamento, que deve ser rápido, com água levemente clorada (10 mg de cloro livre/kg).

Embalagem

Os palitos resfriados devem ser descarregados em esteira ou mesa de aço inoxidável ou revestida com fórmica, com previsão de 1,0 m²/pessoa. Os palitos pré-cozidos são frágeis e devem ser manipulados com cuidado. Em geral, utilizam-se esteiras para introdução no sistema de túnel de congelamento rápido ou em bandejas de plástico especial, não muito profundas, para congelamento em câmaras. O selamento é feito continuamente, em embalagem adequada. Essa embalagem pode ser de polietileno de alta densidade e nela devem ser estampadas as instruções de preparo.

Congelamento

O equipamento utilizado deve garantir que se atinja -20°C o mais rapidamente possível, temperatura esta suficiente para conseguir-se boa conservação. Para produtos congelados de mandioca, o congelamento lento é preferível ao super-congelamento com nitrogênio líquido. A conservação pode ser recomendada para até seis meses.

Segundo Gregorio et al. (1996), que armazenaram por 35 dias palitos de mandioca congelados a -40°C, processados por congelamento rápido sob nitrogênio líquido, houve variação da cor com o tempo. Os palitos foram apenas branqueados por cinco minutos e não pré-cozidos.

Mandioca frita (“chips”)

O processamento da mandioca frita em rodelas ou “chips” exige operações específicas para impedir que as fatias fiquem duras ou encharcadas de gordura.

Pré-cozimento da mandioca

Experimentos realizados evidenciaram um papel relevante do pré-cozimento na qualidade do produto final. Os “chips” fritos diretamente, sem pré-cozimento, apresentaram textura mais dura e cortante, enquanto que o pré-cozimento aproximou a textura final dos “chips” de mandioca aos de batata. O pré-cozimento deve ser feito antes do corte da mandioca e varia de 5 a 8 minutos. A presença de

resíduo fino suja rapidamente a gordura, prejudicando a qualidade dos “chips” e aumentando o consumo de óleo. Para evitar ou minimizar esses problemas, existe a possibilidade de peneirar a mandioca fatiada, etapa que deverá ser avaliada no processo industrial. Independentemente dessa possibilidade, é necessário esfriar os toletes pré-cozidos de mandioca, antes do corte, operação que permite uma grande redução na quantidade de resíduo fino. Depois de pré-cozidas, as rodela de mandioca devem ser resfriadas o mais rápido possível, para evitar um excesso de cozimento. Esta etapa é realizada em banhos de água fria. Para limitar as possibilidades de fermentação durante o armazenamento, é usada uma solução de hipoclorito de sódio (2% do volume de água), concentração essa menor que a usada no corte dos toletes, onde a presença de microrganismos é maior. O hipoclorito poderá ser adicionado na água de resfriamento.

Corte em fatias

O corte pode ser realizado por meio de processador elétrico, com capacidade de 200 a 400 kg por hora. As lâminas mais adequadas têm abertura de 1,5 mm. Para “chips”, quanto menor o corte, melhor a crocância e menor o tempo de fritura. Depois de cortadas, as fatias deverão cair diretamente na fritadeira ou ser dispostas em tela metálica e colocadas na fritadeira.

Fritura

A fritura é a principal etapa de produção de “chips” de mandioca. A fritura deverá ser feita com gordura hidrogenada. O tempo de fritura deverá ser o mais rápido possível, para economizar gás e aumentar a produtividade, mas sem deixar fatias úmidas, que prejudicam a qualidade final do produto e a sua conservação. A temperatura de fritura varia de 130°C a 150°C. Temperaturas mais elevadas escurecem o produto, prejudicando a qualidade visual e gustativa.

Depois da fritura, os “chips” deverão passar imediatamente para a etapa de salga. A aplicação do sal antes do enxugamento da gordura na superfície dos “chips” permitirá melhor adesão. A aplicação do sal poderá ser feita por meio de um dosador vibratório. Outros temperos e glutamato monossódico (“Ajinomoto”) poderão também ser adicionados junto com o sal. Em seguida, os “chips” deverão cair diretamente em caixas plásticas

rasas, similares àquelas usadas no resfriamento inicial da mandioca pré-cozida. A maturação será realizada em temperatura ambiente, com duração de aproximadamente uma hora, tempo necessário para a boa absorção e a secagem da gordura.

Embalagem

Uma vez absorvida a gordura, os “chips” deverão ser embalados em sacos especiais, com nitrogênio. A embalagem em atmosfera modificada permite a conservação do produto por prazo superior a 30 dias, indispensável para a comercialização dos “chips”. O plástico deverá ser de polipropileno com revestimento de alumínio, para servir de barreira à umidade e oxigênio.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Resolução nº 12 de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Ministério da Saúde**, Brasília, DF, 24 jul. 1978. Seção 1, pt. I, p. 3-25.

CARVALHO, V. D.; KATO, M. S. A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 23-28, 1987.

CEAGESP. **Cotações de produtos agrícolas/legumes**. Disponível em: < <http://www.ceagesp.com.br> > . Acesso em: 23 set. 2003.

CEREDA, M. P. Desafios do processamento de mandioca. In: SEMINÁRIO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.

CEREDA, M. P. Importância, modo de consumo e perspectivas para raízes e tubérculos de hortícolas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO CARÁ, 1., 2001, Vila Nova do Imigrante. **Anais...** Vila Nova do Imigrante: Empresa Capixaba de Pesquisa e Extensão, 2001c. p. 27-32.

CEREDA, M. P. Processamento da mandioca como mecanismo de detoxificação. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, p.47-80. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

CEREDA, M. P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p.63-68, 1987.

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001a. v. 4, p. 1-13. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

CEREDA, M. P. Valorização de subprodutos como forma de reduzir custos de produção. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001b. v. 4, p. 305-320. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

CEREDA, M. P.; NUNES, O. L. G. da S.; WESTBY, A. Brazilian fermented cassava starch: a low cost acidic starch with modified functional properties. **Science Technology & Development**, London, v. 13, n. 1, p. 43-49, 1995.

CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S.; WOSIACKI, G.; ABBUD, N. S.; ROÇA, R. de O. A mandioca (*Manihot esculenta*, C.) cultivar Pioneira. 3. Características culinárias. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 33, p. 511-525, 1990.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; NUNES, O. L. G. da S.; CHUZEL, G. Polvilho azedo. In: BORZANI, W. **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. v. 4, p. 413-460. (Série Biotecnologia Industrial).

CONCEIÇÃO, A. J. da. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1987. 381 p.

EGGLESTON, G.; OMOAKA, P. E.; IHEDIOHA, D. O. Development and evaluation of products from cassava flour as new alternatives to wheaten breads. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 59, n. 3, p. 377-385, 1992.

EL-DASH, A. A. Molecular structure of gluten and viscoelastic properties of dough: a new concept. In: BRAZILIAN CONGRESS OF PROTEIN, 1., 1991, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Campinas, 1991. p. 511-530.

ESCOUTO, L. F. S.; CEREDA, M. P. Ajustes de formulação para pães sem glúten. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, 1999. p. 251-256.

ESCOUTO, L. F. S.; CEREDA, M.P. Use of fermented cassava starch in the development of a formulation for bread without gluten. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF TUBER AND ROOTS CROP, 12., 2000, Tsukuba. **Proceedings...** Tsukuba: International Society of Tuber and Roots Crop, 2002. p. 159 - 161.

FIORETTO, R. F. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v. 4, p. 67-79. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. São Paulo: Atheneu, 1996. 307 p.

GREGORIO, S. R.; SOARES, A. G.; DA SILVA, A. T.; MODESTA, R. C. D.; CORREA, T. B. S. Avaliação de mandioca congelada após o processo de cura em câmara climatérica. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.16, n. 2, p. 108-110, 1996.

LIMA, U. de A. **Manual técnico de beneficiamento e industrialização da mandioca**. v. 2. São Paulo: Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1982. 56p. (Programa Adequação).

LOPES, A. M. **Avaliação da dose letal (DL50) oral e efeitos metabólicos da linamarina extraída de mandioca, em ratos**. 2001. 85p. Tese (Doutorado em Agronomia em Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

- MESTRES, C. Los estados físicos del almidón. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ALMIDON, 1., 1996, Quito. **Anais...** Quito: Universidad Politécnica, 1996. p. 2.
- MILATOVIC, L.; BALLINI, N. Un nuovo approccio tecnologico e nutrizionale alla produzione della pasta. **Tecnica Molitoria**, Pinerdo, v. 37, n. 10, p. 801-819, 1986.
- MOTTA, L. C.; CEREDA, M. P.; TAKAHASHI, M. Utilização da casca da mandioca *Manihot utilisissima* Pohl em digestão anaeróbia. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 2, n. 1, p. 25-33, 1986.
- OLIVEIRA M. A.; CEREDA, M. P.; SILVA, A. L. da; PANTAROTO, S. Comportamento físico, químico e culinário de raízes de mandioca cv. IAC-576-70, processadas como “minimamente processadas”, tratadas com ácido cítrico e hipoclorito de sódio e embaladas a vácuo em sacos de polietileno, por quatro semanas a 4°C. In: ENCONTRO NACIONAL DE SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- PAGANI, A.; RESMINI, P.; DALBON, G. Formulazione e produzione di paste alimentari a partire da materia prima non convenzionali. **Tecnica Molitoria**, Pinerdo, v. 32, n. 5, p. 1-24, 1981.
- PAGANI, M. A. Pasta products from non conventional raw material. In: MERCIER, C.; CATARELLI, C. (Ed.). **Pasta and extrusion cooked foods**; Some technological and nutritional aspects. Londres: Elsevier, 1986. p. 52-68.
- PEQUENO, M. G.; FLORES, C. O.; CEREDA, M. P.; PENTEADO, M. V. C.; CASALI, V.; LORENA, C. B. de. Avaliação de oito variedades de mandioca no Município de Renascença, PR - Região de Francisco Beltrão - PR. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1, 1996, São Pedro. CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9, 1996, São Pedro. **Anais...** Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, 1996. p. 105.
- PIZINATTO, A. Reunião da Câmara Setorial de mandioca do Estado de São Paulo. In: Cereda, M.P. **Amidos e Agronegócios**, Botucatu, v. 1, n. 6, p. 2, 1999.

PONTE, J. J. da. **Cartilha da manipueira**: uso do composto como insumo agrícola. Fortaleza: Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará, 1999. 53 p.

RICKARD, J. E. Tannin levels in cassava, a comparison of methods of analysis. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 37, p. 37-42, 1986.

ROGERS, D. J. Studies of *Manihot esculenta* Crantz and related species. **Bulletin of Torrey Botany Club**, Bronx, v. 90, n. 1, p. 43-54, 1963.

SCOTT, G.; BEST, R.; ROSEGRAND, M. W.; BOKANGA, M. **Roots and tubers in the global food system**: a vision statement of the year 2020. Lima: Centro Internacional de la Papa, 2000a. 111 p.

SCOTT, G.; ROSEGRAND, M. W.; RINGLER, C. **Roots and tubers for 21st century**: trends, projections, and policy options. Lima: Centro Internacional de la Papa, 2000b. 64 p.

SHEN, H.; WANG, M.; NTAGENYERA, C.; MANIRAKIZA, C. Applying cassava sour food starch in bread making. **Wuxi, Zhon Lian Xue**, v. 13, n. 6, p. 19-20, 1998.

VAN OLSCHOT, Q. E. A.; O'BRIEN, G. M.; DUFOUR, D.; EL-SHARKAWY, M. A.; MESA, E. The effect of pre-harvest pruning of cassava upon root deterioration and quality characteristics. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 80, p. 1866-1873, 2000.

VILPOUX, O.; CEREDA, M. P. Processamento da raízes e tubérculos para uso culinário: minimamente processadas, vácuo, pré-cozidas congeladas e fritas (*french-fries*). In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, cap. 4, p. 81-109. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

Capítulo 2

A INDÚSTRIA DA FARINHA DE MANDIOCA

Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fernando César Akira Urbano Matsuura

José Raimundo Ferreira Filho

Introdução	63
Origem e difusão da mandioca e seu papel na alimentação do brasileiro	64
Produção e consumo de mandioca no Mundo e no Brasil	66
Produção e consumo de mandioca no Mundo	66
Produção e consumo de mandioca no Brasil	68
Industrialização da mandioca	69
Implantação de unidades de processamento de mandioca	72
Instalações e equipamentos	73
Leiaute e fluxo do processo	74
Tipos de farinha	75
Processamento	77
Matéria-prima	77
Operações	79
Farinha seca	79
<i>Recepção, lavagem e descascamento</i>	81
<i>Repinicagem</i>	85
<i>Ralação</i>	86
<i>Prensagem</i>	87
<i>Esfalamento ou desmembramento</i>	90
<i>Torrção</i>	92
<i>Peinagem, classificação e trituração</i>	96
<i>Acondicionamento e armazenamento</i>	99
Farinha temperada	102

Farinha d'água	102
<i>Pubagem e descascamento</i>	103
<i>Prensagem, valação e outras etapas</i>	105
Farinha mista	106
Farinha panificável	106
<i>Lavagem e descascamento</i>	109
<i>Corte</i>	109
<i>Prensagem</i>	110
<i>Secagem</i>	110
<i>Moagem e peneiramento</i>	113
<i>Acondicionamento e armazenamento</i>	113
Farinha integral ou desidratada	113
Gari	114
Qualidade da farinha	120
Aspectos de composição e nutricionais	120
Aspectos microbiológicos	126
Fermentação	126
Contaminações microbiológicas	128
Contaminações por fungos toxinogênicos	130
Toxidez	131
Legislação	133
Boas práticas de fabricação e análise de perigos e pontos críticos de controle .	133
Normas de identidade e qualidade dos produtos	134
Referências bibliográficas	135

INTRODUÇÃO

As características de cultivo da mandioca e a possibilidade de elaboração de produtos estáveis em condições ambiente com tecnologias simples, como a farinha, no Brasil, e o gari, em países africanos, determinam a importância dessa cultura para a segurança alimentar de algumas populações brasileiras, como as do Semi-Árido Nordeste e Amazônia, e também de alguns países africanos.

O Brasil é um dos grandes produtores mundiais de raízes de mandioca, que são tradicionalmente consumidas cozidas, fritas ou em diferentes pratos de elaboração caseira (quando obtidas de variedades “mansas”) ou processadas industrialmente (quando obtidas de variedades “bravas”).

Há até poucos anos atrás, a produção de derivados alimentícios de mandioca no Brasil restringia-se à fabricação de farinha e fécula. Atualmente, observa-se uma diversificação de produtos ofertados, como a mandioca minimamente processada; pré-cozida congelada; cozida embalada a vácuo; frita (“chips”), entre outros. Por outro lado, verifica-se recentemente uma melhoria da qualidade sensorial da farinha produzida pelas grandes indústrias das Regiões Sudeste e Sul e uma ampliação das aplicações da fécula.

A farinha de mandioca é um produto tipicamente brasileiro, de alto valor energético, rico em carboidratos, consumido em todo o País, principalmente nas Regiões Nordeste e Norte, variando-se os tipos preferidos e as formas de preparo. Na Região Norte é hábito consumir-se a farinha d’água e mista, enquanto nas demais Regiões prefere-se a farinha seca.

A produção de farinha nas Regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil é realizada principalmente por fábricas de grande e média escala, enquanto nas Regiões Nordeste e Norte, por fábricas de pequena escala (casas de farinha).

As farinhas secas produzidas pelas fábricas de pequena escala da Região Nordeste do Brasil são bastante apreciadas pela maioria dos brasileiros. Recentemente, a melhoria da apresentação do produto fabricado pelas grandes indústrias, acondicionadas em embalagens laminadas, também tem colaborado para a melhoria da imagem da farinha produzida nas Regiões Sul e Sudeste.

Esse capítulo apresenta os principais tipos de farinha, incluindo o gari, os processos de fabricação e os aspectos de qualidade da farinha de mandioca.

Origem e difusão da mandioca e seu papel na alimentação do brasileiro

A mandioca é uma planta de origem brasileira, da região da bacia tropical do Amazonas, difundida para outros países da América do Sul e América Central pelos índios “aruaca”, primeiros a cultivá-la. Na América Espanhola, entretanto, não determinou um complexo alimentar, como ocorreu com o milho. Segundo Câmara Cascudo (1983), “... o milho firmou-se soberano na América Central e costa ameríndia do Pacífico, enquanto a mandioca é a rainha dos trópicos, reinando sozinha na culinária popular da sua zona de origem...”. Aí surgiram pratos típicos como o *pan de yuca* (bolo cozido de farinha de mandioca) e o *cazabe* ou *cazave* (um tipo de beiju) (Muchnik, 1995).

Desde o início da colonização do Brasil (século 16), o português exportou a mandioca para o continente africano. Foi plantada “... desde a Mauritània, alto Senegal, até o sudoeste, desde a Guiné, Costa do Marfim, do Ouro, Daomé, Togo, a Nigéria, Camerum, Gabão e Angola. Pelo Congo, ganhou o sertão, rumo ao Quênia, Tanganica e Moçambique ...” (Câmara Cascudo, 1983). A farinha d’água, o “gari” iorubano, ou a “matete” dos ambundos, foi a que mais se popularizou na África, prestando-se a uma série de pratos. Também a maniçoba e os beijus difundiram-se nesse continente. Hoje há pratos tipicamente africanos, como o *fufu* (termo genérico para designar pastas espessas, como purês, mingaus e/ou pirões), a *chikwangue* (um tipo de carimã) e a *attieke* (grânulos de mandioca fermentada submetidos ao vapor) (Muchnik, 1995).

No início do século 18, a mandioca já estava presente no Continente Asiático.

A mandioca, portanto, passou a fazer parte da cultura de outros países: “... atravessou oceanos, incorporou-se à cozinha de outros povos, de outras línguas, nos seus mitos, canções e poesia...” (Muchnik, 1995).

O povo tupi foi o responsável pela propagação da mandioca na região litorânea do Brasil, então difundida a outras tribos indígenas em todo o território nacional.

Há várias lendas indígenas sobre a origem da mandioca. Em todas elas, é constante a idéia de que se trata de uma dádiva divina, tal a sua importância para a sobrevivência das tribos. Uma delas, colhida em Belém do Pará, conta que “... a filha de um chefe indígena, que engravidara sem contato masculino, como em sonho comunicara um homem branco ao

pai furioso, que se acalmou. Nasceu uma menina deslumbrante, de nome *Mani*, morta ao fim de um ano, sem doença e sem dor. Do túmulo surgiu um arbusto novo. A terra fendeu-se, como mostrando o corpo da morta. Encontraram raízes que eram as primeiras mandiocas. Mandioca, de *Mani-oca*, a casa de *Mani* ...” (Câmara Cascudo, 1983).

O brasileiro adotou o termo mandioca, do tupi, mas manteve a denominação de farinha, do latim *farina*, e não do nheengatu *uí*; *uí-atã*, farinha de guerra ou farinha seca; *uí-pon* ou *uí-puba*, farinha puba ou farinha d’água (Câmara Cascudo, 1983).

A importância da mandioca na alimentação do brasileiro é reconhecida desde o início da colonização do País. Os cronistas da época afirmavam ser essa raiz (ainda desconhecida para o europeu, identificada como “semelhante ao inhame”) “... o alimento regular, obrigatório, indispensável aos nativos e europeus recém-vindos. ‘Pão da terra’, em sua legitimidade funcional ...” (Câmara Cascudo, 1983).

A mandioca estava presente na alimentação dos indígenas principalmente na forma de farinha e beiju. “... A farinha constituía o conduto essencial e principal, acompanhando todas as coisas comestíveis, da carne à fruta. Os beijus eram a primeira matalotagem de jornada, de guerra, caça, pesca, permuta, oferenda aos amigos ...” (Câmara Cascudo, 1983).

Foi incorporada à alimentação dos portugueses e tornou-se indispensável, consumida cotidianamente. Ao negro, foi apresentada ainda antes da sua chegada ao Brasil, nos navios negreiros, e passou a compor, obrigatoriamente, sua dieta.

Principalmente a farinha d’água, hoje menos consumida, mas também a farinha seca, compunham pratos tradicionais, como a farofa, pirão, mingau, papa. Engrossava os caldos, sopas, quibebe e “remates”. Também os beijus derivam da farinha.

A farinha de mandioca mantém por cinco séculos o símbolo da “suficiência”, para o brasileiro. Ainda exerce um importante papel no seu regime nutricional, sobretudo entre as classes de menor poder aquisitivo, devido ao seu alto valor energético. “Foi o primeiro conduto alimentar brasileiro, pela extensão e continuidade nacional. Acompanha o churrasco gaúcho, como a caça no Brasil Central e Amazônico. *Universale brasiliensium alimentum*” (Marcgrave, citado por Câmara Cascudo, 1983).

Atualmente, também fazem parte da dieta do brasileiro a mandioca “mansa” cozida, assada e frita, e a farinha preparada na forma de farofa, pirão, virado, como recheio etc.

Produção e consumo de mandioca no Mundo e no Brasil

Produção e consumo de mandioca no Mundo

A mandioca pode ser considerada a quarta maior cultura do mundo, depois do arroz, do trigo e do milho, por sua contribuição à alimentação humana (Treche, 1995). É produzida em mais de cem países e consumida por centenas de milhões de pessoas no Mundo, principalmente nos Continentes Africano e Asiático e na América do Sul. Constitui-se num alimento básico para as populações pobres desses continentes e tem um papel chave na luta contra os problemas de nutrição que os assolam, apesar da sua alta perecibilidade e toxidez (Giraud et al., 1995). Serve como alimento de segurança, em períodos de carência (Chuzel et al., 1995a; Poulter, 1995).

Embora a mandioca seja largamente difundida em todas as regiões tropicais do Mundo, apenas na África é usada principalmente para consumo humano (Fig. 1). Na última década, o consumo humano de mandioca aumentou na África cerca de 39%, enquanto na América do Sul e Ásia permaneceu estável ou diminuiu ligeiramente.

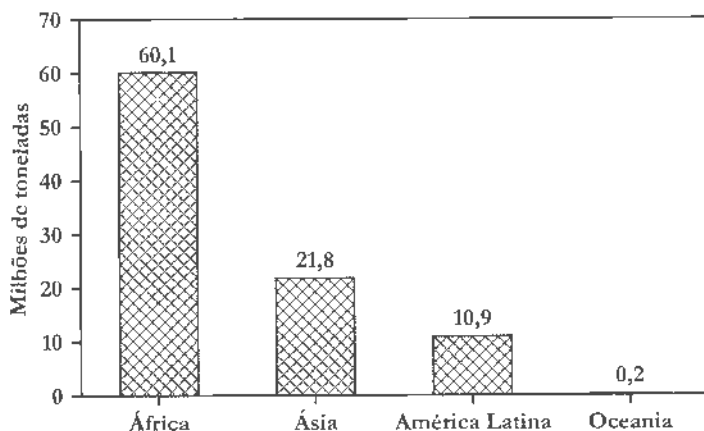


Fig. 1. Utilização da mandioca na alimentação humana nos diferentes continentes do Mundo, em 1992.

Fonte: FAO (1994).

Dos dez principais países consumidores de mandioca do Mundo, seis são africanos (Zaire, Nigéria, Tanzânia, Moçambique, Gana, Uganda), três asiáticos (Indonésia, Índia e Vietnã) e um sul-americano (Brasil) (Fig. 2). Dentre os vinte países do Mundo de maior consumo per capita de raízes de mandioca, há apenas um país não africano (Paraguai). É na África Central (Zaire e Congo) e Oriental (Tanzânia e Moçambique) que se encontram os mais altos consumos por habitante (Fig. 3) (Treche, 1995).

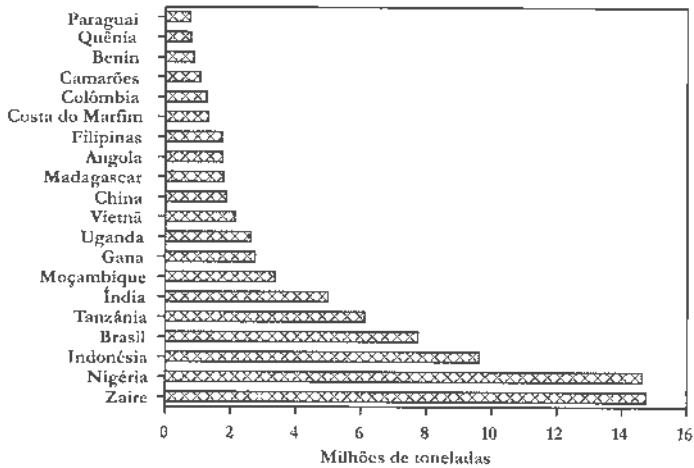


Fig. 2. Quantidade média de mandioca utilizada na alimentação humana em diferentes países do Mundo, no período de 1988-1992. Fonte: FAO (1994).

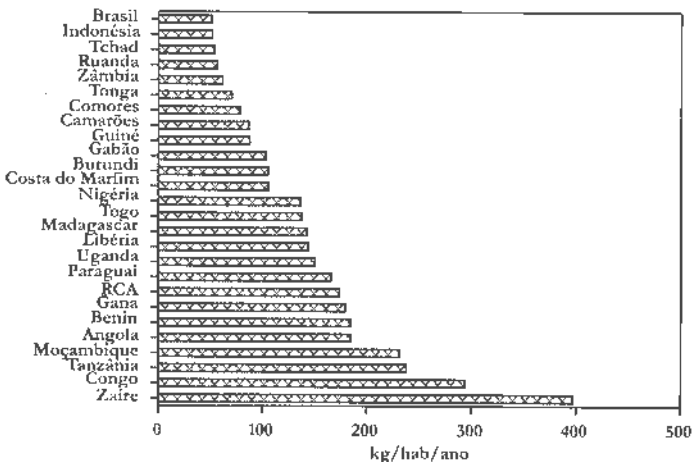


Fig. 3. Quantidade média de mandioca consumida por habitante e por ano em diferentes países do Mundo, no período de 1990-1992. Fonte: FAO (1994).

As quantidades médias de energia consumidas nesses países podem variar de 1.700 a 2.600 kcal/habitante/dia. Em seis países Africanos (Zaire, Moçambique, Congo, Angola, Gana e República Africana Central), as raízes de mandioca garantem mais de 25% da ingestão de energia (Tabela 1) e constituem assim o alimento básico da população (FAO, 1994; Treche, 1995).

O aumento regular da produção e utilização da mandioca na alimentação humana, ao curso das três últimas décadas, confirmam sua grande importância econômica no Mundo e particularmente na África e Ásia, mas é principalmente na África Oriental que a mandioca tem um papel importante nos regimes alimentares (Treche, 1995).

Tabela 1. Contribuição das raízes de mandioca na ingestão média de energia das populações dos principais países consumidores, de 1990-1992.

>25% da ingestão de energia		15%-25% da ingestão de energia	
Zaire	54,0	Benin	21,8
Moçambique	38,5	Tanzânia	21,7
Congo	35,2	Libéria	19,8
Angola	27,3	Togo	19,0
Gana	26,0	Uganda	17,1
RCA	25,9	Madagascar	16,3
		Nigéria	15,4

Fonte: FAO (1994).

Produção e consumo de mandioca no Brasil

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mandioca, tendo produzido em 2002 mais de 23 milhões de toneladas dessa raiz (Chuzel et al., 1995a; Giraud et al., 1995; FAO, 2003). Cultivada em todas as regiões do País, a mandioca constitui-se numa cultura de segurança, garantindo o alimento e representando uma fonte de renda para os agricultores, independentemente das variações climáticas (Chuzel et al., 1995a).

Na década de 70, a produção brasileira de mandioca chegou a alcançar 30 milhões de toneladas. Essa diminuição da produção deveu-se a uma seqüência de fatos, relatados a seguir. A partir de 1972, com o aumento dos subsídios à farinha de trigo, ocorreu a

perda de um mercado importante para a farinha de mandioca, aquele das farinhas panificáveis. Na década de 80, durante vários planos econômicos (Cruzado, em 1986; Bresser, 1987; Verão, 1989; Brasil Novo, 1990 e 1991), os preços da farinha de mandioca e da fécula foram fixados em valores inferiores aos custos de produção. Finalmente, ocorreu a venda de estoques de farinha do governo a preços muito inferiores aos praticados no mercado. A repercussão desses fatos em nível nacional foi muito marcada, havendo uma grande redução das áreas plantadas, principalmente nas Regiões Sul e Sudeste, além de uma diminuição da produtividade, na Região Nordeste (Chuzel et al., 1995a). A partir de então e até hoje, o Nordeste é a maior região produtora nacional, com 33% da produção, contra 26% da Região Norte, 25% da Região Sul, 10% da Região Sudeste e 6% da Região Centro-Oeste (em 2001, segundo FAO, 2003). Depois de 1992, a mandiocultura revitalizou-se nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com a implantação de novas feculares e farinheiras, principalmente nos Estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. Essa revitalização foi acompanhada da adoção de novas tecnologias pelos agricultores, resultando num aumento significativo dos rendimentos de produção (Chuzel et al., 1995a).

No Brasil, a mandioca é cultivada em diferentes sistemas de produção, desde cultivos de fundo de quintal, à produção tradicional de pequenos agricultores das zonas semi-áridas do Nordeste ou da Amazônia – com baixo nível tecnológico e produtividade –, até as produções em larga escala das Regiões do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com cultivos e colheitas semi-mecanizadas e alta produtividade. Essa diversidade de sistemas de produção reflete-se nos sistemas de transformação e comercialização (Chuzel et al., 1995a). Logo, os produtos derivados de mandioca também apresentam uma grande diversidade regional, embora a farinha responda por 70%-80% da produção nacional de derivados de mandioca.

INDUSTRIALIZAÇÃO DA MANDIOCA

A industrialização das raízes de mandioca diminui perdas pós-colheita, agrega valor ao produto, proporciona maior retorno financeiro aos produtores e gera empregos e renda (Matsuura et al., 2003).

Por serem altamente perecíveis e conterem compostos cianogênicos potencialmente tóxicos, as raízes de mandioca são obrigatoriamente processadas. São conseqüências do processamento a estabilização das raízes frescas, a redução dos compostos cianogênicos a níveis seguros e alterações de textura e sabor do produto, que melhoram sua aceitabilidade pelo consumidor. Muitas vezes, o processamento também reduz os teores de umidade e o volume do produto, tornando-o mais facilmente transportável (Poulter, 1995).

Ainda hoje, a fabricação da farinha de mandioca em pequenas casas de farinha nas Regiões Norte e Nordeste (Fig. 4) é muito semelhante à realizada pelos indígenas no século 16. Descascadas as raízes e lavadas, estas são raladas num cilindro composto por serrilhas de ferro, chamado de ralador ou cevador, introduzido pelos portugueses. A prensagem da massa é feita em prensas primitivas e a torração é realizada em fornos com base de barro e superfície também de barro ou de metal. Já os indígenas ralavam as raízes utilizando-se de espinhos, dentes de animais, cascas de ostras. A massa era espremida à mão ou em tipitis (cilindros de palha trançada, contrácteis). Como não dispunham de raladores e prensas eficientes, sua farinha era de textura grosseira, grumosa (Câmara Cascudo, 1983).



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig 4. Casa de farinha rústica. Brotas de Macaúbas, BA, 2003.

Existem atualmente cerca de 400.000 casas de farinha espalhadas por todo o País, embora mais concentradas nas Regiões Norte e Nordeste. São geralmente unidades familiares, com capacidade de processamento variando de 2 a 3 sacos de 50 kg por dia, cuja produção é geralmente destinada para o auto-consumo; ou unidades comunitárias, parcialmente mecanizadas, com capacidade de processamento de até 2.000 ou 3.000 kg de farinha por dia, onde grande parte da produção é comercializada. A etapa limitante do processamento para as pequenas unidades é a torração, muitas vezes feita com agitação manual, podendo demorar até 3 horas e meia para uma fornada de 90 kg de farinha. Em muitas outras unidades, entretanto, existem fornos com alimentação e agitação mecânica. As famílias que não dispõem de uma casa de farinha processam sua mandioca em unidades vizinhas, deixando uma parte de produção como pagamento (Chuzel et al., 1995a; Poulter, 1995).

No Sul e Sudeste do País, as unidades de processamento são privadas e comerciais, as operações são mecanizadas e a capacidade de processamento pode chegar a 50 t de raízes frescas por dia. Os equipamentos são de construção local ou produzidos pelos próprios empresários, consistindo num sistema de lavagem contínuo, um ralador, um sistema de prensas hidráulicas, um esfarelador-peneira e fornos planetários. Esses equipamentos são de concepção antiga e mesmo as novas farinhas utilizam essa tecnologia (Chuzel et al., 1995a).

Certas empresas são especializadas no “beneficiamento da farinha”, comprando a farinha de produtores isolados para reprocessá-la (moagem, peneiragem e classificação) e comercializá-la (Chuzel et al., 1995a).

Embora no Brasil o principal produto de mandioca seja a farinha, são muitos os seus possíveis derivados. São exemplos a fécula ou polvilho doce, o polvilho azedo, a mandioca puba, a tapioca, o beiju, o sagu etc. (Matsuura et al., 2003) (Fig. 5). Com a evolução dos hábitos alimentares, as necessidades industriais e as exigências de mercado, novos usos vão surgindo, como a mandioca minimamente processada, pré-cozida congelada, desidratada, frita tipo “chips”, como croquete, salgadinho do tipo aperitivo (“snacks”). Apresentam grande potencial de exploração comercial a farinha de raspa e os pellets para a alimentação animal e os amidos modificados (usados na indústria de alimentos – embutidos, leite em pó, sopas, pães, bolachas, chocolates, balas, dentre outros –, papel, embalagens e têxtil) (Chuzel et al., 1995a; Matsuura et al., 2003).



Fonte: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 5. Produtos derivados de mandioca tradicionais. Mercado municipal de Vitória da Conquista, BA, 2002.

Implantação de unidades de processamento de mandioca

A instalação de uma unidade de processamento de mandioca requer informações sobre toda a cadeia produtiva, desde o fornecimento de matéria-prima até a distribuição e venda do produto, incluindo a disponibilidade de mão-de-obra, a demanda atual e potencial do produto e a estimativa de seu preço, dentre outras.

A agroindustrialização implica no atrelamento de duas fases de produção, a agrícola e a industrial. O ritmo de produção de uma agroindústria não é constante, mas depende dos períodos de safra e entressafra, o que significa alternar períodos de hiperatividade com quase ociosidade. Considerando-se essa condição, é necessário um planejamento cuidadoso para a definição do plano de produção, dimensionamento das instalações, montagem do quadro de pessoal e distribuição dos produtos (Matsuura et al., 2003).

Outros fatores importantes devem ser considerados para a instalação de uma unidade de processamento, como o abastecimento de água de boa qualidade e em quantidade adequada, a disponibilidade de energia elétrica, boas estradas de acesso para o transporte de raízes, do produto final e de pessoas.

A área para a instalação da unidade de processamento deve estar distante de regiões contaminadas (depósitos de lixo, criatórios de animais

e outros), protegida de inundações e ter boa ventilação (portanto, devem ser evitadas baixadas). Para proteção contra poeira (um importante veículo de contaminação), o entorno deverá ser coberto por grama, pedras (brita ou seixos) ou pavimentado. Quando o acesso é por via não pavimentada, a unidade deve ter um recuo em relação à rua.

Desde a escolha do local para a implantação de uma agroindústria, as Boas Práticas de Fabricação devem ser observadas (ver item Legislação).

Instalações e equipamentos

As normas de Boas Práticas de Fabricação indicam os requisitos básicos para instalações produtoras/industrializadoras de alimentos, visando garantir condições higiênico-sanitárias adequadas (ver item Legislação).

As instalações de uma unidade de processamento de mandioca podem ser simples, mas devem ser seguras, com pé-direito alto, boa entrada de luz, cobertura adequada, com laje ou forro, paredes e pisos revestidos, permitindo uma correta higienização. Portas, janelas e ralos devem ser protegidos por telas ou equivalente, evitando a entrada de insetos, pássaros, roedores e outros animais (Matsuura et al., 2003).

Na entrada da área de processamento, bem como nos sanitários, devem ser dispostas pias para a lavagem de mãos. Os sanitários e depósitos de lixo (estes necessariamente fechados) devem ser distantes da área de produção.

É muito comum encontrar-se pequenas e médias agroindústrias de produção de farinha de mandioca em localização inadequada e com instalações bastante precárias, principalmente nas Regiões Nordeste e Norte do Brasil (Fig. 4).

Os equipamentos e utensílios para o processamento de mandioca devem ser construídos de material liso, não poroso, com cantos abaulados e de fácil limpeza e mantidos em bom estado de conservação. Os materiais adequados para contato com alimentos são o aço inoxidável e o plástico.

Algumas empresas produtoras de equipamentos para o processamento de farinha de mandioca têm buscado adequar-se a essas exigências. Entretanto, várias casas de farinha artesanais produzem

seus próprios equipamentos e utensílios, normalmente utilizando madeira e ferro como materiais de construção (Fig. 6). Nessas pequenas unidades de processamento, algumas substituições poderiam ser feitas facilmente e com baixo custo, como, por exemplo, a substituição das caixas de madeira para depósito de massa (“cochos”) por caixas d’água de plástico ou fibra de vidro. Superfícies de ferro não devem ter contato direto com as raízes de mandioca, pois este elemento químico acelera a reação de escurecimento enzimático, alterando a cor do produto final. Além disso, os ácidos contidos nas raízes de mandioca são extremamente corrosivos e danificam rapidamente as peças e superfícies de ferro dos equipamentos. Quando não for economicamente viável o uso de aço inoxidável, as superfícies de metal devem ser revestidas por pintura apropriada.



Foto: Márcia Leda da Silveira Folegatti

Fig. 6. Equipamentos de uma casa de farinha rústica. Belo Campo, BA, 2002.

Leiaute e fluxo do processo

Também o leiaute e o fluxo do processo de produção de farinha de mandioca devem seguir as normas de Boas Práticas de Fabricação (ver item Legislação).

No processamento de alimentos, a distribuição adequada dos equipamentos nas instalações, com espaçamentos corretos e dentro de uma seqüência lógica, contribui para a redução do esforço físico

demandado dos operadores, para o incremento do rendimento de produção e para a obtenção de um produto de boa qualidade (Matsuura et al., 2003). É comum as unidades de média e grande escala de produção de farinha de mandioca adquirirem dos fornecedores de equipamentos linhas de produção prontas, em geral, adequadas. Em unidades pequenas, entretanto, o correto fluxo de processamento nem sempre é respeitado.

A distribuição inadequada dos equipamentos pode resultar em contaminações cruzadas durante o processamento. O produto deve caminhar dos pontos de maior para os de menor grau de contaminação, nunca invertendo esse sentido. A área de recepção de matéria-prima, lavagem e descascamento (área suja) deve ser fisicamente isolada da área onde ocorrerão as demais etapas do processamento (área limpa). Também não deve haver trânsito de funcionários entre essas duas áreas.

Uma estrutura para produção de farinha de mandioca é apresentada na Fig. 7.

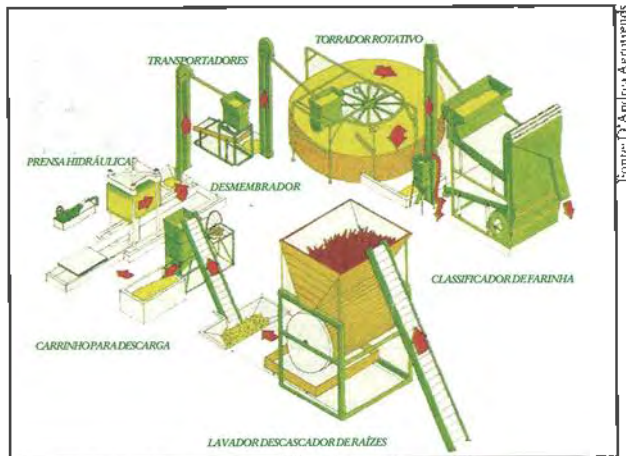


Fig. 7. Linha de produção de farinha de mandioca.

TIPOS DE FARINHA

A farinha é o principal derivado da mandioca produzido no Brasil. Entretanto, é difícil falar de uma única farinha, já que os produtos obtidos podem apresentar características muito diferentes, no que se refere à cor, granulometria (Fig. 8) e sabor e, por outro lado, as estruturas e

tecnologias de processamento são muito distintas, comparando-se as casas de farinha do Norte e Nordeste e as farinheiras do Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País. Na Região Amazônica são encontradas a farinha seca grossa amarela, a farinha d'água ou puba, a farinha mista ou do Pará e a farinha de tapioca (fécula seca e granulada). Na Região Nordeste é encontrada a farinha seca branca fina. Em São Paulo é produzida a farinha seca branca fina, para o mercado nordestino, e a farinha branca grossa bijusada (farinha torrada na forma de flocos) (Chuzel et al., 1995a).



Fig. 8. Farinhas de diferentes cores e granulometrias, vendidas em mercado popular. Chapadinha, MA, 2003.

A farinha de mandioca é definida pela Legislação Brasileira como “o produto obtido de raízes provenientes de plantas da família Euforbiácea, gênero *Manihot*, submetidas a processo tecnológico adequado de fabricação e beneficiamento” (BRASIL, 1995). É classificada em três grupos básicos (relacionados com a tecnologia de fabricação): farinha seca, farinha d'água e farinha mista. Além dessas, também a farinha temperada, um novo produto com grande potencial de mercado; a farinha panificável ou de raspas de mandioca, um produto historicamente muito importante, mas cuja produção atual é extremamente restrita no Brasil; e o gari, um produto muito difundido nos países africanos e o mais semelhante à farinha seca brasileira, serão abordados nesse capítulo.

As farinhas dos três grupos básicos reconhecidos pela nossa Legislação são ainda classificadas segundo o subgrupo, relacionado

com a granulometria; a classe, relacionada com a cor do produto; e o tipo, que considera vários outros parâmetros relacionados às características físicas e químicas da farinha.

A qualidade das farinhas de mandioca produzidas no Brasil é muito variável. Os principais problemas referem-se principalmente à uniformidade, composição e qualidade microbiológica. Grande parte da produção de farinha advém de milhares de pequenas casas de farinha rudimentares espalhadas por todo o Brasil, mas mais concentradas nas Regiões Norte e Nordeste. Nessas estruturas, em condições higiênicas precárias, a farinha produzida apresenta características microbiológicas muitas vezes impróprias para o consumo humano, que comprometem também seus aspectos químicos e funcionais (propriedades reológicas). Mesmo as farinhas produzidas em unidades maiores e melhor estruturadas, comercializadas em grandes centros, não raro apresentam baixa qualidade. A melhoria da qualidade desse produto passa pela adequação das atuais unidades de processamento e pela adoção das Boas Práticas de Fabricação, preconizadas pela Legislação, mas envolve fundamentalmente um trabalho de conscientização e educação dos processadores.

Além da melhoria da qualidade, outras estratégias podem ser adotadas visando a diferenciação desse produto e o alcance de novos mercados. As preferências dos consumidores do mercado-alvo são um importante norteador. Práticas simples, como a padronização da granulometria de uma farinha, podem diferenciar esse produto e garantir-lhe um melhor preço. Outras vezes, com um pequeno investimento adicional podem ser obtidos produtos mais atraentes para o consumidor e também mais rentáveis. Exemplo disso são as indústrias de farinha de mandioca temperada, que têm crescido muito nos últimos anos.

PROCESSAMENTO

Matéria-prima

A anatomia e a composição química da mandioca determinam requisitos e restrições tecnológicas para seu processamento. As raízes de mandioca são altamente perecíveis, devido principalmente ao seu

alto teor de compostos fenólicos, relacionados à deterioração fisiológica, e ao seu elevado teor de umidade e nutrientes, como o amido, relacionados à deterioração microbiológica. Além disso, contêm compostos potencialmente tóxicos em concentrações variáveis. Estas características da mandioca obrigam seu processamento (Poulter, 1995).

A raiz de mandioca apresenta três estruturas anatômicas: a casca (periderme), a entrecasca (córtex) e a polpa (parênquima de armazenamento do amido). Essas partes apresentam composição química diferente, inclusive em relação aos compostos fenólicos e cianogênicos. A composição média das raízes de mandioca é de cerca de 60% a 65% de umidade, 30% a 35% de carboidratos (principalmente amido), 1% a 2% de proteínas e pequena quantidade da maioria das vitaminas e minerais (Matsuura et al., 2003).

Os compostos fenólicos, dentre eles o tanino, estão presentes principalmente na entrecasca. Quando a raiz é colhida, exposta ao oxigênio, desencadeia-se imediatamente uma reação oxidativa envolvendo os compostos fenólicos e enzimas endógenas (polifenoloxidades), que resulta no escurecimento do produto e corresponde à deterioração fisiológica.

Por outro lado, sendo um produto de alta umidade e rico em nutrientes, principalmente carboidratos, a raiz é sujeita à ação deteriorativa de vários microrganismos.

Por essas características, o processamento das raízes deve ocorrer em até dois ou três dias após a colheita, dependendo da variedade de mandioca, do manuseio pós-colheita (ocorrência de danos mecânicos, exposição à luz solar ou a temperaturas elevadas etc.) e do produto a ser elaborado. Deve ser planejado um fluxo contínuo entre colheita e industrialização, de forma que as raízes colhidas permaneçam o mínimo de tempo aguardando pelo processamento.

Além do problema da alta perecibilidade das raízes de mandioca, há também o problema da sua potencial toxidez. Todas as partes da planta de mandioca, inclusive as raízes, mas principalmente as folhas, contêm compostos cianogênicos que podem ser degradados a ácido cianídrico – HCN, tóxico para os animais e o homem. Para diferentes variedades de mandioca, a concentração de compostos cianogênicos varia. Aquelas variedades que contêm menor teor desses compostos são classificadas como “mansas” (mandioca de mesa, aipim ou macaxeira); as que possuem

maior teor são classificadas como “bravas” (mandioca de indústria, amarga ou simplesmente mandioca). Para uma mesma variedade, ainda, o teor de compostos cianogênicos pode variar de acordo com a idade da planta e condições ambientais, como solo, altitude, clima etc.

As variedades mansas de mandioca têm mais vasto uso na alimentação humana, já que os compostos potencialmente tóxicos, em menor concentração, são mais facilmente eliminados. Já as variedades bravas requerem procedimentos que promovam eficazmente a degradação dos glicosídeos cianogênicos e a eliminação dos produtos dessa degradação, de forma a garantir a sua redução a níveis seguros para o consumo humano. O processamento dos diferentes tipos de farinha de mandioca tem essa função.

Devem ser escolhidas variedades de mandioca recomendadas para a região e para o destino industrial específicos. O mercado de destino e a preferência do consumidor também devem ser considerados na escolha da variedade de mandioca. Em algumas regiões, a preferência do consumidor é por farinha elaborada com raízes de polpa branca; em outras, com raízes de polpa amarela.

A época de colheita das raízes de mandioca depende de fatores relacionados à variedade, condições edafoclimáticas, sistema de produção e mercado e, portanto, varia nas diferentes regiões do País. A idade à colheita depende, além desses fatores, do produto a ser processado. De maneira geral, para a produção de farinha de mandioca são utilizadas raízes de plantas com 18 a 24 meses de idade, que proporcionam um maior rendimento industrial, em função, principalmente, da relação entre a massa total da raiz e suas proporções de amido e fibras. Na estação seca, embora a operação de colheita muitas vezes seja dificultada, obtém-se um maior rendimento industrial, devido à relação entre umidade e sólidos da raiz.

Operações

Farinha seca

A farinha seca, também chamada de farinha de mesa ou farinha torrada, é a mais consumida no Brasil. É produzida em todas as regiões do País, com algumas particularidades, em função da cultura local e também do acesso a tecnologias.

As variedades de mandioca utilizadas como matéria-prima, a escala de produção, o grau de mecanização do processo, os tipos de equipamentos utilizados (particularmente os fornos) e o modo de operação variam, resultando em farinhas com características sensoriais diferentes, que atendem às preferências dos consumidores de diferentes regiões.

O processo de produção de farinha seca compreende basicamente as mesmas operações para indústrias de diferentes escalas. As etapas desse processo são apresentadas na Fig. 9.

Uma descrição mais detalhada das etapas é apresentada a seguir.

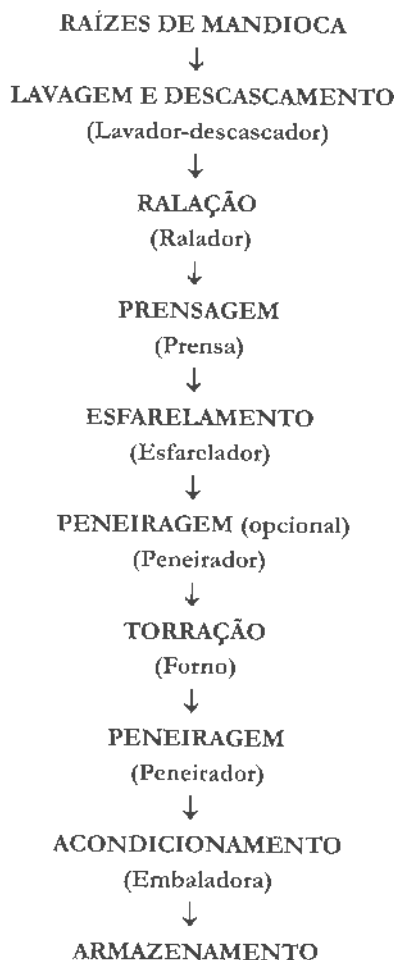


Fig. 9. Fluxograma do processamento de farinha de mandioca seca.

Recepção, lavagem e descascamento

As raízes de mandioca devem ser depositadas numa área externa da fábrica de farinha (farinheira ou casa de farinha, quando de pequena escala), ao serem recebidas. Nesse local, as raízes são pesadas e descarregadas (Fig. 10). O descarregamento comumente provoca danos físicos nas raízes, o que acelera sua deterioração. O planejamento do fluxo de chegada e processamento das raízes é fundamental para evitar-se o uso de raízes já deterioradas.

Dependendo do solo em que é produzida, uma tonelada de raízes de mandioca pode carregar até 100 kg de torrões e pedras (Lima, 1982). A eliminação dessas impurezas por meio do processo de lavagem evita a contaminação do produto e o desgaste dos equipamentos.

A lavagem das raízes varia em função da forma de descascamento, manual ou mecânico. Em unidades de processamento de pequena escala (casas de farinha), o descascamento é manual (Fig. 11), feito com o auxílio de facas, trabalho geralmente realizado pelas mulheres. Devem ser utilizadas facas de aço inoxidável, pois o ferro, em contato com o tecido vegetal, acelera a reação de escurecimento enzimático. Nesse tipo de processamento, a lavagem das raízes deve ser feita em tanques, preferencialmente de plástico ou fibra de vidro, com água potável, antes e após o descascamento (Matsuura et al., 2003).



Foto: Pedro Luiz Pires de Matos

Fig. 10. Descarregamento das raízes de mandioca. Cândido Mota, SP, 2001.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 11. Espaço utilizado para o descascamento manual de raízes de mandioca. Cuiabá, MT, 2003.

É comum, em pequenas casas de farinha, não ser realizada a operação de lavagem, muitas vezes por não haver disponibilidade de água, ou também por razões culturais. Como tentativa de evitar-se a contaminação das raízes descascadas, em alguns casos o descascamento é feito por um processo tradicionalmente denominado de “meia”, pelo qual uma pessoa inicia o descascamento de uma raiz, realizando-o numa das suas extremidades, e outra pessoa, com as mãos limpas, recebe essa raiz, segurando-a pela extremidade descascada, e finaliza o processo. Dessa forma, apenas os operadores com mãos limpas têm contato direto com a raiz descascada. Esse procedimento pode reduzir a contaminação física e microbiológica decorrente do processo de descascamento manual, embora não substitua a lavagem. Para que o descascamento no sistema de “meia” seja efetivo, essa operação deve ser cuidadosa, observando-se a limpeza do ambiente e utensílios, como as facas e recipientes para a contenção das raízes descascadas.

O descascamento manual remove completamente a casca e a entrecasca das raízes, com isso eliminando fibras celulósicas, compostos fenólicos (responsáveis pelo escurecimento enzimático) e a maior parte dos compostos potencialmente cianogênicos da raiz (Nago, 1995) e, conseqüentemente, melhorando a qualidade (principalmente quanto às características de cor e sabor) e diminuindo a toxidez do produto final. Entretanto, com o descarte da entrecasca, o rendimento de produção é menor. Além disso, a entrecasca é muito rica em elementos nutritivos e

sua retirada acarreta a perda de cerca de 50% das proteínas, 48% do cálcio, 57% da tiamina, 47% da riboflavina e 29% da niacina presentes nas raízes. Por esse motivo, em algumas regiões do Mundo em condição de carência alimentar, essa parte da raiz é consumida (Muchnik & Vinck, 1984).

O processo manual de descascamento demanda muita mão-de-obra e tempo. Isso pode representar uma oportunidade para a geração de empregos, mas, por outro lado, pode implicar no aumento dos custos de produção.

Pelo processo mecânico, o descascamento e a lavagem ocorrem em seqüência, realizados no mesmo equipamento (lavador-descascador). No mercado existem vários modelos de lavadores-descascadores de mandioca, como o modelo de tambor (Fig. 12), que consiste num cilindro construído com ripas de madeira com 10-15 cm de largura, distantes entre si cerca de 1,0-1,5 cm, para permitir a saída de partículas sólidas (terra, pedras e cascas) e água, fechado nas extremidades, com um eixo central tubular, perfurado para passagem de água para lavagem. Esse tambor gira em torno do próprio eixo e, com este movimento, as raízes são friccionadas umas contra as outras e o descascamento ocorre por essa abrasão. Alguns fabricantes recomendam a adição de areia no início do processo, para intensificar a abrasão, mas esta prática não é recomendada, pois introduz uma nova fonte de contaminantes no processo. O início da operação é processado sem água, para que ocorra o descascamento; no final, a água é aberta e ocorre a lavagem das raízes descascadas (Matsuura et al., 2003).



Fig. 12. Lavador-descascador de tambor. Belo Campo, BA, 2002.

Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Esse tipo de equipamento opera por bateladas e a carga utilizada em cada operação deve ser adequada: sendo muito baixa, as raízes se movimentam muito livremente dentro do tambor e chocam-se violentamente contra suas paredes, provocando quebras e perdas; sendo muito alta, o movimento das raízes dentro do tambor é restrito e o descascamento não é efetivo.

Existem também os lavadores-descascadores semi-cilíndricos (Fig. 13), construídos de madeira ou ferro (nesse último caso, revestidos internamente por aço inoxidável, para evitar o escurecimento das raízes e a corrosão do equipamento), dotados de um eixo ao qual são acopladas hastes de madeira, que promovem a movimentação e o avanço das raízes de mandioca de uma extremidade a outra do semi-cilindro, efetuando o descascamento, e também dotados de uma tubulação disposta superiormente, perfurada para a passagem de água para lavagem. A extensão dessa tubulação é igual à metade ou a um terço do comprimento do equipamento, já que o início do processo também é feito a seco (Cereda & Vilpoux, 2003). Este equipamento é de operação contínua.



Foto: Pedro Luiz Pires de Mattos

Fig. 13. Lavador-descascador semi-cilíndrico.

O tempo de operação varia conforme a capacidade dos equipamentos. Estima-se um gasto de 2 a 3 m³ de água por tonelada de mandioca.

Quando o descascamento é mecânico, apenas a casca mais externa é retirada. Ainda assim, muitas vezes essa casca não é completamente removida, o que pode ocasionar o aparecimento de pontos escuros na farinha, depreciando sua qualidade. A eficiência desse descascamento depende de fatores relacionadas à qualidade da matéria-prima, determinados pela variedade e sistema de produção adotados, como o formato e a regularidade das raízes, o grau de aderência das cascas às raízes (característica muitas vezes relacionada à sua umidade) e a quantidade e o tipo de terra por elas carreada, além de fatores relacionados à condução da operação, como carga e velocidade/tempo de processo.

O uso de variedades de mandioca com casca de cor clara é uma forma de contornar problemas causados por eventuais falhas no processo de descascamento.

Repinicagem

Quando o descascamento é realizado mecanicamente, as raízes saídas do lavador-descascador ainda podem conter partes de casca aderidas, necessitando de um repasse manual, denominado repinicagem (Fig. 14).

Embora recomendada, por garantir a produção de uma farinha de melhor qualidade, a etapa de repinicagem nem sempre é realizada.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 14. Aspecto das raízes de mandioca após o processo de repinicagem. Belo Campo, BA, 2002.

Ralação

A operação de ralação pode ser realizada com raladores manuais, atualmente pouco comuns, ou mecanizados (acionados por motor elétrico, a diesel ou gasolina), que reduzem as raízes de mandioca a uma massa úmida. Dentre todos os equipamentos acionados por motor componentes de uma linha de produção de farinha, o mais indispensável é o ralador. Em pequenas casas de farinha, muitas vezes é o único equipamento mecanizado. Sua importância decorre do fato de que o processamento manual da ralação demanda muito esforço físico e tempo, e também porque essa é uma das etapas que mais influenciam a qualidade do produto final.

Em pequena escala, podem ser usados raladores manuais (similares a um ralador de queijos) e de roda (Cereda & Vilpoux, 2003).

Os tipos mais comuns de raladores são o de cilindro (Fig. 15) e o de disco. Os primeiros são constituídos por um cilindro rotativo provido de lâminas de aço serrilhadas substituíveis, fixadas paralelamente entre si e no sentido longitudinal do eixo. Em geral, o cilindro é protegido por uma caixa de madeira ou metálica. Dependendo do modelo, as raízes são postas contra o cilindro em movimento pela ação da gravidade, manualmente (o que representa um perigo para o operador) ou por meio de braços de madeira ou metálicos de movimentos alternados (Lima, 1982; El-Dash et al., 1994; Matsuura et al., 2003). Nos raladores de disco, as serrilhas são dispostas radialmente em um disco metálico. As raízes são alimentadas em uma moega e forçadas contra o disco por gravidade.

É imprescindível uma boa regulagem do ralador, a fim de proporcionar uma massa de granulometria adequada e com partículas uniformes.

Na ralação ocorre o rompimento dos tecidos celulares das raízes, com a exposição dos seus constituintes, provocando várias reações bioquímicas. Os glicosídeos cianogênicos são hidrolisados pela enzima linamarase, concorrendo para a eliminação desses compostos tóxicos (Nago, 1995). Por outro lado, a ralação também acarreta a perda de nutrientes das raízes, principalmente o amido.

A intensidade da ralação deve ser suficiente para permitir uma adequada drenagem da massa, sem a excessiva perda de nutrientes, na etapa posterior de prensagem.



Foto: Mariana Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 15. Ralador de cilindro e cocho de fibra de vidro para massa ralada. Belo Campo, BA, 2002.

Prensagem

A massa ralada é extremamente úmida e o excesso de água deve ser eliminado antes da torração, para facilitar o processo de secagem e evitar a “geleificação” do amido. Com a compressão da massa por consequência da prensagem, a oxidação também é reduzida.

Como herança das técnicas indígenas de processamento de farinha, o tipiti (Fig. 16), um cilindro de palha trançada contrátil, ainda é usado em pequenas casas de farinha da Região Norte do País.

Em pequenas unidades de processamento, a prensagem pode ser feita em outros tipos de prensas rústicas, nas quais a pressão pode ser exercida pelo emprego de pesos, por amarrações (como a “prensa de paca”) (Fig. 17), por um sistema de parafuso ou rosca (Fig. 18), por um macaco hidráulico (como os usados em oficinas mecânicas) (Fig. 19), dentre outros sistemas.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 16. Tipitis para prensagem da massa ralada. Maranhão, 2003.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 17. Prensa rústica, com sistema de amarração. Brotas de Macaúbas, BA, 2003.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 18. Prensa de parafuso. Belo Campo, BA, 2002.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 19. Prensa rústica com sistema de macaco hidráulico. Santaluz, BA, 2003.

Os equipamentos mais utilizados em unidades de processamento de média e grande escala são as prensas de parafuso e hidráulica (Fig. 20a, b), respectivamente. Em ambas, a massa é carregada em cestos abertos, em camadas não muito espessas, separadas por uma estrutura de madeira ou borracha com a função de distribuir a pressão. Os cestos podem ser duplos para uso alternado (enquanto um é prensado, o outro é descarregado e recarregado). A duração da operação utilizando-se a prensa de parafuso é de no mínimo 40 minutos e utilizando-se a prensa hidráulica varia de 5 a 20 minutos, com a eliminação de cerca de 20% a 30% da água da massa (Lima, 1982). Mais recentemente, foi desenvolvido para a produção em grande escala um filtro prensa com sistema automatizado (Fig. 21), que prensa a massa ralada em placas (Cereda & Vilpoux, 2003). Após a operação de prensagem, a massa possui uma umidade de 45% a 50%.

O líquido resultante da prensagem é chamado de manipueira. Contém compostos cianogênicos (tóxicos) e amido (1%-7%), que pode ser recuperado por meio de tanques ou canais de decantação. Na Região Norte do Brasil, a manipueira é decantada, para o aproveitamento do amido, e o líquido sobrenadante é utilizado na elaboração de um molho denominado tucupi, utilizado na preparação de pratos típicos (El-Dash et al., 1994).

Esfarelamento ou desmembramento

Essa operação visa desagregar o bloco compacto de massa de mandioca, resultante da etapa de prensagem.

Pode ser realizada por um ralador comum, funcionando a uma velocidade menor que a do ralador de raízes de mandioca. Em pequenas unidades de processamento é comum o uso do ralador de raízes para ambas as operações, de ralação e esfarelamento (Matsuura et al., 2003).

O esfarelamento também pode ser feito diretamente em peneiras vibratórias de malha fina, que, além de desagregar a massa, retêm fibras, pedaços de casca e de raízes.

Quando o esfarelamento não é feito em peneiras vibratórias, opcionalmente pode ser realizada a peneiragem da massa, em peneiras manuais ou automáticas.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 20a. Prensa hidráulica – carregamento da massa. Conchal, SP, 2001.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 20b. Prensa hidráulica – prensagem da massa. Conchal, SP, 2001.



Foto: Madia

Fig. 21. Filtro prensa.

Torração

A torração é uma operação importante no processo de produção de farinha e a que mais influencia sua qualidade, particularmente no que se refere às suas características sensoriais, como cor, sabor e textura, e à sua conservação. Além disso, a torração também promove a eliminação do ácido cianídrico – resultante da degradação enzimática e química dos glicosídeos cianogênicos, ocorrida durante as etapas anteriores do processo – por volatilização (Nago, 1995).

O tamanho de partículas e a umidade inicial da massa, o tipo de forno (chapa e sistema de agitação), a carga de massa e a temperatura de operação são alguns dos principais fatores determinantes das características do produto final. Se a massa apresentar uma umidade muito elevada, o amido nela contido pode geleificar com o aquecimento, alterando a textura da farinha. Cargas de massa maiores e altas temperaturas no início da operação produzem farinhas de granulometria mais grossa. A temperatura e o sistema de agitação dos fornos influenciam grandemente a cor e o sabor da farinha (Matsuura et al., 2003).

A torração pode ser realizada em fornos ou torradores, sendo muito comuns o “forno baiano” (Fig. 22), tacho semi-esférico com um agitador central de pás, e o “forno rotativo” ou “paulista” (Figs. 23a, b, c), constituído por uma chapa circular giratória, assentada sobre uma fornalha de alvenaria, por um distribuidor mecânico com fundo de peneira, para a distribuição da massa sobre a chapa, e por uma escova, para a retirada da farinha. Nas Regiões Norte e Nordeste, é encontrado o “forno plano”, provido de uma chapa plana de barro ou de ferro, no qual o revolvimento da massa é feito manualmente, com o auxílio de rodos (Fig. 24), ou mecanicamente, com um sistema de pás de movimento planetário (Fig. 25) (Matsuura et al., 2003). Um forno desenvolvido mais recentemente é o “forno contínuo tubular a vapor” (Fig. 26), equipamento mais indicado para grandes escalas de produção.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 22. Forno baiano. Euclides da Cunha, BA, 2004.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 23a. Forno rotativo – carregamento da massa. Conchal, SP, 2001.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 23b. Forno rotativo – torração. Conchal, SP, 2001.

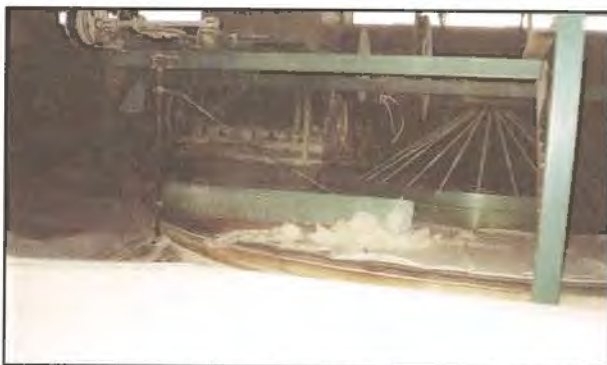


Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 23c. Forno rotativo – retirada da massa torrada. Conchal, SP, 2001.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 24. Forno plano, com sistema de agitação manual. Santaluz, BA, 2003.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 25. Forno plano, com sistema de agitação planetário. Belo Campo, BA, 2002.



Foto: Media

Fig. 26. Forno contínuo.

A maioria dos fornos usa a lenha como fonte de energia, com baixo rendimento energético e variação de temperatura em diferentes pontos de sua superfície, o que prejudica a qualidade da farinha (Baud, 1997). Para pequena escala de produção já foram desenvolvidos protótipos de fornos operados com fontes alternativas de energia, como o composto por um sistema de compressor e maçarico, que usa óleo como combustível e permite o aproveitamento de óleos vegetais ou óleos residuais de outros processos. Modelos de fornos adaptados para o funcionamento com energia elétrica não obtiveram sucesso comercialmente, principalmente devido ao alto custo dessa energia.

As farinhas produzidas em fornos do tipo rotativo ou paulista têm uma textura característica, sendo suas partículas na forma de pequenos beijus.

As farinhas originalmente produzidas com raízes descascadas manualmente e em fornos de chapa de barro com revolvimento manual ficaram famosas por sua qualidade sensorial, como as farinhas secas produzidas na Serra da Copioba, no Estado da Bahia. Nessa região, tradicionalmente são usados dois fornos no processamento da farinha, operados com temperaturas diferentes; o primeiro deles é usado para a operação de secagem, o segundo é usado para a torração. Por vezes, quando a produção é feita em um

único forno, toda a massa é primeiramente seca e retirada; em seguida, volta ao forno com outra condição de temperatura e é então torrada. Essas práticas são popularmente chamadas nessa região como “zanzar” e “torrar” a farinha.

Durante a torração, a massa perde umidade até apresentar-se adequadamente seca, quando é retirada para um depósito, onde esfria. A umidade final das farinhas deve ser sempre inferior a 14%, para garantir sua conservação.

Peneiragem, classificação e trituração

Após a torração, a farinha passa por uma etapa de peneiragem, para a separação de fibras, aglomerados e outras partículas de maior tamanho e também, em alguns casos, para a sua classificação, de acordo com o tamanho dos grânulos.

Quando a função da peneiragem é exclusivamente a de separar partículas fora do padrão de tamanho dos grânulos da farinha, essa operação pode ser feita manualmente, o que normalmente ocorre em pequenas unidades de processamento (Fig. 27). Essas peneiras podem ser circulares, para uso individual, ou retangulares, com braços nas duas extremidades (como uma maca), para dois operadores. Nesse segundo caso, uma das extremidades pode ser atrelada por cordas a um apoio superior, permitindo que a peneira seja “balançada” e assim operada por uma única pessoa. Também existem peneiras automáticas simples, para pequena escala (Fig. 28).

Em escalas maiores, e quando se pretende também classificar a farinha, pode ser utilizado um conjunto de peneiras vibratórias (Fig. 29). A classificação é feita pela passagem em uma série de peneiras de crivos diferentes e padronizados, obtendo-se, em uma única operação, farinhas de diferentes granulometrias (Lima, 1982).



Foto: Marflia Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 27. Peneiragem manual. Santaluz, BA, 2003.



Foto: Marflia Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 28. Peneiragem automática para pequena escala. Vale do Rio Gavião, BA, 2002.

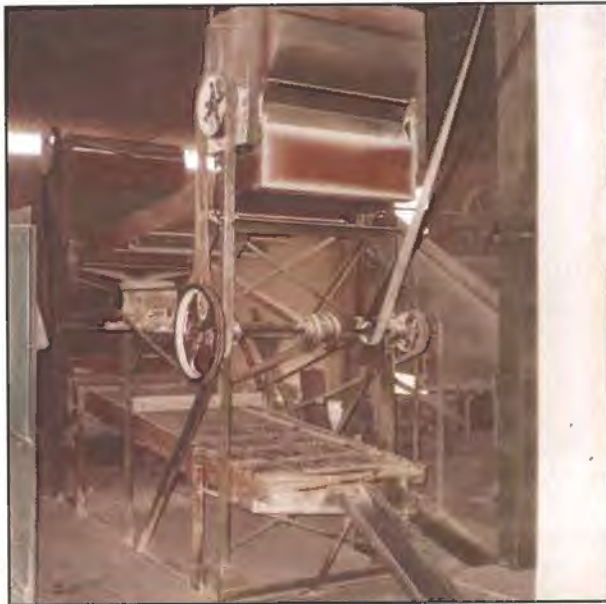


Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 29. Peneira classificadora. Conchal, SP, 2001.

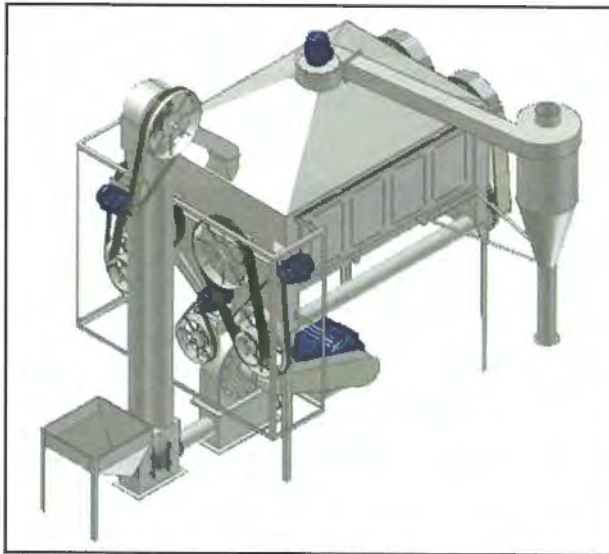
Os caroços ou aglomerados da farinha resultantes da peneiragem (cruera) podem ser triturados em moinhos (de cilindro, disco ou martelo) (Fig. 30 e 31) e, em seguida, novamente peneirados. Essa operação deve triturar adequadamente a farinha, sem pulverizá-la. Opcionalmente, pode-se proceder à trituração de toda a farinha e, em seguida, realizar-se a peneiragem. Nesse processo, podem ser utilizadas peneiras centrífugas (ou rotativas), nas quais a farinha é peneirada em chapas giratórias circulares e perfuradas. As malhas das peneiras variam de 0,17 mm a até mais de 1,0 mm (Lima, 1982).

Quando não é reaproveitada no processo, a cruera pode ser destinada à alimentação animal.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 30. Moinho de farinha para pequena escala.



Fonte: Madua

Fig. 31. Esquema de um moinho de farinha para grande escala.

Acondicionamento e armazenamento

A farinha deve estar à temperatura ambiente para ser acondicionada, para evitar-se a condensação de vapores dentro da embalagem, que pode ocasionar a perda de crocância e também sua deterioração.

O acondicionamento pode ser feito manualmente ou por máquinas embaladoras semi-automáticas (Fig. 32a, b e 33) ou automáticas.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 32a. Ensacamento da farinha – enchimento (sacos de 50 kg). Conchal, SP, 2001.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 32b. Ensacamento da farinha – costura (sacos de 50 kg). Conchal, SP 2001.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 33. Ensacamento da farinha – enchimento (sacos de 1 kg). Conchal, SP, 2001.

A embalagem na qual a farinha é acondicionada depende da sua forma de comercialização. O produto pode ser acondicionado em sacos de algodão de 50 kg, quando a comercialização é feita a granel, por “litro” ou “quilo”, em feiras livres e mercados municipais, prática muito comum nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil. Para a venda em supermercados, a farinha é embalada, normalmente, em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade ou laminados (papel combinado a polietileno de baixa densidade), de 500 g, 1 kg ou 2 kg (Matsuura et al., 2003).

O armazenamento da farinha deve ser feito sobre estrados, em local limpo, seco (com umidade relativa inferior a 70%, segundo Riedel, 1987) e ventilado.

Seja qual for o nível tecnológico da unidade de processamento, o rendimento de produção de farinha de mandioca seca é sempre próximo a 30% (Chuzel et al., 1995a).

Farinha temperada

A farinha temperada (ou farofa) é produzida por uma mistura de farinha com condimentos, como cebola, alho, sal e pimenta e outros ingredientes, resultando num produto com características sensoriais próprias, muito apreciado. Pode ser elaborada com diversos tipos de farinha, embora seja mais comum o uso de farinha seca, do tipo “paulista”. Alguns dos ingredientes podem ser adicionados fritos ou desidratados (Cereda & Vilpoux, 2003).

A mistura dos ingredientes pode ser feita manualmente ou por equipamentos apropriados (misturadores). O acondicionamento é geralmente realizado por máquinas embaladoras, utilizando-se embalagens laminadas metalizadas, que são boas barreiras ao oxigênio e à luz e portanto reduzem a ocorrência da rancificação oxidativa do óleo contido nos ingredientes fritos. A aplicação de gases inertes, como o nitrogênio, também é recomendada para evitar a oxidação do produto.

Atualmente, a fabricação desse produto está concentrada na Região Centro-Sul do Brasil.

Farinha d'água

A mandioca puba (*mandiog pubae*, fermentada, apodrecida, fervida) é a matéria-prima para o processamento da farinha d'água, muito apreciada no Maranhão, Pará e Amazonas (Câmara Cascudo, 1983).

A farinha d'água (ou farinha de puba) difere muito da farinha seca. É um produto de coloração amarela, devido ao uso de raízes de variedades amarelas de mandioca, granulometria grossa e textura dura, com características de aroma e sabor muito peculiares, resultantes principalmente do processo de pubagem.

Esse produto é obtido pela fermentação natural das raízes de mandioca imersas em água (maceração ou pubagem), sendo em seguida descascadas, trituradas ou desestruturadas; a massa resultante é prensada, esfarelada e torrada em fornos a temperaturas baixas. O produto torrado é peneirado ou não e embalado. A seqüência das operações de descascamento, prensagem e ralação pode variar em função das características das raízes fermentadas.

A produção de farinha d'água é realizada quase que exclusivamente em pequenas casas de farinha da Região Norte do Brasil. Várias etapas do processamento, apresentadas na Fig. 34, são feitas manualmente. Uma descrição mais detalhada de algumas das etapas de processamento é apresentada a seguir.

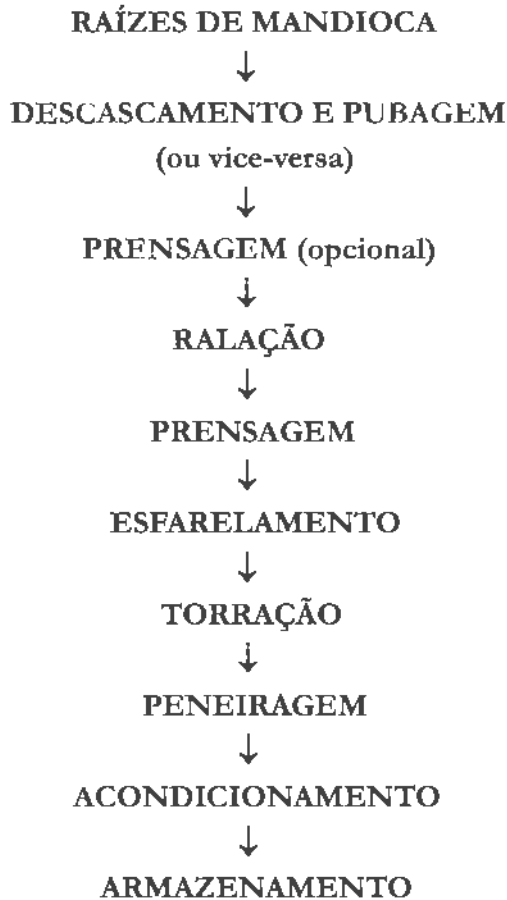


Fig. 34. Fluxograma do processamento de farinha d'água de mandioca.

Pubagem e descascamento

O processo de pubagem consiste na imersão em água (em caixas ou tanques, tradicionalmente em igarapés) das raízes de mandioca com ou sem casca e sua manutenção geralmente por um período de dois a três dias, em condições ambiente (Fig. 35a, b).



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 35a. Início da pubagem de raízes de mandioca. Maranhão, 2003.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 35b. Final da pubagem de raízes de mandioca. Maranhão, 2003.

Esse período pode variar de um a seis dias, dependendo das características da matéria-prima, da composição e concentração inicial da microbiota contaminante natural, da temperatura da água e da intensidade de fermentação desejada. Durante a pubagem, as raízes absorvem água, perdem uma pequena quantidade de sólidos e adquirem características físicas e químicas específicas (Vilpoux, 2003). A polpa das raízes é amolecida e seu aroma e sabor são alterados.

A pubagem é uma fermentação anaeróbia na qual predomina o grupo de bactérias *Lactobacilli*. Sua ação no substrato implica na liberação de uma série de enzimas hidrolíticas, incluindo amilases e pectinases, que contribuem para o amolecimento celular e degradação.

Concomitantemente, ocorre o aumento da concentração de ácido láctico e outros ácidos e a queda do pH. Esse processo resulta na perda da capacidade de retenção de água da estrutura da raiz e na mistura dos conteúdos celulares, particularmente a linamarina e a linamarase, levando à rápida degradação de compostos cianogênicos (Poulter, 1995).

As raízes podem ser pubadas com ou sem casca. A perda de amido e sólidos solúveis durante a pubagem realizada em caixas ou tanques é ligeiramente maior quando as raízes são imersas sem casca. Entretanto, a perda de polpa quando as raízes são descascadas após a pubagem é maior. Dessa forma, a pubagem de raízes sem casca parece ocasionar perdas menores, quando o processo ocorre em tanques ou caixas (sistema fechado), enquanto que, quando o processo ocorre em igarapés ou rios, ocorrem menos perdas com raízes com casca.

O descascamento das raízes de mandioca antes da pubagem pode ser manual ou mecânico; já depois da pubagem, só pode ser realizado de forma manual, por meio da passagem por peneiras, o que é uma operação muito fácil, devido ao amolecimento das raízes.

Prensagem, ralação e outras etapas

Ocorre uma absorção de água pelas raízes durante o processo de pubagem, o que pode exigir uma prensagem, antes da etapa de ralação.

O processo de ralação é muito similar ao realizado na produção de farinha seca, feito em raladores. Entretanto, com o uso de equipamentos rudimentares, costuma-se realizar duas ralações, visando produzir uma massa ralada de melhor qualidade (Vilpoux, 2003).

Para intensificar a coloração amarela da farinha é comum o emprego de corantes como o açafrão e a tartazina, adicionados na etapa de ralação das raízes. Embora seu uso não seja regulamentado pela legislação e, portanto, não possa ser recomendado, parece haver uma preferência dos consumidores regionais por farinhas d'água de coloração amarela intensa.

As demais etapas do processo de produção de farinha d'água são similares às realizadas para a produção de farinha seca.

A granulometria característica da farinha d'água é resultante da maior carga de massa, da maior temperatura e da forma de revolvimento da massa durante a operação de torração (Vilpoux, 2003).

Farinha mista

A farinha mista ou farinha-do-Pará é um produto elaborado a partir de uma mistura de raízes de mandioca não fermentadas e fermentadas, em diferentes proporções, que depois de raladas são submetidas às mesmas etapas de processamento das demais farinhas. Este produto apresenta aroma e sabor característicos e é produzido, principalmente, na Região Norte do Brasil.

Farinha panificável

A farinha panificável ou farinha de raspas de mandioca teve grande importância no Brasil durante a Segunda Guerra Mundial, quando a farinha de trigo era escassa e cara, e até a década de 70. As farinhas destinadas à panificação eram compostas de farinha de trigo e farinha panificável de mandioca. Um decreto da década de 60, em vigor até 1973, obrigava os moinhos a substituírem parcialmente (15%-20%) a farinha de trigo importada por farinha panificável de mandioca. Entretanto, o aumento dos subsídios ao trigo, a partir de 1972, e a queda do preço desse produto no mercado internacional desestimulou o emprego da farinha panificável de mandioca (Lima, 1982; Chuzel et al., 1995a; Cereda, 2003).

Isso ocasionou o fechamento de numerosas pequenas empresas produtoras de farinha panificável de mandioca e a redução da área plantada com essa cultura. As Regiões Sul e Sudeste, que produziam farinha panificável para o mercado de panificação e farinha seca para o consumo da Região Nordeste, tiveram sua área plantada reduzida à metade entre os anos 70 e 80 (Chuzel et al., 1995a).

Hoje, a produção de farinha panificável de mandioca é quase inexistente. Ainda são encontradas em algumas regiões do País, principalmente no Nordeste, unidades artesanais produtoras de raspas de mandioca, mas destinadas à alimentação animal (Chuzel et al., 1995a).

Embora tenha outras aplicações na indústria de alimentos e em outros setores, o uso dessa farinha tem sido prioritariamente vinculado à panificação (Cereda, 2003). Sempre que o mercado de derivados de mandioca é desfavorável ou quando ocorrem altas de preço da farinha de trigo, a farinha panificável e a fécula de mandioca apresentam-se como alternativas. Isso ocorreu recentemente, no ano de 2002, numa conjuntura de mercado na qual o preço da farinha de trigo equivalia a quase o dobro

do preço da fécula, quando esse derivado da mandioca foi largamente usado na panificação. No ano seguinte, com o aumento de preços dos derivados de mandioca, essa prática foi abandonada.

Em alguns países africanos, a farinha de rasas de mandioca é um produto importante. Em Moçambique, na década de 70, a mandioca era a principal cultura do país e seu consumo era principalmente na forma de farinha de rasas, base da alimentação de cerca de 50% da população. Sendo um alimento essencialmente energético, pobre em proteínas, pode ser suplementado com farinha de folhas de mandioca e outros vegetais, como a abóbora, e utilizado no preparo de papas, pirões e pães (Mota & Lourenço, 1974).

A farinha de rasas produzida nesses países é processada artesanalmente, em condições muito rudimentares. É obtida pelo descascamento e corte manuais das raízes, secagem solar e trituração em pilões ou moinhos de martelo. Em algumas localidades, as variedades de mandioca bravas são primeiramente maceradas e fermentadas, antes da secagem e moagem, originando um produto denominado “fubá de bombó”. Essa fermentação diminui o teor de compostos tóxicos, mas acarreta a perda de amido e o aumento da acidez da farinha (Cereda, 2003).

A farinha panificável de mandioca é produzida pela secagem de rasas de raízes de mandioca, não sendo realizado o processo de torração, como ocorre para a farinha seca ou de mesa. Assim, as propriedades químicas e físicas do amido presente nessa farinha são pouco alteradas, permitindo sua utilização na panificação. Pode ser usada em substituição parcial à farinha de trigo no preparo de diferentes tipos de pães, biscoitos e massas.

As rasas secas de mandioca, além de processadas na forma de farinha panificável, também podem ser produzidas com o objetivo exclusivo de conservar o produto ou para a alimentação animal (nesse caso, as raízes são cortadas com casca).

As principais formas de conservação da mandioca com o mínimo de alterações nas suas características originais são como rasas secas e seus derivados (incluindo a farinha em pó e a farinha peletizada). Segundo Conceição (1981) e Sawos (1981), citados por Cereda (2003), rasas de mandioca com 10%-12% de umidade e devidamente armazenadas podem-se conservar por longos períodos. Assim processadas, podem ser posteriormente utilizadas também para a produção de fécula, glicose, álcool e outros derivados.

Quanto às características da farinha panificável de mandioca, sua cor pode variar de branca a amarela ou cinzenta. Quanto à composição, a

umidade pode variar de 6,26% a 10,94%, o teor de amido de 70,08% a 83,11%, o teor de proteínas de 0,88% a 2,80%, o teor de fibras de 1,20% a 3,11% e o teor de cinzas de 1,02% a 2,23% (Lima, 1982), dependendo principalmente da variedade de mandioca utilizada e da forma de processamento. Esse último fator também influencia muito a granulometria do produto final.

O processo de produção da farinha panificável de mandioca é realizado conforme as etapas apresentadas na Fig. 36, descritas a seguir.

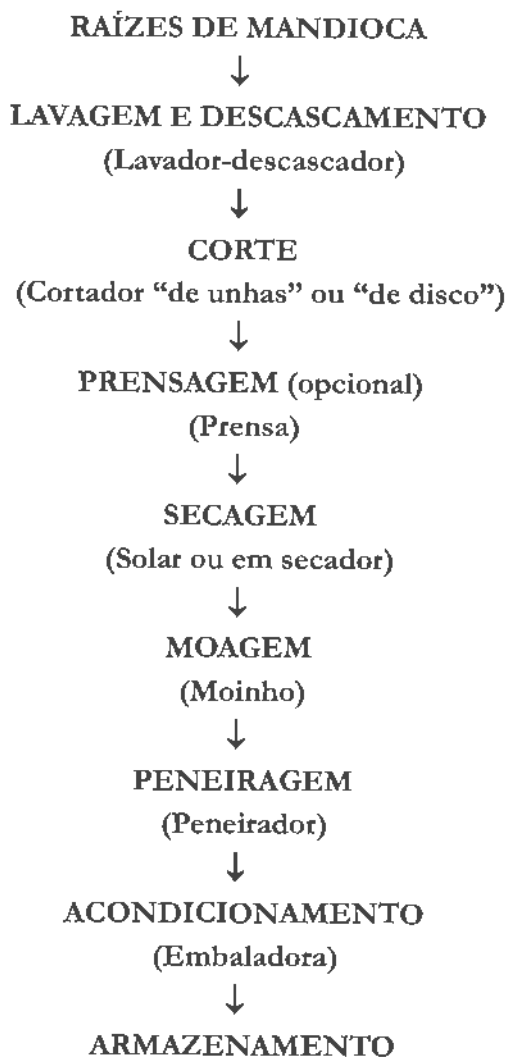


Fig. 36. Fluxograma do processamento de farinha panificável de mandioca.

Lavagem e descascamento

As operações de lavagem e descascamento são realizadas conforme descrito para a produção de farinha seca. A entrecasca deve ser removida, por conter altos teores de compostos cianogênicos e ser mais suscetível ao escurecimento.

A lavagem, embora momentaneamente aumente a umidade do material, facilita sua posterior secagem, por remover alguns exsudados viscosos que dificultam a migração da umidade para a superfície das raspas. Estes exsudados tendem a escurecer durante a secagem, alterando a cor do produto final. Além disso, contêm carboidratos, predominantemente sacarose e glicose, cuja permanência no produto favorece a proliferação de fungos (Cereda, 2003).

Após a lavagem, o excesso de água deve ser drenado.

Corte

As raízes descascadas e lavadas podem ser fatiadas manualmente, com o auxílio de facas, embora essa forma de processamento demande muita mão-de-obra e tempo e resulte em fatias desuniformes, maiores e mais espessas que as obtidas por meio mecânico, o que pode comprometer sua posterior secagem.

Existe uma relação direta entre a área superficial dos pedaços de raiz e a taxa de evaporação de água. Isso significa que, quanto menores as dimensões do fragmento de raiz, maior sua área superficial e taxa de evaporação de água. Vale a pena ressaltar, ainda, que a eliminação de componentes cianogênicos também é favorecida pelo menor tamanho dos fragmentos (Ferreira, 1991).

Entretanto, se os pedaços de raiz forem excessivamente cominuídos, resultando num material pastoso, sua secagem é prejudicada, principalmente, pela dificuldade de revolvimento e exposição das partículas ao sol e ao vento, na secagem solar, ou ao ar quente, na secagem mecânica. Nesse caso seria recomendada uma prensagem previamente à secagem (Cereda, 2003). O corte em pedaços muito reduzidos também acarreta uma maior perda de nutrientes.

Quando o corte é realizado mecanicamente, podem ser utilizados diferentes tipos de equipamentos, sendo os mais comuns os cortadores

“de unhas” e os “de disco”. Os primeiros são providos de um cilindro metálico com saliências cortantes em forma de meia-lua, dispostas em toda a sua superfície. Nos cortadores de disco, as saliências cortantes são dispostas concentricamente. Esses últimos podem ter acionamento motorizado (mais comum), por pedais (como os de uma bicicleta) ou manual (por manivela). O próprio peso das raízes é suficiente para empurrá-las contra os discos (El-Dash et al., 1994; Cereda, 2003). As raspas produzidas por esse tipo equipamento têm de 50-70 mm de comprimento, 10 mm de largura e 4-6 mm de espessura.

É fundamental que as partes cortantes estejam bem afiadas, de modo a proporcionarem um bom rendimento de processo (evitando perdas), sem danificarem os equipamentos.

Para a produção de raspas ainda é possível o uso de trituradores ou moinhos de facas (Gerhard, 1987; citado por Cereda, 2003).

Prensagem

Essa operação é feita em prensas manuais ou hidráulicas e visa diminuir a umidade das raspas de mandioca em cerca de 25% a 40%, reduzindo, conseqüentemente, seu tempo de secagem (além de evitar a gelatinização do amido, que pode ocorrer na secagem artificial). Entretanto, essa operação provoca perdas de nutrientes, como amido (5% a 10%) e proteínas (até 30%), removidos juntamente com a água da prensagem.

A prensagem muitas vezes é dispensável. Em algumas regiões do País onde, por condições climáticas, a secagem solar é inviável, a prensagem torna-se uma operação obrigatória.

Secagem

Depois de cortadas (e, em alguns casos, prensadas), as raspas de mandioca são secas. Segundo Chirife (1971) e Best (1978), a umidade das raspas de mandioca é removida por um processo de difusão da água interna combinado à evaporação da água superficial. Sendo assim, o tamanho dos pedaços de mandioca e sua área superficial têm grande influência na secagem.

As raspas de mandioca podem ser secas ao sol (em terreiros, peneiras inclinadas ou jiraus) (Figs. 37 e 38) ou em secadores. Na secagem solar, a duração e a qualidade do produto final dependem das

condições climáticas. As variáveis que influenciam o processo de secagem solar são temperatura, radiação solar, velocidade e umidade relativa do ar, além das características do produto, como umidade inicial, dimensão e forma dos pedaços e quantidade exposta por área de secagem (Vilela, 1987; El-Dash et al., 1994).



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 37. Terreiro cimentado para secagem. Petrolina, PE, 2004.



Foto: Marília Ieda da Silveira Folegatti

Fig. 38. Secagem em jiraus. Cândido Mota, SP, 2001.

Para o processamento de grandes quantidades de raspas são usados terreiros cimentados, que permitem o uso de tratores para o espalhamento e recuperação do produto. Para escalas menores, o uso de peneiras inclinadas ou jiraus é mais adequado, pois favorece a circulação de ar, acelerando o processo de secagem.

A quantidade de raspas por área deve ser de 5-12 kg/m² para a secagem em terreiros e de 10-16 kg/m² para a secagem em peneiras ou jiraus (El-Dash et al., 1994). Já Cereda (2003) recomenda uma carga de 6-7 kg/m² para a secagem nessas duas últimas condições. Quando secas em terreiros, as raspas devem ser revolvidas a cada duas horas (com o auxílio de rodos de madeira ou, em escalas maiores, por discos especiais puxados a trator), para que haja uniformidade da secagem. Durante a noite ou em caso de chuva, devem ser cobertas ou recolhidas para evitar a absorção de umidade, que poderia ocasionar seu escurecimento, bem como sua contaminação por fungos.

A secagem é concluída quando o produto atinge a umidade de 13%, o que pode demorar de 10-20 horas, em condições climáticas adequadas, e, quando a radiação solar é baixa, até seis dias (El-Dash et al., 1994; Cereda, 2003). As raspas secas quebram-se facilmente entre os dedos e podem riscar como giz.

A secagem solar, principalmente a realizada em terreiros, normalmente é usada para a produção de raspas para a alimentação animal. Durante a secagem solar, as raspas podem ser contaminadas por poeira, outras partículas sólidas e microrganismos. Para a produção de farinha panificável, recomenda-se o uso de secadores, visando à obtenção de um produto seguro para o consumo humano.

A secagem artificial melhora a qualidade da farinha panificável, mas aumenta seu custo de produção. É uma alternativa para regiões nas quais as condições climáticas inviabilizam a secagem solar e apresenta como vantagens a facilidade, controle e rapidez de operação e a proteção quanto a contaminações físicas e microbiológicas (Lima, 1982).

A secagem mecânica pode ser feita em secadores do tipo cabine (câmaras de secagem) ou em túneis rotativos, à temperatura aproximada de 65°C (El-Dash et al., 1994). A temperatura inicial do processo, entretanto, deve ser mais baixa (50°C), para evitar o ressecamento excessivo da superfície das fatias e a gelatinização do amido, que dificultam a secagem e prejudicam a qualidade do produto final. Sendo utilizados os túneis, recomenda-se a aplicação do ar quente em fluxo de contra-corrente (Lima, 1982).

Quando é utilizado um processo que inclui prensagem e secagem em secador vertical, a operação pode durar de 2-6 horas para a obtenção de uma umidade final de 13%-14%, dependendo das características iniciais do produto e das condições de operação (El-Dash et al., 1994).

Até essa etapa, o rendimento de produção pode variar de 30%-40%, dependendo da umidade e do teor de sólidos da matéria-prima e da forma de processamento (tipo de lavador utilizado, grau de descascamento, realização ou não da operação de prensagem e sua intensidade, tipo de secador utilizado).

Moagem e peneiramento

Após a secagem, as raspas de mandioca são trituradas em moinhos de martelo e peneiradas. A intensidade da moagem depende da finalidade de uso da farinha (Lima, 1982). O peneiramento geralmente é realizado em peneiras centrífugas (ou rotativas), com abertura de aproximadamente 0,15 mm (El-Dash et al., 1994).

As operações de moagem e peneiramento, portanto, determinam a granulometria do produto final.

Acondicionamento e armazenamento

A farinha panificável de mandioca pode ser armazenada a granel ou acondicionada em sacos de 50 kg feitos de algodão, de fitas plásticas trançadas ou papel kraft, como os usados para farinha de trigo e fécula. Para a Região Nordeste são mais indicados os sacos de polietileno e polipropileno, por serem impermeáveis e promoverem condições de baixo teor de oxigênio, evitando a proliferação de pragas (Lima, 1982).

O armazenamento da farinha panificável deve ser feito sobre estrados, em local limpo, seco e ventilado.

Farinha integral ou desidratada

A farinha integral ou desidratada é um produto intermediário entre a farinha panificável e a fécula de mandioca. Atualmente, é processada por apenas uma empresa no Brasil.

Seu processamento envolve as etapas de descascamento e lavagem, ralação e prensagem, realizados no mesmo tipo de equipamentos empregados para a produção de farinha de mandioca seca ou de mesa. A secagem é feita num “flash dryer”, até umidade final de 10%.

Com esse processo evita-se a oxidação, a acidificação e o desenvolvimento de microrganismos no produto (Cereda, 2003).

Essa farinha pode ser usada para a fabricação de produtos alimentícios, como pães, bolachas, biscoitos, ou em outros setores, como para a fabricação de papelão, adesivos e, principalmente, para colagem de chapas de madeira (Cereda, 2003).

Gari

Embora no Brasil a farinha seca seja o principal derivado da mandioca, esse produto não é consumido em outras regiões do Mundo. O gari é o produto que mais se assemelha às nossas farinhas, em particular à farinha d'água, produzido em outros países, principalmente na Costa Oeste Africana (Benin, Gana, Nigéria, Togo). Constitui-se num dos principais alimentos básicos para as populações dessa região e contribui para a auto-suficiência alimentar desses países. Em Benin, também é considerado “o pão local” (Nago, 1995). O gari pode ser consumido preparado de diferentes formas: como pirão (ou *éba*), acompanhado de molhos diversos, feitos de legumes, carne, peixe etc.; misturado à água (*délayé*) e açúcar; misturado a amendoins torrados; misturado a molhos, dentre outras.

Assim como a farinha d'água, o gari é um produto fermentado, seco e torrado e de granulometria grossa. Entretanto, enquanto no processamento da farinha d'água ocorre uma fermentação anaeróbia, por imersão em água das raízes inteiras, no processamento do gari é realizada uma fermentação aeróbia da massa ralada, durante uma prensagem branda e prolongada. Outra importante diferença entre esses dois produtos consiste, justamente, no processo de garificação, que combina as etapas de gelatinização do amido e torração do gari, que serão abordados posteriormente.

O gari é uma farinha de mandioca fermentada, geleificada e seca, de granulometria grossa (como “semolina”), com grãos secos e duros, coloração esbranquiçada ou amarelada e sabor ácido (Odigboh, 1983; Chuzel et al., 1995b; Nago, 1995).

Segundo Nago (1995), o gari é um produto seco, com umidade variando de 8%-10%; ácido, com pH de 4,3-5,0; altamente energético, com cerca de 335 kcal/100 g; pobre em proteínas e lipídios, com 0,70-1,20 g/100 g de MS e menos de 0,5 g/100 g de MS, respectivamente; com teor de cinzas de 1,0%. O tamanho dos grânulos é de < 1 mm (70% do produto). É característica desse produto uma grande capacidade de intumescimento, aumentando cerca de 3 a 4 vezes seu volume quando imerso em água fria.

As técnicas de processamento do gari baseiam-se nas utilizadas no Brasil para o processamento de farinha e foram introduzidas na Região Oeste da África no início do século 19, com o retorno dos escravos africanos recém-libertados (Nago, 1995).

A seguir será descrito o processamento tradicional do gari, ainda hoje realizado pelas mulheres na Costa Oeste da África (Fig. 39). As raízes de mandioca recém-colhidas são descascadas manualmente com facas e lavadas. Em seguida, a ralação é feita em raladores artesanais constituídos de uma placa metálica perfurada, com saliências pontiagudas. A massa é despejada em cestos de palha trançada ou sacos de juta, sobre os quais são colocadas pedras para facilitar a drenagem, e é assim mantida por um período de 2 a 6 dias, fermentando naturalmente. A massa prensada e fermentada é esfarelada à mão, adquirindo uma estrutura granular, e passada através de peneiras tradicionais, confeccionadas de cipós trançados, para a eliminação de fibras e pedaços não ralados. O cozimento/torração é realizado em "canaris", que são chapas de barro cozido com 3-4 cm de espessura, em forma de calota esférica, com abertura de 1 m de diâmetro. As "canaris" são acomodadas sobre uma fornalha de pedras, alimentada à lenha. Esse processo é conduzido até o atingimento de um determinado grau de gelatinização do amido e de um teor de água suficientemente baixo para assegurar uma boa conservação do produto. A massa é continuamente agitada com cabaças para evitar a formação de grumos e flocos, ou uma torração muito intensa do gari (Odigboh, 1983; Chuzel et al., 1986; Nago, 1995).

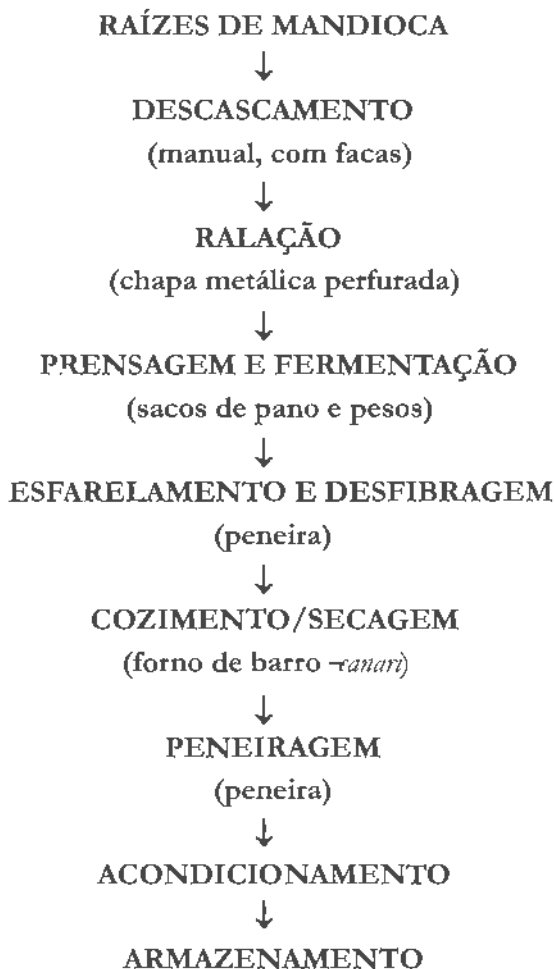


Fig. 39. Fluxograma do processamento tradicional de gari.
Fonte: Odigboh (1983); Chouzel et al. (1986).

Atualmente, já existem sistemas semi-mecanizados para a produção de gari. Nesses sistemas, são mecanizadas as etapas de ralação (sendo utilizados raladores do tipo cilíndrico ou de disco), prensagem (utilizando-se prensa de parafuso) e garificação. Esses sistemas modernizados apresentam um melhor desempenho no que se refere à carga de trabalho e ao tempo envolvidos no processo de produção, embora o rendimento (relação entre as quantidades de matéria-prima e produto obtido) seja equivalente ao do sistema tradicional (Nago, 1995).

A fermentação e a garificação (operação simultânea de cozimento e torração) têm efeito nas propriedades físico-químicas e particularmente nas propriedades reológicas do amido contido nas raízes (Poulter, 1995). São etapas determinantes para a obtenção das características sensoriais e funcionais do gari: aroma, sabor, cor, granulometria, capacidade de intumescência, digestibilidade etc. (Favier, 1969, 1977; Ikediobi & Onyike, 1982a, 1982b; Ajibola et al., 1987a, 1987b; Igbeka, 1995; Nago, 1995). Alguns aspectos tecnológicos dessas etapas mais importantes são comentados a seguir.

Durante a fermentação, cuja temperatura ótima é de 35°C, inicia-se a destoxificação do produto. Além dessa reação, por ação microbiológica desencadeiam-se vários processos bioquímicos, que conduzem à formação de numerosos metabólitos (Giraud et al., 1995; Nago, 1995).

Por ação, principalmente, do *Streptococcus falcium*, o amido contido nas raízes é enzimaticamente hidrolisado, com a formação de ácido láctico. Essa degradação altera a capacidade de retenção de água do amido, facilitando a drenagem.

Por ação de diversos microrganismos, como *Streptococcus falcium*, *Corinebacterium manihot*, *Geotrichum candida*, dentre outros, os açúcares (sacarose, glicose e frutose) são convertidos em ácido láctico e em componentes voláteis (acetaldeído, acetona, ácido acético, diacetila, ésteres, etanol etc.), responsáveis pelo aroma característico da massa fermentada (Meuser & Smolnik, 1980; Muchnik & Vinck, 1984).

A prensagem da massa durante a fermentação tem a função de promover uma drenagem, reduzindo sua umidade. Nessa operação, entretanto, a massa perde nutrientes: 2% de amido, 25% de sais minerais, 30% de tiamina, 8% de riboflavina, 36% de niacina e 76% de ácido ascórbico (Meuser & Smolnik, 1980; Muchnik & Vinck, 1984).

Durante o processo de cozimento/torração, o carregamento da massa de mandioca na “canari” é progressivo. Isso ocasiona uma diferença no tempo de manutenção da massa dos diferentes carregamentos na “canari”, o que compromete a homogeneidade

do produto final (Chuzel et al., 1995b). As principais conseqüências desse carregamento progressivo são a manutenção de uma temperatura constante na superfície da “canari” (90-95°C, segundo Chuzel et al., 1995b; ou 120-130°C, segundo Muchnik & Vinck, 1984 e Nago, 1995), assim como a manutenção por mais tempo de uma umidade elevada da massa. A temperatura da massa, tanto durante o primeiro carregamento quanto durante os seguintes, atinge rapidamente 60-80°C (podendo chegar a até 85°C, segundo Nago, 1995), o que, a uma umidade de 50%, permite a ocorrência do fenômeno da gelatinização do amido. Segundo Chuzel et al. (1995b), o início da gelatinização se dá à temperatura de 65°C, a umidades entre 22%-60%. Nessas condições de temperatura e umidade, ocorre o aumento da temperatura de início da gelatinização, a degradação hidrotérmica é limitada e o grau de intumescimento e solubilização do amido são reduzidos (Donovan, 1979).

Entre duas cargas sucessivas, a massa fica empilhada num canto da canari, o que permite uma melhor troca de calor entre as camadas do produto. Além disso, essa fase estática igualmente limita a perda de água para a atmosfera. Isso proporciona condições mais favoráveis ao fenômeno da gelatinização do amido, que depende do binômio temperatura-umidade. A agitação do produto visa, nessa fase, sobretudo a quebra dos grumos formados durante o processo. Como conseqüência da gelatinização, a massa fica pegajosa e viscosa, com forte tendência a aglomerar-se (Chuzel et al., 1995b). Ao final da fase de cozimento, a taxa de gelatinização do amido deve ser superior a 65% (Chuzel et al., 1995b).

No final da operação de cozimento/torração, a temperatura da chapa se eleva, reduzindo a umidade da massa. Quando a umidade atinge níveis de 12,5%-15,0%, o processo de gelatinização é inibido e inicia-se a torração. Nessa fase, a agitação promove a homogeneização da umidade da massa (Chuzel et al., 1995b).

De acordo com Chuzel et al. (1995b), a operação de cozimento/torração dura cerca de 20 minutos, sendo que cerca de 15 minutos são requeridos para que se complete o processo de gelatinização. Segundo Nago (1995), o processo pode demorar de 20-30 minutos e a umidade do produto final é de menos de 10%.

Nessa umidade, a proliferação de microrganismos e reações enzimáticas e químicas são inibidas.

Por esse processo tradicional, uma operadora consegue processar 4,5 kg de gari por hora (Chuzel et al., 1995b). O rendimento de produção, tanto do sistema tradicional quanto do semi-mecanizado, é de cerca de 21% (Nago, 1995).

Em algumas regiões da África, o gari é seco ao sol, obtendo-se um produto com grãos mais volumosos, mas com menor capacidade de intumescimento. Ainda em outras localidades, como em Benin, é adicionado óleo de palma (dendê) durante a garificação, o que confere ao produto uma coloração amarela mais intensa (Nago, 1995).

A técnica tradicional de garificação é a que produz um gari de melhor qualidade, mas consome muito tempo, é desconfortável e pode causar problemas de saúde ao operador. O aprimoramento de processos e equipamentos procura simular a técnica tradicional de processamento (Igbeka, 1995).

Os equipamentos atualmente disponíveis para a garificação compreendem modelos manuais tradicionais, modelos manuais melhorados, modelos totalmente mecanizados e também modelos de sistema contínuo (Igbeka, 1995; Nago, 1995). Entretanto, o conceito de design da maioria dos modelos baseia-se nas tecnologias tradicionais de processamento. Esses equipamentos simulam os princípios básicos da agitação contínua e prensagem, para permitir a formação de grumos. Como a garificação combina os estágios de cozimento e torração, os equipamentos destinados a essas operações devem permitir o controle e a adequação da intensidade de calor para cada estágio (Igbeka, 1995).

Os fornos mais modernos são pré-moldados, construídos de material durável e refratário, o que permite uma redução substancial das perdas de energia calorífica e evita desconfortos para os processadores (Nago, 1995).

Comparando-se os diferentes modelos de equipamentos disponíveis, os de melhor performance e mais adequados para unidades rurais de pequena e média escala (que correspondem à maioria das unidades de processamento, nas regiões produtoras de gari) são os equipamentos manuais melhorados (Igbeka, 1995).

QUALIDADE DA FARINHA

Aspectos de composição e nutricionais

A farinha de mandioca é um componente importante da dieta, principalmente, das classes mais pobres da população brasileira, nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil. Seu consumo também é maior no interior, comparado às capitais do País.

É um alimento calórico e de baixo custo e seu consumo geralmente é combinado a alimentos protéicos, como o peixe, na Região Amazônica (Mora, 1973), ou outras carnes e leguminosas, como o feijão.

Tanto as raízes de mandioca quanto seus derivados são alimentos essencialmente energéticos (Tabela 2). Excluindo-se a água, os carboidratos, e, particularmente, o amido são os principais componentes da mandioca, assim como o são para outras raízes, para os tubérculos e também para muitos cereais. A mandioca e seus derivados contêm baixos teores de proteínas (Mora, 1973), lípidios e ferro (Adewusi et al., 1999) (Tabelas 2, 3 e 4).

Segundo Adewusi et al. (1999), as raízes frescas de mandioca contêm em média 13,4 mg/100 g de cálcio e 1,16 mg/100 g de ferro – valores que diferem dos apresentados por outros autores (Tabela 3) – e ainda 56,7 mg/100 g de magnésio e 0,4 mg/100 g de zinco.

Penteado & Almeida (1988) encontraram teores de vitamina A, expressos em equivalentes de retinol/100 g, variando de 2,8 (para a variedade Branca de Santa Catarina) a 13,9 (para a variedade Ouro do Vale), para raízes de mandioca de diferentes variedades, de polpa branca a amarela; e de 4,9 a 10,7, para as raízes cozidas. As farinhas grossa e fina obtidas a partir da variedade Branca de Santa Catarina apresentaram valores de 0,4 e 0,5 equivalentes de retinol/100 g, respectivamente.

Tabela 2. Valor energético e composição química de diferentes produtos amiláceos.

Alimento	Vitaminas ⁽¹⁾					Minerais				
	A (µg) ⁽¹⁾	B1 (µg)	B2 (µg)	Niacina (mg)	C (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na (mg)	K (mg)
Mandioca ⁽¹⁾	2	300	72	2,200	49,0	43	140	0,50	40,6	343,7
Mandioca ⁽¹⁾	2	60	40	0,700	39,0	35	46	1,10	-	-
Mandioca cozida ^(1, 2)	2	50	30	0,600	31,0	28	37	0,90	-	-
Mandioca frita ^(1, 3)	3	90	60	1,100	66,0	54	70	1,70	-	-
Farinha de mandioca crua ⁽¹⁾	-	74	107	0,479	10,2	-	-	-	-	-
Farinha de mandioca seca ⁽¹⁾	-	70	100	0,432	8,7	21	125	0,80	-	-
Farinha de mandioca torrada ⁽¹⁾	0	80	70	1,600	14,0	45	198	0,90	29,2	102,5
Farinha d'água branca ⁽¹⁾	0	44	113	0,448	19,9	-	-	-	-	-
Farinha d'água amarela ⁽¹⁾	0	42	152	0,480	25,1	-	-	-	-	-
Farinha d'água do Pará ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	21	125	0,80	-	-
Farinha de raspas de mandioca ⁽¹⁾	-	-	-	1,800	-	65	234	0,97	-	-
Farinha de tapioca ⁽¹⁾	10	30	50	1,500	1,3	12	12	1,00	12,0	26,0
Polvilho de mandioca ^(1, 4)	0	10	20	0,500	0	10	16	0,40	-	-
Farinha de banana ⁽¹⁾	5	90	40	0,800	3,6	-	-	-	-	-
Farinha de batata-doce ⁽¹⁾	300	120	150	1,100	26,0	106	99	5,30	-	-
Farinha de batata inglesa ⁽¹⁾	2	210	400	3,400	9,0	7	49	1,30	-	-
Farinha de inhame ⁽¹⁾	-	166	116	3,100	-	-	-	-	-	-
Farinha de milho amarelo ⁽¹⁾	68	107	170	1,500	-	-	-	-	-	-
Farinha de milho branco ⁽¹⁾	1	240	80	0,540	-	11	87	0,20	-	-
Farinha de milho ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	60,1	211,7
Farinha de trigo branca ⁽¹⁾	0	60	40	0,800	0	-	-	-	-	-
Farinha de trigo integral ⁽¹⁾	0	660	150	4,000	0	-	-	-	-	-
Farinha de trigo com 80% de extração ⁽¹⁾	0	102	105	1,110	0	41	372	3,30	-	-
Farinha de trigo com 80% de extração ⁽¹⁾	-	260	70	2,000	-	24	191	1,30	-	-

⁽¹⁾Quantidade de nutrientes em 100 g de alimento. ⁽²⁾SS – secagem solar; AS – secagem artificial.

Fontes: ⁽³⁾Franco (1989); ⁽⁴⁾IBGE (1999); ⁽⁵⁾Cereda (2003); ⁽⁶⁾Nago (1995).

Tabela 3. Composição química de diferentes produtos amiláceos.

Alimento	Vitaminas ⁽¹⁾					Minerais				
	A (μ g) ⁽¹⁾	B1 (μ g)	B2 (μ g)	Niacina (mg)	C (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na (mg)	K (mg)
Mandioca ⁽³⁾	2	300	72	2,200	49,0	43	140	0,50	40,6	343,7
Mandioca ⁽⁴⁾	2	60	40	0,700	39,0	35	46	1,10	-	-
Mandioca cozida ^(3, 4)	2	50	30	0,600	31,0	28	37	0,90	-	-
Mandioca frita ^(3, 4)	3	90	60	1,100	66,0	54	70	1,70	-	-
Farinha de mandioca crua ⁽³⁾	-	74	107	0,479	10,2	-	-	-	-	-
Farinha de mandioca seca ⁽³⁾	-	70	100	0,432	8,7	21	125	0,80	-	-
Farinha de mandioca torrada ⁽³⁾	0	80	70	1,600	14,0	45	198	0,90	29,2	102,5
Farinha d'água branca ⁽³⁾	0	44	113	0,448	19,9	-	-	-	-	-
Farinha d'água amarela ⁽³⁾	0	42	152	0,480	25,1	-	-	-	-	-
Farinha d'água do Pará ⁽³⁾	-	-	-	-	-	21	125	0,80	-	-
Farinha de raspas de mandioca ⁽³⁾	-	-	-	1,800	-	65	234	0,97	-	-
Farinha de tapioca ⁽³⁾	10	30	50	1,500	1,3	12	12	1,00	12,0	26,0
Polvilho de mandioca ^(3, 4)	0	10	20	0,500	0	10	16	0,40	-	-
Farinha de banana ⁽³⁾	5	90	40	0,800	3,6	-	-	-	-	-
Farinha de batata-doce ⁽³⁾	300	120	150	1,100	26,0	106	99	5,30	-	-
Farinha de batata inglesa ⁽³⁾	2	210	400	3,400	9,0	7	49	1,30	-	-
Farinha de inhame ⁽³⁾	-	166	116	3,100	-	-	-	-	-	-
Farinha de milho amarelo ⁽³⁾	68	107	170	1,500	-	-	-	-	-	-
Farinha de milho branco ⁽³⁾	1	240	80	0,540	-	11	87	0,20	-	-
Farinha de milho ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	60,1	211,7
Farinha de trigo branca ⁽³⁾	0	60	40	0,800	0	-	-	-	-	-
Farinha de trigo integral ⁽³⁾	0	660	150	4,000	0	-	-	-	-	-
Farinha de trigo com 80% de extração ⁽³⁾	0	102	105	1,110	0	41	372	3,30	-	-
Farinha de trigo com 80% de extração ⁽⁴⁾	-	260	70	2,000	-	24	191	1,30	-	-

⁽¹⁾Vitamina A - retinol; B1 - tiamina; B2 - riboflavina; C - ácido ascórbico. ⁽³⁾Quantidade de nutrientes em 100g de alimento.

Fontes: ⁽³⁾Franco (1989); ⁽⁴⁾IBGE (1999).

Tabela 4. Composição de aminoácidos de diferentes produtos amiláceos.

Alimento	Lisina (mg) ⁽²⁾	Metionina (m)	Treonina (mg)	Triptofano (mg)	Total AA ⁽¹⁾ (mg)	Total AAE (mg)	Fator (n)	FEP	FEL
Mandioca	259	170	165	72	4.554	1.553	6,25	2,78	8,37
Mandioca cozida	259	170	165	72	4.554	1.553	6,25	2,78	8,37
Mandioca frita	259	170	165	72	4.554	1.553	6,25	2,78	8,37
Farinha de mandioca torrada	162	133	150	46	3.398	1.300	6,25	2,78	8,37
Polvilho de mandioca	259	170	165	72	4.554	1.553	6,25	2,78	8,37
Farinha de trigo com 80% de extração	130	250	168	67	6.216	1.990	5,70	4,05	8,37

AA - aminoácidos; AAE - aminoácidos essenciais; FEP - fator específico proteína; FEL - fator específico lipídios.

²Quantidade de aminoácidos por g de nitrogênio.

Fonte: BGE (1999).

A redução da atividade pró-vitamínica A nas raízes de mandioca por efeito do cozimento variou de 20% a 55%, em função da variedade. No processamento de farinha de mandioca fina e grossa (a partir da variedade Branca de Santa Catarina) ocorreu uma diminuição do teor pró-vitamínico A de 82% e 85%, respectivamente (Penteado & Almeida, 1988).

O processamento sempre acarreta perdas de nutrientes. A proporção dessas perdas depende da variedade de mandioca e do tipo de processamento. Além disso, considerando-se um mesmo tipo de processamento, as perdas podem ser mais ou menos acentuadas para diferentes nutrientes.

Outros processos envolvidos na produção de farinhas, como os fermentativos, podem ocasionar ganhos ou perdas de nutrientes. A fermentação da massa ralada, sem imersão em água, como é praticada no processamento de gari, aumenta seu teor de cálcio e ferro, mas reduz o de magnésio, segundo Adewusi et al. (1999). Esse aumento do teor de ferro está relacionado à presença de microrganismos (que contêm ferro em sua constituição). A perda de magnésio deve-se ao fato de esse mineral encontrar-se na forma solúvel no pH de fermentação (Clydesdale & Camire, 1983; Ezeala, 1984; Adewusi et al., 1999). A fermentação de raízes por imersão em água, como é feita no processamento de farinha d'água e outros produtos (como "lafun" e "fufu"), reduz os teores de minerais, que são complexados com os ácidos orgânicos e perdidos para a água. A extração do amido fermentado, removendo-se fibras celulósicas capazes de reter minerais, num processamento semelhante ao usado na produção de polvilho azedo (e do "fufu"), também reduz o teor de minerais.

A composição das farinhas de mandioca depende das características da matéria-prima (relacionadas à variedade, idade da planta, época de colheita etc.), do tipo de processamento e da forma de armazenamento. Em função desses últimos dois aspectos, os componentes que apresentam maior variação são umidade e acidez.

A baixa umidade é uma característica importante, principalmente para as farinhas com textura crocante, como a torrada, a temperada e a bijusada. Também a farinha fina de Santa Catarina – que sofre um processo de secagem muito diferenciado e apresenta granulometria semelhante à da farinha de trigo – tem menor umidade (Tabela 5) (Cereda & Vilpoux, 2003).

Tabela 5. Composição, acidez e pH de farinhas de mandioca coletadas em indústrias dos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

Alimento	Umidade (%)	Amido (% MS) ¹	Açúcares (% MS)	Fibras (% MS)	Proteínas (% MS)	Lípidios (% MS)	Cinzas (% MS)	Acidez (%)	pH
Farinha crua fina	9,91	88,80	2,23	3,25	1,46	0,27	1,06	2,23	6,27
Farinha crua grossa	10,01	88,16	2,45	3,51	1,64	0,30	0,91	2,27	6,27
Farinha torrada fina	6,24	-	2,20	3,66	1,59	0,25	0,92	2,79	6,01
Farinha torrada grossa	7,46	89,18	1,81	2,35	1,75	0,31	1,56	3,71	5,66
Farinha amarela	6,57	90,04	1,10	2,84	1,12	0,25	1,13	2,50	5,88
Farinha bijusada	8,06	88,22	2,75	2,94	1,65	0,24	1,02	2,66	6,47
Farofa	7,39	78,26	1,69	5,54	1,38	6,37	3,41	3,74	5,52
Farinha fina de Santa Catarina	4,30	91,18	-	3,41	1,70	0,16	0,29	2,71	-

¹MS - matéria seca.

Fonte: Careta & Vilpoux (2003).

A Legislação Brasileira estabelece os limites máximos de umidade e cinzas de 10%-13% e 1,5%, respectivamente, e o limite mínimo de amido de 70%-75%, para a farinha de mandioca seca. Para as farinhas d'água e mista, os limites máximos de umidade e cinzas são de 13% e 2%, respectivamente, e o limite mínimo de amido é de 65%-70% (BRASIL, 1995). O objetivo do limite de umidade é garantir a conservação do produto. Já os limites de cinzas e amido visam à identificação de possíveis fraudes.

Nos resultados apresentados por Cereda & Vilpoux (2003) (Tabela 5), as umidades e os teores de cinzas (exceto para a farofa) estiveram sempre abaixo dos limites indicados pela Legislação, assim como os teores de amido foram sempre superiores a esses limites.

Aspectos microbiológicos

Ao tratar-se dos aspectos microbiológicos relacionados à produção de farinha de mandioca, várias abordagens podem ser feitas. Primeiramente, uma importante etapa do processamento de muitos derivados de mandioca, a fermentação (aeróbia ou anaeróbia), envolve fundamentalmente a ação de microrganismos, desempenhando um importante papel na destoxificação e no desenvolvimento das características sensoriais dos produtos. Por outro lado, as contaminações microbiológicas trazidas pela matéria-prima e não eliminadas ou as contaminações introduzidas durante o processamento da mandioca, podem comprometer a segurança dos produtos. Finalmente, o desenvolvimento de microrganismos durante o armazenamento dos produtos, particularmente de fungos produtores de toxinas, pode ocasionar sérios problemas de intoxicação alimentar, ainda mais graves que os causados pelos compostos cianogênicos.

Fermentação

A fermentação é uma etapa-chave do processamento de muitos derivados de mandioca, como a farinha d'água, o gari, a massa puba, a carimã, o polvilho azedo, dentre vários outros. Esses diferentes produtos são obtidos por diferentes processos e tipos de fermentação - aeróbia e anaeróbia (por imersão em água). Os microrganismos

envolvidos na fermentação, bem como a bioquímica desse processo e os produtos dele resultantes, são muito variáveis. Entretanto, compreendem basicamente uma fermentação láctica, acompanhada por outros fenômenos bioquímicos e químicos paralelos e subsequentes, tendo como resultado a produção de ácido láctico e compostos aromáticos. O aumento da concentração de ácidos ocasiona a queda do pH, o que altera as propriedades físicas da matéria-prima e também tem o efeito de inibir o desenvolvimento microbiano, inclusive de patógenos. Ainda como conseqüência do processo fermentativo, ocorre a degradação dos compostos cianogênicos (Meuser & Smolnik, 1980; Muchnik & Vinck, 1984; Giraud et al., 1995; Nago, 1995; Poulter, 1995).

Ainda hoje, a fermentação empregada no processamento de derivados de mandioca é um processo espontâneo, dependente das características da matéria-prima, da microbiota contaminante natural e das condições ambientais. Sendo um processo não controlado, a microbiota é composta por uma vasta gama de microrganismos, alguns desejáveis e outros potencialmente patogênicos. A qualidade dos produtos obtidos é muito variável e pode ocorrer o desenvolvimento de características organoléticas, microbiológicas e toxicológicas indesejáveis. Uma possível solução tecnológica para esse problema é a disseminação do uso de culturas de microrganismos melhoradas e apropriadas, capazes de acelerar o processo fermentativo, reduzindo o risco do crescimento de microrganismos patogênicos e assim garantindo a qualidade, a homogeneidade e a segurança do produto final (Giraud et al., 1995; Poulter, 1995).

Ainda estão sendo estudados alguns microrganismos, como determinadas cepas de *Lactobacillus plantarum*, buscando-se características desejáveis, como boa capacidade de degradação do amido, resistência a níveis altos de compostos cianogênicos e capacidade de hidrólise da linamarina. Alguns trabalhos mostram que o uso dessas culturas promove o desenvolvimento de um perfil fermentativo homoláctico, uma alta produção de ácido láctico e um rápido abaixamento do pH. Isso se traduz na diminuição do tempo de fermentação e na padronização e conservação do produto final (Giraud et al., 1995; Poulter, 1995).

Contaminações microbiológicas

A matéria-prima, mandioca, contém naturalmente microrganismos contaminantes. Várias operações do processamento de farinha, mas principalmente a lavagem, o descascamento e a torração, removem ou destroem parte desses microrganismos. Por outro lado, se no processamento forem utilizados equipamentos em condições sanitárias deficientes ou se ocorrer contaminação pelo manuseio, outros microrganismos podem ser introduzidos, incluindo bactérias indicadoras de contaminação fecal (coliformes e estreptococos fecais) e patógenos (Eiroa et al., 1975). As operações de ralação, pelo contato íntimo do equipamento com as raízes, e prensagem, que quando demorada permite a proliferação microbiana, são muito críticas. Entretanto, exigem maior atenção as etapas posteriores ao tratamento térmico (secagem ou torração), já que nesse tratamento é eliminada a maior parte dos microrganismos contaminantes. As etapas de peneiragem e acondicionamento devem ser realizadas com cuidado para evitar-se a recontaminação do produto.

Quando a secagem é solar e extensa, o produto exposto ao ambiente e ainda úmido fica suscetível à contaminação por potenciais patógenos (Poulter, 1995). Essa forma de secagem só deve ser realizada quando as condições ambientais permitirem que se processe rapidamente. Alguns autores afirmam que na secagem solar, além da diminuição da umidade, também contribuem para a conservação do produto a ação dos raios ultravioleta (Cereda & Vilpoux, 2003).

O tipo e a concentração de microrganismos encontrados em produtos comerciais derivados de mandioca variam muito nas diferentes regiões do País, principalmente em função da forma de processamento, armazenamento e comercialização.

Eiroa et al. (1975) avaliaram 40 amostras comerciais de farinha de mandioca e encontraram níveis muito altos de contaminação por bactérias mesófilas (11×10^4 - n^o/g) e bolores e leveduras (3×10^3 - n^o/g). Um número elevado desses microrganismos é sempre indesejado, independentemente de serem

patogênicos ou não. Geralmente, indica o uso de matéria-prima de qualidade inadequada, falhas higiênicas durante o processamento e más condições de armazenamento. Também pode indicar que há ou houve condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos e outros normalmente não prejudiciais, mas que, em número elevado e em condições específicas, podem causar problemas físicos de moderada severidade.

O valor encontrado para os coliformes totais foi de 2,90 – NMP/g. Constatou-se a presença de coliformes fecais (0,009 – NMP/g) e estreptococos fecais (6,6 – n°/g). Os coliformes fecais são os melhores indicadores da sanidade de um produto, em face da sua especificidade de habitat e por apresentarem um tempo de sobrevivência similar ao dos patógenos. A associação entre coliformes e estreptococos fecais é um indicativo de uma contaminação perigosa.

A contaminação com esporos causadores de rope foi particularmente elevada (92,5%) nas amostras avaliadas. Valores superiores a 20 esporos/100 g são considerados indesejáveis. Essa contaminação é associada à presença de esporos de *Bacillus* na matéria-prima.

Ainda foi detectada a presença de vários enteropatógenos potenciais, como o *Bacillus cereus*, em 45% das amostras, o *Clostridium perfringens*, em 17,5%, e o *Streptococcus aureus*, em 2,5%. Não foi constatada *Salmonella* em nenhuma das amostras.

Mora & Lourenço (1974) analisaram amostras de farinha de raspas de mandioca. Algumas dessas amostras apresentaram valores para a contagem de fungos inferiores a 100 UFC/g e valores para a contagem de bactérias mesófilas de 23×10^3 a 11×10^5 , considerados normais para outras farinhas; outras amostras apresentaram valores muito altos para esses últimos microrganismos, de 11×10^8 . O número de bactérias termófilas variou de contagens baixas a muito altas. Essas bactérias têm no solo seu habitat natural. As amostras mostraram contagens altas de esporulados sulfito-redutores e de mesófilos e termófilos esporulados. As contagens de coliformes fecais foram baixas, assim como a presença de *Salmonella* sp. e *Staphylococcus aureus*.

Okagbue (1990) identificaram fungos da espécie *Candida keusei* e *Bacillus* das espécies *B. stearothermophilus*, *B. coagulans* e *B. brevis* na farinha panificável de mandioca.

Contaminações por fungos toxinogênicos

Durante a secagem solar, etapa do processamento de alguns tipos de farinha de mandioca, como a farinha de raspas, mas principalmente durante o armazenamento em condições inadequadas (sendo a umidade do produto superior a 14% e a umidade relativa do ambiente também alta), pode ocorrer o desenvolvimento de fungos, incluindo os produtores de toxinas (Poulter, 1995; Cereda, 2003).

Alguns gêneros de fungos são xerofílicos e, portanto, podem se desenvolver em alimentos secos, como as farinhas (Kraemer & Stussi, 1998; Souza et al.: 2003). Segundo Jay (1981), os valores limítrofes para a produção de aflatoxinas, em relação à atividade de água, estão entre 0,71-0,94.

Kraemer & Stussi (1998), analisando 30 amostras comerciais de farinha de mandioca (dos tipos crua, seca ou torrada, fina ou grossa, branca ou amarela, de 15 diferentes fabricantes), isolaram e identificaram fungos filamentosos e leveduriformes dos gêneros *Aspergillus* (36,5%), *Penicillium* (18,2%), *Rhizopus* (10,5%), *Paecilomyces* (7,1%), *Mucor* (5,4%), *Neurospora* (3,1%), *Cladosporium* (2,3%), *Aureobasidium* (1,4%), *Syncephalastrum* (1,1%), *Metarrhizium* (0,8%), *Trichoderma* (0,3%), *Trichosporum* (0,3%) e *Humicola* (0,3%). A concentração de fungos em todas as amostras avaliadas esteve dentro do padrão estabelecido pela Legislação (número máximo de 10^4 UFC/g do produto). Entretanto, o número de isolados dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* foi alto e, desses, 14,5% eram produtores de aflatoxinas.

Souza et al. (2003) avaliaram amostras de farinhas de mandioca comercializadas em feiras livres de João Pessoa, PB, e encontraram níveis de contaminação por fungos variando de $1,0 \times 10^1$ a $5,0 \times 10^2$ UFC, tendo identificado predominantemente fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, os mais importantes relacionados à problemática da produção de micotoxinas.

Em raspas de mandioca armazenadas úmidas pode ocorrer o desenvolvimento de fungos, principalmente das espécies *Rhizopus* e

Mucor, segundo Lima (1982). Ibeh et al. (1991) avaliaram amostras de farinha (de raspas) de mandioca comercializadas em Benin, Nigéria, e observaram que 40% delas continham microrganismos produtores de aflatoxinas.

Mota & Lourenço (1974) encontraram valores altos de aflatoxina B em farinha de raspas de mandioca, superiores ao limite seguro para consumo humano (0,03 ppm). Segundo Riedel (1987), o limite máximo para aflatoxinas em alimentos aceito internacionalmente é de 0,05 ppm, sendo que alguns países definem o limite de 0,025 ppm. É importante ressaltar que, uma vez presente, não é possível por nenhum processo a eliminação das aflatoxinas de um alimento (Obidoa & Obasi, 1991).

O consumo de farinha de mandioca já foi relacionado com um caso de aflatoxicose aguda, resultando em morte, em Uganda (Bullerman, 1979), e com vários casos de hepatite, também resultando em morte, com habitantes das margens dos rios Purus e Juruá (na Amazônia) (Boshell, 1970).

Obidoa & Obasi (1991) isolaram, a partir do gari e da farinha (de raspas) de mandioca, a escopoletina, um composto semelhante à aflatoxina, produzido por fungos do gênero *Aspergillus*. Esse composto é um potente hipotensivo e um agente espasmolítico não específico e tem sido relacionado à neuropatia atáxica tropical, doença comum entre populações que subsistem de dietas à base de mandioca. Essa intoxicação durante muito tempo foi associada aos glicosídeos cianogênicos.

Sendo as farinhas produtos de grande consumo, principalmente nas regiões mais pobres do País e do Mundo, a intoxicação por micotoxinas pode vir a tornar-se um problema de saúde pública (Ibeh et al., 1991; Souza et al., 2003).

Toxidez

Na mandioca, o HCN encontra-se ligado a glicídios, formando heterosídeos insolúveis e não tóxicos, os glicosídeos cianogênicos, sendo os principais a linamarina e a lotaustralina. Todas as partes da planta, inclusive as raízes, mas principalmente as folhas, contêm esses compostos potencialmente tóxicos. A liberação do HCN ocorre em duas fases: primeiramente, pela ação de uma enzima endógena da

mandioca, a linamarase, ocorre a hidrólise do glicosídeo, com a liberação do glicídio e da aglicona (a cianidrina); em seguida, ocorre uma dissociação química da cianidrina, que resulta em HCN e acetona (Nago, 1995; Poulter, 1995).

Imediatamente após a colheita das raízes, iniciam-se essas reações e o ácido cianídrico acumula-se, já que não é possível ser liberado por causa da casca. Várias técnicas tradicionais de processamento da mandioca incluem etapas com função de destoxificação, como a lavagem, o descascamento, a ralação, a secagem, a imersão em água, a fermentação, o cozimento etc. (Giraud et al., 1995; Nago, 1995). A remoção da entrecasca, rica em compostos cianogênicos, mas também em linamarase, pode influenciar o processo de destoxificação (Chuzel et al., 1995a).

Durante o processamento, o fator isolado mais importante para a redução dos glicosídeos cianogênicos é o grau de ruptura celular. Uma vez que as células são rompidas, a exposição do conteúdo celular acarreta a dissolução e a hidrólise desses compostos. A ruptura das células pode ser obtida de várias formas, sendo a mais comum a redução física de tamanho, pela trituração ou moagem. Nos produtos fermentados, os microrganismos também desempenham esse papel, por meio da hidrólise enzimática. Esses dois meios promotores de ruptura celular podem ser combinados, como ocorre na produção de gari e de outros derivados, aumentando a eficiência do processo de destoxificação (Giraud et al., 1995; Poulter, 1995).

Alguns autores afirmam que a quantidade de linamarase endógena liberada durante a etapa de ralação é suficiente para permitir uma degradação total e rápida da linamarina presente na raiz (Giraud et al., 1995). Segundo Vasconcelos et al. (1990), 95% da linamarina são hidrolisados em três horas após a etapa de ralação. Já outros autores acreditam que a quantidade de linamarase endógena é insuficiente para a hidrólise completa dos glicosídeos cianogênicos e indicam a adição de linamarase ou a inoculação com microrganismos produtores de enzimas com atividade equivalente à da linamarase para intensificar a destoxificação da mandioca (Ikediobi & Onyike, 1982a, 1982b; Okafor & Ejiófor, 1990). Na verdade, a efetividade da destoxificação decorrente da ação exclusiva da linamarase endógena depende da concentração dessa enzima na raiz, que difere entre variedades, e também das características do processamento (Giraud et al., 1995).

A Legislação Brasileira determina que as farinhas de mandioca não devem conter cianeto. Segundo Cereda & Vilpoux (2003), a ausência total desse composto em farinhas é uma situação irreal. Os teores de compostos cianogênicos encontrados em diferentes tipos de farinha comercializadas no Brasil variaram de 0,125 ppm, para a farinha torrada, a 1,323 ppm, para a farinha d'água. Para alguns produtos africanos, o teor residual de compostos cianogênicos ultrapassa 20 ppm.

A Organização Mundial da Saúde – OMS indica que a dose letal de ácido cianídrico é de 1 mg/kg de peso vivo. Esse composto não é cumulativo no organismo humano.

Legislação

As Legislações diretamente relacionadas à implantação de projetos agroindustriais são a sanitária, a ambiental, a fiscal e tributária, a trabalhista e previdenciária e a cooperativista (ANON, 2005). Apenas a legislação sanitária será abordada a seguir. Informações adicionais relativas às demais Legislações podem ser buscadas diretamente nos órgãos governamentais pertinentes.

Boas práticas de fabricação e análise de perigos e pontos críticos de controle

Para garantir-se a produção de alimentos seguros para o consumo humano, a estrutura física, os equipamentos e os processos de produção das unidades de processamento de mandioca precisam ser adequadas de forma a atender às normas da Legislação Brasileira. Em particular, deve ser considerado o regulamento técnico Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos – Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997 (BRASIL, 2004), que apresenta: os princípios gerais higiênico-sanitários das matérias para alimentos produzidos/industrializados; indicações quanto às condições higiênico-sanitárias dos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos; os requisitos de higiene do estabelecimento, higiene pessoal e higiene na produção; os requisitos sanitários; e orientações quanto ao controle de alimentos.

Um importante instrumento para o controle do processo de produção, padronização e melhoria da qualidade do produto é o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC. Na Legislação Brasileira, refere-se a esse sistema, abrangendo unidades de processamento de produtos de origem vegetal, a Resolução ANVISA nº 17, de 30 de abril de 1999 (BRASIL, 1999), Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos.

A APPCC é um sistema preventivo que visa à segurança de produtos alimentícios. Baseia-se na aplicação de princípios técnicos e científicos abrangendo todas as fases da produção de alimentos. Todos os fatores de risco são contemplados nesse sistema: biológicos, químicos e físicos, sejam eles de ocorrência natural na matéria prima ou no ambiente ou gerados por falha no processamento. Muitas experiências apontam resultados positivos obtidos com a implantação do sistema de APPCC em unidades de processamento de alimentos.

Normas de identidade e qualidade dos produtos

Quanto aos produtos, deve ser observada a Norma de Identidade, Qualidade, Apresentação, Embalagem, Armazenamento e Transporte da Farinha de Mandioca – Portaria MAA nº 554, de 30 de agosto de 1995 (BRASIL, 1995).

Essa norma define farinha de mandioca como “o produto obtido de raízes provenientes de plantas da família Euforbiácea, gênero *Manihot*, submetidas a processo tecnológico adequado de fabricação e beneficiamento”. Classifica-a quanto ao grupo (segundo a tecnologia de fabricação - em seca, d’água e mista), subgrupo (segundo a granulometria – em fina e grossa, para as farinhas d’água e mista; em extra fina, fina beneficiada, fina, média, grossa e bijusada, para a farinha seca), classe (segundo a cor – em branca, amarela e outras) e tipo (considera as porcentagens de cascas; cepas, fiapos e entrecasas; raspas; pontos pretos; pó; umidade; acidez; cinzas; amido).

Para a farinha de raspas de mandioca deve ser considerada a Resolução CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978 (BRASIL, 1978), que a define como “o produto obtido da mandioca descascada, fragmentada, dessecada (raspa) e em seguida moída e peneirada”. Essa resolução

também indica alguns limites referentes às características químicas e qualidade microbiológica desse produto (Tabela 6). Quanto às características microscópicas, a farinha de raspas não deve apresentar sujidades, parasitos e larvas. Não é previsto o uso de aditivos alimentares para essa farinha.

Tabela 6. Limites relativos às características químicas e qualidade microbiológica de farinha de raspas de mandioca definidos pela legislação brasileira.

Característica	Limite
Químicas (% massa/massa)	
Umidade % máxima	14,00
Acidez % máxima	2,50
Amido % mínima	75,00
Cinzas % máxima	0,50
Microbiológicas (UFC)¹	
Contagem total em placas	máximo 5×10^5 /g
Coliformes fecais	ausência em 1 g
Clostrídios sulfito redutores (44°C)	máximo 2×10^1 /g
Salmonelas	ausente em 25 g
<i>Bacillus cereus</i>	máximo 10^1 /g
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausente em 0,1 g
Bolores e leveduras	máximo 10^3 /g

1. FC - unidade formadora de colônias.
 1) Lei BRASIL - 1978.

REFERÊNCIAS

ADEWUSI, S. R. A.; OJUMO, T. V.; FALADE, O. S. The effect of processing on total organic acids content and mineral availability of simulated cassava-vegetable diets. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 53, n. 4, p. 367-380, 1999.

AJIBOLA, O. O.; IGE, M. T.; MAKANJUOLA, G. A. Preliminary studies of a new technique of cassava mash gelatinization. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 36, n. 2, p. 97-100, 1987a.

AJIBOLA, O. O.; MAKANJUOLA, G. A.; ALMAZAN, A. M. Effects of processing factors on the quality of gari produced by a steam gelatinization technique. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 38, n. 4, p. 313-320, 1987b.

ANON. Ações do PRONAF Agroindústria. Disponível em: <<http://www.pronaf.gov.br/Agroindustria/ações.htm>>. Acesso em: 5 jul. 2005.

BAUD, G. **Avaliação de fornos de fabricação de farinha tipo paulista**. Botucatu: Cerat/Unesp, 1997. 39 p.

BIEST, R. Cassava processing for animal feed. In: WORKSHOP ON CASSAVA HARVESTING AND PROCESSING, 1978, Cali. **Proceedings...** Cali: Ciat, 1978. p. 12-20.

BOSHIELL, M. J. Black fever of Amazonia: a hepato-encephalitis of possible mycotoxin origin. In: LACAZ, C. S.; MINAMI, P. S.; PURCHIO (Ed.). **O grande mundo dos fungos**. São Paulo: Polígono, 1970. p. 25.

BRASIL. Portaria MAA nº 554, de 30 de agosto de 1995. Aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento, Armazenamento e Transporte da Farinha de Mandioca. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1 set. 1995, Seção 1, p. 13515.

BRASIL. Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/326_97.htm>. Acesso em: 20 set. 2004.

BRASIL. Resolução nº 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos e bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 jul. 1978. Seção I. parte I.

BRASIL. Resolução ANVISA nº 17, de 30 de abril de 1999. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 maio 1999. Seção 1. p.11.

BULLERMAN, L. B. Significance of mycotoxins to food safety and human health. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 42, n. 1, p. 65-86, 1979.

CÂMARA CASCUDO, L. da. **História da alimentação no Brasil**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Universidade de São Paulo, 1983. v.1, 392 p.

CEREDA, M. P. Raspas, farinha de raspas e derivados. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 657-681. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas, 3).

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Farinhas e derivados. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. (Coord.). **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 576-619. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino- Americanas, 3).

CHIRIHI, J. Diffusional process in the drying of tapioca root. **Journal of Food Science**, Chicago, v.36, n. 2, p.327-330, 1971.

CHUZEL, G.; GAUTHIER, P.; GRIFON, D. Un cas concret de coopération industrielle au Togo pour la transformation du manioc en gari. **Machinisme Agricole Tropical**, Antony, v. 96, n. 1, p. 57-66, 1986.

CHUZEL, G.; VILPOUX, O.; CEREDA, M. P. Le manioc au Brésil: importance socio-économique et diversité. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom Éditions, 1995a. p. 63-74. (Collection Colloques et Séminaires).

CHUZEL, G.; ZAKHIA, N.; GRIFFON, D. Etude du procédé traditionnel de cuisson-séchage du gari. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom Éditions, 1995b. p. 417-428. (Collection Colloques et Séminaires).

CLYDESDALE, F. M.; CAMIRE, A. L. Effect of pH and heat on the binding of iron, calcium, magnesium, and zinc and the loss of phytic acid in soy flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 4, p. 1272-1274, 1283, 1983.

DONOVAN, J. W. Phase transitions of the starch – water system. **Biopolymers**, New York, v. 18, n. 2, p. 263-275, 1979.

FIROA, M. N. U.; LEITÃO, M. F. E.; LEITÃO, R. F. E.; VITTI, P. Caracterização microbiológica de farinhas e amidos. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 459-473, 1975.

EL-DASH, A.; MAZZARI, M. R.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**: uso de farinha mista de trigo e mandioca na produção de pães. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 88 p.

EZEALA, D. O. Change in the nutritional quality of fermented cassava tuber meal. **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 32, n. 3, p. 467-469, 1984.

FAO. Division de la Statistique. **Agrostat-PC**: bilans alimentaires. Rome: FAO, 1994. (Série Informatique).

FAO. Faostat Database Collections. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture>>. Acesso em: 16 maio 2003.

FAVIER, J. C. Etudes de la digestibilité in vitro de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun. **Industries Alimentaires et Agricoles**, Paris, v. 86, n. 1, p. 9-13, 1969.

FAVIER, J. C. **Valeur alimentaire de deux aliments de base africains: le manioc et le sorgho**. Paris: Orstom, 1977. 122 p.

FERREIRA, D. T. L. **Avaliação de sistemas de cortes e secagem natural de raspas de mandioca**. 1991. 189 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. Rio de Janeiro. São Paulo: Atheneu, 1989. 230 p.

GIRAUD, E.; BRAUMAN, A.; KELLEKE, S.; GOSSÉLIN, L.; RAUMBULT, M. Contrôle de la fermentation du manioc pour un meilleur gari: utilisation d'un starter de *Lactobacillus plantarum* à activité linamarase et amylase. In: EGBÉ, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHIE, S. **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom Éditions, 1995. p. 352-365. (Collection Colloques et Séminaires).

IBEH, I. N.; URAH, N.; OGOR, J. I. Dietary exposure to aflatoxin in Benin City, Nigeria: a possible public health concern. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 171-174, 1991.

IBGE. **Tabela de composição de alimentos**. 4 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 137 p.

IGBEKA, J. C. Recent developments in cassava frying operation and equipments used for gari production in Nigéria. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom Éditions, 1995. p. 581-593. (Collection Colloques et Séminaires).

IKEDIABI, C. O.; ONYIKE, E. Linamarase activity and detoxification of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) during fermentation of gari production. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 44, n. 6, p. 1667-1669, 1982a.

IKEDIABI, C. O.; ONYIKE, E. The use of linamarase in gari production. **Process Biochemistry**, Hertz, v. 17, n. 4, p. 2-5, 1982b.

JAY, J. M. **Microbiología moderna de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1981. 491 p.

KRAEMER, F. B.; STUSSI, J. S. P. Avaliação micológica de farinha de mandioca (*Manihot utilissima*): incidência de *Aspergillus* e *Penicillium* com potencial micotoxigênico. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 57, p. 38-40, 1998.

LIMA, U. de A. Manual técnico de beneficiamento e industrialização da mandioca. São Paulo: Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1982. 56 p.

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S.; SARMIENTO, S. B. S. Processo de produção. In: MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. (Org.). **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: processamento da mandioca**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 11-49. (Embrapa Informação Tecnológica. Série Agronegócios).

MEUSER, F.; SMOLNIK, H. D. Processing of cassava to gari and other foodstuffs. **Starch**, Weinheim, v. 32, n. 4, p. 116-122, 1980.

MORA, W. B. **Enriquecimento nutricional da farinha de mandioca com proteína de soja**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CTAA, 1973. 15p. (Boletim Técnico do Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar, 6).

MOTA, T. P.; LOURENÇO, M. C. A farinha de mandioca em Moçambique. **Agronomia Moçambiquenha**, Maputo, v. 8, n. 1, p.47-59, 1974.

MUCHNIK, J. Mani-oca: la voyage des produits et des techniques. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHIE, S. **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom Éditions, 1995. p.15-21. (Collection Colloques et Séminaires).

MUCHNIK, J.; VINCK, D. **La transformation du manioc: technologies autochtones**. Paris: ACCT, 1984. 172 p.

NAGO, C. M. La preparation artisanale du gari au Bénin: aspects technologiques et physico-chimiques. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHIE, S. **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom Éditions, 1995. p.475-493. (Collection Colloques et Séminaires).

OBIDOA, O.; OBASI, S. C. Coumarin compounds in cassava diets: 2 health implications of scopoletin in gari. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 41, n. 3, p. 283-289, 1991.

OKAGBUE, R. N. Identification of yeasts and aerobic spore forming bacteria from cassava flour. **Food Microbiology**, London, v. 7, n. 1, p. 27-32, 1990.

ODIGBOH, E. U. Cassava: production, processing and utilization. In: CHAN JR., H. I. (Ed.). **Handbook of tropical foods**. New York: Marcel Dekker, 1983. p.168.

OKAFOR, N.; EJIOFOR, A. O. Rapid detoxification of cassava mash fermenting for gari production following inoculation with a yeast simultaneously producing linamarase and amylase. **Process Biochemistry**, Hertzs, v. 25, n. 6, p. 82-86, 1990.

PENTEADO, M. V. C.; ALMEIDA, L. B. Ocorrência de carotenóides em raízes de cinco cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do Estado de São Paulo. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 39-49, 1988.

POULTER, N. Préface. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHÉ, S. **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom Éditions, 1995. p. 9-13. (Collection Colloques et Séminaires).

RIEDEL, G. **Controle sanitário dos alimentos**. São Paulo: Loyola, 1987. 336 p.

SOUZA, E. L.; SOUSA, C. P.; LIMA, E. O.; FREIRE, K. R. L. Isolamento e identificação de fungos filamentosos em farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), e fubá de milho (*Zea mays* L.) comercializados em feiras livres da cidade de João Pessoa, PB. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 17, n. 109, p. 34-39, 2003.

TRECHÉ, S. Importance du manioc en alimentation humaine dans différentes régions du monde. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHÉ, S. **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom Éditions, 1995. p. 23-35. (Collection Colloques et Séminaires).

VASCONCELOS, A. T.; TWIDDY, D. R.; WESTBY, A.; REILLY, P. J. A. Detoxification of cassava during gari preparation. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.25, n. 2, p. 198-203, 1990.

VILELA, E. R. Tecnologia de produção de raspas de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 53-57, 1987.

VILPOUX, O. Produção de farinha d'água no Estado do Maranhão. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003, p. 621-642. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas, 3).

Capítulo 3

TRADIÇÃO DA PRODUÇÃO DA FARINHA DE MANDIOCA NA AMAZÔNIA

Eloisa Maria Ramos Cardoso

Introdução	143
A importância da família na organização social	145
Valor nutricional da farinha	145
Tecnologia de processamento da farinha	148
Estrutura das unidades de processamento	149
Estrutura de transporte e comercialização	153
Referências bibliográficas	154

INTRODUÇÃO

A tradição no uso da mandioca herdada da cultura indígena é, inegavelmente, um traço comum que atravessa o Território Brasileiro, pois nele registram os conhecimentos acumulados pelas diversas etnias que povoaram esse extenso território, integrados até o presente no cotidiano do brasileiro, como é o caso da farinha de mandioca, razão pela qual tem grande relevância na história da alimentação no Brasil. Os tipos de farinha e as técnicas de produção, no entanto, variam de região para região no País, e têm a ver com as influências culturais na composição de sua população.

Certos produtos agrícolas e extrativistas, como o açaí e outras frutas, peixes e carnes têm a farinha de mandioca como complementação quase obrigatória na dieta alimentar. Assim, a riqueza da culinária regional da Amazônia, com produtos à base de mandioca, registra hoje essa influência da formação histórica brasileira, potencializada, porém, pela combinação com outros produtos alimentares provenientes de diferentes ciclos da colonização portuguesa.

A agricultura é, certamente, a primeira atividade econômica que, junto com o extrativismo, compõe o núcleo rural na Amazônia, embora outras atividades participem como complementares da economia agrária, estruturadas em sistemas agroextrativistas¹. Algumas regiões, como a Bragantina, no Estado do Pará, foi o centro das políticas de colonização a partir do século 19, e por isso provavelmente desenvolveu uma economia rural que mantém, de forma expressiva, a cultura da mandioca, sob um modelo de estrutura agrária formado, em grande parte, de pequenos produtores, na forma de agricultura familiar. Essa e outras regiões de ocupação mais antiga têm, até o presente, suas atividades econômicas voltadas para o consumo do mercado interno, com a produção de farinha de mandioca. Ainda que na atualidade haja um movimento de intensificação da produção, voltada para o cultivo de culturas permanentes, a cultura da mandioca persiste e é responsável pela ocupação de expressiva força de trabalho, sob uma organização

¹Presente nos sistemas agroextrativistas, em diferentes épocas da história regional, a mandioca foi também importante como alimento para manter os trabalhadores e a exploração econômica de outros produtos na mata, constituindo-se, na expressão de Piaron & Emperaire (2000), em um "elo dos sistemas extrativistas".

familiar, ainda que seja o segmento produtivo que historicamente teve pouco acesso ao crédito agrícola. Ela beneficia-se, no entanto, na maioria dos casos, com os antigos sistemas de ajuda mútua, como o “mutirão”, que permite compensar a falta de tecnologia com a “troca de tempo de trabalho”, prática comum, até o presente, em muitas comunidades rurais na Amazônia.

O trabalho associativo desenvolvido pelos pequenos produtores familiares congregou a vida de muitas comunidades, graças a uma intensa rede de permuta de atividades que acompanha o dia a dia desses grupos, ao longo do calendário agrícola. Incluem-se aí as atividades de produção e o processamento da mandioca, até a sua comercialização. Entre a casa do produtor e a roça de mandioca configura-se o universo de vida dos agricultores familiares. São ainda o espaço de transferência de conhecimentos para as novas gerações, o lazer e a realização de outras práticas sociais que garantem a continuidade de sua permanência na condição de agricultor.

Do ponto de vista de composição, os alimentos de origem indígena apresentam, como característica principal, a maceração das raízes que, de acordo com Albuquerque (1969), são preparados usando apenas a planta como matéria-prima, sendo raros aqueles que incluem outros alimentos no preparo. A literatura disponível, sobretudo no âmbito do debate ambientalista recente, tem mostrado que os índios acumularam saberes sobre a biodiversidade da Amazônia, que constitui um patrimônio de valor socioeconômico inestimável. Além disso, os índios têm usos diversos da mandioca. São conhecidos mais de uma dezena de produtos que, muito embora a maioria não apresente expressão econômica, fazem parte da tradição da cultura indígena.

Os principais produtos obtidos das raízes de mandioca, na Amazônia, são as farinhas d'água, seca e mista, ou do Pará, que podem ser branca ou amarela, com diferentes granulometrias, variando de finas a muito grossas. Essas designações resultam do processo tecnológico usado durante o preparo, constituindo produto de baixo investimento e fácil comercialização, que gera trabalho no meio rural o ano todo. A preferência pela farinha d'água por uma parte significativa da população, como reflexo do acultramento dos hábitos alimentares dos indígenas, está ligada a fatores organolépticos como sabor e aroma característicos que a diferenciam da farinha seca.

A IMPORTÂNCIA DA FAMÍLIA NA ORGANIZAÇÃO SOCIAL

As casas-de-farinha são construções simples, localizadas nas unidades de produção, em geral próximas às moradias. Elas têm um papel importante na sociabilidade dos pequenos produtores familiares, pois é um espaço onde a família se encontra, reunindo muitas vezes atividades de trabalho e lazer. Na fabricação da farinha participam homens e mulheres, adultos, jovens e crianças e, freqüentemente, estão presentes ainda outros membros da família ou vizinhos da comunidade. É difícil precisar o número de unidades de processamento de farinha dispersas na Amazônia pois, além de grande parte dos produtores de mandioca ter sua unidade de processamento, há uma prática recorrente de uso de casas-de-farinha construídas pela comunidade local. As casas-de-farinha fazem parte do cenário regional rural, onde sua presença está fortemente associada à colonização na Amazônia, por representar a base alimentar da população, situação propiciada pela característica da planta, de produzir muitas vezes em condições adversas e pela facilidade de cultivo, além de encontrar, nessa região, condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento.

VALOR NUTRICIONAL DA FARINHA

O consumo da farinha de mandioca na região é alto, principalmente pela população de menor condição econômica, o que pode trazer reflexos negativos na nutrição, pelo consumo elevado de um alimento essencialmente energético, com baixos teores protéicos, quando o consumo da farinha não vem acompanhado de alimentos ricos em proteínas como carnes e peixes, como se verifica nas comunidades ribeirinhas da Amazônia. Quando, por falta de condições econômicas, essa associação não ocorre, a mandioca não deve ser vista como responsável pela desnutrição que ocorre nas camadas econômicas mais baixas da população, e sim, como em muitos casos, a única alternativa de alimento de baixo custo para uma faixa da população que não tem acesso à nutrição equilibrada.

Contraopondo-se ao baixo valor nutricional das farinhas obtidas das raízes, a mandioca, quando avaliada integralmente, é uma planta rica sob o ponto de vista alimentar. A sua parte aérea, com elevados teores de proteínas, vitaminas e sais minerais, vem participando de programas de combate à desnutrição infantil, por meio do uso da farinha da folha, como na multimistura utilizada pela Pastoral da Criança. Por outro lado, alguns trabalhos comentam sobre o aspecto positivo do consumo da farinha de mandioca que, além de fonte energética, tem papel importante à cínese digestiva, por facilitar a digestão pela ingestão de fécula da mandioca, e cuja explicação científica dada por Lira & Fernandes (1964) é que “facilita a digestão da enorme quantidade de prótida que lhe fornecem as carnes, ressaltando a aceleração significativa que o amido da mandioca produz na digestão tríplice”. Esses autores informam ainda que nem todos os amidos agem da mesma forma, e cita como exemplo o da soja, que dificulta, até certo ponto, a proteólise intestinal.

As análises químicas da composição das farinhas seca e d'água, realizadas no Estado do Amazonas, indicaram elevado teor de carboidratos, confirmando ser alimento essencialmente energético, independente do processo usado (Maravalhas, 1964); entretanto, ambos os tipos, seca ou d'água, mostraram valores máximos de 6,5 mg/100g para ferro, 71 mg/100g para fósforo e 100 mg/100g para cálcio, sendo esses valores considerados não desprezíveis pelo referido autor. Nas Fig. 1 e 2 são apresentados, em valores médios, resultados da análise química de várias amostras de farinhas seca e d'água. Como no processamento da farinha d'água é eliminada totalmente a casca e a fibra central, apresenta menor teor de fibra bruta, tendo sido fixado por Lira & Fernandes (1964), como preceito bromatológico, o valor de 2,0 g de fibra bruta/100g como limite para diferenciação das duas farinhas, ou seja, de 2,0 g/100 acima caracteriza a farinha seca, e abaixo desse valor a farinha d'água.

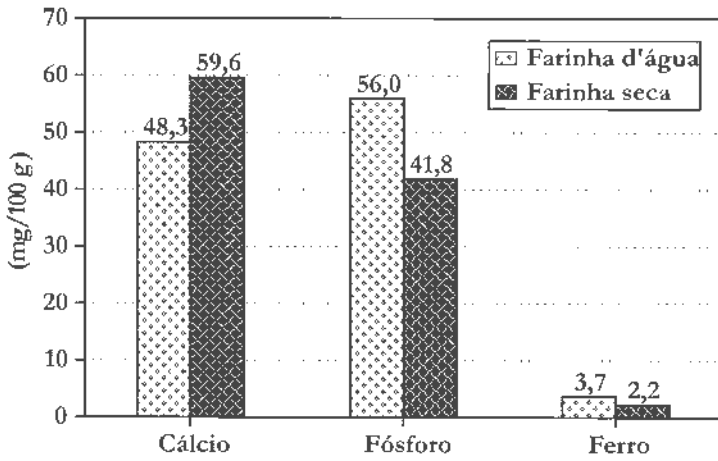


Fig. 1. Teores médios de cálcio, fósforo e ferro em amostras (nove) de farinha.

Fonte: Adaptado de Maravalhas (1964).

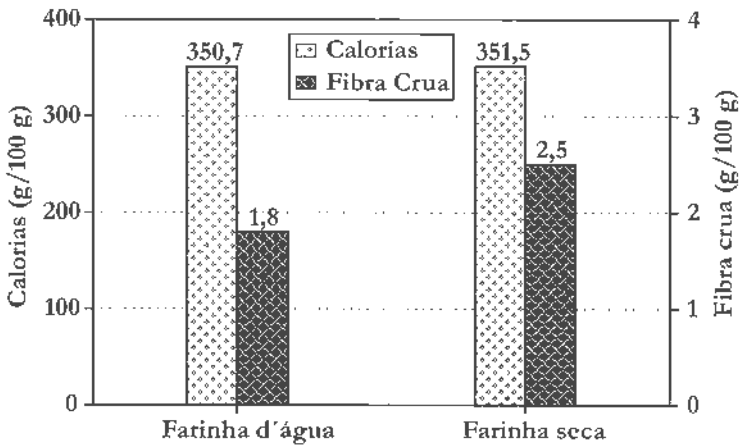


Fig. 2. Teores médios de calorias e fibra crua em amostras (nove) de farinha.

Fonte: Adaptado de Maravalhas (1964).

TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DA FARINHA

Diferentemente da farinha seca, que é consumida em todos os estados brasileiros, como também na Amazônia, no processo tecnológico utilizado para obter-se a farinha d'água, a ralagem da raiz é substituída pela fermentação natural das raízes denominada pubagem, que, segundo Menezes et al. (1998), é considerada uma fermentação láctica. Para obter-se a farinha d'água, as raízes são colocadas imersas em água corrente (igarapés) ou parada (tanques), que imprimem ao produto final sabor e aroma característicos. Alguns produtores descascam as raízes antes de macerar, reduzindo o tempo de permanência na água. Almeida (1992) verificou que os ácidos acético, butírico e láctico predominam no processo de maceração que se inicia após 48 horas e se completa quando a atividade amilolítica é máxima. Esse mesmo autor mostrou que, durante o processo de pubagem das raízes, há alteração na flora de microorganismos, iniciando-se com enterobactérias e corinebactérias, que aos poucos são substituídas por bactérias lácticas e bactérias esporuladas, aparecendo, posteriormente, os fungos *Candida*, *Saccharomyces*, *Penicillium* e *Aspergillus*. Menezes et al. (1998) constataram, durante a fermentação natural, a formação de celulase, xilanase e poligalacturonase, tendo a atividade de cada uma delas aumentado no decorrer do processo de pubagem. O período de maceração varia de 3 a 7 dias, sendo o tempo menor quando a água é parada. Além do local para macerar (pubeiro), outros fatores interferem no tempo de permanência das raízes na água, como a idade da raiz, a temperatura e o pH da água. A maceração está concluída quando a casca é facilmente eliminada e a raiz fermentada (pubada) perde a consistência (Albuquerque & Cardoso, 1980), facilitando o esmagamento manual realizado no cocho. Uma variação do processo utilizado por vários produtores é a substituição do esmagamento da massa, feita no cocho de madeira ou em peneiras de palha de palmeiras chamadas urupembas, pelo ralador "caítitu", para obterem uma massa mais homogênea e com textura mais fina. No processamento da farinha seca, o líquido obtido pela prensagem da massa ralada (tucupi) e a goma obtida por decantação do tucupi são utilizados na culinária regional, enquanto no processamento da farinha d'água, esses

subprodutos não são aproveitados. As etapas do processamento da farinha d' água são: fermentação, retirada da casca, lavagem, esmagamento ou trituração da massa, prensagem, peneiragem, torração, resfriamento da farinha e embalagem. Muitos produtores descascam as raízes antes de colocar para macerar, como forma de reduzir o tempo de permanência das raízes na água.

Outro tipo de farinha de uso regional é a farinha mista ou do Pará, obtida pela mistura da massa ralada com a fermentada em proporções diferentes, sendo maior a quantidade da massa ralada. Essa mistura se processa no caititu, no momento da ralagem da massa fresca. A farinha mista foi a forma que os produtores encontraram de aproximar o sabor característico da farinha d' água com o maior rendimento da farinha seca, já que parte da casca não é eliminada durante o processo de descascamento, enquanto que a farinha d' água apresenta menor rendimento pela retirada total da casca. Os fluxogramas do processamento da farinha d' água e da farinha mista são apresentados nas Fig. 3 e 4. As fases do processamento da farinha d' água são ilustradas na Fig. 5.

Estrutura das unidades de processamento

Basicamente, a estrutura de processamento desse tipo de farinha é a casa-de-farinha tradicional, artesanal, onde todas as fases do processamento são feitas manualmente, com o uso de utensílios rústicos. A prensagem da massa é realizada em prensas rústicas, de origem indígena, confeccionadas artesanalmente com fibra vegetal (tipiti²) ou de madeira. A torração da massa é feita manualmente, em fornos com chapa de ferro, usando lenha como combustível. Muitas dessas casas-de-farinha já introduziram a prensa de madeira, em que a força de prensagem é feita por meio de eixo de fuso (Cardoso et al., 1998). Outra melhoria introduzida em muitas casas-de-farinha refere-se aos caititus (raladores) tracionados por motores movidos a óleo

²Tipiti é uma típica prensa preparada artesanalmente de fibra vegetal. Apresenta forma cilíndrica e possui grande elasticidade, alcançando quase o dobro do comprimento quando distendida. Após colocada a massa ralada no seu interior, é adaptada a dispositivos simples que a distendem, fazendo compressão, o que provoca a expulsão da água pelos interstícios de sua malha. Essa descrição corresponde ao chamado tipiti de extensão, utilizado na Região Amazônica, havendo ainda o tipiti de torção, que é aberto em toda a sua extensão. (Albuquerque, 1969; Albuquerque & Cardoso, 1980).



Fig. 3. Fluxograma do processamento da farinha d'água.



Fig. 4. Fluxograma do processamento da farinha mista ou do Pará.



Fotos: Senar-PA

Descascamento

Lavagem das raízes

Ensacamento das raízes descascadas



Fotos: Senar-PA

Imersão das raízes em água (pubeiro)

Retirada das raízes da água, após concluído o processo de maceração

Lavagem das raízes pubadas



Fotos: Senar-PA

Eliminação da fibra central

Ralagem das raízes pubadas

Fig. 5. Fases do processamento da farinha d'água.

Fonte: Fontes et al. (2003).

diesel, gasolina ou eletricidade, conforme a disponibilidade do local. Nesse último caso, diz-se que a casa-de-farinha é semi-mecanizada. Em geral, os produtores de mandioca são, também, produtores de farinha que possuem uma unidade artesanal individual ou comunitária para processar as raízes. Nos últimos anos, vem se estabelecendo, em alguns municípios do Estado do Pará, pequenas indústrias de farinha que processam a matéria-prima obtida dos produtores de mandioca. Essas indústrias produzem apenas um tipo de farinha, que é a farinha seca, permanecendo a tradição do processamento da farinha d'água e do Pará, em pequenas unidades artesanais.

Estrutura de transporte e comercialização

A farinha é embalada para transporte e comercialização em sacos de fibras de plástico trançado, forrados com um saco de plástico espesso, com capacidade para 60 kg. A comercialização ocorre durante todos os meses do ano e o transporte da carga para o mercado é feito por caminhões. Em alguns municípios que ficam localizados à margem de rios, o transporte é feito por via fluvial, tendo os comerciantes adotado um outro tipo de embalagem, que consiste em um saco de plástico transparente, bastante espesso, com capacidade para 30 kg. Encontra-se ainda em alguns locais da Amazônia a farinha sendo transportada das áreas de produção para os centros de comercialização, em um tipo de embalagem tradicional, que são os paneiros tecidos com fibras vegetais de guarumã, forrados com folhas da mesma planta.

Na Amazônia, os canais de circulação comercial da farinha caracterizam-se pela atuação do capital como vetor da subordinação indireta do produtor rural. O capital comercial assume uma posição hegemônica, impondo suas regras de dominação nas quais, na maioria dos casos, o crédito informal é o elemento chave.

Na comercialização, a farinha percorre caminhos diferentes no mercado, compondo uma cadeia formada por diversos agentes sociais, formando um complexo processo de comercialização (Santos, 1990). Destacam-se o atacadista, o varejista, o caminhoneiro e o taberneiro, denominados genericamente pelo agricultor de comerciantes. Na verdade, o pequeno volume da produção e a dispersão das unidades de processamento caracterizam a importância desses agentes de

intermediação, que aglutinam essa produção pulverizada e assumem parte dos riscos da comercialização, muito embora tenha crescido nos últimos anos a comercialização da farinha diretamente pelos produtores nas comunidades organizadas, permitindo que eles tenham maior acesso às informações sobre preços e mercados, facilitando assim a integração dos elos da cadeia produtiva da farinha.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. de. **A mandioca na Amazônia**. Belém, PA: Sudam, 1969. 277 p.

ALBUQUERQUE, M. de; CARDOSO, E. M. R. **A mandioca no Trópico Úmido**. Brasília, DF: Editerra, 1980. 251 p.

ALMEIDA, P. F. de. **Processamento e caracterização da puba**. 1992. 115 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

CARDOSO, E. M. R.; MULLER, A. A.; CONTO, A. J. de; CARVALHO, R. de A.; FERREIRA, C. A. P.; SANTOS, A. J. M. dos; HOMMA, A. K. O.; ALVES, R. N. B. Prospecção de demandas tecnológicas da cadeia produtiva da mandioca no Estado do Pará. In: CASTRO, A. M. G. de; LIMA, S. M. V.; GOEDERT, W. J.; FREITAS FILHO, A. de.; VASCONCELOS, J. R. P. (Ed.). **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1998. p. 365-388.

FONTES, E. de A.; MENEZES, A. de N. S. de; CARDOSO, E. M. R.; NASCIMENTO, R. P. do; SANTANA, R. A. **Fabricação de farinha de mandioca**. Belém, PA: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural-Administração Regional Pará, 2003. 68 p.

LIRA, M. B.; FERNANDES, E. **Bromatologia das farinhas de mandioca produzidas no Amazonas**. Manaus: Inpa, 1964. 8 p. (Inpa-Química. Publicação, 7).

MARAVALHAS, N. **Cinco estudos sobre a farinha de mandioca.** Manaus: Inpa, 1964. 41 p. (Inpa-Química. Publicação, 6).

MENEZES, T. J. B. de; SARMENTO, S. B. S.; DAIUTO, E. R. Influência de enzimas de maceração na produção de puba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 386-390, 1998.

PINTON, F.; EMPERAIRE, L. A farinha de mandioca, um elo dos sistemas extrativistas. In: EMPERAIRE, L. (Ed.). **A floresta em jogo: o extrativismo na Amazônia Central.** São Paulo: Unesp:Imprensa Oficial do Estado, 2000. p. 57-67.

SANTOS, A. I. M. dos. **Avaliação da adoção de inovações tecnológicas na agricultura do Nordeste do Estado do Pará.** 1990. 181 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento). Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 1990.

Capítulo 4

FABRICAÇÃO DE FARINHA DE TAPIOCA NA VILA DE AMERICANOS, MUNICÍPIO DE SANTA ISABEL DO PARÁ, PA: UM ESTUDO DE CASO

Marney Pascoli Cereda

Introdução	158
Legislação	159
Sagu	159
Tapioca	159
Características macroscópicas	160
Fabricação da farinha de tapioca	160
Unidades de processamento	161
Unidades de extração da fécula ou goma	161
Capacidade e rendimento de processamento	161
Mão-de-obra	162
Construção civil	162
Matéria-prima	164
Descascamento	164
Lavagem das raízes	165
Ralação	165
Extração	165
Purificação	166
Ensaçamento	167
Processamento de farinha de tapioca	168
Capacidade e rendimento de processamento	168
Mão-de-obra	168
Construção civil e equipamentos	168
Matéria-prima	170
Processamento	170

Esfarelamento	170
Encaroçamento	170
Escaldamento	171
Espocagem	171
Classificação	174
Embalagem e comercialização	174
Caracterização da farinha de tapioca	175
Custos	180
Conclusões	181
Agradecimentos	184
Referências bibliográficas	184

INTRODUÇÃO

Guimarães et al. (1988) relataram que a farinha de tapioca é um produto artesanal do Estado do Pará e que informações da literatura a respeito desse produto são raras. Assim como outros derivados da mandioca, caracteriza-se pelo elevado teor de amido e baixo teor de proteína, lipídios e minerais, o que faz da farinha de tapioca um alimento altamente calórico. A farinha de tapioca é consumida na Região Amazônica, na forma de mingaus, roscas, bolos, pudins, sorvetes etc., assim como acompanhando a bebida denominada açai. É comercializada nas feiras livres da Cidade de Belém, sendo o litro a unidade de medida. Esse produto tem suas peculiaridades, diferindo nas diversas regiões onde é elaborado.

A Zona Bragantina é a região onde estão situadas as casas de farinha de tapioca do Estado do Pará, onde o produto é elaborado de forma rudimentar e em pequenas quantidades. O principal produtor na época do estudo, em 1988, era o Município de Santa Isabel do Pará, mais especificamente na Vila de Americanos, localizado na rodovia BR-316. Na época não haviam dados oficiais disponíveis sobre a produção (Guimarães et al., 1988).

Para obter maiores informações sobre o produto, a fabricação da farinha de tapioca foi o tema escolhido para este estudo de caso, onde é descrito o processo como era realizado em Americanos e também nos arredores da Cidade de Castanhal, distante cerca de 70 km de Belém, PA. As informações desse estudo de caso foram coletadas no local por uma equipe pluridisciplinar, em um projeto coordenado pela Embrater (Cereda, 1988). Posteriormente, a mesma região foi visitada (Cereda, 1994) buscando-se obter informações sobre unidades de pequeno porte de extração de fécula de mandioca.

A matéria-prima para produção da farinha de tapioca é a fécula de mandioca úmida, denominada regionalmente de goma.

Segundo as informações obtidas, a tecnologia de fabricação de farinha de tapioca surgiu aproximadamente no ano de 1940, na Vila de Americanos, introduzida pelo produtor João Miguel. Nos arredores desse local existiam, em 1988, cerca de 23 casas de farinha, das quais 4 produziam apenas goma ou fécula úmida e 19 apenas a farinha de tapioca, adquirindo a goma das outras unidades.

LEGISLAÇÃO

A legislação brasileira, por meio das Normas Técnicas Especiais Relativas a Alimentos e Bebidas (Brasil, 1970), caracteriza e define os limites para produtos amiláceos, entre os quais o sagu e a tapioca. A farinha de tapioca não está ainda listada entre os produtos previstos na legislação vigente. Por sua semelhança, poderia ser regida pelas especificações do sagu e da tapioca, que são apresentadas a seguir.

Sagu

Produto amiláceo extraído de várias espécies de palmeiras (*Metroxylon* sp.). Quando preparado a partir de outros amidos ou féculas, terá forma granulada e será designado pela palavra sagu, seguido do nome do vegetal de origem, nos mesmos caracteres e tamanho da palavra sagu.

Tapioca

Produto obtido a partir da fécula de mandioca, sob a forma granulada, submetido a processo tecnológico adequado.

As Normas Técnicas fixam alguns limites para os produtos sagu e tapioca, apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Limites físicos e químicos para sagu e tapioca, segundo a legislação brasileira.

Características	Valores limites
Umidade	Máxima de 14 g/100g
Amido	Mínimo de 80 g/100g
Cinzas	Máxima de 0,5 g/100g
Proteína	Mínima de 14 g/100g
Acidez	Máxima de 2 mL NaOH 1 N/100g

Fonte: Brasil (1970).

Tabela 2. Limites microbiológicos para sagu e tapioca, segundo a legislação brasileira.

Contagens em UFC ⁽¹⁾	Limites
Contagem total em placas	5 x 10 ⁴ por g
Coliformes totais	não constam
Coliformes fecais	ausentes em 1 g
<i>Clostridium</i> sulfito redutores (44°C)	máximo de 20 por g
<i>Staphylococcus aureus</i>	ausente em 0,1 g
Bolores e leveduras	máximo de 1.000 por g
<i>Salmonelas</i>	ausente em 25 g

(1) UFC - Unidades formadoras de colônias.
Fonte: Brasil (1977).

Os limites especificados para sagu e tapioca, tanto físicos e químicos quanto microbianos, são comuns a outros produtos amiláceos de mandioca, não sendo previstos limites específicos. As Normas Técnicas também especificam que deverão ser determinados outros microrganismos e/ou substâncias tóxicas de origem microbiana, sempre que se tornar necessária a obtenção de dados sobre o estado higiênico e sanitário dessa classe de alimento, ou quando ocorrerem toxinfecções alimentares.

Características macroscópicas

A legislação estabelece que os produtos deverão estar ausentes de sujidades, parasitas e larvas.

FABRICAÇÃO DA FARINHA DE TAPIOCA

A farinha de tapioca, após o processo de fabricação, apresenta as características ilustradas na Fig. 1. A aparência é granulosa, mas já não globulosa, devida ao processo de espocamento ou estalamento (termo que descreve a elaboração de pipoca a partir de milho). A coloração varia de branca a creme, em função da pureza da fécula ou goma, com o formato de cogumelo que também é observado na pipoca.

Unidades de processamento

Na região estudada, as unidades de processamento são denominadas casas de farinha, denominação esta geral e aplicada àquelas que processam farinha de mandioca. Detalhes da fabricação da farinha de tapioca, dos equipamentos e construções civis relacionadas com essa atividade poderão ser encontrados no manual de Alves et al. (1985).



Foto: Marney Pasoli Cereda

Fig. 1. Aspecto da farinha de tapioca comercializada no Estado do Pará.

A fabricação da farinha de tapioca pode ser feita em um só local, incluindo a extração da fécula, ou dividida em duas fases. Nas unidades visitadas, as duas fases eram separadas.

Unidades de extração da fécula ou goma

A matéria-prima para fabricação da farinha de tapioca é a fécula, amido da mandioca denominado também de polvilho na Região Sudeste e de goma no Norte e Nordeste.

Capacidade e rendimento de processamento

Segundo informações do proprietário, a casa de farinha tinha capacidade instalada para processar 6 t de raízes por dia, com rendimento de fécula aproximado de 23%. A casa de farinha operava com capacidade variável em função da procura pela fécula.

Mão-de-obra

Na época, trabalhavam na casa de farinha dez pessoas, adultas na sua maioria. A mão-de-obra estava assim distribuída: três pessoas no descascamento, duas na lavagem e ralação das raízes e cinco na extração da fécula. Se necessário, as duas pessoas da lavagem eram deslocadas também para a extração.

Construção civil

A casa de farinha constava apenas de cobertura de folhas de palmeira, com pé direito alto e sem paredes laterais. A distribuição dos utensílios seguia o leiaute da Fig. 2 e o único equipamento elétrico era um ralador. Os demais utensílios eram cochos de madeira espessa. Os cinco cochos usados haviam sido adquiridos e a madeira para sua fabricação foi trazida de fora da região. A casa de farinha era dividida em quatro áreas, para as diferentes operações: armazenamento das raízes, lavagem, ralação e tanques (cochos) de extração e purificação da fécula. Os cochos eram confeccionados em tábuas de madeira espessa e densa denominada piqui, que, segundo pessoas locais, demora muito para apodrecer. O formato é trapezoidal, com aproximadamente as seguintes medidas: 5 a 7 m de comprimento, 0,60 m de profundidade, 0,46 m de largura na parte inferior a 0,84 m na parte superior. Esse formato facilita a decantação da fécula. Na face posterior do cocho e voltado para o exterior da edificação são feitos três furos fechados com batoques de madeira, que permitem controlar o nível de água no interior dos cochos e, por conseqüência, a operação de descarga da água sobrenadante na fase de purificação da fécula. A água de lavagem era descartada no exterior da edificação.

Sobre os cochos existiam telas de algodão branco estiradas em molduras de madeira, formando uma grande peneira para reter a massa ralada de onde seria extraída a fécula. Esse tecido durava em média 15 dias, após o que devia ser trocado.

A extração era manual e a água utilizada abundantemente, sem preocupação em economizar. Vinha de um poço comum, sem qualquer tratamento. Nesse caso, não apresentava turbidez, cheiro ou sabor estranhos.

As fases de extração da fécula constavam de descascamento, ralação, extração, purificação e drenagem em saco, que também equivalia à embalagem. O fluxograma e balanço de massa da produção dessa casa de farinha estão apresentados na Fig. 3. O descascamento será abordado mais adiante.

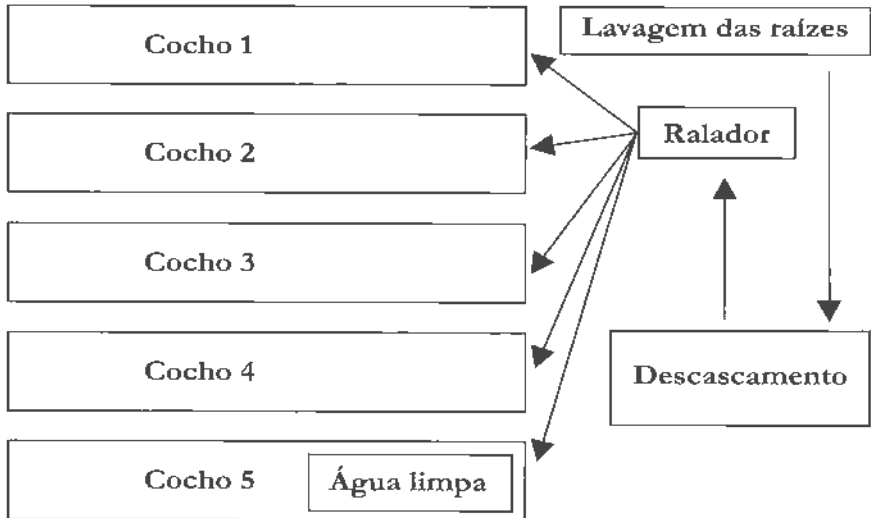


Fig. 2. Lciaute da casa de farinha.

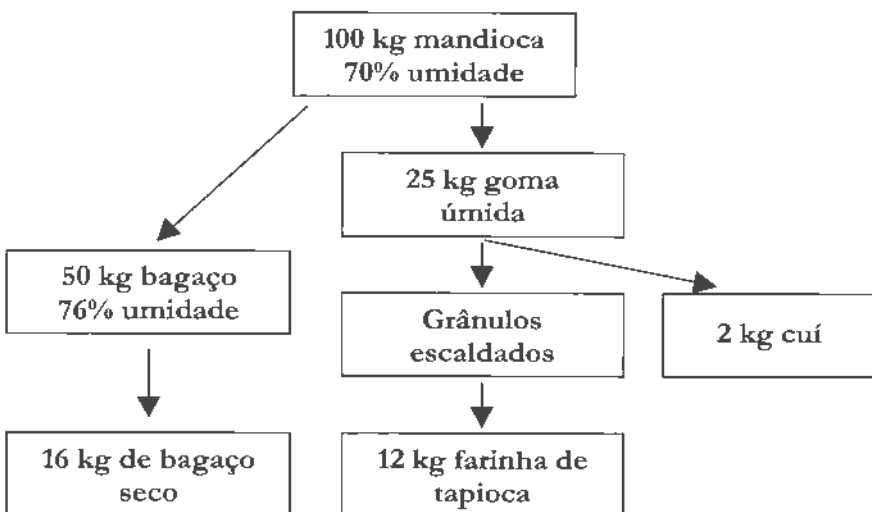


Fig. 3. Fluxograma e balanço de massa da produção de farinha de tapioca em uma casa de farinha na Vila de Americanos, Município de Santa Isabel do Pará, PA.

Matéria-prima

As raízes utilizadas como matéria-prima para extração da fécula raramente eram cultivadas pelo proprietário da casa de farinha. Na maioria das vezes, eram adquiridas de terceiros e, segundo o produtor de goma, esse era um dos problemas mais sérios que encontravam. A aquisição em geral era feita com as raízes ainda no solo, sem que houvessem condições de avaliar seu teor de amido ou seu rendimento. A unidade usada era a tarefa, que equivale a uma quantidade variável de raízes. Segundo as informações obtidas, uma tarefa equivale, em média, a 5 t de raízes. Outro problema decorrente do sistema de compra utilizado e da baixa capacidade de processamento das casas de farinha era o acúmulo de raízes por dois ou mais dias, de modo que, quando processadas, apresentavam já características de deterioração fisiológica e microbiana.

As variedades mais frequentes eram a Sutinga e a Chitinha. Os produtores afirmavam que elas não devem ficar no solo por mais de 12 meses; caso contrário, apresentam um tipo de deterioração em forma de manchas com consistência de isopor e que, segundo a denominação local, diz-se que a raiz “afofa”.

As raízes utilizadas apresentavam forma e tamanho variados, não só por serem constituídas de mistura de variedades, que as pessoas locais classificavam como bravas e mansas, mas também porque as variedades não foram selecionadas para uso industrial, o qual exige uniformidade para que o equipamento possa funcionar em seu máximo rendimento.

Entre os diversos problemas identificados pelo produtor de goma, quase todos diziam respeito à matéria-prima e variavam de fitotécnicos à falta de raízes na região. O abastecimento da indústria dependia de culturas distantes, o que ocasionava aumento de custo pelo transporte.

Descascamento

As raízes eram amontoadas sob a cobertura da casa de farinha, sendo descascadas manualmente com facas. As raízes podiam permanecer dias assim amontoadas, dependendo da necessidade de produção. O descascamento manual é uma atividade penosa, já que as

pessoas trabalham sentadas no chão, sem o menor conforto. As raízes, depois da operação, apresentavam-se mal descascadas. Na casa de farinha em estudo, o descascamento era feito por três pessoas, retirando apenas a película marrom das raízes. As raízes, em geral, não se apresentavam bem descascadas, ficando aderente à casca uma parte da entrecasca, que contém fécula. As cascas, pedaços de entrecasca e raízes não aproveitadas eram amontoadas no exterior.

Lavagem das raízes

As raízes descascadas eram recolhidas em cestos e despejadas em cochos com água. A lavagem era feita agitando-se as raízes com paus ou por uma pessoa pisando sobre elas. Com esse processo, as raízes ficavam bem lavadas, com economia de água.

Ralação

A ralação é também chamada cevagem, assim como o ralador é chamado cevador ou caititu. Era feita à seco, diferentemente da ralação sob água, que se usa nos processos comerciais de extração de amido em geral. O ralo é cilíndrico, em madeira, dotado de serras metálicas ou taliscas. A massa ficava bem ralada. A massa ralada era recebida em um dos cochos de madeira para extração da fécula.

Extração

A extração era feita sobre os quadros cobertos pelas telas de tecido de algodão, apoiados sobre as laterais dos cochos de madeira. O tamanho dos cochos pode variar entre as casas de farinha. Nesse caso, o cocho tinha 4,00 m de comprimento, 0,70 m de altura e 0,60 m de largura. O processamento era manual, constando de sucessivas lavagens da massa. Ao líquido de constituição das raízes de mandioca, após decantação da fécula, dá-se o nome de tucupi. O tucupi, no caso da extração da fécula, é mais diluído do que aquele obtido da prensagem da massa ralada destinada à fabricação de farinha de mandioca, devido ao volume de água empregado na extração. Em outras regiões do Brasil esse resíduo líquido é denominado manipueira.

A água ou tucupí, contendo em suspensão a fécula, era passada pelas peneiras e recolhida no cocho. Do conjunto dos cinco cochos, o do meio sempre contém apenas água limpa, para facilitar a operação de lavagem da massa. Porções de massa ralada, em torno de 5 kg, eram lavadas com a água retirada do cocho em vasilhames feitos com cabaças cortadas ao meio, com capacidade para cerca de 1,5 litros. Cada porção de massa ralada era lavada quatro vezes com água limpa, duas vezes com tucupí e, finalmente, duas vezes com água limpa.

A massa extraída (bagaço) era retirada e amontoada no exterior da casa de farinha. Continha cerca de 70% de água; duas amostras secas e torradas no forno apresentaram a composição que aparece na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da análise de resíduo procedente da fabricação de farinha de tapioca expressos em porcentagem de matéria seca.

	Farelo seco			Farelo torrado		
	A	B	Média	A	B	Média
Umidade	10,00	10,13	10,06	15,72	15,73	15,72
Amido	75,50	75,64	75,57	72,20	72,32	72,26
Proteína	1,13	1,07	1,10	1,13	1,11	1,12
Fibras	5,45	6,60	6,02	4,85	5,00	4,92
Lípidios	0,57	0,42	0,49	0,48	0,46	0,47
Cinzas	1,13	1,00	1,06	1,00	0,95	0,97

Fonte: Cereda (1968).

O resíduo, também denominado massa, era vendido úmido na casa de farinha, para ser utilizado em ração animal.

Purificação

O tucupí, contendo o amido em suspensão, era deixado para decantar das 18h, horário que, em geral, encerravam-se as atividades de extração, até às 21h do mesmo dia, portanto por cerca de três horas. O cocho utilizado media 5 m de comprimento, com seção trapezoidal de 0,46 m de fundo e 0,84 m na face superior. Era dotado de três furos com uma distância de 0,08 m do fundo e 0,10 m entre eles. A purificação era feita em operação denominada revirar o polvilho. Dessa operação

participavam o dono da indústria e três adultos, na qualidade de mão-de-obra remunerada. A operação toda demorava de 1h a 1h30.

No início da operação, a água residual ou tucupi era drenada através dos orifícios dos cochos e canalizada para o terreno vizinho. Não havia tratamento desse resíduo. A superfície da fécula depositada apresentava consistência firme, possibilitando que fosse lavada, retirando-se as impurezas superficiais. A água contendo impurezas mais leves e amido era colocada para decantar em outro cocho. Com essa goma de segunda era feita farinha de tapioca para outros Estados ou Regiões menos exigentes. Segundo informação do proprietário, para ajudar a decantação era costume adicionar-se sal à água.

A superfície de amido depositado era então rompida com enxadas, pelo operador pisando no interior dos cochos. Na superfície branca era possível observar algumas manchas limosas de coloração parda, que podem aumentar se a fécula permanece muito tempo sob a água.

Uma vez esvaziados os cochos, os orifícios eram novamente tampados e introduzida água limpa. A fécula depositada ficava no fundo do cocho. Com a água limpa introduzida, essa fécula decantada era revolvida com auxílio de uma enxada, de forma que o depósito era desfeito e a fécula voltava a se apresentar como uma suspensão. Terminada a operação, deixava-se decantar até o dia seguinte.

Ensacamento

No início das operações do dia seguinte à extração, os cochos eram novamente drenados da água superficial. A fécula depositada no fundo apresentava cor muito branca e brilhante, sem estrias e sujidades de superfície. Segundo o produtor, quanto mais limpa a fécula, mais branca é a farinha de tapioca. A fécula era removida do fundo do cocho aos pedaços, com aparência de queijo devido à sua propriedade tixotrópica, que faz com que, em determinadas umidades, a massa passe do estado líquido para o sólido. Os pedaços de fécula removidos eram colocados em sacos, onde ficavam drenando a água por um certo tempo, antes de serem entregues nas unidades produtoras de farinha de tapioca.

PROCESSAMENTO DE FARINHA DE TAPIOCA

A goma ou fécula úmida era comercializada sob encomenda e transportada até as casas de farinha de tapioca, no mesmo saco em que era deixada drenando o excesso de água.

Capacidade e rendimento de processamento

Em função da escala em que a farinha de tapioca era fabricada, tornou-se difícil estabelecer a capacidade de processamento e o rendimento. Na época de realização do estudo, a extração era feita quase que exclusivamente por encomenda, embora as atividades fossem quase diárias. Caso necessário, para atender a uma encomenda, o trabalho continuava pela noite adentro. As tarefas eram individuais, ficando na dependência da velocidade de cada um. Em geral, em um dia normal de oito horas, processavam-se dois sacos de goma úmida de 100 kg cada um, embora a informação recebida tenha sido de uma capacidade de seis sacos de 100 kg por dia. Um cálculo do proprietário foi de que a produção chegava a 800 a 1.000 kg por semana.

Mão-de-obra

A mão-de-obra para fabricação de farinha de tapioca era bastante especializada, em relação àquela da extração da goma. Assim como na extração, a mão-de-obra familiar era utilizada juntamente com a assalariada, e o proprietário atuava como gerente. Na unidade visitada trabalhavam três pessoas, sendo duas no forno e uma no encaroçamento. Entretanto, quando necessário, membros da família ocupavam-se de tarefas mais leves, como a seleção da tapioca escaldada. Os operários que trabalhavam no forno ganhavam por tarefa, calculada a partir do número de sacos de 100 kg de fécula úmida que eram processados. A encaroçadeira ganhava um pouco menos que o forneiro, também calculando-se à base de sacos de fécula úmida processados, podendo trabalhar em um mesmo dia para diferentes casas de farinha.

Construção civil e equipamentos

A unidade de processamento de farinha visitada apresentava os utensílios e equipamentos dispostos conforme o leiaute da Fig. 4.

O galpão media cerca de 7 x 4 m e era dotado apenas de cobertura, sem paredes laterais a não ser junto ao forno, com pé direito de cerca de 3 m. Para processamento da farinha de tapioca não havia necessidade de motores, sendo todas as operações manuais. O forno constava de um tacho de ferro embutido em argamassa, com 1,80 m de altura do solo. Uma aba, de cerca de 0,20 m ao redor do tacho, impedia que a tapioca caísse para fora durante a operação de espocagem. A boca do forno abria para fora da construção, sendo que a fornalha ficava diretamente por baixo do tacho. O forno não tinha chaminé, apenas um suspiro. Os operários trabalhavam junto ao forno, sobre plataformas, sendo dois em lados opostos. Manejavam rodos de madeira e vassouras, alternadamente, conforme a fase. O restante do material era composto de cochos de madeira (6), peneiras de taquara, um quadro de tela de algodão emoldurado de madeira e peneiras de arame para classificação e seleção.

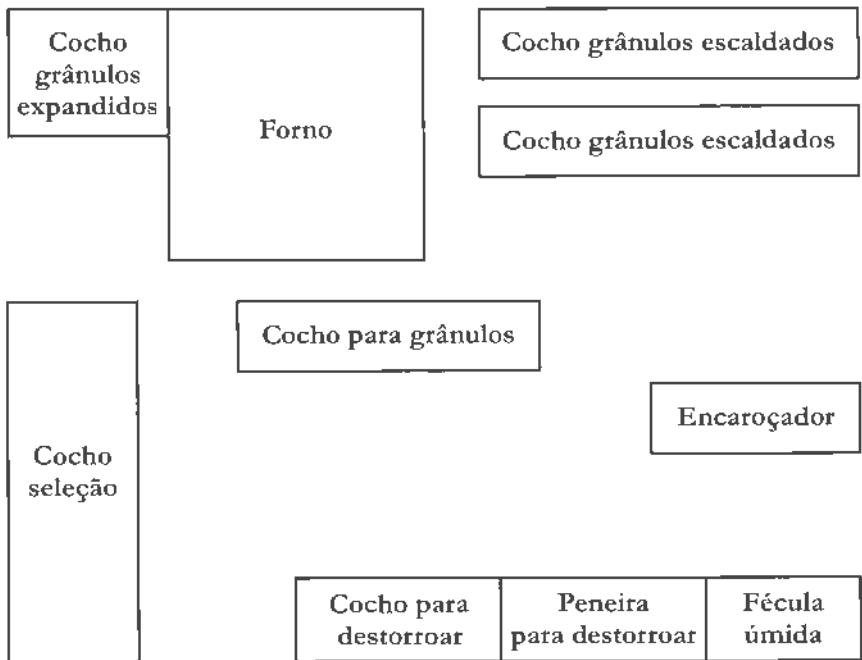


Fig. 4. Leiaute de uma casa de farinha para produção de farinha de tapioca na Vila de Americanos, Município de Santa Isabel do Pará, PA.

Matéria-prima

Uma amostra da matéria-prima utilizada apresentava 43,51% de umidade. Na unidade visitada, a goma úmida permanecia armazenada no próprio saco em que foi embalada e transportada.

Processamento

As fases da fabricação da farinha de tapioca são esfarelamento, encaroçamento, escaldamento, espocagem, classificação e embalagem e comercialização.

Esfarelamento

A fécula úmida ou goma era retirada do saco e passada por peneira de taquara, de malha entre 2,0 a 2,5 mm, que tinha a finalidade de apenas destorroar a fécula. Essa operação era feita pela encaroçadeira. O processo era realizado em um cocho de madeira medindo 3,00 m de comprimento x 0,70 m de largura x 0,60 m de altura.

Encaroçamento

A operação era feita sobre tecido de algodão esticado sobre moldura de madeira. A encaroçadeira trabalhava em pé, com as palmas das mãos abertas sobre o pano, sobre o qual colocava cerca de 1 kg da goma esfarelada. O movimento leve e giratório das mãos sobre a fécula úmida originava os caroços ou grânulos. O tamanho desses dependia da umidade da massa. Se a massa de fécula estava muito úmida, podia grudar no pano. Se muito seca, os grânulos desmanchavam-se sem tomar a forma esférica. Para soltar a massa que ficava aderida no pano, a operadora batia com as palmas das mãos sobre o fundo do tabuleiro. Para aumentar o diâmetro dos grânulos, uma nova quantidade de goma úmida era adicionada e comprimida levemente contra o pano. Quando os grânulos atingiam o diâmetro desejado, eram selecionados em peneira de malha de cerca de 2,8 mm. Uma parte dos grânulos permanecia no pano para auxiliar a formação na próxima partida. Os grânulos selecionados eram colocados em cocho de madeira, aguardando a operação de escaldamento, que era feita no mesmo dia.

Escaldamento

O forno era uma estrutura circular com 1,70 m de altura e 1,80 m de diâmetro. Segundo informações do proprietário da casa, o tacho do forno devia ser feito de ferro, pois de cobre não seria adequado. O forno gastava cerca de 0,5 m³ de lenha para processar o equivalente a 100 kg de goma, nas duas operações, de escaldamento e espocagem. Para obter o máximo de calor, costumavam secar bem a lenha. Os operadores do forno tomavam cuidado para não deixar grudar ou queimar na superfície do tacho, que não devia receber óleo e nem ser usado para secar ou torrar outro produto pois, nesses casos, a tapioca grudaria na chapa. Os grânulos de goma eram constantemente remexidos pelos dois operadores, no início com o auxílio de vassouras de fibra; após 5 a 8 minutos, a operação continuava com rodos de madeira. A operação completa durava de 15 a 20 minutos e podia-se observar que os grânulos tornavam-se parcialmente gelificados e tendiam a aderir uns aos outros.

Depois de escaldados, os grânulos eram retirados e colocados em cochos de madeira, onde deveriam permanecer descansando até o dia seguinte. Sem essa última operação, o número de grânulos defeituosos (fora de padrão) ou que não se expandiam poderia chegar a 20%. Antes de passarem para a operação seguinte, os grânulos escaldados eram peneirados em malha com abertura de 2,8 mm, para soltar os grânulos grudados e aumentar o rendimento. Nesse ponto do processamento, os grânulos escaldados apresentavam cerca de 24% de umidade.

Espocagem

Nessa operação, o fogo devia ser mais forte. Qualquer lenha servia para a operação de escaldamento, mas, para espocar, a lenha devia produzir bastante calor. O proprietário afirmou que havia tentado a substituição da lenha por gás, mas o calor não foi suficiente para conseguir espocar a farinha de tapioca.

A operação de espocagem era feita colocando-se os grânulos escaldados sobre a superfície quente do forno. Os grânulos eram remexidos por dois forneiros, com ajuda de rodos de madeira. Após

poucos minutos, a temperatura era aumentada com mais lenha e os grânulos expandiam-se como pipocas, ficando brancos e opacos e com aparência de isopor (Fig.1). O volume dobrava, os grânulos ficavam crocantes, mas permaneciam sem sabor, o que era uma característica do produto. Após o espocamento, a farinha de tapioca apresentava 3,06% de umidade, mas, depois, durante o armazenamento, ganhava umidade ao entrar em equilíbrio com o ar.

A tecnologia de fabricação da farinha de tapioca parece ser um processo original. Baseia-se em processos de expansão que são aplicados a outros produtos alimentares, sendo a pipoca o mais conhecido deles. Griswold (1972) descreveu os fatores envolvidos no processo de elaboração de pipoca, explicando que a espocagem resulta da cocção do amido em condições especiais. Segundo a autora, à medida que os grãos de milho pipoca são aquecidos, o vapor de água contido no seu interior se expande, aumentando a pressão interior, até alcançar energia suficiente para explodir o grão. Entre as características desejáveis, citou o poder de expansão, que é a relação entre o volume final das pipocas espocadas e o inicial dos grãos. Essa propriedade depende da umidade do grão e do método de cocção. O milho pipoca caracteriza-se por apresentar um endosperma duro, córneo. Quando estalam ou espocam, os grãos arredondados ganham a forma de um cogumelo. Como o espocamento do milho pipoca depende da expansão de vapor de água do grão durante o aquecimento, a umidade correta constitui um dos fatores mais importantes para determinar a expansão da pipoca. A umidade recomendada para a pipoca é de 13% a 15%. A expansão do grão espocado diminui se a umidade é maior ou menor que o ideal. Quando a umidade é excessiva, a pipoca estala com fragmentação áspera. Com umidade correta, a superfície é ligeiramente áspera, e quando a umidade é muito baixa a superfície é lisa. A temperatura deve ser ajustada para garantir o espocamento entre 60 e 90 segundos.

A umidade dos grânulos escaldados analisados em laboratório foi de 44%, superior àquela citada por Griswold (1972) para espocar a pipoca, mas o tempo de espocamento é maior que o do milho pipoca. Entretanto, os grânulos espocaram quando aquecidos no laboratório, em vasilhame de alumínio. Como não haviam dados na literatura sobre a temperatura e umidade ideal para espocagem da farinha de tapioca, foi estabelecido um experimento para essa avaliação.

Os grânulos escaldados foram trazidos da região produtora para serem avaliados em Botucatu, SP. Com o transporte os grânulos desidrataram-se, apresentando 22,51% de umidade. Um recipiente de aço inoxidável foi mergulhado em banho de óleo termostatizado, ao qual foi adaptado um termômetro. A temperatura lida correspondia a um valor com variação de mais ou menos 5°C. Em ensaio prévio, foi determinado que a temperatura mínima para início de espocagem dos grânulos escaldados de fécula foi de 200°C. A partir desta temperatura, amostras de grânulos escaldados de fécula de mesmo peso foram colocadas no recipiente e anotado o tempo que levavam para espocar, com a temperatura variando de 200°C a 240°C. O volume dos grânulos escaldados (volume inicial) e da farinha de tapioca (volume final) foram determinados em proveta. O volume inicial foi fixado em 25 mL. Os dados foram obtidos em duplicata.

A expansão foi calculada como a porcentagem de aumento sobre o volume dos grânulos escaldados. Segundo as informações dos produtores, esse aumento seria de 100%, valor que nunca foi alcançado no ensaio (Tabela 4, Fig. 5). Nas condições em que o ensaio foi realizado, não foi possível o aquecimento acima de 230°C, porque o óleo, aquecido, queimava. Caso haja interesse em mecanizar o processo de fabricação de farinha de tapioca, outro sistema de aquecimento (elétrico, vapor ou chama direta) deverá ser usado, eliminando esse inconveniente.

Tabela 4. Volumes de farinha de tapioca em função da variação de temperatura e tempo de aquecimento.

Temperatura (°C)	Tempo (segundos)	Volume final (mL)	Expansão (%)
200	300	33	32
	300	32	28
210	300	35	40
	300	37	48
220	300	34	36
	300	40	60
230	214	40	60
	186	38	52
240	193	37	48
	178	41	64

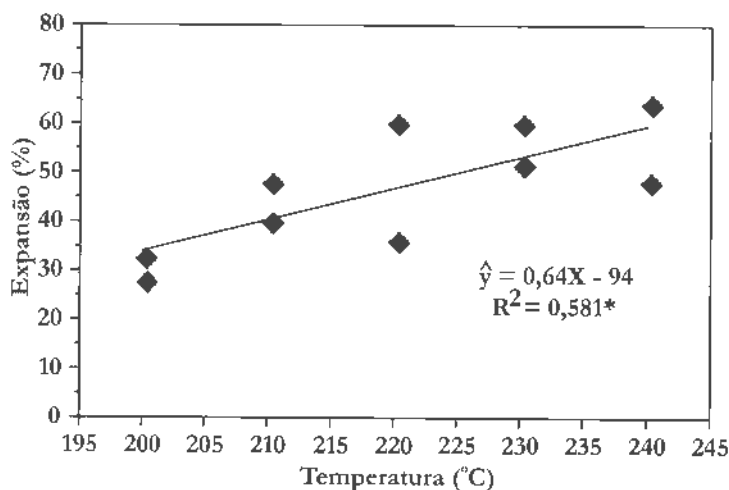


Fig. 5. Variação da porcentagem de expansão dos grânulos de farinha de tapioca em função da temperatura.

A análise de regressão aplicada aos dados obtidos no ensaio possibilitaram ajustar a equação $\hat{y} = 0,64X - 94$, com R^2 de 0,581* (Fig. 5). Essa equação deveria permitir prever que, nas condições de umidade e temperatura do ensaio, seria possível obter 100% de expansão à temperatura de 303°C. No ensaio realizado, a temperatura entre 220°C e 230°C representou a melhor expansão, com obtenção de produto muito semelhante ao comercial. Nessa última temperatura a farinha de tapioca espocou em cerca de três minutos. Como as informações dos produtores não foram confirmadas com análises precisas, pode ser também que uma expansão de 60% seja mais razoável que a de 100%.

Classificação

Após a espocagem, a farinha de tapioca era classificada em peneiras, sendo a fração mais fina denominada de cúí.

Embalagem e comercialização

Em 1988, a comercialização era feita a granel, nos mercados e feiras livres. O mercado local exigia produto com expansão uniforme. Os grânulos de farinha de tapioca que não expandiam regularmente

eram comercializados no mercado local com preços mais baixos; por isso, em geral, eram enviados a mercados menos exigentes.

A farinha de tapioca podia ser comercializada também com adição de coco. Guimarães et al. (1988) esclareceram que, nesse caso, o coco ralado era adicionado após a farinha de tapioca ser passada pela peneira e enquanto ainda estava quente.

Caracterização da farinha de tapioca

A caracterização do produto é importante para que se conheça seu valor nutricional, sua qualidade como alimento e saúde, assim como os pontos a serem melhorados no seu processamento, como a presença de sujidades e contaminantes. A caracterização foi feita mediante amostras coletadas nas casas de farinha e no comércio local. Um estudo mais detalhado da composição da farinha de tapioca foi feito por Guimarães et al. (1988), cujos resultados são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Composição física e química de farinha de tapioca comercial.

Características	Farinha de tapioca				
	Amostras de Belém, PA				Bahia
Umidade (%)	8,35	4,92	14,07	10,00	10,98
	% na massa seca				
Amido	95,70	96,04	92,62	93,30	93,60
Amilose (% de amido)	17,21	17,12	19,22	17,72	17,34
Proteína	0,08	0,01	0,21	0,02	0,17
Lípidios	0,09	0,03	0,09	0,40	0,13
Cinzas	0,31	0,11	0,11	0,33	0,24
Fibras	0,10	0,13	0,16	0,58	0,14
	Outras				
pH	4,39	4,62	5,03	4,38	4,80
Acidez ⁽¹⁾	2,02	0,98	1,34	0,14	1,56

⁽¹⁾ ml de NaOHN/100 g.

Fonte: Guimarães et al. (1988).

Tabela 6. Contagem microbiana de amostra comercial de farinha de tapioca de Belém, PA.

Características	Contagem em UFC⁽¹⁾ /g
Contagem total em placas	100
Coliformes totais	Negativo
<i>Clostridium</i> sulfito redutores	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	0
Bolores e leveduras	2.500
<i>Salmonelas</i>	0

¹ UFC = unidades formadoras de colônia.

Fonte: Guimarães et al. (1988).

A umidade das amostras analisadas apresentou valores mais variáveis que os encontrados por Guimarães et al. (1988) (Tabela 5). Como o produto é higroscópico, é esperado um equilíbrio com a umidade atmosférica, principalmente se forem amostras mais velhas. Os teores de amido observados foram coerentes com os encontrados pelos autores, enquanto que os demais valores apresentaram grande variabilidade, provavelmente em função do processo artesanal de extração, que deixa passar quantidades variáveis de componentes da parede celular, o que também ocorreu com as amostras analisadas por Guimarães et al. (1988). O baixo pH e, mais principalmente, a acidez alta, são indícios do desenvolvimento de processo fermentativo devido ao longo tempo de decantação da fécula.

A acidez do produto analisado é compatível com o conteúdo microbiológico das amostras, que apresentou baixas contagens de bactérias e uma presença maior de bolores e leveduras, que devem ser os agentes do processo fermentativo. Apesar de ser um processo artesanal, não foram detectados microrganismos agentes de processos toxi-infecciosos, muito provavelmente em razão da acidez desenvolvida, que cria condições pouco adequadas ao desenvolvimento desses agentes (Tabela 6).

Guimarães et al. (1988) realizaram análises com produto comercial coletado nas feiras de Batista Campos, São Brás e 25 de Setembro, PA. Foram coletadas e analisadas 28 amostras, sendo 20 comuns e 8 com adição de coco ralado. Além das análises, foi avaliada a uniformidade da granulação, classificada em grânulos pequenos,

médios, grandes e descarte. Foram realizados testes de degustação. Das amostras de farinha de tapioca comum analisadas, 30% foram classificadas como compostas por grânulos pequenos, 20% por médios e 45% por grandes. A diferença correspondeu à granulação defeituosa ou descarte. Nas amostras com adição de coco, nenhuma das oito amostras apresentou grânulos grandes, sendo que os médios e pequenos foram encontrados em quantidades iguais de amostras (50%). A avaliação degustativa caracterizou o produto como sabor próprio (adequado) ou não adequado, separado em sabor de amido e odor de fermentado. A consistência foi classificada em torrado, pouco torrado, pouco dura, dura e amolecida. A avaliação das 20 amostras de farinha encontra-se descrita nas Tabelas 7, 8 e 9.

Tabela 7. Caracterização de amostras comerciais de farinha de tapioca quanto a consistência, sabor e aroma.

Amostras	Porcentagem
Farinha comum	
Torrada	40,0
Pouco torrada	5,0
Amolecida	10,0
Pouco dura	5,0
Fora de padrão	40,0
Próprio	70,0
Fermentado	5,0
Sabor de amido	25,0
Farinha + coco	
Próprio	12,5
Coco	100,0
Coco muito forte	37,5
Coco pouco forte	25,0
Coco fraco	12,5
Fermentado	12,5

Fonte: Guimarães et al. (1988).

Tabela 8. Caracterização física e química de amostras comerciais de farinha de tapioca.

Amostra	Umidade ⁽¹⁾	Calorias ⁽²⁾	Glicídios ⁽¹⁾	Protédeos ⁽¹⁾	Lipídios ⁽¹⁾	Fibra ⁽¹⁾	Cinzas ⁽¹⁾
1	6,04	376,13	93,06	0,14	0,37	0,03	0,36
2	5,72	377,51	93,49	0,19	0,31	0,14	0,16
3	5,53	378,51	93,66	0,18	0,35	0,08	0,20
4	5,55	377,65	93,57	0,10	0,33	0,72	0,23
5	5,38	379,65	93,71	0,18	0,41	0,12	0,20
6	6,56	374,71	92,74	0,15	0,35	0,02	0,18
7	5,59	376,64	93,34	0,10	0,32	0,41	0,24
8	6,49	375,48	92,61	0,18	0,48	0,09	0,15
9	5,19	380,73	93,93	0,15	0,49	0,08	0,16
10	6,96	372,37	92,17	0,27	0,29	0,19	0,12
11	6,74	373,66	92,23	0,24	0,42	0,22	0,15
12	5,42	378,23	93,97	0,25	0,15	0,10	0,11
13	5,99	376,43	93,09	0,23	0,35	0,24	0,10
14	7,60	369,07	91,30	0,27	0,31	0,39	0,13
15	6,91	372,08	92,18	0,30	0,24	0,25	0,12
16	6,26	374,55	92,94	0,27	0,19	0,21	0,13
17	7,07	371,09	92,12	0,28	0,21	0,30	0,12
18	6,18	375,00	93,01	0,20	0,24	0,24	0,13
19	6,72	372,40	92,47	0,18	0,20	0,32	0,11
20	6,31	374,66	92,89	0,19	0,28	0,21	0,14

¹ Expresso em porcentagem.² Expresso em kcal/100g.

Fonte: Guimarães et al. (1988).

Tabela 9. Caracterização física e química de amostras comerciais de farinha de tapioca acrescentadas de coco ralado.

Amostra	Umidade ⁽¹⁾	Calorias ⁽²⁾	Glicídios ⁽¹⁾	Protídeos ⁽¹⁾	Lipídios ⁽¹⁾	Fibra ⁽¹⁾	Cinzas ⁽¹⁾
1	5,63	378,46	92,73	0,22	0,74	0,17	0,34
2	6,91	376,91	90,74	0,09	1,51	0,47	0,28
3	5,86	385,86	90,74	0,10	2,50	0,59	0,21
4	5,88	381,82	91,89	0,17	1,62	0,25	0,19
5	3,49	394,67	93,49	0,16	2,23	0,42	0,21
6	3,42	393,06	94,19	0,16	1,74	0,21	0,28
7	6,85	378,18	90,56	0,25	1,66	0,53	0,15
8	6,33	385,15	90,16	0,39	2,46	0,30	0,16

⁽¹⁾ Expresso em porcentagem.

⁽²⁾ Expresso em kcal/100g.

Fonte: Guimarães et al. (1988).

A Tabela 7 indica que a maioria das amostras de farinha de tapioca comum analisadas apresentou consistência torrada, com 70% com sabor próprio, que os autores não definiram. Uma parte significativa (25%) permaneceu com sabor de amido remanescente e quase a metade foi considerada pelos autores como fora de padrão.

A Tabela 8 apresenta a caracterização das amostras comerciais segundo características físicas e químicas. Os autores obtiveram valores que caracterizaram um produto amiláceo com alto teor de calorias, avaliadas por cálculo pela fórmula $kcal = (proteína + glicídios) \times 4 + lipídios \times 9$ e expressa em kcal por 100 gramas. Os dados da Tabela 8 mostram que a qualidade da farinha de tapioca sofre interferência do processo de purificação, com teores de proteína, cinzas e fibras bastante variáveis.

A Tabela 9 apresenta as principais diferenças ocasionadas pela adição de coco ralado. Observa-se que a umidade apresentava valores comparáveis àqueles da farinha de tapioca comum. O teor calórico foi ligeiramente superior, como resultado de valores mais elevados de gordura e proteína. É interessante observar que o teor calórico é proporcionado pelo amido, pois o aumento de proteína e gordura pouco influenciou.

CUSTOS

Durante o estudo de caso, foram anotados todos os custos. A apresentação desses custos nos dias de hoje não teria muito sentido. Para dar uma idéia dos custos, os valores são apresentados em relação ao valor do produto final (Tabela 10).

Tabela 10. Custos comparativos da produção artesanal de farinha de tapioca na Vila de Americanos, Município de Santa Isabel do Pará, PA, calculados em função do produto.

Atividades e produtos	Preços da época, em relação ao valor do produto final
Cochos	200.000 para cinco
Construção	120.000 a 200.000
Matéria-prima	30 por cinco toneladas
Bagaço seco	30 por 20 litros (lata)
Goma úmida	70 por kg
Mão-de-obra descascamento	200
Mão-de-obra para lavar e extrair	400
Forneiro	250 por saco de 100 kg de fécula úmida
Encaroçadeira	150 por saco de 100 kg de fécula úmida
Preço FOB da farinha de tapioca	100 por kg
Sagu comercializado em São Paulo	235 por 500g

CONCLUSÕES

A tecnologia descrita encontrava-se perfeitamente sintonizada com as necessidades locais, onde o uso de mão-de-obra abundante pode ser considerado uma virtude e não um defeito. A região não apresentava grandes possibilidades de emprego e a fabricação de farinha de tapioca fazia girar o comércio local, em relação à matéria-prima e à mão-de-obra. Também é possível tecer considerações a respeito do tipo de mão-de-obra utilizada pois, apesar de ser ela considerada desclassificada, pelos índices vigentes, continha até mesmo uma certa especialização, como é o caso do forneiro e da encarçadeira. Por outro lado, é necessário também chamar a atenção para as condições de trabalho muitas vezes penosa, o que exigiria que pelo menos algumas etapas fossem mecanizadas, entre elas, especificamente, o descascamento. Existem disponíveis equipamentos simples e eficientes que poderiam realizar o descascamento (Fig. 6), mas, para que isso seja feito, será necessário que a pesquisa identifique variedades de fácil descascamento.



Foto: Marney Passoli Cereda

Fig. 6. Equipamento portátil para descascamento mecanizado de mandioca.

A eficiência da extração da fécula mostrou-se adequada, o que pode ser observado pelos conteúdos de amido encontrados nos bagaços, comparáveis aos processamentos mecanizados. Entretanto, o processo gasta muita água e é muito penoso, e a simples imersão das peneiras em água poderia facilitar a operação, com economia de água. A altura dos cochos também exigia uma posição forçada durante a extração, o que poderia ser melhorado. Equipamentos dotados de sistema de peneiras cilíndricas giratórias poderiam ser uma boa opção.

Apesar das boas condições microbiológicas das amostras de farinha de tapioca analisadas, a preocupação com adoção de práticas de higiene deverá ser implementada. Nas condições em que o processamento era feito, a possibilidade da presença de sujidades é muito grande.

Acredita-se também que a mecanização virá no momento adequado, em que for necessária, por pressão exercida pela necessidade de maior produção para atender ao mercado ou pela falta de mão-de-obra, deslocada para outras atividades. Os equipamentos mais simples poderão ser feitos na região. Na época em que o estudo foi feito, já haviam rudimentos dessa habilidade, com pessoas com idéias para fazer o trabalho mais fácil, com auxílio de equipamentos. Esses

equipamentos poderão também ser importados de outras regiões do Brasil, onde processos equivalentes encontram-se tecnologicamente mais desenvolvidos. Equipamentos já estão sendo fabricados na Bahia e Sergipe, para extrair fécula de mandioca.

Mesmo nas condições precárias em que a farinha de tapioca foi produzida, as análises do produto mostraram que ele teria condições de ser comercializado, com conteúdo microbiológico e composição compatível com os limites fixados pela legislação para produtos similares feitos de mandioca, como o sagu e a tapioca. Caso haja necessidade, será possível aumentar a produção e mecanizar todo o processo. O aceite na região e a possibilidade de exportação para a Guiana Francesa poderão levar à conquista de novos mercados. No Sudeste do Brasil, o produto ainda não penetrou. Trata-se de um produto calórico, que poderia competir com a linha de produtos do tipo cereal para desjejum. Para avaliar outras formas de apresentação do produto, foram feitos testes de laboratório com recobrimento da farinha de tapioca com chocolate e com açúcar queimado (caramelo). Os provadores aceitaram bem o produto, mas se queixaram da irregularidade de textura, com alguns grânulos mais rígidos.

Para alcançar mercados mais sofisticados seria necessário o estudo do mercado e uma certa campanha publicitária. Muitas vezes, produtos regionais conseguem vencer barreiras e transformar-se em produto de mercado mais amplo, como aconteceu com o pão de queijo. Recentemente, o açaí conseguiu o nicho de mercado específico dos cultuadores das práticas de esportes e fisiculturismo, apenas por ter sido associado a alimento energético e nutritivo, embora os próprios consumidores não consigam especificar em quê. Mediante uma introdução adequada, o produto poderia penetrar bem no mercado consumidor de São Paulo, sempre ávido por novidades. O uso da farinha de tapioca em sorvetes também seria uma possibilidade a ser considerada.

Além das preocupações com o desenvolvimento do produto, será necessário incutir nos futuros empresários a necessidade de maiores cuidados com o meio ambiente. Na escala de processamento artesanal já existe um grande comprometimento do meio ambiente em torno de uma casa de farinha. Os danos ainda são pequenos, justamente em razão da produção restrita. Caso o proprietário não assimile a

necessidade de tomar providências para tratar seus resíduos, a empresa crescerá e os problemas com o meio ambiente também. Mas, para que as medidas de proteção ao meio ambiente sejam adotadas, é preciso que as soluções sejam adequadas às necessidades sociais e financeiras das empresas.

AGRADECIMENTOS

À Embrater, na figura do então Coordenador Nacional de Mandioca, Engenheiro Agrônomo Jairo Ribeiro da Silva, pelo empenho em criar novas oportunidades para difusão de conhecimentos.

Aos técnicos extensionistas do Pará, pela colaboração e confiança demonstradas.

Aos pesquisadores da *Embrapa Amazônia Oriental* (CPATU), em Belém, PA, em especial a Eloísa Maria Ramos Cardoso e a Maria do Socorro Andrade Kato, pela cooperação nas análises e amostragens, bem como pelas informações técnicas prestadas.

Aos produtores envolvidos nesse estudo de caso.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. A. G.; FRANCO, M. N. B.; SANT'ANA, R. A. *Fabricação de farinha de tapioca*. Belém, PA: Empresa Brasileira de Assistência e Extensão Rural, 1985. 17 p.

BRASIL. Decreto Lei n. 211 de 30 de setembro de 1970. *Código Nacional de Alimentação*. Diário Oficial, São Paulo, 1º ago. 1970, p. 12.

CEREDA, M. P. *Relatório de intercâmbio de tecnologia: polvilho azedo e farinha de tapioca*. Botucatu: Universidade Estadual Paulista-Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1988. 22 p.

CEREDA, M. P. *Situación de las industrias de almidón en pequeña escala en la América del Sur*. Botucatu: Universidade Estadual Paulista-Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1994. 56 p. (Relatório de assessoria à Food and Agriculture Organization).

GUIMARÃES, M. C. de F.; BARBOSA, W. C.; OLIVEIRA, M. de L. S.; LIMA, C. L. Estudos de caracterização tecnológica e química do produto farinha de tapioca. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 6., 1988, Manaus. *Anais...* Manaus: 1988. p. 179-188.

GRISWOLD, R. M. *Estudo experimental dos alimentos*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1972. 238 p.

Capítulo 5

INDÚSTRIA DE FÉCULA

Marney Pascoli Cereda

Introdução	187
Legislação e qualidade	187
Matérias-primas	188
Biossíntese e constituição da fécula	190
Processamento de mandioca para extração da fécula	192
Colheita e transporte	193
Extração da fécula	194
Processo rudimentar	194
Processo industrial	195
<i>Descascamento e lavagem</i>	195
<i>Relação</i>	197
<i>Separação da fécula da massa ralada</i>	198
<i>Purificação</i>	199
<i>Secagem</i>	199
<i>Acondicionamento</i>	200
Rendimento industrial	200
Referências bibliográficas	201

INTRODUÇÃO

Entre os produtos e subprodutos da mandioca, sem dúvida o mais versátil e valorizado é a fécula, denominação que a Legislação Brasileira (Brasil, 1978) dá à fração amilácea originária de raízes e tubérculos. Essa valorização deve-se a suas múltiplas aplicações, que vão da culinária ao uso industrial. Na culinária, a fécula de mandioca destaca-se, assim como as de outras tuberosas, pela neutralidade de aroma, sabor e cor, que permitem seu uso indiscriminadamente em pratos doces e salgados. No uso industrial, é empregada principalmente na indústria de alimentos, seguida das indústrias de papéis e têxteis. A hidrólise da fécula reverte-a à estrutura de açúcar simples (glicose) ou complexo (dextrinas), de uso na área farmacêutica, em bebidas sem álcool ou, pelo uso da fermentação, em bebidas alcoólicas. Na Ásia, a fécula é convertida em açúcares e depois serve de substrato em processos fermentativos para produção de vitamina C e de aminoácidos, e até mesmo de álcool etílico, na China. No Brasil, o uso em processos fermentativos é mais restrito, em razão da competição com a sacarose de cana. Além disso, a fécula é considerada uma “commodity”, sendo comercializada no Mundo todo.

O país maior produtor mundial de fécula de mandioca é a Tailândia, com 2,0 milhões de toneladas por ano, seguido da China e Índia. O Brasil é o último, destinando para essa produção não mais de 3% do total produzido de raízes, da ordem de 23 milhões de toneladas por ano (Vilpoux, 2003).

LEGISLAÇÃO E QUALIDADE

A Legislação Brasileira (Brasil, 1978) define amido como o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais, e fécula como o produto amiláceo das partes subterrâneas comestíveis: tubérculos, raízes e rizomas. Então, o polvilho ou fécula de mandioca é o produto amiláceo extraído da mandioca. O polvilho, de acordo com a acidez, é classificado em polvilho doce ou azedo (Lima, 1982). A Tabela 1 apresenta os limites estabelecidos pela legislação vigente.

Tabela 1. Limites máximos estabelecidos na legislação brasileira vigente para amidos e féculas.

Produto	Umidade (% p/p)	Acidez ⁽¹⁾	Fécula (% p/p)	Resíduo mineral fixo (% p/p)
Milho	14,0	2,5	84,0	0,20
Arroz	14,0	2,0	80,0	0,50
Mandioca	13,0	1,5	80,0	0,25
Polvilho doce	14,0	1,0	80,0	0,50
Polvilho azedo	14,0	5,0	80,0	0,50
Araruta	14,0	2,0	80,0	0,25
Batata	14,0	2,0	80,0	0,50
Sagu	14,0	2,0	80,0	0,50
Tapioca	14,0	2,0	80,0	0,50

⁽¹⁾ mL de NaOH 1 N/100 g, expresso em volume por peso.

Recentemente, a questão da qualidade da fécula passa por duas abordagens diferentes. Por um lado, a classificação oficial do Estado, que permitia a elaboração de laudos técnicos para enquadramento de partidas para caracterizar a garantia frente aos empréstimos do Governo Federal (IGF e AGF), perdeu o sentido, pois ocorre hoje menor interferência do Governo. Por outro lado, a presença de consumidores mais exigentes e empresas multinacionais no mercado também exigem laudos de qualidade mais detalhados que os limites especificados pela legislação.

MATÉRIAS-PRIMAS

Destaque especial deve ser dado ao uso das tuberosas como matéria-prima para extração de féculas naturais. As fontes comerciais de amido e de fécula no Mundo são cinco: milho, mandioca, batata, trigo e arroz, das quais quatro são de origem tropical. A riqueza em fécula é ponto comum de quase todas as tuberosas, mas na América Latina apenas algumas poucas, como a araruta, inhame e birí, são usadas como matéria-prima alternativa. Os países asiáticos são, nesse aspecto, os mais versáteis. Além da mandioca, a araruta, o birí e o inhame são

matérias-primas rotineiras na China e Vietnã (Cereda, 2003). O birí é também explorado comercialmente na Colômbia, sob o nome de “achira”, sendo inclusive sua fécula usada para elaboração de biscoitos valorizados.

Para avaliar o uso potencial de uma matéria-prima para extração de fécula, não é suficiente considerar apenas o seu teor de fécula. A produtividade agrícola é importante e deve ser expressa em conjunto com o teor de fécula, na forma de toneladas de fécula por área e tempo. Na Fig. 1, observa-se que o maior rendimento de fécula em toneladas por hectare seria proporcionado pelo cultivo de inhame, embora a araruta apresente maior teor de fécula. O segundo classificado seria o birí, que apresenta alta produtividade no campo, mas com teor de fécula mais baixo e mais difícil de ser extraída que a do inhame (Daiuto & Cereda, 2003). No Brasil, apenas a mandioca é utilizada comercialmente, como matéria-prima, proporcionando de 7,5 a 10 toneladas de fécula por hectare por ano.

Além da quantidade de fécula potencialmente obtida por área cultivada, deve ser considerada também a sua qualidade. Neste aspecto, destacam-se, por exemplo, os grânulos de fécula muito grandes do birí, comparados aos menores encontrados no taro.

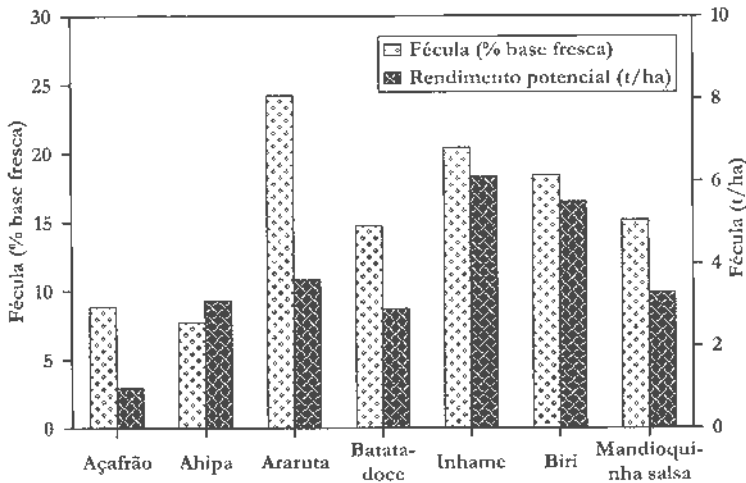


Fig. 1. Projeção dos rendimentos de fécula por área cultivada para algumas tuberosas.

Fonte: Leonel B. Cereda (1999).

BIOSSÍNTESE E CONSTITUIÇÃO DA FÉCULA

Segundo Daiuto et al. (2002), o amido ou a fécula são produtos finais do processo fotossintético e reserva de carbono das plantas. Sua formação ocorre devido à atividade combinatória de algumas enzimas, tanto nas organelas fotossinteticamente ativas, onde o amido ou a fécula constituem-se em reserva temporária, quanto nos amiloplastos de órgãos de reserva.

Nos casos em que apenas um grânulo de amido ou de fécula é formado dentro de um plastídeo, este é chamado grânulo simples, como é o caso da batata, trigo, centeio, castanha, ervilha, banana, feijão e outros. Em milho, muitos grãos de amido podem, originalmente, ser formados em um só plastídeo, mas, após divisão, cada plastídeo irmão recebe um grânulo, constituindo-se também em grânulos simples. Quando dois ou mais grânulos de amido se formam juntos em um plastídeo, constituem um grânulo de amido composto. Em arroz, muitos grânulos são formados em um único plastídeo. No princípio eles são arredondados e depois tornam-se angulares, separados por estreita faixa de estroma. Outros exemplos de grânulos compostos de amido ou de fécula são avelã, mandioca, batata-doce e sagu. Quando dois ou mais grânulos de amido ou de fécula, inicialmente simples, são unidos por deposição de camadas comuns, o grânulo é denominado semicomposto (Daiuto et al., 2002).

Outro elemento diferenciador do amido ou da fécula é a dimensão dos grânulos, que varia, em média, de 4 até 70 μ m. Os de batata e birí são os maiores e os de arroz e taro, os menores. Mas, o tamanho dos grânulos varia também com o estágio de crescimento da planta. Assim, grânulos da mesma planta podem apresentar diâmetros diferentes. A fécula de mandioca, uma vez purificada e examinada ao microscópio, apresenta grânulos de diâmetros que variam de 8 a 22 μ m (Daiuto et al., 2002).

De um modo geral, os grânulos de amido ou de fécula têm sua estrutura e propriedades funcionais alteradas durante o desenvolvimento da planta. Em batatas e vários cereais, algumas destas variações seguem padrão definido. Provavelmente, as enzimas envolvidas no processo biossintético apresentam também alterações regulares em suas atividades (Banks & Greenwood, 1975). O grânulo de amido ou de fécula não é uma entidade bioquímica estática, sendo observadas alterações drásticas,

durante o amadurecimento de diversas plantas. As alterações mais significativas que ocorrem com a variação do estágio de crescimento de plantas de batata e diversos cereais são no teor de amido ou de fécula. Observam-se também alterações profundas no tamanho dos grânulos, frequentemente acompanhadas por alterações na morfologia dos mesmos, assim como na temperatura de gelificação média e modificações no teor de amilose aparente (Greenwood, 1976).

Observações de grande variação nas características físico-químicas de grânulos de amido ou de fécula têm sido constatadas, não só em plantas de diferentes espécies, como também em variedades diferentes de uma mesma espécie, como ocorre em mandioca. Tais variações podem ser decorrentes também das condições climáticas, genética e atividade diferenciada das enzimas envolvidas na rota metabólica da síntese do amido ou da fécula. A ausência de atividade de uma ou mais enzimas envolvidas na síntese do amido ou da fécula pode resultar em grânulos com diferentes características. Essa alteração de atividade de enzimas pode ocorrer naturalmente, originando mutantes, ou ser induzida, geralmente para atender a uma exigência de mercado. As características dos grânulos de amido ou de fécula podem ser também decorrentes do estágio de crescimento da planta (Sarmiento, 1997) e do próprio desenvolvimento do órgão de reserva (Daiuto, 2000).

A falta de conhecimento sobre a variabilidade funcional dos amidos e das féculas naturais tem se constituído em uma grande limitação na sua utilização pela indústria de alimentos. Assumindo-se que as propriedades do amido e da fécula são determinadas pela estrutura, pode-se considerar que as estruturas químicas e moleculares dos polímeros de amido e de fécula, a quantidade e estrutura dos outros constituintes, tais como lipídios, e a ultra-estrutura do grânulo diferem de planta para planta e, provavelmente, em função do órgão de síntese na planta (BeMiller, 1997).

O domínio do conhecimento em relação a formação dos grânulos de amido ou de fécula, pelas enzimas envolvidas na rota metabólica de seus polímeros, e a melhor compreensão da sua estrutura tornam-se necessárias a fim de adequar o uso de cada tipo de amido e de fécula e até promover modificações genéticas desejáveis, contornando a restrição do uso de produtos químicos para alteração da estrutura do grânulo de amido e de fécula (Daiuto et al., 2002).

PROCESSAMENTO DE MANDIOCA PARA EXTRAÇÃO DA FÉCULA

As indústrias que fazem a extração da fécula da mandioca são denominadas fecularias. Na extração, em condições artesanais, a fécula é denominada goma, sendo extraída utilizando as mesmas etapas, embora manuais. O que as difere das fecularias é o porte destas que, no Brasil, varia de 200 a 800 toneladas de raízes processadas por dia, sendo no Sudeste cada vez mais comuns as de 400 toneladas de raízes. dia⁻¹. Nesse tipo de indústria, todo o processo, da entrada de raízes ao empacotamento da fécula, é feito em 20 minutos (Fig. 2). As fases iniciais do processo são semelhantes às da fabricação da farinha em grande escala.

As operações de colheita e transporte são comuns a todos os tipos de processamento.

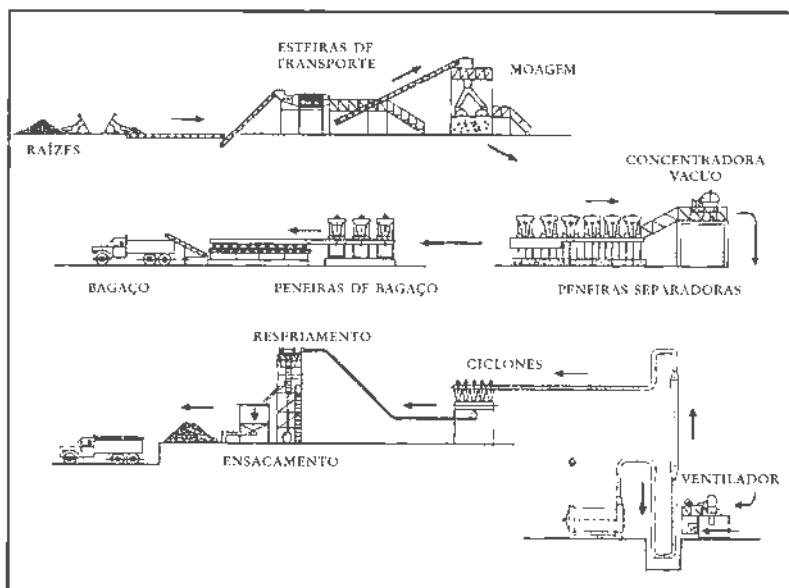


Fig. 2. Diagrama da extração industrial de fécula de mandioca.

Fonte: Adaptado de Maneepun (1996).

Colheita e transporte

As raízes de mandioca não apresentam ponto de colheita, diferentemente do que ocorre com outras matérias-primas. Esse fato decorre do crescimento indeterminado das raízes de mandioca que, entretanto, apresentam um ponto de equilíbrio econômico, pois o crescimento após 18 meses não ocorre mais na mesma velocidade. Mas, o fato de não apresentar ponto de colheita permite uma colheita menos concentrada. Sabe-se que ocorre uma variação da matéria seca ao longo do ano. As feclarias avaliam o teor de fécula nas raízes pelo uso da balança hidrostática. Esse método foi estabelecido para batata, e não se aplica à mandioca, que tem um ciclo mais amplo. Apenas em alguns meses do ano a avaliação do teor de fécula e massa seca pela balança hidrostática coincide com os valores de análise de laboratório. Nas outras épocas do ano, a balança ora subestima, ora superestima a massa seca (Cereda et al., 2003).

No Sudeste, ocorre maior teor de matéria seca no período mais seco e frio do ano. Ainda assim, para cobrir os custos fixos, as feclarias hoje em dia processam o ano todo.

Embora a mecanização do plantio seja uma realidade, com diversos modelos de plantadoras disponíveis no mercado, a colheita mecanizada ainda está distante. Para facilitar a colheita são usados afoadores e subsoadores, após o que o recolhimento das raízes ainda é feito manualmente. Como a planta é cortada uns 15 cm acima do solo, as raízes são colhidas unidas pelo pedaço de tronco chamado de cepa. Em geral, as raízes são despincadas, ou seja, cortadas e separadas da cepa ainda no campo. Essa operação é feita para melhor acomodação da carga nos caminhões. Em São Paulo e Paraná já se utilizam caminhões dotados de guinchos e o recolhimento das raízes em “big bags”, que são grandes sacos de lona com a boca fechada por cordas. As dificuldades para colher são maiores na época seca, quando o solo pode tornar-se demasiadamente duro, e na época chuvosa, quando as estradas de terra tornam-se intransitáveis.

As raízes são transportadas para o pátio das feclarias, onde são armazenadas. Os cuidados que devem ser tomados no armazenamento são semelhantes aos da fabricação de farinha, abordados por este mesmo autor e neste mesmo livro, em capítulo específico sobre produtos e

subprodutos. Alguns cuidados adicionais devem ser tomados, como os a seguir enfocados.

As raízes devem ser processadas por ordem de chegada; para que isso seja possível, há necessidade de organização dos lotes que são descarregados no pátio. Lima (1982) enfatizou esse ponto ao afirmar que é necessário um perfeito entrosamento entre as operações de colheita, transporte e industrialização das raízes, para a obtenção contínua de um produto final uniforme.

O uso de equipamentos intermediários entre as unidades de processamento pode reduzir esforço físico, melhorar rendimento e eficiência dos equipamentos. Como exemplo, cita-se o transporte das raízes do pátio ao lavador e ralador, por meio de esteiras ou cintas transportadoras. Nas pequenas unidades de processamento de farinha esses equipamentos ainda são pouco usados. A alimentação manual, além de ser um esforço físico, ocasiona má distribuição das raízes, o que força o lavador e o ralador e compromete a eficiência do descascamento e ralação.

Extração da fécula

Lima (1982) descreveu a extração da fécula de mandioca. Basicamente, a fécula é obtida por lavagem da massa, após enérgica moagem, e posterior decantação da água de lavagem, para separar a fécula de fibras, material protéico e impurezas. Depois da decantação, a fécula é submetida à secagem. Na obtenção da fécula, distinguem-se três maneiras de processar: processo rudimentar e caseiro, processamento industrial de pequena capacidade e processamento industrial de grande porte. Em todos eles, a obtenção baseia-se nas propriedades básicas da fécula, de insolubilidade em água fria e facilidade de decantação.

Processo rudimentar

Mais que a quantidade de raízes processadas, o que define um processamento rudimentar é a maior quantidade de mão-de-obra utilizada em cada etapa do processo. Lima (1982) descreveu a extração de fécula de mandioca nos pequenos sítios e fazendas, onde é comum

produzir-se polvilho para uso familiar e para venda do excedente. As raízes de mandioca são arrancadas, lavadas com água, escovadas e raladas em ralos manuais ou mecânicos. Não há necessidade de descascamento, uma vez que a entrecasca da mandioca contém uma percentagem de fécula semelhante à existente na polpa (parênquima) das raízes. A retirada da entrecasca levaria a grandes perdas de produto; em geral, usa-se retirar apenas a casca marrom. Deve-se acrescentar água à massa ralada, que é então passada através de peneiras de taquara, de malha fina ou de pano. A massa é lavada na peneira, até que a água não mais apresente aspecto leitoso. Todo o material coado é colocado em cochos de madeira e aí é deixado a decantar. Quando o líquido sobrenadante estiver transparente, é drenado e substituído por água limpa, após raspar a superfície da fécula depositada. Após a adição de água nova, agita-se o conteúdo do recipiente, cõa-se de novo em peneiras ou panos de textura grosseira e deixa-se decantar outra vez. É a operação conhecida por recoa, que é repetida uma ou várias vezes, até a eliminação total de fibras, cascas e outras impurezas. Quando isto ocorre, drena-se a água sobrenadante, quebra-se o bloco de fécula, esfarela-se e põe-se a secar em peneiras forradas com panos de algodão, por exposição ao sol e vento. Depois da fécula seca, para que fique mais fina, pode-se socar ou esboroar, após o que é passada ou não por peneiras e acondicionadas em sacos de algodão. Está feito o polvilho doce. Geralmente, há muita desuniformidade no produto.

Processo industrial

Ainda para Lima (1982), nas indústrias pequenas e médias os procedimentos iniciais são os que seguem.

Descascamento e lavagem

No processamento artesanal, as operações de descascamento e lavagem são realizadas separadamente, mas nas indústrias maiores, elas são feitas no mesmo equipamento. Diferentemente do que ocorre no fabrico de farinha, o descascamento das raízes para extração de fécula não é muito importante, porque as peneiras retiram as pequenas frações de casca e as centrífugas removem as sujidades menores.

Lima (1982) descreveu os lavadores como podendo ser cilíndricos ou semicilíndricos. Os cilíndricos são rotativos e trabalham intermitentemente, por cargas. Internamente, há um eixo oco provido de furos, por onde saem jatos de água que lavam as raízes à medida que elas são batidas umas contra as outras, no movimento de revolução. Após a lavagem e descascamento, o lavador é descarregado e, de novo, carregado para nova operação.

Como o descascamento ocorre pelo atrito entre as raízes, é evidente que, pelo menos, um trecho do lavador deva ser seco, para aumentar o atrito e melhorar o descascamento. Recomenda-se que a metade do comprimento total seja deixada seca, no caso das raízes cultivadas em solos arenosos, e dois terços quando a região de plantio é de solos argilosos.

Segundo Lima (1982), os descascadores semicilíndricos são contínuos. Internamente, há um eixo longitudinal móvel, provido de hastes em disposição helicoidal. A carga é contínua por uma das extremidades. As raízes são impelidas para a outra extremidade, com as revoluções do eixo. Um tubo asperge água sobre as raízes, efetuando a lavagem e auxiliando a eliminação da película. Na outra extremidade, as mandiocas são retiradas continuamente, seguindo para as operações posteriores. Estima-se que são usados de 2 a 3 m³ de água para cada tonelada de mandioca, embora as fábricas de equipamentos anunciem um gasto menor. As impurezas pesadas como terra, pedras, cascas brancas e películas, estimadas em 5% a 10%, saem entre as barras do lavador, arrastadas pela água, ou são retiradas através de portas de limpeza. As características do lavador, quanto à quantidade de raízes, volume de água gasto e tempo de operação, são especificadas pelo fabricante, mas seu desempenho depende da técnica de trabalho. As mandiocas são revolvidas pelo eixo ou pela rotação do tambor. A movimentação varia de 17 a 40 rpm, no eixo ou no tambor.

Na saída dos lavadores, é comum fazer a seleção, denominada também de repenicagem, que tem por finalidade retirar as partes podres, pedaços de cepas e outras impurezas. Lima (1982) complementou as informações sobre a necessidade da seleção. Como as raízes de mandioca têm formas variadas e irregulares e, às vezes, as que são cultivadas em terrenos fortemente argilosos, especialmente as colhidas fora de tempo, são difíceis de limpar, ocorre retenção da película marrom

e da terra aderente. Para contornar esse problema, após a lavagem faz-se um repasse manual, para limpá-las e para eliminar os pedaços de caule remanescentes e as partes lesadas. As raízes já lavadas são conduzidas por transportador, no qual são limpas e levadas ao ralador.

Mais recentemente, o uso de centrífugas, que conseguem melhor separação das impurezas, tornou esse repasse desnecessário, embora a seleção continue a ser feita para retirar pedras, metal e pedaços lenhosos.

Ralação

A ralação é a operação que diferencia o processamento de farinha daquele da fécula.

Para Lima (1982), a operação de ralação é destinada a romper os tecidos da raiz da mandioca, para facilitar a liberação dos grânulos de fécula. Ela é feita após a lavagem e descascamento, porque estas influem na qualidade final da fécula, reduzindo as impurezas no produto acabado. A ralação das raízes nas fecularias é mais intensa do que nas fábricas de farinha de mandioca. Ela é denominada de ralação úmida, porque é feita com a introdução de água no ralador. Este opera em maior velocidade e deve ter um alto desempenho, isto é, romper adequadamente os tecidos. Os raladores com depurador, que são oferecidos pelas indústrias de equipamentos, trabalham a 1.000 rpm. A finura da massa ralada depende do tamanho dos dentes das lâminas serradas. Para substituir os ralos comuns nas fecularias de grande capacidade, existem desintegradores de alta velocidade e com alto desempenho, que exigem um picador como preparador das raízes para ralação, facilitando a operação de cominuição. Dentro de um certo limite, a massa ralada será mais fina quanto menores e mais próximos forem os dentes das lâminas serradas. Entretanto, quando são excessivamente pequenos, o tempo de operação pode aumentar, assim como o desgaste das serras. O desempenho do ralador depende ainda da proximidade da base da moega, das lâminas e do ângulo de inclinação do alimentador. Nas fábricas nas fecularias, é aconselhável realizar duas ralações, porque a primeira nem sempre é perfeita e há necessidade de uma raladura a mais perfeita possível. A segunda ralação pode ser feita num ralador centrífugo, em que os pedaços de mandioca entram por uma moega lateral e são atirados contra os dentes das serras

fixadas no cofre protetor cilíndrico, por meio de um eixo horizontal provido de paletas, que gira à rotação de 900 rpm ou mais. A segunda ralação, feita após uma peneiragem, melhora o rendimento em fécula, aumentando-o de 1% a 2%.

Separação da fécula da massa ralada

Dos raladores, a massa ralada vai para uma seqüência de peneiras cônicas rotativas (GLs), com abertura gradativamente menor. Essas peneiras separam a suspensão de fécula + água, do bagaço ou farelo. Segundo Lima (1982), nas grandes instalações a separação da fécula é mais rápida e mais eficientemente conduzida do que nas menores instalações. Em todas as operações de separação há uma etapa de purificação. Esta vai-se intensificando de maneira seqüencial, até a obtenção da fécula pura. A massa ralada é enviada por bombas para peneiras onde a fécula é separada. Ainda é comum, em pequenas fecularias, o uso de peneiras vibratórias, providas de malhas muito finas, realizando em cada estágio uma lavagem e separação da fécula, que é então armazenada em tanque agitador ou tanque pulmão. O sistema de separação mais comum é constituído por baterias de extratores providos de peneiras cônicas horizontais, com crivos de 125 mm, que giram em alta velocidade. A massa de raízes raladas, suspensa em água, é introduzida na peneira através de um tubo central localizado no fundo do cone. Por causa da injeção contínua e do rápido movimento rotativo das peneiras cônicas, a massa desloca-se do fundo para fora. Ao mesmo tempo em que a força centrífuga age sobre a massa ralada, uma forte injeção de água, por meio de distribuidor coaxial disposto por fora do tubo de alimentação, lava-a intensamente. O leite de fécula e a massa ralada lavada são retirados tangencialmente em relação ao eixo da peneira. A massa passa então para outros extratores em série, em número suficiente para lavar o restante da fécula que contém. A malha das peneiras chega a 50 a 80 μm , onde a massa é novamente lavada para retirar mais fécula e separar mais fibras, sendo o leite de fécula bombeado daí para o tanque agitador. Do tanque agitador, ele é encaminhado à purificação, que é feita em um conjunto de pelo menos duas centrífugas, onde passa de uma concentração de 3° para 40° Baumé (Bé). Entre elas pode existir um hidrociclone, para separar areia, e um filtro (Lima, 1982).

Um cuidado maior deve ser tomado com os tanques agitadores, também chamados de “tanques pulmão”. Os antigos eram subterrâneos e revestidos de azulejos, com muitas reentrâncias onde podiam se instalar microrganismos acidificadores. Mais recentemente, foram substituídos por tanques de aço inox no nível do solo, o que facilita a limpeza.

Purificação

A purificação inicia-se em separadoras centrífugas de pratos instaladas em série, que giram ao redor de 1.000 rpm. As separadoras eliminam o leite de fécula tangencialmente pela base e, axialmente, por cima, a água, que arrasta substâncias solúveis, como açúcares e material protéico. Essa operação concentra o leite de fécula a 22° a 25°Bé. Dessas separadoras centrífugas, a fécula pode ser enviada a um filtro rotativo a vácuo. A fecularia pode contar com decantador centrífugo conhecido como Piller, muito mais eficiente e mais rápido. Das centrífugas ou dos decantadores centrífugos, a fécula é conduzida aos filtros rotativos a vácuo, de tambor revestido de lona apropriada, de onde é retirada com 45% de umidade. O bagaço fibroso celulósico é eliminado como subproduto ou resíduo, seco ou úmido, conforme seu destino (Lima, 1982).

A água que sai das centrífugas é reaproveitada na lavagem das raízes, levando a uma economia de 20% do total. Nas indústrias modernas não ocorre mais arraste de fécula nessa água. Essa reciclagem ainda é insignificante, perto das realizadas por processos de extração mais modernos, em uso em outras partes do Mundo.

Secagem

O material amiláceo que sai do filtro a vácuo, esfarelado pela própria raspagem automática do filtro, é encaminhado a um secador pneumático por meio de esteiras ou outro tipo de transportador. No secador, a fécula recebe ar quente a 100-110°C, ou mais, soprado por fortes ventiladores, por meio de radiadores. A secagem é em corrente paralela, e a recuperação da fécula em ciclones que abastecem uma moega do dispositivo de ensacamento. Embora a temperatura do ar seja superior a 100°C, não ocorre gelificação nem dextrinização, porque

a umidade da fécula que entra no secador foi reduzida pelas operações que precedem e por causa da alta velocidade. Nesse sistema de secagem, a fécula é recolhida em pó muito fino, não necessitando de moagem posterior e, normalmente, obedece às exigências dos importadores quanto à finura (Lima, 1982).

Acondicionamento

O acondicionamento, em função do mercado, pode ser feito a granel, em sacarias com 25 e 50 kg ou em “big bags” de 200 kg. A Legislação Brasileira obriga a que a embalagem registre o nome fécula para a mandioca, mas a pressão do mercado faz com que muitas empresas imprimam a palavra **Fécula** mais a palavra Amido entre parêntesis, para facilitar o entendimento do comprador.

Rendimento industrial

O teor de matéria seca das raízes é muito importante, por determinar o rendimento do processo. É fato conhecido que o teor de matéria seca e de fécula variam durante o ano agrícola e apresentam, na Região Sudeste, uma época de maior concentração nos meses frios e secos (abril a agosto).

Os resultados analíticos obtidos indicam que, atualmente, o rendimento de extração das fecularias brasileiras varia de 25% a 27%, calculado sobre o peso das raízes processadas. O farelo retém elevado teor de fécula, de 55% a 80%, sendo a média de 75%. Diferenças são encontradas devido ao fato de que os cálculos são feitos de forma indireta, usando a avaliação do teor de fécula obtido em balança hidrostática e o valor real da produção de fécula correspondente a esta avaliação. Dois fatores colaboram para que os resultados não sejam exatos. Em primeiro lugar, a balança hidrostática não avalia bem ao longo de todo o período de colheita, ora superestimando, ora subestimando o teor de fécula (Cereda et al., 2003). Outro fator de erro no cálculo do rendimento de fécula é o fato de não ser descontada a umidade e os demais acompanhantes da fécula.

REFERÊNCIAS

BANKS, W.; GREENWOOD, C. T. **Starch and its components**. Edinburgh: Academic Press, 1975. 342 p.

BeMILLER, J. N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch/Stärke**, Winhein, v. 49, n. 4, p. 127-131, 1997.

BRASIL. Resolução nº 12 de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Ministério da Saúde**, Brasília, DF, 24 jul. 1978. Seção 1, pt. I, p. 3-25.

CEREDA, M. P. Potencial de taro e inhame como matéria-prima. In: Santos, E.S. dos. (Ed.). **SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 2.**, João Pessoa, 2002. **Anais...** João Pessoa: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A., 2003. v. 2, p. 123-148.

CEREDA, M. P., VILPOUX, O.; TAKAHASHI, M. Balança hidrostática como forma de avaliação do teor de massa seca e amido. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, cap. 4, p. 30-46. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

DAIUTO, E. R. **Desenvolvimento de grânulos de amido durante o crescimento secundário de raízes de mandioca das cultivares Mico e Branca de Santa Catarina**. Botucatu, 2000. 140 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P. Extração de fécula de inhame (*Dioscorea sp.*). In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, cap 8, p. 176-190. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P., CARVALHO, J. J. C. B. Biossíntese de amido. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. (Coord.). **Propriedades gerais de amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 1, cap. 3, p. 57-73. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

GREENWOOD, C. T. Starch. In: POMERANZ, Y. (Ed.). **Advances in cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1976. v. 1, cap. 3, p. 119-157.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 1999.

LIMA, U. de A. **Manual técnico de beneficiamento e industrialização da mandioca**. São Paulo: Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1982. v. 2. 56 p. (Secretaria de Ciência e Tecnologia de São Paulo. Programa Adequação).

MANEEPUN, S. Thai cassava flour and starch industries for food uses: research and development. In: DUFOUR, D.; O'BRIEN, G. M.; BEST, R. **Cassava flour and starch: progress in research and development**. Montpellier: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement; Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1996. p. 312 – 322.

SARMENTO, S. B. S. **Caracterização da fécula de mandioca (*Manihot esculenta* C.) no período de colheita de cultivares de uso industrial**. 1997. 162 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VILPOUX, O. Processos de produção de fécula de mandioca: comparação Brasil, Tailândia e China. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, cap. 7, p. 143-176. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

Capítulo 6

CONSERVAÇÃO DE RAÍZES

Marney Pascoli Cereda

Introdução	204
Utilização e conservação da mandioca	204
Deterioração pós-colheita	205
Conservação de raízes in natura	207
Técnicas naturais de armazenamento	212
Tratamentos físicos e químicos	215
Referências bibliográficas	218

INTRODUÇÃO

A mandioca apresenta uma série de vantagens em relação a outros cultivos: fácil propagação, elevada tolerância a longas estiagens, rendimentos satisfatórios mesmo em solos de baixa fertilidade, pouca exigência em insumos modernos, potencial resistência ou tolerância a pragas e doenças, elevado teor de amido nas raízes, boas perspectivas de mecanização do plantio à colheita, perdas insignificantes na massa seca e permite consórcio com inúmeras plantas alimentícias e industriais (Cereda, 2001b).

A composição da mandioca aponta para uma matéria-prima rica em amido, com menores teores de outros componentes (proteína e lipídios) que a batata. Ainda em comparação com a batata, a mandioca apresenta menor umidade, o que pode acarretar problemas no uso culinário, como no cozimento em microondas (Cereda, 2001a). A mandioca apresenta baixo conteúdo de vitaminas, embora as variedades amarelas possam apresentar teores apreciáveis de caroteno, além de vitamina C que, em grande parte, perde-se no processamento (Cereda, 2001b).

De forma geral, assim como as demais tuberosas tropicais (inhame, batata-doce, taro, etc.), a mandioca vem perdendo terreno para a batata em área cultivada nas regiões tropicais (Scott et al., 2000). Esse desinteresse é fruto da falta de soluções para a modernização do processamento da mandioca, além das barreiras ainda existentes para seu uso culinário, como garantir o cozimento uniforme durante todo o ano agrícola.

UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA MANDIOCA

As variedades de mandioca têm sido classificadas sob duas denominações: 1) mandioca de mesa, aipim ou macaxeira; e 2) mandioca industrial.

Em razão da alta umidade, as raízes de mandioca são consideradas como altamente perecíveis, uma visão equivocada quando se compara a mandioca com outras matérias-primas da indústria alimentícia. A mandioca contém baixo teor de enzimas amilolíticas, embora sejam raras as informações da literatura quanto a este aspecto. Assim, ao

contrário da cana, dificilmente ocorrem grandes perdas de amido após a colheita, por conversão a açúcares, embora seja esse um ponto a ser aferido por pesquisas. As perdas maiores se dão por evaporação da água e oxidação de fenólicos. Essas alterações pós-colheita são altamente prejudiciais na comercialização da mandioca para uso culinário doméstico, mas irrelevantes para uso culinário industrial e processamento em geral.

Cereda (2003) relatou vários métodos para a conservação pós-colheita da mandioca. Para industrialização em grande porte, a melhor solução ainda é manter as raízes na terra. Algumas fecularias têm um sistema de aspersão de água nos silos de recepção, mas não há evidência de que essa água melhore a conservação.

A conservação de raízes é mais importante para mandioca de uso culinário. Segundo Ingram & Humphries (1972), as raízes de mandioca são extremamente perecíveis após a colheita, e não podem ser conservadas por mais que uns poucos dias sem que ocorram alterações severas. Segundo Lima (1982), a mandioca fresca não pode ser armazenada e precisa ser beneficiada no máximo 36 horas após a colheita, a fim de evitar o seu escurecimento, devido à ação de enzimas sobre as substâncias tânicas nela existentes. Para contornar esse problema também se pode recorrer ao uso de antioxidantes (Oliveira et al. 2001).

DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA

A deterioração pós-colheita das raízes de mandioca pode ser enzimática (deterioração primária) ou microbiológica (deterioração secundária).

A deterioração decorre da própria composição da raiz. No início, certas enzimas atuam sobre os carboidratos, causando o amolecimento da polpa. Após essa atuação, ocorre a invasão de microrganismos, bactérias e fungos da microflora do ar e do solo, que intensificam as transformações e terminam por fermentar e apodrecer a raiz, induzindo o desprendimento de cheiro característico de mandioca puba e a exteriorização de bolores (mofo). Nessas condições, as raízes não podem ser utilizadas para alimentação humana, embora a influência sobre o sabor da mandioca processada pelo calor seja reduzida (Cereda, 2003).

Uma vez colhidas as raízes, o melhor é iniciar o processamento o mais rápido possível. Na forma de produtos processados, sejam eles secos (farinha e fécula), cozidos, congelados ou desidratados por fritura, o armazenamento pode ser mais prolongado.

Booth (1974) considerou que, nas raízes de mandioca, ocorrem deterioração primária e secundária. A primária é caracterizada pela descoloração e pelo aparecimento de estrias ou veias azuladas no sistema vascular da polpa, sendo a causa inicial da perda de aceitabilidade de raízes in natura nos mercados. A secundária, que precede à primária, é provocada por uma gama de parasitas acidentais que penetram nas lesões.

Para Van Olschot et al. (2000), a deterioração pós-colheita em geral começa rapidamente, com 24 horas após a colheita. Booth (1974) detalhou que a deterioração pós-colheita, sob a forma de estrias vasculares, está concentrada em um anel ao redor da periferia. De acordo com Pacheco (1952), a pequena resistência ao armazenamento, apresentada pelas raízes de mandioca, independentemente da variedade, deve-se, possivelmente, ao fato de as enzimas tornarem-se muito ativas logo após a colheita, bem como em virtude da invasão das raízes por microrganismos, principalmente fungos. Em geral, o primeiro indício de deterioração das raízes é o aparecimento de nervuras cinzento-azuladas no cilindro central. Oke (1968) relatou que, após três dias da colheita, as raízes começam a apresentar alterações que se manifestam inicialmente como descoloração da polpa, com início na periferia e continuando para o centro. A seguir, surgem estrias arroxeadas, resultantes da ação das leucoantocianinas e leucodelfidinas, que se encontram localizadas principalmente na parte interna do córtex (entrecasca). Essas estrias são inicialmente incolores, tornando-se arroxeadas em condições alcalinas. Essas alterações enzimáticas são responsáveis pelas estrias azuis que se tornam visíveis quando as raízes são descascadas. A reação sempre tem início em lesões internas em alguma parte das raízes, o que as tornam mais susceptíveis à oxidação e deterioração.

Considerando a venda da mandioca in natura, a deterioração pós-colheita pode ser um fator limitante. Segundo Richard (1985), citado por Van Olschot et al. (2000), o mecanismo de deterioração está fortemente associado com danos pós-colheita e, muitas vezes,

essas características foram observadas como coincidindo com o aumento dos níveis de fenólicos nas folhas. Segundo O'Brien & Coursey (1981) e Wheatley & Schwabe (1995), citados por Van Olschot et al. (2000), esses fenólicos incluem a escopoletina, que a pesquisa comprovou apresentar ligação com a deterioração pós-colheita.

Embora se saiba que as colorações resultantes na pós-colheita não originam mau odor ou sabor, a má aparência é suficiente para afugentar os consumidores. As raízes que apresentam veias azuis podem ser cozidas e, durante o cozimento, as estrias quase desaparecem ou tornam-se levemente cinzas. Esse escurecimento ocorre pela oxidação de compostos fenólicos da polpa da mandioca, que também se altera por mudanças no pH.

Um tratamento pré-colheita que demonstrou efeito sobre a deterioração pós-colheita foi a poda, conforme relatado por Wheatley et al. (1982). Os relatos da literatura sobre o efeito da poda são mais enfocados nas perdas de rendimento agrícola, sendo que a maioria deles não detectou perdas significantes. Entretanto, esses autores relataram perdas em massa seca nas raízes. Data et al. (1984) e Asaoka et al. (1993), citados por Van Olschot et al. (2000), relataram que a poda também tem a reputação de provocar alterações negativas nas características de cozimento da mandioca.

De forma geral, pode-se afirmar que a deterioração das raízes provém de uma combinação entre fatores fisiológicos e patológicos. A formação de veias azuis e as descolorações da polpa têm causa enzimática e podem ser associadas ao desenvolvimento de acidez em níveis elevados, o que poderia causar alteração do sabor. Sob condições de aeração, os fungos são os principais agentes de podridões secas, e sob baixa tensão de oxigênio predominam bactérias do gênero *Bacillus*, causando podridões moles e aumento de acidez, podendo ocorrer também brocas.

CONSERVAÇÃO DE RAÍZES IN NATURA

A pesquisa sobre métodos de conservação de raízes tem sido esporádica e poucas são as soluções viáveis economicamente. Outro fator que deve ser considerado é o aspecto cultural. Soluções adequadas para a América Latina podem não ser adequadas para a África ou Europa.

A melhor forma de conservação ainda é deixar a planta no campo pelo maior tempo possível. Este sistema, entretanto, apresenta muitas desvantagens. A principal delas é que grandes extensões de solo permanecem ocupadas por uma cultura já madura. Se a metade da mandioca cultivada nos trópicos permanecer no campo por pelo menos dois meses a mais que o necessário, isto implicaria em cerca de 8% da área total ocupada desnecessariamente pela cultura. Além disso, quando as raízes permanecem no solo, aumenta a possibilidade de ocorrerem perdas. Embora as raízes possam aumentar em tamanho, também tornam-se mais fibrosas e com menor teor de amido. A dificuldade em manter raízes frescas por poucos dias tem sido um dos maiores fatores de desestímulo ao desenvolvimento industrial da cultura, devido à relação com a manutenção de estoque adequado de matéria-prima. Nesse ponto, as indústrias de extração de fécula de mandioca apresentam desvantagens em relação às de milho, que pode ser estocado por longos períodos, favorecendo a estabilidade dos preços. Uma indústria que produza 100 t de fécula por dia precisa moer cerca de 400 t de raízes por dia, devendo estocar raízes para um mínimo de três dias, visando evitar paralisação por falta de matéria-prima. Adicionalmente, tanto a seca como o excesso de chuvas podem também atrapalhar a colheita, e não é raro que as empresas fiquem paradas vários dias por ano, em decorrência da falta de raízes (Cereda, 2003).

Van Olschot et al. (2000) comentaram ainda que poucos trabalhos relacionaram o efeito da poda sobre os teores cianogênico, de açúcares e de amido nas raízes de mandioca, ou ainda observações sobre as características da pasta dos amidos extraídos dessas raízes. Para responder a essa e outras questões, os pesquisadores montaram um ensaio em que seis introduções de mandioca foram selecionadas da coleção do Centro Internacional de Agricultura Tropical – Ciat, localizado em Cali, Colômbia, para representar a variabilidade de deterioração pós-colheita. As seis variedades foram plantadas de modo que, aos nove meses de maturidade, todas foram podadas, ficando com 30 cm de caule acima do nível do solo. Cinco plantas de cada cultivar foram então colhidas a intervalos de 0, 2, 4, 6, 8, 15, 19, 25, 28, 29 e 39 dias, contados após a poda. O rendimento e peso fresco total foram medidos. Das raízes, uma parte, escolhida ao acaso, foi separada para determinar o grau visual de deterioração pós-colheita e

as outras foram analisadas quanto à massa seca, amido, açúcares e teor de cianeto. Foram também picadas para extração do amido que, por sua vez, foi analisado para teor de amilose e propriedades viscosográficas. Duas variedades foram analisadas para teor de escopoletina na polpa. A análise do grau visual de deterioração pós-colheita foi feita em condições de temperatura ambiente por cinco dias, sendo que as duas pontas da raiz foram cortadas e recobertas por filme plástico. Depois dos cinco dias, sete fatias transversais de 2 cm foram cortadas ao longo das raízes, começando pela extremidade proximal. Uma avaliação visual de 0 a 1 foi dada como nota para cada fatia, correspondendo à porcentagem do corte que apresentava as manchas (0,1 = 10%, 0,2 = 20% etc.). Foi calculado um valor médio para cada raiz. Os resultados indicaram uma variação de produtividade entre 2,9 e 3,1 kg/planta. Quanto ao peso fresco das raízes, nenhuma diferença significativa foi encontrada com relação ao tempo depois da poda.

Quanto ao teor de massa seca, houve uma tendência geral de queda após os 39 dias da poda. Das 6 variedades, 5 apresentaram um perfil significativo de queda do teor de massa seca com o tempo após a poda. Antes da poda, 4 das variedades apresentavam mais de 40% de teor de massa seca, sendo que 3 mantiveram este teor entre 350 a 450 g/kg de raízes. Observou-se também que a extensão da deterioração pós-colheita diminuiu substancialmente quando o intervalo de colheita após a poda aumentou. De forma geral, o índice de deterioração pós-colheita diminuiu de 65% do dia inicial até o quarto dia para 40% do valor inicial, após oito dias da poda. Aos 25 dias da poda, todas as variedades apresentavam uma faixa de 9% a 25%. Os resultados mais pronunciados foram observados nas variedades mais susceptíveis à deterioração pós-colheita. Quanto ao amido, o teor inicial na massa seca das raízes era de 795 a 854 g/kg; após a poda, o teor diminuiu proporcionalmente ao intervalo de tempo da colheita, até os 25 dias. A correlação foi altamente significativa. Quatro variedades alcançaram os valores mínimos com 25 dias, com um valor médio de 642 g/kg da massa seca, após o que o teor de amido voltou a aumentar, atingindo valor médio de 780 g/kg após 39 dias da poda. Esse fato correlacionou-se com a formação de folhas e nova assimilação (Van Olschot et al., 2000).

Para Van Olschot et al. (2000), o teor de açúcares totais apresentou padrão semelhante para as seis variedades. No dia zero, o

teor de açúcares estava entre 27 e 57 g/kg; após ligeiro declínio, durante os primeiros dois dias, ele aumentou sistematicamente até um valor máximo médio de 88 g/kg, no 19º dia após a poda, após o que caiu lentamente. Os açúcares redutores mostraram um padrão diferente e mais complicado, se comparado com o dos açúcares totais. Esse teor aumentou em até 90% do teor inicial, durante os primeiros dois dias após a poda, seguido por aumento durante os quatro dias seguintes, em cerca de 2,5 vezes o valor inicial. Em seguida, o teor diminuiu ainda gradualmente, para os valores iniciais. Pode-se concluir que a deterioração pós-colheita das plantas podadas e não podadas, reduziu com a diminuição do teor de amido e aumentou com o teor de açúcares. O aumento dos teores de açúcares esteve de acordo com a literatura citada pelos autores. Os resultados esclareceram também, segundo os autores, um pouco do mecanismo pelo qual as fontes de carboidratos são mobilizadas no parênquima da mandioca, após o trauma da poda. A considerável redução no teor de amido, ao mesmo tempo em que ocorreu aumento dos teores de açúcares, foi coerente com o mecanismo de hidrólise do amido na planta, para produzir açúcares assimilados durante o período de armazenamento das raízes, para poder refazer a copa foliar. Quando a copa começou a contribuir com açúcares assimiláveis, foi possível notar um aumento do teor de amido. Esses fatos estão em concordância com informações sobre brotamento de outras tuberosas, como a batata. Em ambos, a deterioração fisiológica pós-colheita e o teor de amido chegaram ao seu nível mínimo no mesmo período após a poda (25 a 39 dias), sendo que o mínimo do teor de amido foi mais pronunciado que o mínimo de deterioração pós-colheita. O teor de açúcares totais seguiu um padrão contrário, mas paralelo, com pico no 20º dia. Assim, a relação açúcar/amido parece ser importante na determinação da deterioração pós-colheita em raízes de mandioca.

Quanto à análise da fração amido, os autores observaram variação do teor de amilose em uma faixa muito estreita, entre 20% e 25%, não ocorrendo um efeito claro da poda sobre o teor de amilose no amido. O inchamento dos grânulos e sua conseqüente desintegração com aquecimento prolongado levam a modificações significativas nas propriedades reológicas das pastas, e são características de um tipo particular de amido. Essas mudanças são informações fundamentais

em relação à qualidade do amido. No estudo realizado, nenhum efeito marcante foi encontrado nas propriedades da pasta, seja na temperatura de gelificação, seja na viscosidade máxima. As características das pastas flutuaram, mas nenhum padrão foi observado. Também não foram encontrados efeitos das variedades sobre as características da pasta. A temperatura de gelificação ficou na média de 63UB (Unidades Brabender). A viscosidade máxima ocorreu a 75°C e permaneceu ao redor de 500 UB com a poda. A diferença de tempo para alcançar a viscosidade máxima e para que ocorresse a temperatura de gelificação permaneceu entre 6 e 7 minutos. O gel apresentou valores de viscosidade entre 280 UB e 320 UB. O índice de gelificação (viscosidade a 50°C – viscosidade a 90°C após 20 minutos) ficou em 120 UB. Esses resultados não estão em conformidade com a literatura citada pelos autores, que encontraram aumento de viscosidade nas pastas de féculas extraídas de raízes de plantas de mandioca com a poda ou reduções de 7% na viscosidade máxima, quando as plantas foram podadas quatro semanas antes da colheita. O teor de escopoletina foi medido 24 horas após a colheita, em apenas duas variedades, sendo que somente em uma delas foi encontrada correlação entre o teor de escopoletina e a deterioração visível. Finalmente, a poda não influenciou o teor de cianeto nas raízes. Das 6 variedades, 5 apresentaram cianeto ligado (linamarina) entre 65 e 264 mg/kg de massa seca. As variações encontradas entre as variedades foram altas (Van Oirschot et al., 2000).

A duração do armazenamento das raízes de mandioca, como qualquer outra matéria-prima perecível, será afetada pelas condições fisiológicas e patogênicas iniciais, mas também por condições ambientais, tais como temperatura, umidade e aeração. A pesquisa tem indicado que a resistência à deterioração é caráter controlado geneticamente e algumas variedades selecionadas apresentam resistência a alterações após a colheita. A pesquisa também concluiu que ocorre grande influência do meio ambiente, já que grande número de variedades resistem, no campo, sob condições de sombreamento.

Os trabalhos que visam a conservação das raízes *in natura* compreendem o uso de diferentes locais de armazenamento, isolamento de microrganismos responsáveis pela deterioração, tratamentos químicos e uso do frio e de embalagens.

Técnicas naturais de armazenamento

As raízes colhidas que não serão utilizadas de imediato podem ser novamente enterradas, de modo a preservá-las até o momento de serem usadas. Essa técnica tem origem no princípio, já abordado, de deixar as raízes no campo resulta em resultados surpreendentemente bons. Variações dessa técnica constam de empilhar as raízes, que são molhadas diariamente, ou envolvê-las em fina camada de lama, com o que se consegue conservá-las por 4 a 6 dias. Este foi, por muito tempo, o período máximo de conservação de raízes. Períodos superiores, de 8 a 9 meses, foram obtidos pelo uso de silos baseados na descrição de Reine (1741), citado por Ingram & Humphries (1972), obtendo-se raízes adequadas, inclusive, para consumo de mesa. Após esse período, as raízes não cozinharam tão bem e tornaram-se amargas. Um esquema deste processo é descrito por Booth & Coursey (1974), citados por Ingram & Humphries (1972), como sendo utilizado na Tailândia (Fig. 1). As raízes são empilhadas no sentido longitudinal, formando uma pilha de corte piramidal de cerca de 2 m de base e altura. A base da pirâmide é assentada sobre uma camada de 15 cm de palha, acima do nível do solo. A mesma camada de palha envolve os lados da pilha e, sobre esta, coloca-se uma camada de terra com a mesma espessura. Nos lados da base são cavados sulcos para promover a drenagem das águas. Esse processo diminui as perdas por evaporação.

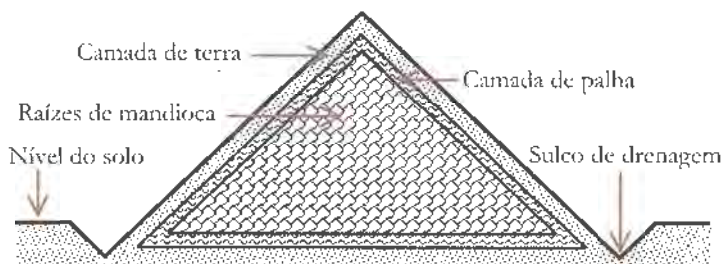


Fig. 1. Silo-trincheira para armazenamento de raízes de mandioca.

Fonte: Booth & Coursey (1974), citados por Ingram & Humphries (1972).

Tentativas de substituir esse processo rústico, armazenando as raízes a 25°C, em salas e outros abrigos, mostraram-se menos eficientes, mesmo sob serragem úmida (Tabela 1). As salas de alvenaria foram as piores, ocasionando perdas de peso de 99%. Já as raízes armazenadas em silos-trincheiras apresentaram 64% de perda de peso. Temperaturas mais elevadas que a ambiente levaram a melhores resultados, devendo-se considerar que a evaporação é minimizada com o uso de palha como material isolante e que as pilhas de raízes não sejam muito altas. As recomendações gerais são quanto aos cuidados para com as raízes no momento da colheita. Devem ser colhidas no momento certo, em época quente e seca, evitando-se o máximo os danos físicos. Não devem ser lavadas, mas sim secas ao ar e livres do excesso de solo aderente. Esses cuidados, aliás, são os mesmos para qualquer matéria-prima vegetal.

Tabela 1. Perdas ocorridas em raízes de mandioca estocadas por 25 dias.

Tipo de armazenamento	Perdas em relação ao peso inicial (%)
Armazém em alvenaria	99
Armazém escuro em madeira	87
Armazém comum	92
Armazém subterrâneo (porão)	91
Silo trincheira	64

Fonte: Ingram & Humphries (1972).

Pacheco (1952, 1954) estudou o teor e a qualidade de fécula durante o armazenamento de raízes de mandioca. Foram utilizadas raízes recém-recolhidas e raízes armazenadas em montes, no campo, por períodos de 24, 48 e 72 horas, com diversas variedades de mandioca e em diferentes localidades e épocas. Com relação à qualidade da fécula, foram feitas determinações da cor, viscosidade e rapidez de sedimentação. Notou-se que, nas raízes armazenadas, o amido foi progressivamente de pior qualidade, principalmente com relação à coloração e tipo de sedimentação, já que a intensidade e rapidez na alteração dos atributos, durante a armazenagem, foram muito variáveis e pareceram estar positivamente correlacionadas com as condições de temperatura e umidade ambientes. Em muitos casos, alterações de

qualidade foram verificadas antes mesmo do aparecimento de nervuras azuladas no cilindro central ou de qualquer outro indício visível de deterioração da raiz. O teor de amido foi determinado e correlacionado com a temperatura ambiente durante os ensaios. Os resultados obtidos indicaram que, possivelmente, há correlação entre a temperatura ambiente e a variação de teor de amido, levando a crer que, sob temperaturas mais elevadas, as perdas de amido poderão ser mais intensas. A perda de peso foi de aproximadamente 2%, 5% e 7%, respectivamente para os períodos de 24, 48 e 72 horas.

Esses resultados não foram confirmados por Sarmiento (1989). A autora estudou o efeito do armazenamento (temperatura de 20°C e umidade de 60%) de raízes de mandioca da variedade Branca de Santa Catarina, de uso industrial, por até seis dias. Foi medido o teor de amido das raízes e avaliadas as características do amido extraído. As raízes acusaram alguns dos sintomas visíveis de deterioração citados pela literatura, como o estriamento vascular, que progrediu no sentido longitudinal nas raízes e intensificou-se formando manchas mais escuras, observando-se adicionalmente manchas esbranquiçadas que evoluíram com o tempo. A intensidade desses sintomas, descritos de acordo com a escala de Montaldo (1973), classificaria essa variedade como sendo resistente à deterioração. A perda de peso das raízes durante o período foi linear, com um máximo de 3,1%. As alterações do teor de amido, entretanto, não foram significativas com o tempo. Tendo como base as condições do estudo, esse importante atributo não seria considerado, portanto, fator limitante à utilização industrial em pós-colheita dessas raízes. Foi observado um incremento de 7% a 11% no teor de açúcares solúveis das raízes durante o armazenamento. Com relação ao amido extraído durante o armazenamento, a avaliação microscópica dos grânulos evidenciou pequena (cerca de 2 μm), mas crescente, elevação no tamanho médio, provavelmente em decorrência do consumo de grânulos de tamanho menor. Para os atributos capacidade de ligação do amido com água fria, poder de expansão dos grânulos e suscetibilidade do amido granular à ação da diástase do malte, as variações observadas com o armazenamento não foram estatisticamente significativas. As propriedades da pasta de amido que apresentaram as alterações mais significativas com o tempo caracterizaram-se por modificações nas curvas viscográficas, valores

de viscosidade e temperaturas (para início de gelificação, empastamento e para atingir a viscosidade máxima) nos pontos críticos do viscograma. No sexto dia, o amido apresentou pasta mais diferenciada em relação aos demais dias, com pico de máxima mais achatado e menores valores de viscosidade. As pastas de amido apresentaram ainda leves alterações na cor e aumento de opacidade e de viscoelasticidade. De modo geral, pode-se dizer que o amido extraído durante o armazenamento de raízes da variedade Branca de Santa Catarina, nas condições do estudo, não exibiu, durante todo o período, alterações que comprometessem as exigências dos padrões nacionais e internacionais. Entretanto, a necessidade de manter-se a uniformidade de lotes de amido pode ser suficiente para restringir o tempo de armazenamento.

Tratamentos físicos e químicos

Entre os tratamentos químicos realizados, a literatura cita a aplicação de formaldeído, brometo de metila e dibrometo de etila, como fumigantes. A superfície das raízes fica protegida de lesões superficiais, de modo que a avaliação das condições de armazenamento é feita pelo desenvolvimento de acidez na polpa. Nesse sentido, os melhores resultados (menores aumentos de acidez) foram obtidos pelo tratamento com formaldeído, proporcionando 25 dias de armazenamento, na concentração de 1:33 (formalina:água). O segundo melhor tratamento foi a mistura brometo de metila/dibrometo de etila em concentração de 150 mg/L. Neste caso, os resíduos dos fumigantes foram mínimos e as raízes, preservadas por 20 dias, foram perfeitamente comestíveis. Já o formaldeído somente é indicado para uso industrial (Ingram & Humphries, 1972).

Ingram & Humphries (1972) informaram ainda que outro tipo de armazenamento que utiliza produtos químicos é o revestimento com cera, em geral impregnada com fungicidas ou fungistáticos. O tratamento foi feito em parafina aquecida a 90-95°C por 45 segundos e proporcionou armazenamento por dois meses. Foram avaliadas também ceras impregnadas com 17% de trietanolamina e 5% de ortofenilfenol, assim como o uso de propionato de sódio, benzoato de sódio e mistura dos dois, mas os resultados não foram satisfatórios, proporcionando armazenamento por 16 dias.

No Brasil, a *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, localizada em Cruz das Almas, BA, experimentou o tratamento das extremidades quebradas das raízes com parafina por cinco segundos, obtendo-se bom controle por 23 dias, mas os resultados não foram tão bons quando impregnou-se com parafina mais ácido benzóico (1%) e ácido láctico (5%). Qualquer desses tratamentos deve ser feito logo após a colheita e tem aplicação apenas em locais onde a mandioca de mesa apresenta preços compensadores, tornando viável inclusive o uso de antibióticos, como o sulfato de estreptomicina (200 mg/kg) em água, a 24-27°C, o que permitiu conservar as raízes por sete dias (EMBRAPA, s.d.).

A vida pós-colheita das raízes de mandioca pode ser aumentada pelo uso de refrigeração, conseguindo-se evitar temporariamente a formação de veias azuis, pelos processos auxiliares de tratamento pré-armazenamento por imersão em água quente e em água com estreptomicina à temperatura ambiente. Pode-se também fazer o armazenamento a temperaturas elevadas (40°C) ou baixas, próximas do congelamento (0°C) ou mesmo abaixo dele (-20°C). Para obter-se bons resultados, os tratamentos deverão ser realizados logo após a colheita, com as raízes envoltas em material úmido e mantidas sob condições controladas até o momento de sua utilização.

Para Ingram & Humphries (1972), há evidências de que, ao redor de 12°C, ocorrem injúrias pelo frio nas raízes, com distúrbios na sua atividade enzimática, principalmente da peroxidase e desidrogenase e aumento de catalase. Essas alterações evidenciam-se pela diminuição da massa seca e da porcentagem de amido, variação no pH (aumento da acidez) e redução do teor da vitamina C. Outro problema sério do armazenamento pelo frio é o aparecimento de infecção por fungos. As condições ótimas para o armazenamento das raízes foram na faixa de 0-2°C, em câmara com umidade relativa de 80%-90%, onde se conseguiram boas condições por até seis meses e meio, com perda de peso de 8%. Porém, após duas semanas, houve aparecimento de fungos, que exigem controle apropriado, obtido com banho em água a 60°C por 45 minutos, contendo estreptomicina (em parafina aquecida a 90-95°C).

O controle da atmosfera das câmaras também é interessante, possibilitando a redução da respiração das raízes, cuja taxa normal é de cerca de 30 mg CO₂/kg/h. Nas câmaras, preenchidas com CO₂, consegue-se boas condições de armazenamento por uma semana.

Uma das práticas comuns na pós colheita é a cura e pré-cura que, em batata-doce, resulta em aumento de vida pós-colheita. Segundo Gregório et al. (1996), a conservação das raízes de mandioca em pós-colheita é afetada pela sua alta perecibilidade. Dois fenômenos são descritos como responsáveis pela deterioração das raízes, um de ordem fisiológica, provocando a perda inicial da qualidade, e o outro de ordem microbiana, que se segue ao primeiro. Foram estudadas raízes de mandioca da variedade Saracura, de polpa branca, para selecionar um tratamento de pós-colheita que pudesse aumentar a estabilidade das raízes frescas e reduzir as perdas por deterioração fisiológica e microbiana. O melhor tratamento foi constituído da lavagem das raízes com sanitização com hipoclorito de sódio (200 mg de Cl_2 /kg e pH 7) por 15 minutos. Essa foi associada a outras técnicas de manuseio em pós-colheita, entre elas o processo de cura e a embalagem em sacos de polietileno – PEBD. Para o processo de cura foi utilizada câmara climática com temperatura de 31°C e umidade relativa de 96%-98%, por um período de quatro dias. Verificou-se que, nessas condições, mas, sobretudo quando se utilizou condições ambientais em associação à embalagem em sacos de polietileno – PEBD, ocorreu suberização sob os ferimentos das raízes e a qualidade permaneceu constante durante o processo de cura. Técnicas de conservação foram aplicadas após a cura e então verificou-se que a qualidade das raízes foi mantida até 35 dias na temperatura de 5°C. Já a temperatura ambiente não foi adequada. A 25°C ocorreu perda de qualidade das raízes após 15 dias. Após o processo de cura foi observado que houve aumento de rendimento no processamento em 60% e 63%, respectivamente nas raízes pré-cozidas e congeladas, e que esse rendimento foi proporcional ao das raízes frescas adotadas como controle. Os autores concluíram que, embora tenha ocorrido diferenças de rendimento entre os produtos congelados curado e não curado (controle), nos diferentes tempos de armazenamento, essas diferenças podem ser atribuídas à variabilidade entre as raízes de mandioca e não ao processo empregado. Foi, portanto, verificado que o processo de cura é indicado para aumentar a estabilidade das raízes de mandioca, precedendo ao processamento se este não for efetuado imediatamente após a colheita.

Cereda et al. (1990) avaliaram o cozimento de raízes da mandioca variedade Pioneira com 12 e 24 meses e concluíram que as raízes

apresentaram pequenas diferenças de tempo de cozimento, quando recém-processadas. O armazenamento dos pedaços (toletes e palitos) sob congelamento lento (-18°C) só melhorou a textura do produto.

A melhor forma de evitar perdas pós-colheita ainda é o processamento que, se realizado no meio rural, pode gerar empregos, além de facilitar e valorizar a comercialização do produto. O consumo humano da raiz ocorre por todo o Brasil e nas formas mais diversas: cozida, frita, mingaus, bolos e pratos salgados. Dos produtos processados, a farinha é o mais popular, com os diversos tipos pelo Território Brasileiro: crua, torrada, biju, d'água, de pau, amarela, carimã etc. A fração amilácea extraída proporciona a fécula, de consumo direto em alimentos (biscoitos, bolos, pudins, molhos etc.) ou em setor industrial de têxteis, papel, tintas, medicamentos etc. Em uma segunda transformação pode-se produzir polvilho azedo, um amido modificado por processo fotoquímico, com propriedades de expansão natural, com o qual se prepara uma série de biscoitos doces e salgados e o popular pão de queijo. Outros produtos podem ser elaborados da fécula por processos químicos e físicos, como os amidos modificados (acetilado, pré-gelatinizado, fosfatado e ácido modificado) ou os hidrolisados por via química ou enzimática (dextrinas, maltose e glicose).

REFERÊNCIAS

BOOTH, R. H. Post harvest deterioration of tropical root crops: losses and their control. **Tropical Science**, London, v. 16, n. 2, p. 49-63, 1974.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura. **Mandioca: alimentação e energia**. Cruz das Almas: s.d. 12 p.

CEREDA, M. P. Conservação de raízes. In: VILPOUX, O. Processos de produção de fécula de mandioca: comparação Brasil, Tailândia e China. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, cap. 1, p. 13-29. (Série Culturas de Tuberosas Latino-americanas).

CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S.; WOSIACKI, G.; ABBUD, N. S.; ROÇA, R. de O. A mandioca (*Manihot esculenta*, C.) cultivar Pioneira. 3. Características culinárias. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 33, n. 3, p. 511-525, 1990.

CEREDA, M. P. Desafios do processamento de mandioca. In: SEMINÁRIO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001a.

CEREDA, M. P. Importância, modo de consumo e perspectivas para raízes e tubérculos de hortícolas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 1., Vila Nova do Imigrante. **Anais...** Vila Nova do Imigrante: Secretaria de Agricultura, Irrigação e Abastecimento-Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da do Espírito Santo, 2001b. p. 27-32.

GREGÓRIO, S. R.; SOARES, A. G.; DA SILVA, A. T.; MODESTA, R. C. D.; CORREA, T. B. S. Avaliação de mandioca congelada após o processo de cura em câmara climatérica. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 108-110, 1996.

INGRAM, J. S.; HUMPHRIES, J. R. O. Storage of cassava. A review. **Tropical Science**, London, v. 14, n. 2, p. 131-149, 1972.

LIMA, U. de A. **Manual técnico de beneficiamento e industrialização da mandioca**. São Paulo: Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1982. v. 2, 56 p. (Secretaria de Ciência e Tecnologia. Programa Adequação).

MONTALDO, A. Vascular streaking of cassava root tubers. **Tropical Science**, London, v. 15, n. 1, p. 36-46, 1973.

OKE, O. L. Cassava as food in Nígeria. **World Review of Nutrition and Diet**, Londres, v. 9, p. 277-350, 1968.

OLIVEIRA, M. A.; CEREDA, M. P.; SILVA, A. L. da; PANTAROTO, S. Comportamento físico químico e culinário de raízes de mandioca cv IAC 576-70, processadas como “minimamente processadas”, tratadas com ácido cítrico e hipoclorito de sódio e embaladas a vácuo em sacos de polietileno, por 4 semanas a 4°C. In: SEMINÁRIO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

PACHECO, J. A. C. Alterações de qualidade de fécula durante o armazenamento das raízes de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 12, n. 7/9, p. 297-298, 1952.

PACHECO, J. A. C. Alterações do teor de amido durante o armazenamento das raízes de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 13, n. 25, p. 15-16, 1954.

SARMENTO, S. B. S. **Alterações na fração amido durante o armazenamento de raízes de uma cultivar de mandioca (*Manihot esculenta* C.) de uso industrial.** 1989. 103 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

SCOTT, G.; ROSEGRAND, M. W.; RINGLER, C. **Roots and tubers for 21th. century: trends, projections, and policy options.** Lima: Centro Internacional de la Papa, 2000. 64 p.

VAN OLSCHOT, Q. E. A.; O'BRIEN, G. M.; DUFOUR, D.; EL-SHARKAWY, M. A.; MESA, E. The effect of pre-harvest pruning of cassava upon root deterioration and quality characteristics. **Journal of Food Agriculture**, Keja, v. 80, p. 1866-1873, 2000.

WHEATLEY, C.; LOZANO, J. C.; GOMES, G. Deterioración postcosecha y almacenamiento de raíces de yuca. In: DOMÍNGUEZ, C.E. (Ed.). **Yuca: investigación, producción y utilización.** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. p. 493-512.

Capítulo 7

UTILIZAÇÃO DA MANDIOCA E DE SEUS PRODUTOS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

Angelita Duarte Correa
Alba Rejane Nunes Farias
Pedro Luiz Pires de Mattos

Introdução	223
Composição química e valor nutricional	223
A raiz da mandioca	223
A folha da mandioca	225
Produtos da raiz da mandioca e seus usos	231
Farinha	232
Polvilho ou fécula	233
Goma	236
Tapioca	236
Farinha puba	236
Sagu	237
Tiquira	237
Caxiri	237
Tucupi	237
Receitas	239
Farofas	239
Pirões	243
Tutu de feijão	245
Virado de feijão	246
Mingaus	246
Beiju	248
Bolos, pudins e tortas	249
Doces diversos	257

Salgados diversos	271
Maniçobas	287
Pato no tucupi	289
Tacacá	290
Referências bibliográficas	291

INTRODUÇÃO

A mandioca representa a principal fonte alimentar para uma grande parte da população mundial, particularmente nos países da América do Sul, África e Ásia, onde é primariamente a fonte de calorias e carboidratos para 300 milhões a 500 milhões de pessoas. No Brasil, estima-se que 50% da produção de raízes de mandioca destinam-se à alimentação animal e o restante à alimentação humana, cujo consumo per capita é de 70 kg/ano, dos quais 60 kg são consumidos na forma de farinha, e o restante nas formas de raízes frescas (mandioca de mesa) e outros derivados (polvilho, tapioca, puba etc.) (Lorenzi & Dias, 1993). A farinha de mandioca, arroz, feijão, fubá-de-milho e derivados do trigo constituem a base da alimentação da população brasileira, com pequena variação no grau de consumo entre as cinco regiões do País (IBGE, 1992).

Da mandioca tudo se aproveita. Ela é encontrada na farofa dos gaúchos, nas farinhas, beijus e tapiocas do Norte e Nordeste e no pão-de-queijo de Minas. Dela faz-se a goma (cola). A casca é alimento para vários animais. Os talos e as folhas podem ser utilizados como silagem e feno. As folhas devidamente processadas servem de ração para o gado e para fazer um prato típico do Norte e Nordeste: a maniçoba. Até a venenosa manipueira, depois de 30 dias num tanque, torna-se um excelente adubo e pode também ser usada para o controle de pragas.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL

A raiz da mandioca

Segundo Cock (1990), a raiz da mandioca possui 30% a 40% de matéria seca. Esse conteúdo depende de fatores como variedade, idade da planta, solo, condições climáticas e sanidade da planta, sendo os carboidratos, particularmente o amido, os componentes predominantes, representando aproximadamente 90% da matéria seca. De acordo com esse mesmo autor, 1.000 g da raiz contêm 1.460 kcal, 625 g de água, 347 g de carboidratos, 12 g de proteínas, 3 g de gordura, 330 mg de cálcio, 7 mg de ferro, traços de vitamina A e significantes quantidades

de vitamina C (360 mg), tiamina (0,6 mg), riboflavina (0,3 mg) e niacina (6 mg). O teor em proteína bruta da raiz é baixo; todavia, a sua qualidade é considerada relativamente boa, apesar de apresentar deficiência nos aminoácidos sulfurados. Laguna & Agudo (1988) identificaram e quantificaram lipídios em raízes frescas de mandioca, encontrando um total de 0,25 g/100 g de matéria fresca, com uma mistura bem complexa. Foram identificados 18 tipos de lipídios, a saber: 7 fosfolipídios, 6 glicolipídios e 5 lipídios neutros.

O tipo de processamento pode levar a perdas de alguns nutrientes. Na Tabela 1 são apresentados os teores de algumas vitaminas na raiz de mandioca com diferentes processamentos.

Tabela 1. Teores de vitaminas na raiz de mandioca submetida a diferentes processamentos.

Vitaminas	Processamentos			
	Cozida	Frita	Farinha	Polvilho
Retinol (μg)	2	3	-	-
Tiamina (μg)	50	90	80	10
Riboflavina (μg)	30	60	70	20
Niacina (mg)	0,60	1,10	1,60	0,50
Vitamina C (mg)	31	66	14	-

Fonte: Franco (1992).

Um homem adulto necessita de 2.500 kcal/dia e, como a raiz de mandioca pode proporcionar cerca de 1.460 kcal/kg de peso fresco, constata-se que a raiz, em termos nutricionais, pode ser considerada como uma fonte de energia barata, necessitando de outros alimentos como fonte de proteínas, vitaminas, minerais e gorduras para suprir as necessidades nutricionais do homem.

A farinha de mandioca e o polvilho são excelentes fontes de energia, pois cada 100 g fornecem 354 kcal e 340 kcal, em média, respectivamente (Pazinato et al., 2003). Lima (1982) determinou a composição centesimal em diferentes farinhas e encontrou as seguintes variações em g/100 g: 10,0 a 14,6 de umidade; 69,1 a 77,0 de amido; 4,7 a 5,3 de celulose; 0,9 a 1,3 de proteína bruta; 0,8 a 1,2 de cinza; 5,5 a 9,6 de extrato não nitrogenado. A farinha de mandioca contém alguns minerais, como o cálcio, o fósforo e o ferro, e pequenas

quantidades de vitaminas do complexo B (Pazinato et al., 2003). A composição química média do polvilho doce e azedo, em g/100 g, é a seguinte: umidade: 10,0 e 13,5; amido: 87,0 e 84,5; proteína bruta: 0,15 e 1,20; fibra: 0,50 e 0,30; e cinza: 0,0001 e 0,004, respectivamente (EMBRAPA, 1994).

A folha da mandioca

Na Tabela 2 constam os teores de minerais e cinzas na farinha de folhas de mandioca – FFM, compilados de várias fontes, e as recomendações diárias para o consumo humano. Verifica-se que as folhas de mandioca apresentam teores apreciáveis de ferro, zinco, manganês, magnésio, cálcio e fósforo, sendo seus teores mais elevados quando comparados com hortaliças folhosas convencionais (Tabela 3).

Tecidos vegetais com maior concentração de clorofila geralmente também apresentam elevados teores de carotenóides (Mahan & Escott-Stump, 1998). Ao testar dietas contendo folhas verdes escuras de *Manihot* sp. e *Ceiba* sp., Takyi (1999) observou, após 12 semanas, aumento significativo nos níveis de retinol sérico em crianças em idade pré-escolar.

Além de seu papel como fonte de vitamina A, os carotenóides têm atraído grande interesse devido ao seu valor como antioxidante, tendo sido relatada sua capacidade em reduzir alguns tipos de câncer e outras doenças degenerativas (Elbe & Schwartz, 1996; Naves & Moreno, 1998).

Chavez et al. (2000) observaram variação no teor de β -caroteno de 23 a 86 mg/100 g de matéria fresca – MF, ao analisarem as folhas de mandioca de mais de 500 variedades. A maturidade das folhas também é um fator que influencia os teores de β -caroteno. Adewusi & Bradbury (1993) constataram teores mais elevados de β -caroteno em folhas maduras do que nas imaturas. Já Carvalho et al. (1989) avaliaram a influência da variedade e idade da planta nos teores dessa substância. Usando três variedades de mandioca, dos 11 aos 18 meses, verificaram teores mais elevados de β -caroteno aos 12 meses após o plantio.

Tabela 2. Teores de minerais e cinzas da farinha de folhas de mandioca – FFM e recomendações diárias para o consumo humano.

Micronutrientes	mg/kg de MS	Recomendações nutricionais (mg/kg/dia) ⁽¹⁾		
		Crianças	Homens	Mulheres
Ferro	61-151 ² ; 266 ³ ; 218-270 ⁴ ; 259 ⁵ ; 50 ⁶	10	10-12	10-15
Zinco	39-64 ² ; 164 ³ ; 149 ⁴	10	15	12
Manganês	50-87 ² ; 159 ³ ; 52 ³	1-3	2-5	2-5
Cobre	6-8 ² ; 40 ³ ; 12 ⁵	-	-	-
Macronutrientes	g/100 g de MS			
Magnésio	0,48-0,97 ² ; 0,26 ¹³ ; 0,42 ¹³	80-170	270-400	280-300
Cálcio	0,82-1,63 ⁴ ; 1,14 ³ ; 0,82-1,22 ⁴ ; 1,45 ⁵ ; 1,30 ⁶	800	800-1.200	800-1.200
Fósforo	0,26-0,35 ³ ; 0,18 ³ ; 0,71-0,80 ² ; 0,45 ³ ; 0,19 ⁶	800	800-1.200	800-1.200
Potássio	0,85-1,18 ³ ; 1,38 ¹ ; 1,28 ⁵	-	-	-
Enxofre	0,26-0,30 ¹³	-	-	-
Cinzas (g/100 g MS)	7,9 ³ ; 4,6-6,4 ⁴ ; 5,0-7,9 ⁷ ; 8,3 ⁶	-	-	-

Fonte: ¹ Barrios & Bressani (1967); ² Ravindran & Ravindran (1988); ³ RDA (1989); ⁴ Ravindran et al. (1992); ⁵ Aweyinka et al. (1995); ⁶ Chavez et al. (2000); ⁷ Phuu et al. (2003).

Tabela 3. Comparação de alguns minerais de hortaliças folhosas com a farinha de folhas de mandioca – FFM.

Minerais	mg/100 g de matéria fresca					FFM ⁽³⁾
	Espinafre ⁽¹⁾	Salsa ⁽¹⁾	Couve comum ⁽²⁾	Agrião ⁽¹⁾	Folhas de brócolis ⁽²⁾	
Ferro	3,80	1,56	1,17	-	1,65	4,93
Zinco	-	-	0,33	-	0,67	1,50
Manganês	-	-	0,57	4,00	-	4,17
Magnésio	64,00	-	40,14	-	-	67,74
Cálcio	-	195,00	302,70	168,00	-	445,87

Fonte: ⁽¹⁾Franco (1992); ⁽²⁾Santos (2000); ⁽³⁾Wobeto (2003).

Ortega-Flores et al. (2003) em um estudo para verificar a biodisponibilidade do β -caroteno de folhas de mandioca, realizaram um ensaio biológico baseado no modelo de esgotamento das reservas hepáticas de vitamina A. Um grupo de ratos depletado de vitamina A hepática recebeu folha desidratada de mandioca como fonte de β -caroteno durante 25 dias, e foi comparado com um grupo, também depletado de vitamina A hepática, que recebeu ração com β -caroteno. O conteúdo de retinol encontrado no fígado do grupo “folha de mandioca” foi quatro vezes menor em relação ao grupo “ β -caroteno”, sendo essa diferença significativa. Segundo esses autores, isso pode ser explicado pelo fato do β -caroteno na folha de mandioca estar dentro de uma matriz complexa, como complexos carotenóides-proteína no cromoplasto. No entanto, a quantidade de β -caroteno oferecida aos animais do grupo “folha de mandioca” foi suficiente para a manutenção do crescimento e sobrevivência.

As folhas de mandioca também são ricas em vitamina C. Chavez et al. (2000) encontraram, em folhas frescas de 601 variedades de mandioca, uma ampla faixa de variação (1,7 a 419 mg/100 g de MF) de teores de vitamina C.

Os processos de secagem das folhas para a produção da farinha acarretam perdas de vitamina C. Maeda & Salunkhe (1981) observaram que folhas de mandioca frescas apresentaram teores de vitamina C de 2.359 mg/100 g de matéria seca – MS, enquanto que em folhas secas em container (1,50 x 0,50 x 0,40 m) com aeração, fechado à sombra, fechado ao sol e aberto ao sol, os níveis, em mg/100 g de MS, foram

de 179,0, 112,6 e 129,5, respectivamente. Já Corrêa (2000), analisando várias formas de secagem, encontrou teores mais baixos com secagem à sombra (108,62 mg/100 g de MS) e mais elevados secando as folhas em estufa a 40°C (168,53 mg/100 g de MS).

Carvalho et al. (1989) pesquisaram a influência de variedades (Guaxupé, Engana Ladrão e Iracema) e de idades da planta (11 a 18 meses) nos teores de vitamina C das folhas de mandioca secas em estufa a 45°C. Os maiores teores de vitamina C foram encontrados aos 11 meses (60,10 a 60,43 mg/100 g) e os menores aos 18 meses (42,83 a 49,66 mg/100 g).

As folhas de mandioca apresentam um teor em proteínas que varia de 14,7 a 40,0 g/100 g de MS (Pechnik & Guimarães, 1962; Rogers & Milner, 1963; Ross & Enriques, 1969; Yeoh & Chew, 1976; Tupynambá & Vieira, 1979; Reed et al., 1982; Lancaster & Brooks, 1983; Carvalho et al., 1986; Aletor & Adeogun, 1995; Awoyinka et al., 1995; Corrêa, 2000; Madruga & Câmara, 2000; Phuc et al., 2000; Wobeto, 2003). Essa ampla variabilidade é devida, provavelmente, ao clima, à fertilidade de solo, às diferenças de variedades e ao estágio vegetativo e de maturidade das folhas. Suas proteínas são deficientes em metionina e cisteína, mas apresentam níveis elevados em lisina (Rogers & Milner, 1963; Barrios & Bressani, 1967; Eggum, 1970; Yeoh & Chew, 1976; Gómez & Valdivieso, 1985; Gómez & Noma, 1986; Ravindran & Ravindran, 1988).

Apesar de os teores em proteína serem elevados, sua digestibilidade é baixa. Isso poderia ser atribuído, parcialmente, ao seu teor em fibra (Oke, 1978). Reed et al. (1982), analisando a FFM de seis variedades, cujas folhas foram colhidas aos sete meses de idade da planta e secas em estufa de ventilação a 55°C, encontraram níveis médios de fibra em detergente neutro – FDN e fibra em detergente ácido – FDA, de 35,4 e 19,1 g/100 g de MS, respectivamente. Um ensaio biológico com ratos foi realizado por Vilas-Bôas (1979), empregando dietas contendo a parte aérea de mandioca, como fonte de fibra, nas proporções de 5%, 10% e 15% de fibra. Ela concluiu que os ratos alimentados com as dietas contendo fibra apresentaram crescimento menor e diminuição da eficiência alimentar em relação ao grupo controle e houve também diminuição da digestibilidade protéica, sendo inversamente proporcional aos níveis de fibra.

Além das fibras, outros componentes químicos podem ter efeito prejudicial sobre o aproveitamento protéico. Os polifenóis, por exemplo, podem reduzir a digestibilidade e a disponibilidade de aminoácidos, como no caso da lisina, em que o grupo ϵ -amino pode tornar-se indisponível (Pellett & Young, 1980; Kumar & Singh, 1984; Sgarbieri, 1987, 1996). A presença de polifenóis (taninos) influencia também negativamente a disponibilidade de metionina (Nelson et al., 1975) e, além disso, agrava a deficiência inerente de aminoácidos sulfurados das folhas de mandioca. Tupynambá & Vieira (1979) mostraram que a suplementação com DL-metionina melhorou o valor nutritivo do concentrado protéico de folhas de mandioca. Metionina adicional também é requerida por seu papel como doador de grupos metil (Fuller et al., 1967) e como fonte de enxofre lábil na destoxificação de cianeto (Oke, 1978).

Para aumentar a disponibilidade biológica de proteínas de folhas de mandioca, Padmaja (1989) estudou os efeitos de certos tratamentos na redução dos níveis de taninos condensados. Esse autor constatou que a secagem a 60°C reduziu o teor de taninos condensados. Murchamento do ramo todo sob sombra por 16 horas, seguido pela secagem das folhas a 60°C foi mais vantajoso na redução dos níveis desse composto. Ele também observou um teor de tanino ligeiramente mais elevado nas farinhas de folhas de mandioca que foram secas em estufa a 45°C, por 24 horas. Além disso, houve redução dos níveis de taninos de 79% e 95% quando pulverizou hidróxido de amônio, 2,5 mol/L e concentrado, sobre as folhas frescas de mandioca, respectivamente. Gómez & Valdivieso (1985) verificaram que a folhagem de mandioca seca ao sol apresentou níveis mais baixos de taninos que a seca em estufa a 60°C.

Corrêa (2000) estudou os efeitos de tratamentos físicos e químicos nos níveis de alguns nutrientes e antinutrientes da farinha de folhas de mandioca. Em relação ao tratamento físico, esse autor empregou várias temperaturas de secagem das folhas de mandioca e verificou que os teores mais elevados de proteína bruta e os mais baixos de açúcares e vitamina C foram encontrados na farinha de folhas secas à sombra durante cinco dias. Os teores mais baixos de β -caroteno foram encontrados na farinha de folhas secas à temperatura ambiente por 14 horas (das 17h às 7h) e em seguida ao sol. Em relação aos antinutrientes,

a farinha de folhas secas à sombra apresentou teores mais baixos de cianeto, inibidor de tripsina e polifenóis. Como consequência, a digestibilidade protéica *in vitro* foi a mais elevada. Nas temperaturas mais elevadas de secagem houve redução nos teores de nitrato e oxalato. Concluiu que a secagem à sombra é a melhor opção, porém em períodos de chuva poder-se-ia optar pela secagem artificial em estufa a 30°C. No tratamento químico, Corrêa (2000) empregou três solventes (água, etanol 50% e hidróxido de amônio 1 mol/L) para remover os polifenóis da farinha de folhas de mandioca. Verificou que, dos três solventes, o hidróxido de amônio foi o mais eficaz, com índice de remoção de 94%, seguido pelo etanol (83%) e água (65%). Como consequência, houve aumento na digestibilidade da proteína de até 74%, quando o solvente empregado na remoção dos polifenóis foi o hidróxido de amônio. Todavia, houve perdas de vitamina C e açúcares totais, com qualquer um dos solventes empregados.

O teor de taninos aumenta com a maturidade das folhas de mandioca (Gómez & Valdivieso, 1985; Ravindran & Ravindran, 1988) e varia entre variedades numa faixa de 2,91 a 4,30 g de ácido tânico/100 g de MS (Padmaja, 1989) e com o estágio de desenvolvimento da planta (Corrêa, 2000; Wobeto, 2003).

Além dos taninos, outras substâncias antinutricionais/tóxicas presentes, tanto nas folhas quanto nas raízes, são os glicosídeos cianogênicos (Reed et al., 1982; Gómez & Valdivieso, 1985; Ravindran & Ravindran, 1988; Padmaja, 1989). Os glicosídeos cianogênicos, quando sofrem hidrólise, liberam o ácido cianídrico. Essa liberação é acarretada pela ação da enzima linamarase em plantas cujos tecidos foram danificados mecanicamente ou quando a integridade fisiológica foi perdida, como no caso de murchamento das folhas; no processamento das raízes ou pela ação da β -glicosidase no trato digestivo de animais.

Animais podem destoxificar cianeto por várias vias metabólicas, sendo a principal a reação com tiosulfato para formar tiocianato. Essa conversão representa uma redução de 200 vezes em toxicidade. O tiocianato, entretanto, interfere no metabolismo de iodo, causando hipertireoidismo em animais (Sihombing et al., 1971) e humanos (Ekpechi et al., 1966), konzo (paralisia rápida e permanente) e neuropatia atáxica (McMahon et al., 1995). Como a proteína da mandioca já é deficiente em metionina, a presença de cianeto exacerba ainda mais essa

deficiência, uma vez que, para destoxificação do cianeto, é requerido enxofre da metionina.

Os teores de ácido cianídrico nas raízes de mandioca variam de 15 a 400 mg/kg de MS (Cock, 1990; Bough, 1992) e nas folhas de 3 a 4.000 mg/kg de MF (Barrios & Bressani, 1967; Chew, 1972; Yeoh & Oh, 1979; Teles et al., 1981; Ravindran & Ravindran, 1988). Assim, a variação do nível de cianeto das folhas depende consideravelmente do fator genético e também da idade da planta (Corrêa, 2000; Wobeto, 2003). Portanto, para recomendá-la para o consumo humano, dever-se-ia fazer uma seleção de variedades com níveis mais baixos de cianeto e adotar formas de processamento que permitissem uma maior redução dessa substância.

A produção de concentrados protéicos de folhas – CPF permite a utilização das proteínas foliares como alimento, contendo baixo teor de fibras e melhor qualidade nutritiva. Vários procedimentos têm sido recomendados para a obtenção de CPF. Em geral, os processos de obtenção de proteínas de origem vegetal, consistem basicamente em uma extração utilizando-se um solvente combinado com uma operação mecânica que provoca ruptura celular e a liberação dos nutrientes solúveis, produzindo um suco verde e um resíduo fibroso. Alguns pesquisadores estudaram a obtenção de CPF de mandioca (Chaves, 1987; Rosas-Romero & Baratta, 1987; Vieira, 1983; Peluzio et al., 1998).

Rosas-Romero & Baratta (1987) demonstraram que o CPF de mandioca reduziu o peso corporal de ratos quando utilizado puro na dieta. Todavia, ao utilizar a reação de plasteína (caseína e proteínas da folha de mandioca) para melhorar a qualidade das proteínas foliares da mandioca, foi observado um aumento no conteúdo de proteína de 47% para 90%, e valores de quociente de eficiência protéica – PER e quociente de eficiência líquida protéica – NPR similares aos observados com dieta controle à base de caseína.

PRODUTOS DA RAIZ DA MANDIOCA E SEUS USOS

A macaxeira ou aipim é a mandioca mansa (“não venenosa”) consumida simplesmente cozida ou cozida e frita, em qualquer uma das refeições. É consumida como acompanhamento ou ingrediente de

diversos tipos de preparos culinários. É comida com pedaços de carne de boi, porco, carneiro, galinha ou peixe, assada, frita ou cozida, misturada com feijão. É também consumida com alimentos doces como o mel, rapadura, frutas (manga, laranja, jaca, banana etc.) e doces de goiaba e de banana. Mas o tipo mais cultivado no Brasil é a mandioca brava, ou mandioca amarga, usada nas fabricações de farinha e fécula. Recebe esse nome porque é “venenosa”, contendo mais ácido cianídrico que as outras. O “veneno” é eliminado durante o processamento das raízes.

O produto que oferece o maior leque de aproveitamento é a fécula de mandioca, polvilho ou amido. É uma fonte energética que pode substituir o milho na alimentação humana e animal.

De todos os Estados Brasileiros, o Pará é o que tem maior tradição no uso da mandioca. A culinária paraense, de forte raiz indígena, aproveita tudo dessa planta, das raízes até às folhas.

Farinha

A farinha de mandioca é um produto obtido das raízes, sendo fabricada, na maioria das vezes, por processo artesanal, com máquinas rudimentares, apesar de existirem máquinas sofisticadas com porte industrial para grandes produções.

De forma geral, o processamento da mandioca para farinha é o seguinte (Pazinato et al., 2003):

- Lavar as raízes para retirar a terra.
- Separar as partes danificadas.
- Retirar a película externa (raspar).
- Moer ou ralar as raízes descascadas.
- Comprimir a massa em saco de tecido ou em peneira de bambu.
- Peneirar sobre a chapa aquecida ou secar ao sol, movimentando com pá de madeira para melhor secagem.
- Resfriar a farinha.
- Moer o produto seco, peneirar e acondicionar em latas ou sacos de papel ou rafia.

A massa obtida da raiz deve ser muito bem prensada para eliminação da água, o mais rápido possível, para evitar o escurecimento da farinha. Após secar ao sol, a farinha crua pode ser torrada em aparelhos de fogo direto, ou com vapor superaquecido.

A farinha seca em aparelhos de fogo direto deve ser resfriada, pois facilita o peneiramento, ficando o produto mais homogêneo. Quanto mais rudimentar for o equipamento utilizado, mais irregular será o tamanho das partículas da farinha, resultando num produto não uniforme. Entretanto, somente as fábricas mais modernas dispõem de recursos avançados para o controle de qualidade, diminuindo esse problema.

A umidade da farinha de mandioca varia de 3% a 12% e, quanto menor for esse valor, maior será o tempo de armazenamento da farinha. Cada 100 kg de raízes rendem 20 a 35 kg ou 40 a 60 L de farinha (Pazinato et al., 2003).

Processamento da farinha de mandioca em casa (Pazinato et al., 2003):

- Lavar, descascar e bater as raízes no liquidificador com um pouco de água, ou ralar.

- Em seguida, passar por um pano fino e espremer até retirar o excesso de água.

- Colocar a massa bem espalhada sobre uma peneira para secar ao sol, cobrindo com uma tela para evitar poeira e insetos.

- Quando estiver completamente seca, levar ao forno para torrar, mexendo de vez em quando, até atingir o ponto desejado.

- Deixar esfriar e guardar em recipiente seco e tampado ou sacos plásticos, próprios para alimentos.

Há vários tipos de farinha: branca, creme; d'água, seca, mista; doce, dormida e outros nomes regionais, com base sempre em algum detalhe que varie no processamento ou no aspecto (Normanha, 1982).

Com a farinha de mandioca preparam-se as farofas, os pirões e os tutus ou virados.

Maiores detalhes sobre a fabricação de farinha de mandioca podem ser vistos no capítulo sobre “Produtos e subprodutos”.

Polvilho ou fécula

O polvilho é um produto da mandioca, também conhecido como goma ou fécula de mandioca. É obtido da decantação do amido contido na água de prensagem da mandioca ralada ou moída (Pazinato et al., 2003).

Fécula e amido são sinônimos (Normanha, 1982). Entretanto, costuma-se chamar de amido a substância amilácea encontrada nos grãos (milho, trigo e arroz) e fécula a das raízes e tubérculos (mandioca e batata). A diferença de denominação indica a origem do produto amiláceo, uma diferenciação tecnológica e não de composição.

A fécula é branca, insípida, inodora, insolúvel em água fria, formando suspensões “leitosas” que se separam por decantação, após um certo período em repouso. Existem dois tipos de polvilho: o doce e o azedo, sendo o processo de fabricação diferente em algumas etapas.

Nos processos artesanais, as raízes da mandioca são lavadas, descascadas e raladas. Depois são feitas sucessivas lavagens da mandioca ralada sobre um pano de algodão fino, colocado acima de uma vasilha, a qual irá reter o amido que atravessa o pano juntamente com a água. Em seguida, o amido que está na vasilha é deixado em repouso para que se deposite no fundo.

Para fabricar o polvilho doce, o amido na vasilha com água é deixado em repouso por 24 h (Pazinato et al., 2003). A água é retirada com muito cuidado para não suspender a massa depositada no fundo. Em seguida, a massa é colocada sobre uma peneira grande, forrada com pano limpo, e levada para secar ao sol. A secagem da massa leva à formação de pedaços que são triturados, peneirados e levados novamente para secar ao sol. Se o polvilho não estiver bem fino, deverá ser peneirado mais uma vez e só poderá ser guardado quando estiver completamente seco; caso contrário, poderá mofar.

A fabricação do polvilho azedo é semelhante (Pazinato et al., 2003). A diferença é que o amido é deixado mais tempo em repouso na vasilha com água. Essa água é trocada a cada cinco dias, até que apareçam algumas borbulhas na superfície, indicando o início da fermentação, que demora de 15 a 20 dias. A partir desse ponto o procedimento é o mesmo do polvilho doce.

Esse processo de fermentação da fécula para se obter o polvilho azedo é natural, desenvolvido por diversos microorganismos naturalmente presentes na matéria-prima, na água e nos tanques de fermentação. Isso explica a grande variação que ocorre na qualidade do polvilho azedo proveniente de diversos produtores e, ainda, entre partidas de um mesmo produtor.

Por outro lado, as diferentes condições agroclimáticas do País selecionam a microbiota que predomina no processo fermentativo. Amostras de polvilho azedo provenientes de diferentes Estados apresentam diferenças no teor de acidez e na composição dos ácidos orgânicos. Segundo Cereda (1983), a temperatura de 30°C favorece o crescimento do *Clostridium butyricum*. Cárdenas & Buckler (1980) comprovaram que, em temperaturas mais baixas, entre 12°C e 20°C, existe um predomínio da microbiota láctica, principalmente *Lactobacillus plantarum*, junto com bactérias esporuladas gram-positivas e leveduras. Em amostra de polvilho obtido nessas condições de temperatura, o conteúdo de ácido láctico variou entre 66% e 82% do total produzido; o restante eram ácidos acético e butírico.

As propriedades do amido possibilitam a sua utilização como matéria-prima para a produção de derivados, de maior valor comercial e de uso generalizado em diversos setores: indústria farmacêutica e de cosméticos, indústria têxtil, indústria de papel e celulose, indústria alimentícia, indústria mobiliária e cerâmica, indústria bélica, indústria petroquímica etc.

Vários produtos são derivados da fécula. Ela é usada até em poços de petróleo, lubrificando as brocas e formando um reboco nas paredes do poço, protegendo a rocha e facilitando o trabalho de perfuração.

Na mineração, toneladas de fécula são misturadas para separar o ferro de uma impureza, a sílica. A amilopectina, presente na fécula da mandioca, recobre as partículas de minério, fazendo então a separação.

O papel usado em impressoras de computador também contém fécula de mandioca. Ela melhora a aderência das tintas e evita borrões. Todos os outros tipos de papel também levam fécula na mistura com celulose de madeira, para dar maior resistência.

A indústria têxtil brasileira também usa fécula para engomar e fortalecer os fios.

Ela está presente também em massas, iogurtes e embutidos, dando mais consistência, viscosidade e textura.

No pãozinho francês, a fécula pode substituir até 20% da farinha de trigo, podendo, em determinadas circunstâncias, ter custo menor.

Outras informações sobre a obtenção e utilização da fécula da mandioca podem ser encontradas no capítulo sobre “Produtos e subprodutos”.

Goma

A expressão goma é usada no Norte e Nordeste do Brasil para designar a fécula de mandioca, seja recentemente extraída, ainda sedimentada no fundo da água de extração, seja logo depois de retirada, ainda úmida ou já em estado seco (Normanha, 1982). Todavia, goma também significa grude ou cola, massa pastosa, gelatinosa, viscosa, obtida com as dextrinas solúveis do amido, ou com féculas, em mistura com água e aquecidas em temperaturas elevadas.

Tapioca

A tapioca em português, além de significar o polvilho, traduz, com mais legitimidade, um derivado da fécula de mandioca, preparado pela granulação desta, enquanto ainda umedecida, e subsequente gelatinização e dextrinização parcial dos grânulos esféricos, que daí resultam por agitação do material sobre chapa aquecida ou em utensílios para isso apropriados (Normanha, 1982).

Farinha puba

São as seguintes as etapas do processamento da puba ou farinha d'água (Pazinato et al., 2003):

- Descascar a mandioca e cortar em pedaços médios.
- Colocar a mandioca em vasilha e cobrir com água.
- Deixar fermentando de 8 a 10 dias, sem trocar a água, cobrindo a vasilha com pano.
- Quando a mandioca estiver mole, passar em peneira grossa.
- Colocar a massa em saco branco e lavar até tirar todo o polvilho.
- Deixar escorrer por 12 horas.
- Quebrar a massa e colocar ao sol para secar (porções ou pedaços desta massa são colocados em sacos de polietileno e vendidos em mercados da Bahia).
- Passar em peneira para ficar bem fina e uniforme.

Sagu

É um derivado da fécula de mandioca, de certa forma semelhante em aparência e processo de obtenção, à tapioca. Enquanto a tapioca pode ter forma irregular ou ser constituída de partículas pequenas e de aspecto granuloso, o sagu costuma ser de grãos esféricos de poucos milímetros de diâmetro. Inclusive pode haver vários tipos de tapiocas e de sagus, sendo as primeiras de mais fácil obtenção.

Tiquira

É uma aguardente de mandioca preparada e engarrafada no Estado do Maranhão (Normanha, 1982).

Caxiri

É uma bebida fermentada de uma mandioca doce, produzida pelos índios Galibis do Município de Oiapoque, AP. Essa mandioca, chamada de caxiri pelos índios, tem raiz arredondada. As raízes são descascadas, lavadas e raladas. Depois são misturadas com o calassai (raiz que parece com a beterraba), para colorir a bebida. A massa é então cozida por duas horas, depois coada e deixada esfriar. Essa raiz não se presta para farinha pois, ao invés de amido, ela tem glicose.

Tucupi

O tucupi é obtido a partir do suco ou água de constituição das raízes, removido por prensagem das raízes frescas, picadas, ou da massa ralada na indústria de farinha, produzido na Região Norte do Brasil (Fig. 1). Ele contém sempre amido e parte dos demais constituintes das raízes: sais minerais, açúcares, proteínas e os glicosídeos cianogênicos. Após fervura prolongada, o líquido se espessa. Em seguida são adicionados condimentos, como sal, pimenta, folhas de jambu (*Spilanthes oleracea*, planta amazônica) e outros ingredientes, como o camarão, constituindo um caldo típico para

acrescentar-se ao mingau de goma e formar o tacacá (Fig. 2), tradicional e diariamente consumido em Belém do Pará.



Foto: Alfredo Augusto Cunha Alves

Fig. 1. Tucupi.



Foto: Alfredo Augusto Cunha Alves

Fig. 2. Tacacá.

RECEITAS

As receitas a seguir descritas foram retiradas de EMBRATER (1982), Pereira et al. (1983), ACARESC (1986) e Barros (2005).

Farofas

Farofa de azeite-de-dendê

Ingredientes:

500 g de farinha de mandioca
4 a 5 colheres (sopa) de azeite-de-dendê
1 cebola ralada ou picada
camarões secos (opcional)
coentro (opcional)
sal a gosto

Modo de fazer:

Fritar a cebola no azeite-de-dendê e, se quiser, acrescentar alguns camarões ou coentro.

Acrescentar a farinha de mandioca e mexer até ficar bem seca.

Farofa de bacon

Ingredientes:

farinha de mandioca
200 g de toucinho defumado (bacon)
2 ovos
2 colheres de manteiga ou margarina
1 cebola ralada
salsa e cebolinha picadas

Modo de fazer:

Fritar o toucinho na manteiga até ficar corado.

Acrescentar os ovos levemente mexidos, a salsa, a cebolinha e a cebola ralada.

Adicionar a farinha de mandioca aos poucos, mexendo sempre, até obter uma farofa solta.

Farofa de carne seca

Ingredientes:

farinha de mandioca

250 g de carne seca

3 colheres (sopa) de óleo (ou azeite-de-dendê)

1 cebola

salsa picada

pimenta-do-reino

2 colheres (sopa) de manteiga ou margarina

Modo de fazer:

Aferventar a carne seca, desfiar e refogar no óleo, com a cebola bem picada, a salsa e a pimenta-do-reino.

Depois da carne seca bem refogada, juntar a margarina e a farinha de mandioca, aos poucos, mexendo sempre.

Farofa caseira

Ingredientes:

1 xícara de farinha de mandioca

3 ovos cozidos

½ xícara de manteiga ou margarina derretida

sal a gosto

6 azeitonas

Modo de fazer:

Descascar os ovos, cortá-los pela metade e retirar as gemas.

Picar as gemas e reservar as metades das claras.

Aquecer a farinha de mandioca em uma frigideira, em fogo médio, mexendo sempre, até dourar ligeiramente.

Misturar a manteiga ou margarina derretida e a farinha de mandioca, inexistindo até que a manteiga seja absorvida.

Acrescentar as gemas picadas e sal a gosto.

Servir enfeitando com as metades das claras cozidas, colocando uma azeitona em cada metade.

Sugestão:

Acompanhar carne ou frango assados.

Farofa d'água

Ingredientes:

2 xícaras de farinha de mandioca
2 colheres (sopa) de salsa picada
1 cebola média picada
½ xícara de água morna
sal a gosto

Modo de fazer:

Misturar a farinha com sal, a salsa e a cebola picadas.
Respingar água aos poucos e mexer sempre, para conseguir uma farofa grossa.

Farofa doce

Ingredientes:

3 colheres (sopa) de manteiga ou margarina
6 colheres (sopa) de óleo
1 xícara (chá) de cebola picada
1 xícara (chá) de uvas passas
1 xícara (chá) de ameixa picada
2 xícaras (chá) de farinha de mandioca
½ xícara (chá) de mandioca
não leva sal

Modo de fazer:

Esquentar 2 colheres de manteiga ou margarina com 1 de óleo.
Refogar a cebola, as passas e as ameixas.
Juntar a água, deixar ferver por uns 2 a 3 minutos e retirar do fogo.
Quanto estiver morna, juntar a farinha de mandioca e mexer bem.

Farofa com frutas

Ingredientes:

2 xícaras de farinha de mandioca
3 colheres (sopa) de manteiga ou margarina
1 xícara de uvas passas
10 figos em calda picados

Modo de fazer:

Derreter a manteiga em uma frigideira de fundo largo.

Utilizando fogo baixo, colocar a farinha mexendo sempre, até que esteja uniformemente torrada.

Desligar o fogo e acrescentar à farinha, ainda quente, as uvas passas e os figos picados.

Misturar bem.

Sugestão:

Servir acompanhando carne, frango, pernil ou peru assados.

Farofa de miúdos de aves

Ingredientes:

farinha de mandioca

300 g de miúdos de aves bem picados

2 colheres (sopa) de óleo ou azeite

100 g de ameixas secas picadas

100 g de manteiga ou margarina

2 ovos cozidos e picados

8 azeitonas picadas

salsa e cebolinha picadas

1 cebola ralada

2 dentes de alho amassados

sal a gosto

Modo de fazer:

Temperar os miúdos com alho e sal e refogar no óleo.

Em fogo médio, acrescentar a manteiga, a cebola, a salsa, a cebolinha e as azeitonas e mexer.

Adicionar aos poucos a farinha de mandioca, sem parar de mexer, até ficar solta.

Acrescentar as ameixas e os ovos e misturar bem.

Sugestão:

Para rechear papo de peru e outras aves.

Farofa de ovos

Ingredientes:

farinha de mandioca

1 cebola ralada

4 colheres(sopa) de manteiga ou margarina

4 ovos

sal a gosto

banana a gosto

Modo de fazer:

Fritar a cebola na manteiga ou margarina até dourar.

Acrescentar os ovos, mexendo constantemente até ficarem esfarelados.

Acrescentar a farinha de mandioca e o sal e deixar fritar até a farofa ficar solta.

Tirar do fogo e acrescentar a banana picada.

Farofa simples

Ingredientes:

farinha de mandioca o necessário

½ xícara de manteiga ou margarina

1 cebola

¼ de xícara de salsa picada

sal e pimenta a gosto

Modo de fazer:

Picar a cebola em rodela bem finas, acrescentar salsa picada, sal e pimenta e refogar na manteiga.

Acrescentar aos poucos a farinha de mandioca, mexendo sempre, até a farofa ficar bem solta.

Pirões

Pirão de cabeça de peixe

Ingredientes:

farinha de mandioca torrada

2 cebolas

4 colheres (sopa) de óleo
2 colheres (sopa) de azeite-de-dendê
1 dente de alho
6 tomates médios
3 a 4 cabeças de peixe (pequenas)
200 g de camarão (opcional)
1 limão pequeno
coentro, pimenta-do-reino e sal a gosto

Modo de fazer:

Preparar um refogado com óleo, cebola, azeite-de-dendê, alho, coentro e tomates sem pele (ou batidos no liquidificador); se quiser o caldo fino, bater todos os ingredientes no liquidificador e passar na peneira.

Acrescentar os camarões e as cabeças de peixe e deixar cozinhar bem.

Retirar as cabeças de peixe depois de cozidas, separar das espinhas, desfiar e retornar ao molho.

Acrescentar suco de limão.

Acrescentar a farinha de mandioca torrada umedecida, formando um pirão de consistência não muito dura.

Sugestão:

Acompanha moqueca de peixe.

Pirão cremoso

Ingredientes:

250 g de farinha de mandioca crua
½ xícara de salame picado
2 colheres (sopa) de óleo

Modo de fazer:

Fritar o salame no óleo.

Acrescentar aos poucos a farinha de mandioca, mexendo bem.

Acrescentar aos poucos água fervente até dar consistência de purê.

Mexer sempre até cozinhar bem.

Pirão de farinha de mandioca

Ingredientes:

farinha de mandioca quanto necessário

1 xícara de caldo de carne

Modo de fazer:

Aquecer o caldo.

Desmanchar a farinha em água fria e adicionar aos poucos, mexendo sempre, até adquirir consistência de mingau grosso.

Nota:

Quando prato de acompanhamento e guarnição de pratos especiais, o pirão é preparado com o próprio caldo das aves ou peixes.

Pirão de peixe ou de galinha

Ingredientes:

1 xícara de farinha branca de mandioca

3 xícaras de caldo de peixe ou de galinha

Modo de fazer:

Levar ao fogo, numa panela, o caldo de peixe ou de galinha.

Adicionar aos poucos a farinha de mandioca sem parar de mexer, em fogo médio, até que engrosse.

Sugestão:

Servir acompanhando peixe ou frango ensopado.

Tutu de feijão

Ingredientes:

1 xícara de farinha de mandioca

500 g de feijão

2 cebolas pequenas

1 dente de alho

3 colheres (sopa) de óleo

500 g de toucinho

2 ovos

Modo de fazer:

Preparar o feijão de acordo com o costume e depois bater no liquidificador.

Temperar o toucinho, cortar em pedaços pequenos e fritar em fogo brando.

Retirar os torresmos e, na gordura, fritar os temperos (cebola e alho). Adicionar à massa de feijão.

Acrescentar, lentamente e mexendo sempre, a farinha de mandioca, até ficar pirão mole.

Servir com torresmo e ovos cozidos ou fritos. Acompanha arroz e carne refogada.

Virado de feijão

Ingredientes:

farinha de mandioca quanto necessário

2 colheres (sopa) de banha ou óleo

½ colher (sopa) de cheiro-verde

alho, cebola, pimentões verdes a gosto

sal a gosto

feijão temperado (sobras) quanto tiver

Modo de fazer:

Refogar os temperos na banha quente.

Aquecer o feijão, escorrer o caldo e juntar ao refogado de temperos.

Fritar um pouco.

Acrescentar a farinha de mandioca aos poucos, mexendo sempre, até ficar solto.

Mingaus

Mingau do Bolinha

Ingredientes:

250 g de farinha de tapioca

1 xícara (chá) de leite de coco grosso

2 litros de leite de coco ralo
açúcar a gosto
1 pitada de sal
cravo e canela a gosto

Modo de fazer:

Colocar a tapioca de molho numa tigela, cobrir com água e deixar por umas três horas.

Num caldeirão, colocar a tapioca inchada, juntar o leite de coco ralo, que foi extraído de um só coco, misturando-se 2 litros de água ao seu bagaço.

Temperar com açúcar, sal, canela e cravo e levar ao fogo, mexendo sempre.

Quando começar a engrossar, juntar o leite de coco grosso e cozinhar por mais cinco minutos.

Servir polvilhado de canela em pó.

Mingau de carimã

Ingredientes:

1 xícara (chá) de carimã ou puba
1 coco grande
½ xícara (chá) de açúcar
cravos-da-Índia e canela em pó a gosto

Modo de fazer:

Colocar a carimã sobre um pano fino. Fazer uma trouxinha e lavar em água corrente por alguns minutos, esfregando bem entre as mãos.

Espremer bem e deixar secar em lugar exposto ao sol.

Passar numa peneira apoiada num panela e reservar.

Ralar o coco e espremer para retirar o leite grosso e o leite fino (o leite grosso se obtém juntando a água de coco ao coco ralado; espremer num pano e reservar. Para o leite fino, juntar 2 litros de água ao bagaço, colocar para amornar na tampa de uma panela e espremer num pano).

Juntar o leite fino à carimã, levar ao fogo brando e cozinhar, mexendo com uma colher de pau, até a mistura engrossar, acrescentando um pouco de água, se necessário.

Juntar o leite grosso, o açúcar, cravo e canela a gosto, e continuar o cozimento até o mingau ficar espesso.

Tirar do fogo, colocar em pratos fundos e levar em seguida à mesa.

Mingau de mandioca cozida

Ingredientes:

1 xícara (chá) de mandioca cozida

1 litro de leite

1 colher (chá) de manteiga ou margarina

1 pitada de sal

açúcar a gosto

Modo de fazer:

Bater tudo no liquidificador.

Levar ao fogo para dar uma ligeira fervura.

Mingau de mandioca crua e fresca

Ingredientes:

2 xícaras (chá) de mandioca picadinha

2 litros de leite

1 lata de leite condensado

Modo de fazer:

Bater bem a mandioca com um pouco do leite, coar numa panela com o restante do leite.

Despejar o leite condensado e levar ao fogo para cozinhar por 10 minutos.

Servir quente, em canecas, polvilhado com canela.

Beiju

Ingredientes:

500 g de polvilho doce

água fria

Modo de fazer:

Umedecer o polvilho doce com água suficiente para conseguir uma espécie de farofa bem granulada.

Passar por uma peneirinha uma porção dessa farofa, deixando-a cair em uma pequena frigideira sobre o fogo.

Virar o beiju quando a farofa se unificar, formando uma espécie de panqueca.

Depois de alguns segundos, retirar do fogo, passar manteiga e enrolar.

Repetir a mesma operação, até terminar a farofa.

Bolos, pudins e tortas

Bolo de aipim (1)

Ingredientes:

400 g de aipim ralado

400 g de açúcar

200 g de coco ralado

150 g de manteiga

4 ovos inteiros

1 colher (sopa) de baunilha

1 colher (sopa) de farinha de trigo

2 colheres (chá) de fermento

Modo de fazer:

Misturar o açúcar, a manteiga, os ovos e a baunilha, acrescentando em seguida o aipim ralado, o coco e a farinha de trigo, mexendo bem essa massa e, por último, junte o fermento.

Levar ao forno em forma untada que dê para abrir.

Deixar assar durante 30 a 40 minutos.

Cobertura:

1 xícara de nata gelada

2 colheres (sopa) rasas de açúcar

2 colheres de baunilha

Modo de fazer:

Bater a nata gelada até endurecer.

Acrescentar o açúcar e a baunilha.

Cobrir o bolo quando estiver frio.

Bolo de aipim (2)

Ingredientes:

600 g de aipim

3 ovos

1 xícara (chá) de leite de coco

2 xícaras (chá) de açúcar

3 colheres (sopa) de margarina ou manteiga

Modo de fazer:

Descascar o aipim, cortar em pequenos pedaços e liquidificar juntamente com os demais ingredientes.

Levar ao forno quente em forma untada e polvilhada.

Se quiser, enfeitar com algumas castanhas de caju antes de ir ao forno.

Bolo de aipim (3)

Ingredientes:

2 aipims médios, cozidos

3 ovos

1 lata de leite condensado

1 copo de leite ou 1 vidro (pequeno) de leite de coco

100 g de manteiga

5 colheres (sopa) de farinha de trigo

2 xícaras de açúcar

1 colher (sobremesa) de fermento em pó

1 pitada de sal

Modo de fazer:

Passar o aipim e o leite no liquidificador. Coar em peneira fina.

Bater as claras e as gemas, juntar os demais ingredientes e mexer bem.

Levar ao forno em forma untada durante 30 ou 40 minutos.

Bolo de mandioca (1)

Ingredientes:

1 kg de mandioca crua, ralada ou moída

1 xícara (chá) de açúcar refinado

½ xícara (chá) de manteiga ou margarina
6 ovos
1 colher (sopa) de fermento em pó
1 pacote de coco ralado (opcional)

Modo de fazer:

Ralar ou moer a mandioca.
Bater o açúcar com a manteiga até formar um creme.
Juntar as gemas, uma a uma, batendo sempre.
Acrescentar o fermento e a mandioca ralada, misturando bem.
Misturar levemente as claras em neve.
Colocar em forma untada e enfarinhada.
Assar em forno quente por 45 minutos.

Bolo de mandioca (2)

Ingredientes:

3 xícaras (chá) de mandioca crua ralada
3 ovos
1 colher (sopa) de fermento em pó
½ xícara (chá) de queijo ralado
3 colheres (sopa) de óleo ou margarina
1 colher (chá) de sal
½ xícara (chá) de leite
2 xícaras (chá) de açúcar

Modo de fazer:

Ralar a mandioca.
Espremer a mandioca em pano fino.
Esfarinhar a massa até ficar bem solta.
Bater o óleo ou margarina com o açúcar.
Acrescentar as gemas, sal, mandioca, leite, queijo e fermento.
Bater as claras em neve e juntar à massa, misturando levemente.
Colocar em forma e assar, mais ou menos por 1 hora.

Bolo de mandioca (3)

Ingredientes:

600 g de mandioca crua ralada

600 g de açúcar
200 g de coco ralado
150 g de manteiga
2 ovos
4 colheres (sopa) de leite

Modo de fazer:

Misturar à mandioca ralada os demais ingredientes.

Bater as claras em neve.

Juntar à massa sem bater.

Assar no forno ou cozinhar em banho-maria.

Bolo de mandioca (4)

Ingredientes:

1 kg de mandioca cozida e amassada

1 coco ralado

1 colher (sopa) de margarina

2 xícaras de açúcar

200 ml de leite de coco

1 pitada de sal

erva doce a gosto

Modo de fazer:

Misturar bem todos os outros ingredientes.

Colocar em forma untada

Assar em forno moderado.

Bolo de mandioca (5)

Ingredientes:

1 ½ xícara de açúcar

2 colheres (sopa) de manteiga ou margarina

4 ovos batidos com uma pitada de sal

2 xícaras de mandioca (crua) ralada

1 colher (sopa) de fermento em pó

1 lata de marmelada ou qualquer outro doce

Modo de fazer:

Ralar e espremer bem a mandioca.

Misturar bem a mandioca aos demais ingredientes, menos o doce.

Despejar em uma forma untada e polvilhada.

Colocar, sobre a massa, pedacinhos de doce.

Levar ao forno para assar.

Bolo pé de moleque

Ingredientes:

4 gemas

3 claras

1 copo (puro) de leite de coco

2 colheres (sopa) de manteiga

500 g de açúcar mascavo em calda grossa

500 g de massa de mandioca

200 g de castanhas de caju assadas, passadas na máquina e peneiradas

100 g de castanhas de caju assadas e inteiras

1 colher (chá) de erva-doce, torrada e em pó

2 colheres (chá) de canela em pó

1 colher (chá) de cravo em pó

1 colher (chá) de sal

2 colheres (sopa) de chocolate em pó

1 copo de leite de vaca

1 coco ralado

Modo de fazer:

Ferver o leite de vaca e despejar sobre o coco ralado. Misturar bem e espremer.

Colocar o açúcar mascavo no fogo com um pouco de água para fazer uma calda grossa.

Com a calda já pronta e fervendo, no fogo, colocar a massa de mandioca, mexendo sempre, até ficar bem escaldada.

Acrescentar os ovos, o leite de coco, a castanha que foi passada na máquina, a canela em pó, erva-doce, cravo, o chocolate em pó e o leite de coco.

Misturar bem e levar ao forno em forma untada.

Deixar no forno por uns 10 minutos, retirar e colocar em cima as castanhas inteiras. Levar novamente ao forno para terminar de assar.

Bolo de polvilho

Ingredientes:

4 xícaras de polvilho

3 xícaras de açúcar

1 xícara de manteiga

1 xícara de leite de coco

1 xícara de fermento em pó

Modo de fazer:

Juntar o polvilho, o açúcar, a manteiga, o fermento em pó e, por último, o leite de coco.

Bater bem até ficar cremoso.

Untar a forma e polvilhar com trigo.

Assar em forno regular.

Bolo quero mais

Ingredientes:

2 xícaras de mandioca crua ralada

2 xícaras de farinha de trigo

½ xícara de açúcar

2 ovos

1 colher (sopa) de manteiga

1 colher (chá) de fermento em pó

1 xícara de leite

Modo de fazer:

Bater os ovos com o açúcar e a manteiga até ficar como creme.

Acrescentar a mandioca crua ralada.

Peneirar a farinha de trigo com o fermento e adicionar à mistura, alternando com o leite.

Colocar em forma untada.

Assar em forno médio.

Pudim de forno com mandioca, coco e abacaxi

Ingredientes:

3 xícaras (chá) de mandioca crua e ralada

4 ½ xícaras de açúcar

1 abacaxi pequeno sem casca e sem miolo, picado

5 ovos

1 colher (sopa) de margarina

1 colher (sopa) de amido de milho

1 xícara (chá) de coco ralado (opcional)

Modo de fazer:

Misturar a mandioca e o açúcar em uma vasilha.

Bater os ovos e acrescentar.

Colocar o abacaxi, a margarina, o amido de milho, o coco ralado e mexer até que a massa fique homogênea.

Distribuir a massa em uma forma untada.

Levar ao forno durante 45 minutos.

Pudim gostoso

Ingredientes:

2 xícaras de mandioca cozida e moída

2 xícaras de açúcar

2 xícaras de leite

3 ovos

½ pacote de coco ou 1 xícara de amendoim torrado e moído

1 colher de farinha de trigo

Modo de fazer:

Juntar todos os ingredientes e levar ao liquidificador para bater bem, ou bater à mão. Caramelizar a forma de pudim com uma xícara de açúcar, despejar a massa e levar para cozinhar em banho-maria.

Pudim de mandioca com coco

Ingredientes:

½ kg de mandioca

1 colher (sopa) de manteiga

4 gemas

açúcar a gosto
1 pitada de sal
1 colher (chá) de erva-doce
1 coco ralado
2 xícaras de leite

Modo de fazer:

Ralar a mandioca.
Juntar os demais ingredientes.
Misturar muito bem.
Colocar em forma untada.
Assar em forno com temperatura regular.

Pudim ternura

Ingredientes:

500 g de mandioca cozida e amassada
1 lata de leite condensado
1 xícara de leite
2 colheres (sopa) de manteiga
3 ovos

Modo de fazer:

Misturar o leite condensado com a mandioca, o leite, a manteiga e as gemas.

Bater as claras em neve e envolver delicadamente a massa.

Despejar em forma caramelizada e assar em banho-maria, durante 15 minutos.

Torta de mandioca e coco

Ingredientes:

1 kg de mandioca crua e ralada
1 coco ralado
¾ de xícara de queijo ralado
3 ovos
2 ½ xícaras de açúcar
1 colher (sopa) de manteiga
1 colher (sopa) de fermento em pó.

Modo de fazer:

Bater os ovos com o açúcar.

Acrescentar a manteiga, o coco ralado e o queijo e misturar.

Acrescentar a mandioca e o fermento.

Assar em forma untada com manteiga.

Usar forno moderado.

Torta especial de mandioca

Ingredientes:

2 ½ xícaras de mandioca crua ralada

200 g de coco ralado ou um coco fresco ralado

2 xícaras de açúcar

5 ovos

2 colheres (sopa) de manteiga ou margarina

2 xícaras de leite

Modo de fazer:

Juntar a manteiga e o açúcar e bater até ficar cremoso.

Adicionar as gemas, batendo bem.

Acrescentar a mandioca espremida, o coco e o leite.

Juntar as claras em neve, misturando delicadamente.

Assar em forma untada.

Doces diversos

Beijinhos

Ingredientes:

1 prato fundo de mandioca cozida e moída

1 lata de leite condensado

½ lata de açúcar

1 colher (sopa) de manteiga

1 pacotinho de cravo.

Modo de fazer:

Colocar a mandioca e os demais ingredientes, menos o cravo, em uma panela, levando ao fogo para cozinhar até desprender do fundo da panela.

Retirar do fogo e deixar esfriar.

Enrolar bolinhas, passar pelo coco ralado, colocar em forminhas de papel e decorar com o cravo.

Biscoito sprits

Ingredientes:

6 ovos

3 copos de farinha de trigo

4 xícaras (chá) de açúcar cristal

3 colheres (sopa) de banha

3 colheres (sopa) de manteiga ou margarina

1 colher de (sopa) de fermento em pó

coco ralado a gosto

polvilho

Modo de fazer:

Misturar todos os ingredientes.

Colocar o polvilho aos poucos, até dar o ponto de enrolar.

Fazer os biscoitos.

Assar em forno quente.

Bolachinhas mimosas

Ingredientes:

1 xícara de polvilho doce

1 xícara de farinha de trigo

1 xícara de açúcar

2 colheres (sopa) de manteiga

1 colher (sopa) de bicarbonato de amônio

Modo de fazer:

Misturar todos os ingredientes, amassando muito bem.

Estender a massa com rolo e cortar as bolachinhas.

Pinçar com gema batida e polvilhar com açúcar cristal.

Colocar em assadeira untada e polvilhada.

Assar em forno quente.

Bom-bocado de coco

Ingredientes:

- 1 kg de mandioca crua ralada
- 3 xícaras de açúcar
- 4 ovos
- 1 colher (sopa) de manteiga ou margarina
- 2 xícaras de coco ralado ou queijo de minas
- 1 colher (sopa) de fermento em pó.

Modo de fazer:

Misturar as gemas, o açúcar, a manteiga, a mandioca, o coco e o fermento em pó.

Acrescentar, por último, as claras em neve.

Assar em forma untada com margarina.

Brevidade

Ingredientes:

- 500 g de polvilho doce
- 5 ovos
- 2 ½ xícaras de açúcar
- 1 colher (chá) de sal

Modo de fazer:

Bater tudo muito fortemente (se possível na batedeira) durante 20 minutos, até que a massa se torne esbranquiçada e espessa.

Assar em forminhas untadas em forno moderado durante 10 a 15 minutos.

Chico balanceado

Ingredientes:

- 2 xícaras de mandioca crua ralada
- 1 litro de leite
- 1 xícara de açúcar
- 2 claras
- cravo, canela, baunilha

Modo de fazer:

Ferver o leite com o cravo, a canela e a baunilha.

Acrescentar a mandioca e o açúcar e deixar no fogo por 15 minutos, mexendo regularmente.

Colocar em forma untada e cobrir com as claras em neve.

Levar ao forno, deixando dourar.

Compota de mandioca

Ingredientes:

mandioca descascada

sal

açúcar

canela em pau

cravo

Modo de fazer:

Descascar algumas mandiocas.

Cortar em rodelas e cozinhar em água com uma pitada de sal.

Fazer uma calda de açúcar, à qual se juntam pedaços de canela em pau e cravo.

Colocar as rodelas de mandioca em uma compoteira e despejar a calda por cima.

Docinhos de mandioca

Ingredientes:

1 kg de mandioca cozida e amassada

350 g de açúcar refinado

canela e baunilha a gosto

Modo de fazer:

Misturar todos os ingredientes.

Levar ao fogo.

Mexer até desprender da panela.

Enrolar os docinhos e passar em açúcar cristal ou de confeitiro.

Engorda padre

Ingredientes:

1kg de mandioca crua e ralada
leite o suficiente
4 xícaras de açúcar
½ xícara de manteiga
cravo a gosto
canela a gosto
3 ovos
½ colher (sopa) de fermento em pó

Modo de fazer:

Deixar a mandioca de molho, em água fria, durante 30 minutos. Espremer bem e adicionar leite até dar consistência de papa. Juntar a manteiga, o açúcar, o cravo e a canela, mexendo sempre. Acrescentar os ovos e o fermento misturando bem. Colocar em assadeira untada. Assar em forno quente. Cortar em quadradinhos e polvilhar com açúcar e canela.

Pãezinhos de mandioca (1)

Ingredientes:

½ kg de mandioca
1 copo de leite
1 colher (sopa) de fermento
1 colher (sopa) de manteiga
2 gemas
5 colheres (sopa) de farinha de trigo
5 colheres (sopa) de açúcar
1 pitada de sal

Modo de fazer:

Desmanchar o fermento num copo de leite e juntar a farinha de trigo, deixando crescer durante meia hora.

Depois, misturar a mandioca amassada, as gemas e o açúcar.

Adicionar a farinha até conseguir os pães e deixar descansar mais meia hora.

Levar ao forno.

Pãezinhos de mandioca (2)

Ingredientes:

1 kg de mandioca cozida em água e sal
2 colheres (sopa) de fermento granulado
2 colheres (sopa) de açúcar
1 xícara de água morna
½ kg de farinha de trigo
2 ovos
1 colher (sopa) de gordura
sal a gosto

Modo de fazer:

Lavar, descascar e cozinhar a mandioca em água e sal.
Escorrer e amassar, passando em espremedor ou peneira.
Retirar os fios.

Colocar numa tigela o fermento, o açúcar e a água morna.

Misturar com uma colher de pau e deixar crescer.

Acrescentar o fermento, já crescido, os ovos, a gordura e, aos poucos, a farinha de trigo.

Misturar bem, amassar e fazer os pãezinhos, colocando em forma untada.

Deixar crescer e assar.

Pãezinhos de mandioca (3)

Ingredientes:

½ kg de mandioca
1 copo de leite
1 colher (sopa) de fermento
1 colher de manteiga
2 gemas
5 colheres (sopa) de farinha de trigo
5 colheres (sopa) de açúcar
1 pitada de sal

Modo de fazer:

Desmanchar o fermento num copo de leite, juntar a farinha de trigo e deixar crescer durante meia hora.

Depois, misturar a mandioca amassada, as gemas e o açúcar.
Adicionar farinha de trigo até conseguir os pães.
Deixar descansar mais meia hora.
Levar ao forno.

Pão de mandioca (1)

Ingredientes:

1 prato raso de mandioca (aipim) cozido
1 prato raso de farinha de trigo
6 ovos
2 colheres (chá) de fermento
3 pires de açúcar
1 xícara de leite
2 colheres (sopa) de banha
sal e canela a gosto

Modo de fazer:

Bater as claras em neve e depois acrescentar as gemas, sem parar de bater.

Em seguida, juntar numa vasilha grande os ovos batidos, o aipim cozido, já moído, e a banha.

Bater bem e adicionar o fermento dissolvido no leite.

Acrescentar o açúcar e o sal, a canela e a farinha de trigo peneirada.

Amassar bem e misturar até se formarem bolhas.

Deixar a massa em repouso durante 1 hora, coberta com um pano.

Passado esse tempo, fazer os pães e levar ao forno quente em forma untada.

Pão de mandioca (2)

Ingredientes:

1 lata de leite condensado
2 colheres (sopa) de manteiga
3 ovos
2 tabletes de fermento (15 g cada)
1 colher (sopa) de açúcar

- 1 colher (café) de sal
- ½ kg de mandioca crua, ralada bem fina
- 6 xícaras (chá) de farinha de trigo

Modo de fazer:

Bater em creme o leite condensado com a manteiga e os ovos.
Juntar o fermento dissolvido no açúcar, o sal e a mandioca.

Acrescentar a farinha aos poucos, amassando até obter uma massa lisa, que não grude nas mãos.

Fazer dois pães grandes ou pãezinhos, colocar em assadeira untada e enfarinhada, cobrir e deixar crescer.

Pincelar com gema e assar em forno quente (200º) por 20 minutos.

Pão de mandioca (3)

Ingredientes:

- 2 xícaras (chá) de farinha de trigo
- 1 ½ xícara (chá) de mandioca cozida e passada na máquina
- ½ xícara (chá) de gordura derretida
- ¼ de xícara de água morna
- 3 colheres (sopa) de açúcar
- ½ colher (chá) de sal
- 1 ½ colher de fermento granulado ou 2 tabletes
- 1 ovo

Modo de fazer:

Colocar o fermento na água morna com uma colher (sopa) de açúcar e deixar crescer.

Bater os ovos e acrescentar os demais ingredientes, deixando a farinha de trigo para o fim.

Misturar tudo muito bem.

Juntar o trigo e amassar até a mistura ficar macia e sem grudar.

Sovar para ficar bem lisa.

Colocar em vasilha untada e deixar descansar até dobrar de volume.

Sovar novamente a massa, formar os pães, deixando crescer até dobrar de volume.

Antes de assar, passar gordura.

Assar em forno quente.

Pão de mandioca (4)

Ingredientes:

- 1 kg de mandioca
- 4 ovos (claras separadas)
- 3 tabletes de fermento biológico
- 1 xícara (chá) de gordura derretida
- 2 xícaras (chá) de açúcar refinado (bem cheias)
- 1 xícara (chá) de leite
- 1 colher (café) de sal

Modo de fazer:

- Cozinhar e moer a mandioca.
- Bater as claras em neve, juntando as gemas.
- Dissolver o fermento no leite morno.
- Juntar todos os ingredientes ao fermento dissolvido.
- Acrescentar o trigo até desgrudar das mãos.
- Enrolar os pãezinhos, recheando com mortadela moída e temperada com cebola, cheiro-verde e catchup.
- Colocar em assadeira polvilhada com farinha de trigo.
- Deixar crescer.
- Assar em forno pré-aquecido.

Pão de mandioca com farinha de milho

Ingredientes:

- 2 kg de farinha de trigo
- 1 kg de mandioca ralada
- ½ kg de farinha de milho
- 1 colher (sopa) de fermento de pão
- 3 colheres (sopa) de açúcar
- 1 colher (chá) de sal
- água fervida

Modo de fazer:

- Dissolver o fermento em água morna com açúcar.
- Escaldar a mandioca ralada em água fervente.
- Acrescentar o sal, o açúcar e a farinha de milho, tornando a mexer bem.

Descansar a massa por 1 hora e meia.

Dividir a massa em formas untadas e deixar crescer por meia hora.

Levar ao forno.

Pão de minuto com mandioca e soja

Ingredientes:

1 xícara de mandioca cozida e amassada

2 xícaras de farinha de trigo

½ xícara de farinha de soja

1 ½ colher (sopa) de manteiga

2 ovos

1 ½ colher (sopa) de fermento em pó

1 ½ colher (sopa) de açúcar

1 colher (sopa) de leite

1 colherinha de sal

Modo de fazer:

Misturar os ingredientes.

Amassar com as pontas dos dedos.

Fazer pequenas bolinhas.

Deixar repousar em forma untada durante 10 minutos.

Levar para assar em forno quente.

Pão doce de mandioca

Ingredientes:

2 ½ xícaras de mandioca cozida e amassada

2 ½ xícara de farinha de trigo

6 ovos

1 colher (sopa) de fermento biológico granulado

2 xícaras de açúcar

1 xícara de leite morno

3 colheres (sopa) de gordura

sal e canela a gosto

Modo de fazer:

Bater as claras em neve.

Acrescentar as gemas sem parar de bater.

Acrescentar a mandioca e a gordura.

Bater mais um pouco.

Juntar o fermento dissolvido no leite.

Acrescentar por último o açúcar, o sal, a canela e a farinha de trigo peneirada. Amassar bem até formar bolhas.

Deixar a massa coberta em repouso por uma hora.

Dividir a massa em pães e levar ao forno quente até que estejam dourados.

Quadrinhos de chocolate

Ingredientes:

750 g de polvilho

2/3 de xícara de chocolate em pó

3/4 de xícara de manteiga

2 xícaras de açúcar

1 colher (chá) de sal

4 ovos

Modo de fazer:

Peneirar juntos o polvilho e o chocolate.

Bater em creme a manteiga, o açúcar e o sal.

Acrescentar os ovos inteiros e continuar a bater.

Por último, adicionar a mistura de polvilho e chocolate e amassar bem até obter uma massa homogênea.

Estender a massa em superfície ligeiramente enfarinhada com espessura de cerca de 0,5 cm e cortar em quadrinhos.

Arrumar, distanciados, em assadeira untada e assar em forno moderado por 10 a 15 minutos.

Enfeitar, se desejar, com pedacinhos de nozes ou amendoim.

Quebra-quebra especial

Ingredientes:

2 xícaras de polvilho doce peneirado

1 xícara de farinha de trigo

1 xícara de açúcar refinado

1 xícara de óleo

- 1 colher (sopa) de manteiga
- 2 ovos
- 3 colheres (sopa) de queijo (opcional)

Modo de fazer:

Misturar todos os ingrediente e sovar bem.
Enrolar bolinhas.
Assar em forno moderado.

Queijadinha

Ingredientes:

- 1 kg de mandioca crua ralada e espremida
- 1 kg de açúcar
- 150 g de manteiga
- 150 g de farinha de trigo
- 1 lata de leite condensado
- 300 g de coco ralado
- 2 colheres de fermento em pó
- 10 ovos batidos

Modo de fazer:

Misturar bem todos os ingredientes, deixando por último os ovos batidos e o fermento.

Levar para assar em forminhas de empadinhas de alumínio ou de papel.

Rosca de mandioca

Ingredientes:

- 250 g de mandioca
- 100 g de açúcar
- 100 g de manteiga
- 600 g de farinha de trigo
- 1 tablete de fermento de pão
- 1 xícara de leite ou caldo de laranja
- 1 colher (sopa) de canela em pó
- 1 colher (chá) de sal
- 2 xícaras de açúcar fino

- 2 ovos inteiros
- 2 gemas para pincelar

Modo de fazer:

Numa tigela, desmanchar o fermento no leite morno.

Juntar 1 xícara de farinha de trigo, misturar bem e deixar crescer por uma hora.

Colocar a mandioca amassada, as claras em neve e as gemas, o açúcar, a manteiga, o sal e a canela.

Bater bem e ir colocando a farinha de trigo.

Sovar até formar bolhas na massa.

Fazer uma trança e unir as pontas, formando uma rosca.

Colocar em assadeira untada e, por cima da rosca, colocar o glacê preparado do seguinte modo: levar ao fogo, em banho-maria, o açúcar, o leite (ou caldo de laranja) até o ponto de glacê.

Rosquinha de mandioca

Ingredientes:

- 2 ½ xícaras de mandioca cozida e amassada
- 2 gemas
- ½ colher (chá) de sal
- 1 colher (chá) de fermento em pó
- 1 colher (sopa) de açúcar
- 1 colher (sopa) de manteiga
- farinha de trigo para ligar

Modo de fazer:

Misturar todos os ingredientes formando uma massa própria para rosquinhas.

Fritar em óleo quente.

Passar no açúcar com canela.

Sequilhos

Ingredientes:

- 3 pires de polvilho
- 1 pires de farinha de trigo
- 2 xícaras de açúcar

- 4 gemas
- 1 clara
- 4 colheres (sopa) de banha
- 1 colher (sopa) de manteiga
- 10 colheres (sopa) de maisena
- ½ xícara de leite
- 1 colher de fermento

Modo de fazer:

Misturar a farinha, acrescentar as gemas, a banha, a manteiga derretida, o açúcar, as claras batidas em neves e, por último, o fermento.

Fazer bolinhos e colocar em uma assadeira untada, não muito perto um do outro, pois eles crescem.

Levar ao forno para assar.

Sequilhos de polvilho doce (1)

Ingredientes:

- 500 g de polvilho doce
- ½ xícara de manteiga
- 1 ½ xícara de açúcar
- 1 colher (chá) de sal
- 2 ovos

Modo de fazer:

Bater a manteiga com o sal e o açúcar até ficar como creme.

Juntar os ovos e o polvilho.

Amassar bem até ligar completamente.

Colocar sobre a mesa polvilhada e enrolar bastões, na espessura de 1 cm.

Cortar pequenos pedaços e arrumar em assadeira untada.

Assar em forno moderado por 15 minutos.

Sequilhos de polvilho doce (2)

Ingredientes:

- 1 kg de polvilho doce
- 2 copos de açúcar refinado
- 1 xícara (chá) de margarina ou manteiga
- 3 ovos

1 colher (sopa) de coco ralado
1 colher (café) de fermento em pó

Modo de fazer:

Misturar todos os ingredientes e, por último, o polvilho.
Amassar até dar o ponto de enrolar.
Enrolar em formato de bolinhas.
Assar em forno quente.

Sonhos de mandioca

Ingredientes:

1 kg de mandioca cozida e amassada
1 ovo
1 colher (sopa) de manteiga
1 colher (sopa) de farinha de trigo

Modo de fazer:

Misturar todos os ingredientes.
Fazer sonhos e fritar em óleo quente.
Rechear com doce ou geléia a gosto.
Polvilhar com açúcar e canela em pó.

Salgados diversos

Biscoitão de mandioca

Ingredientes:

½ xícara de mandioca cozida e amassada
2 ovos
2 colheres (sopa) de manteiga
sal
geléia e queijo para recheio

Modo de fazer:

Misturar a mandioca com a manteiga, os ovos e o sal.
Abrir a massa, com as mãos, sobre a mesa.
Rechear com geléia e queijo.
Enrolar e assar.

Biscoito de polvilho apimentado

Ingredientes:

3 medidas de polvilho doce (usar o pote de margarina como medida)

1 medida de óleo

1 medida de água

sal a gosto

1 cebola grande

pimenta ardida a gosto

ovos

Modo de fazer:

Ferver a água com o óleo e o sal

Escaldar o polvilho.

Sovar bastante enquanto estiver quente.

Bater no liquidificador a cebola e a pimenta e juntar à massa.

Colocar os ovos até dar ponto de massa mole.

Fazer os biscoitos.

Assar em forno quente.

Biscoito de polvilho doce

Ingredientes:

4 xícaras de polvilho doce

1 xícara de banha ou óleo

1 xícara de água

1 colher (chá) de sal

12 ovos

Modo de fazer:

Escaldar o polvilho com a banha, a água e o sal.

Deixar esfriar.

Amassar com os ovos.

Fazer os biscoitos.

Assar em forno moderado.

Bolinhos apetitosos

Ingredientes:

- 1 prato fundo de mandioca crua e ralada
- 3 ovos
- 1 colher de sal
- pimenta, cebola e tempero verde
- 4 colheres (sopa) de farinha de trigo

Modo de fazer:

Espremer a mandioca e, em seguida, colocar os ovos batidos com sal.

Misturar bem e juntar a farinha.

Colocar bastante salsicha e cebolinha verde.

Levar ao fogo uma frigideira com gordura e deixar esquentar bem, acrescentando a massa a colheradas e deixar fritar.

Bolinhos de aipim

Ingredientes:

- 500 g de mandioca
- 1 colher (sopa) de manteiga
- 2 ovos
- 1 colher (sobremesa) de salsa picadinha
- 1 xícara de leite
- 1 colher (sopa) de queijo parmesão ralado

Modo de fazer:

Descascar e cozinhar a mandioca com água e sal a gosto.

Passar pelo espremedor e colocar o purê em uma tigela.

Juntar a manteiga, as gemas, a salsa, o leite, o queijo e, por último, as claras batidas em neve.

Misturar delicadamente de baixo para cima.

Fritar as colheradas, retirar e servir imediatamente com molho de tomates, polvilhando com queijo parmesão ralado.

Bolinhos recheados

Massa:

Ingredientes:

1 kg de mandioca

1 colher (sopa) de sal

2 colheres (sopa) de manteiga ou margarina

1 ovo

3 colheres (sopa) de queijo ralado

Preparo da massa:

Cozinhar a mandioca com água e sal.

Passar na máquina de moer carne ou espremedor.

Misturar aos outros ingredientes.

Fazer bolinhos ovais e colocar o recheio fechando bem os bolinhos.

Fritar em óleo quente.

Recheio:

Ingredientes:

3 colheres (sopa) de óleo

1 cebola média picadinha

1 dente de alho amassado

3 tomates, sem peles e sementes, picados

500 g de carne moída

sal e pimenta-do-reino a gosto

Preparo do recheio:

Refogar a cebola e o alho no óleo quente.

Juntar a carne e deixar fritar.

Acrescentar os tomates e deixar cozinhar até que se desmanchem.

Colocar o restante dos ingredientes e rechear os bolinhos.

Canudinhos de mandioca com toucinho

Ingredientes:

1 kg de mandioca cozida e amassada

2 xícaras de água morna ou 1 de água morna e 1 de leite

1 colher (sopa) de sal
2 colheres (sopa) de fermento em pó
2 colheres (sopa) de margarina.
fatias de toucinho (bacon) ou salsicha picada

Modo de fazer:

Misturar muito bem o fermento, o sal, a água, o leite e a margarina.
Colocar a mandioca cozida e amassada e sovar como se fosse massa de pão.

Estender a massa em uma mesa enfarinhada, cortar em quadros ou achatar nas mãos.

Colocar no centro o toucinho (bacon) ou rodela de salsicha.

Enrolar bem, dando a forma de canudinhos.

Fritar numa panela com óleo quente, até ficar bem douradinhos.

Charutinhos de mandioca

Ingredientes:

2 xícaras de mandioca cozida e amassada

200 g de carne moída, cozida

1 ovo

1 colher (sopa) de margarina

3 colheres (sopa) de farinha de trigo

½ cebola picada

temperos verdes e sal a gosto

Modo de fazer:

Misturar muito bem todos os ingredientes.

Enrolar em forma de charutinhos e passar na farinha de rosca.

Fritar em óleo quente.

Chipa

Ingredientes:

4 copos de queijo meia cura ralado

polvilho doce até dar ponto de enrolar

½ copo de óleo

1 copo de leite

6 ovos

sal a gosto
cebola ralada (opcional)

Modo de fazer:

Amassar bem todos ingredientes.
Fazer as bolinhas, e assar em forno quente.
Assar em forno quente.

Croquetes de mandioca com queijo ralado

Ingredientes:

2 xícaras de mandioca cozida passada na máquina
2 ovos
1 colher (sopa) de manteiga
2 colheres (sopa) de queijo ralado
1 colher (sopa) de cheiro verde picado
1 colher (chá) de fermento em pó

Modo de fazer:

Amassar bem todos os ingredientes.
Fazer os croquetes.
Fritar em óleo quente.

Croquetes temperadinhos

Ingredientes:

750 g de mandioca cozida e amassada
4 colheres (sopa) de manteiga ou margarina
¼ xícara de leite
2 ovos
sal a gosto
1 xícara de pimentão verde picado
½ xícara de queijo parmesão ralado
¼ de xícara de azeitonas fritadas
1 xícara de farinha de rosca
óleo para fritar

Modo de fazer:

Colocar a mandioca amassada em uma tigela.

Adicionar a manteiga ou margarina, o leite, os ovos ligeiramente batidos e o sal, misturando bem.

Acrescentar o pimentão, o queijo, as azeitonas e a farinha de rosca.

Misturar tudo muito bem e fazer e fazer os croquetes.

Fritar em óleo bem quente até que fiquem dourados.

Empadinhas douradas

Ingredientes:

1 xícara de mandioca cozida e amassada

1 xícara de farinha de trigo

2 xícaras de margarina ou manteiga

½ xícara de água

1 colher (sopa) de sal

1 colher (sopa) de fermento de pão

3 gemas para pincelar

Modo de fazer:

Misturar muito bem todos os ingredientes

Fazer os bolinhos e cortar ao meio.

Forrar as forminhas de empada untadas com uma parte da massa.

Acrescentar o recheio de sua preferência.

Fechar as empadas com a outra parte da massa e pincelar com as gemas.

Assar em forno moderado.

Enrolado de mandioca

Recheio

Ingredientes:

300 g de carne moída

2 colheres (sopa) de gordura

4 tomates

1 cebola

farinha de rosca

queijo ralado

tempero verde

sal

Modo de fazer o recheio:

Refogar os temperos, acrescentar a carne moída e deixar cozinhar um pouco.

Juntar a farinha de rosca.

Massa

Ingredientes:

1 kg de mandioca cozida e amassada

3 ovos

farinha de trigo

Modo de fazer a massa:

Fazer uma massa bem consistente.

Abrir com rolo.

Rechear com a carne, polvilhando com o queijo.

Enrolar a massa, regar com molho de tomate e levar ao forno.

Mandioca à milanesa

Ingredientes:

1 kg de mandioca

2 ovos

farinha de rosca para empanar

óleo para fritar

Modo de fazer:

Cozinhar a mandioca em tirinhas, com sal, depois escorrer.

Passar no ovo e na farinha de rosca.

Fritar em óleo quente.

Mandioca frita

Ingredientes:

½ kg de mandioca cozida

1 copo de azeite

sal

Modo de fazer:

Cortar a mandioca em palitos não muitos finos.

Fritar em azeite quente até ficarem corados.
Servir quente.

Massa de mandioca para empadinha

Ingredientes:

1 kg de mandioca crua
2 colheres (sopa) de manteiga ou margarina
 $\frac{3}{4}$ de xícara (chá) de queijo-de-minas amassado
1 colher (chá) de sal
3 gemas batidas
1 $\frac{1}{2}$ xícara (chá) de farinha de trigo
2 colheres (sopa) de maisena
2 colheres (chá) de fermento em pó

Modo de fazer:

Descascar e cortar a mandioca em pedacinhos.
Cozinhar em água e sal até ficar macia.
Escorrer e amassar bem.
Deixar esfriar.
Adicionar a manteiga ou margarina, o queijo e o sal.
Misturar muito bem, acrescentando as gemas.
Peneirar juntos a farinha de trigo, a maisena e o fermento, adicionando essa mistura à mandioca.
Trabalhar a massa com as mãos até ficar homogênea.
Deixar descansando por meia hora.
Adicionar o restante da farinha de trigo.
Amassar bem.
Deixar descansando por mais meia hora.
Untar e forrar as forminhas de empadas.
Rechear a gosto.
Levar ao forno bem quente por 20 minutos, aproximadamente.

Nhoques de mandioca

Ingredientes:

1 kg de mandioca cozida em água e sal
2 gemas
2 colheres (sopa) de manteiga
farinha de trigo suficiente para amassar

Modo de fazer:

Amassar a mandioca.

Juntar as gemas, a manteiga e a farinha de trigo.

Misturar bem.

Fazer pequenas bolas.

Levar ao fogo numa caçarola com água e sal.

Quando a água estiver fervente, colocar os nhoques.

Deixar cozinhar.

Retirar da água com espumadeira.

Servir com molho de tomate e queijo ralado.

Paçoca de carne seca

Ingredientes:

farinha de mandioca quanto necessária

1 kg de carne seca

1 cebola grande

2 dentes de alho

2 colheres (sopa) de um tempero preparado com cebola, sal, alho, cheiro-verde, pimenta malagueta, noz-moscada, cravos-da-Índia e vinagre.

Modo de fazer:

Deixar a carne seca de molho em água (8 a 10 horas).

Cortar em pedacinhos e cozinhar com cebola e alho.

Fritar a carne até ficar bem seca.

Levar ao pilão, socar fortemente, adicionar aos poucos a farinha e o tempero.

Pilar bem a carne seca até a mistura ficar homogênea.

Pãezinhos de queijo (1)

Ingredientes:

500 g de polvilho doce

2 xícaras de leite

1 xícara de óleo

4 ovos

2 xícaras de queijo de minas (ralado)

sal a gosto

Modo de fazer:

Ferver o leite com o óleo e o sal e escaldar o polvilho.
Deixar esfriar.
Acrescentar os outros ingredientes e amassar bem.
Fazer bolinhas e assar em forno quente.

Pãezinhos de queijo (2)

Ingredientes:

4 xícaras de polvilho azedo
2 xícaras de queijo ralado
1 xícara de óleo
1 xícara de água bem quente
½ xícara de fubá peneirado
1 ½ colher (chá) de sal
5 ovos

Modo de fazer:

Sovar o polvilho para desmanchar os carocinhos.
Escaldar o polvilho com óleo bem quente, misturando bem.
Escaldar, em seguida, com a água bem quente misturada ao sal.
Acrescentar o fubá, o queijo e os ovos, misturando bem. A massa fica mole.
Untar as mãos com gordura para formar as bolinhas.
Colocar em tabuleiro untado.
Assar em forno quente.
Servir quente.

Palitos de mandioca

Ingredientes:

mandioca cozida na água com sal
óleo

Modo de fazer:

Cortar a mandioca cozida em palitos de 2 a 3 cm.
Fritar em óleo bem quente.
Servir acompanhada de molho de mostarda e catchup, como tira-gosto ou entrada.

Molho de mostarda e catchup:

Ingredientes:

- 1 colher (sopa) de mostarda
- 1 colher (sopa) de catchup
- 1 colher (sopa) de suco de limão
- 1 xícara de creme de leite
- sal e pimenta-do-reino a gosto

Modo de fazer o molho de mostarda e catchup:

Misturar a mostarda, o catchup, o suco de limão, o sal e a pimenta em uma vasilha. Bater até obter uma consistência cremosa.

Juntar o creme de leite, aos poucos, batendo sem parar.

Palitos de queijo

Ingredientes:

- 200 g de polvilho doce
- 100 g de queijo ralado
- 8 colheres (sopa) de margarina derretida
- 6 colheres (café) de fermento em pó
- 2 ovos
- sal a gosto

Modo de fazer:

Misturar bem o polvilho com a margarina.

Acrescentar os ovos, o queijo ralado, o fermento e o sal.

Amassar até ficar homogênea.

Abrir a massa.

Cortar em formato de palitos.

Assar em forma untada, em forno quente.

Obs.: se a massa ficar esfarinhada, dar o ponto com margarina.

Pão à moda da fazenda

Ingredientes:

- 5 xícaras de mandioca cozida e amassada
- 1 kg de farinha de trigo
- 3 ovos
- 1 colher (sopa) de sal

- 1 colher (sopa) de fermento biológico granulado
- ½ xícara de gordura
- 2 xícaras de leite morno

Modo de fazer:

Desmanchar o fermento no leite e juntar a farinha.

Deixar crescer durante meia hora.

Acrescentar a mandioca, os ovos, o sal e a gordura.

Amassar bem e formar pãezinhos, deixando descansar por meia hora.

Assar em forno quente.

Pastel de mandioca

Ingredientes:

- 1 prato fundo de mandioca cozida e moída
- 1 ovo
- 1 colher (sopa) de margarina
- 3 colheres (sopa) de farinha de trigo
- 1 colher (chá) de sal
- 2 xícaras de carne de galinha desfiada ou carne de boi moída tempero verde

Modo de fazer:

Colocar numa bacia a mandioca e acrescentar os outros ingredientes, amassando até obter uma massa lisa.

Colocar a massa na mesa enfarinhada e abrir com o rolo, deixando a espessura de 1 cm. Com um copo de boca larga, cortar as rodela e rechear.

Passar o pastel no ovo batido, depois na farinha de rosca e fritar na gordura quente.

Pudim salgado de mandioca

Ingredientes:

- 1 kg de mandioca cozida e amassada
- 1 tomate maduro
- 4 ovos inteiros
- 1 xícara de leite

2 colheres (sopa) de farinha de trigo
temperos verdes, sal
azeite ou manteiga para untar a forma

Modo de fazer:

Juntar a mandioca cozida e amassada aos demais ingredientes e misturar bem.

Colocar em forma untada.

Levar ao forno.

Purê especial

Ingredientes:

500 g de mandioca cozida

1 ovo

1 colher (sopa) de manteiga ou margarina

queijo ralado

sal

salsa e cebolinha

Modo de fazer:

Amassar a mandioca.

Colocar o ovo batido e os temperos.

Levar ao fogo por 5 minutos, mexendo sempre.

Servir polvilhado com queijo ralado.

Rocambole de aipim

Ingredientes:

3 ovos

½ kg de aipim

1 xícara de leite

3 colheres (sopa) de farinha de trigo

2 colheres (sopa) de queijo ralado

1 colher (sopa) de gordura

Modo de fazer:

Cozinhar o aipim em água e sal.

Depois de cozido, passar na máquina de moer carne.

Juntar os ovos, a farinha de trigo, o leite, a gordura e o queijo.

Colocar a massa numa forma untada e assar.
Depois de assado, virar sobre um prato e, ainda quente, rechear,
com o que quiser
Polvilhar com queijo ralado e massa de tomate.
Enrolar.
Servir quente.

Sopa cremosa

Ingredientes:

1 kg de mandioca ralada grossa
3 tomates sem pele e picados
300 g de carne moída
1 cebola pequena picada
1 maço de cheiro verde picado
4 folhas de couve picadas
2 dentes de alho amassados
sal a gosto
2 litros de água quente
4 colheres (sopa) de óleo

Modo de fazer:

Colocar numa panela de pressão, o óleo, a cebola, o alho, a carne, os tomates e a mandioca e deixar refogar.

Adicionar a couve, o cheiro verde e o sal. Mexer bem e colocar a água.

Cozinhar em fogo baixo depois que a panela pegar pressão, durante mais ou menos 20 minutos.

Sufê recheado

Ingredientes:

1 kg de mandioca
2 colheres (sopa) de manteiga ou margarina
2 ovos
4 colheres (sopa) de queijo ralado
1 colher (chá) de sal
150 g de queijo em fatias
150 g de presunto em fatias
azeitonas e farinha de rosca

Modo de fazer:

Cozinhar a mandioca com sal e amassar ainda quente.

Juntar a manteiga, o queijo ralado e o sal, quando a massa estiver morna.

Acrescentar as gemas e as claras em neve.

Misturar bem.

Colocar metade da massa em uma forma refratária, untada com manteiga e polvilhada com farinha de rosca.

Colocar fatias de queijo e de presunto e cobrir com o resto da massa.

Enfeitar com azeitonas.

Levar ao forno para corar.

Torta cabocla

Ingredientes:

Massa:

1 kg de mandioca cozida e amassada

1 colher (sopa) de margarina

3 colheres (sopa) de queijo ralado

½ xícara de leite

3 ovos inteiros

Recheio:

3 colheres (sopa) de óleo

100 g de lingüiça

250 g de carne moída

1 cebola picadinha

3 colheres (sopa) de extrato de tomate

salsa

cebolinha

sal e pimenta

Modo de fazer:

Misturar todos os ingredientes da massa.

Fazer um refogado úmido com os ingredientes do recheio.

Arrumar em pirex untado, metade da massa, o recheio e o restante da massa.

Polvilhar com queijo ralado e assar durante ½ hora.

Maniçobas

Maniçoba (1)

Ingredientes:

3 maços de folhas de mandioca
1kg de toucinho fresco
3 orelhas de porco
500 g de paio
500 g de carne seca
500 g de lombo de porco
200 g de toucinho defumado
4 cebolas médias
3 dentes de alho
3 limões
pimenta malagueta
salsa
coentro

Modo de fazer:

Lavar bem as folhas de mandioca e passar no moedor de carne.

• Levar ao fogo uma panela grande com os dois toucinhos (fresco e defumado) moídos ou picados.

Juntar as folhas de mandioca e cobrir com bastante água.

Cozinhar por etapas: no primeiro dia, deixar ferver por 4 horas; o mesmo tempo no segundo e no terceiro dias, juntando sempre a água necessária.

Colocar as carnes salgadas de molho em água fria durante aproximadamente 12 horas.

Retirar as carnes do molho e cortar todas em pedaços grandes e, tanto quanto possível, iguais.

Depois do terceiro dia de cozimento das folhas de mandioca, juntar os pedaços de carne, o paio e todos os temperos.

Deixar cozinhar em fogo brando por mais 5 horas.

Retirar e servir com arroz branco ou farinha de mandioca.

Maniçoba (2) (Fig. 3)

Ingredientes:

- 1 kg ou mais de folhas de aipim novas
- 1 xícara (chá) de azeite ou óleo
- 3 cebolas picadas
- 5 dentes de alho
- ½ kg de carne de sol
- ½ kg de carne fresca (músculo)
- 1 cabeça de porco (pequena)
- 1 mocotó
- 200 g de toucinho
- ½ kg de lingüiça

Para o refogado:

- ½ xícara de banha
- 3 cebolas grandes, em rodelas
- 3 dentes de alho socado
- 3 folhas de louro
- 1 xícara (chá) de hortelã
- sal e pimenta-do-reino a gosto
- 1 colher (sopa) de cominho



Foto: Alfredo Augusto Cunha Alves

Fig. 3. Maniçoba.

Modo de fazer:

Lavar as folhas de aipim, depois de ter retirado os talos.

Passar na máquina de moer ou socar num pilão, para que fiquem bem trituradas.

Passar em água fervendo, escorrer e espremer, colocar mais água e deixar cozinhar no máximo por uma noite, com bastante água e em fogo baixo.

Coar numa peneira e espremer bem.

Colocar a banha numa panela, refogar as cebolas e o alho. Quando dourarem, juntar as carnes, um pouco de cada vez e refogar.

À medida que forem corando, passar para o caldeirão grande, inclusive o mocotó, o toucinho e a lingüiça.

Juntar as folhas de aipim, um pouco de água e cozinhar muitas horas, até que as carnes fiquem bem macias.

Preparar um refogado com a banha, as cebolas, o alho, o louro, a hortelã, sal pimenta-do-reino, o cominho e juntar ao caldeirão.

Provar, reforçar o sal se for preciso e servir.

Pato no tucupi

Ingredientes:

1 pato grande (2,5 kg aproximadamente)

3 cebolas

4 dentes de alho

toucinho defumado em fatias

5 tomates maduros (opcional)

1/3 de xícara de vinagre

1 folha de louro picada

1 pitada de pimenta-do-reino

1 pitada de cominho

1 xícara de óleo

1 maço de jambu

sal

1 litro de tucupi

12 colheres (sopa) de farinha de mandioca torrada

Nota:

As folhas de jambu (*Spilanthes oleracea*, planta amazônica) não devem ser substituídas; mas, como é difícil encontrá-las no Centro-Sul do País, sugere-se trocá-las por folhas de agrião. Neste caso, não aferventar o agrião; adicioná-lo apenas alguns minutos antes de servir o prato.

Modo de fazer:

Limpar muito bem o pato.

Furar ligeiramente com um garfo e temperar com alho socado, sal, louro, pimenta-do-reino, cominho e vinagre.

Deixar tomar gosto de um dia para o outro.

Cobrir o pato com fatias de toucinho defumado.

Colocar em assadeira e arrumar por cima as fatias de cebola e de tomate (opcional).

Regar com o óleo e levar ao forno moderado, deixando assar até o pato ficar corado e macio.

Retirar o pato do forno, cortar em pedaços e deixar no próprio molho.

Limpar o jambu, lavar e picar, conservando os talos para dar mais gosto.

Ferver o jambu com o tucupi e 2 dentes de alho socados, durante 15 minutos.

Em seguida, adicionar os pedaços de pato com o molho e deixar ferver por 20 minutos.

Servir colocando em cada prato 2 colheres de sopa de farinha de mandioca, arrumar 1 ou 2 pedaços de pato por cima e despejar bastante molho, bem quente. O molho, misturado com a farinha, formará uma espécie de pirão.

Tacacá

Ingredientes:

1 ½ litro de tucupi

4 dentes de alho inteiros

sal

2 maços de folha de jambu

500 g de camarão seco
½ litro de água fervente
500 g de goma ou polvilho (não usar polvilho beneficiado)
molho de pimenta bem forte

Modo de fazer:

Levar o tucupi ao fogo com 2 dentes de alho e um pouco de sal. Deixar ferver.

À parte, dar uma rápida fervura nas folhas de jambu e escorrer.

Despejar o jambu na panela do tucupi e acrescentar também os camarões secos, lavados.

Em separado, levar ao fogo ½ litro de água, juntando os dentes de alho restantes e um pouco de sal. Deixar ferver.

Dissolver a goma ou polvilho em um pouco de água fria.

Despejar a água fervente sobre a goma.

Mexer com energia para que a goma fique dissolvida.

Despejar então essa mistura na panela do tucupi, mexendo bem.

Acrescentar molho de pimenta forte e servir bem quente, em cuias individuais.

Nota:

Caso queira acentuar o sabor de camarão, servir o tacacá com camarões frescos, refogados em azeite e, a seguir, cozidos no tucupi.

REFERÊNCIAS

ADEWUSI, S. R. A.; BRADBURY, J. H. Carotenoids in cassava: comparison of open-column and HPLC methods of analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 63, n. 4, p. 375-383, 1993.

ALETOR, V. A.; ADEOGUN, O. A.; Nutrients and anti-nutrient components of some tropical leafy vegetables. **Food Chemistry**, Oxford, v. 53, n. 4, p. 375-379, 1995.

ASSOCIAÇÃO DE CRÉDITO E ASSISTÊNCIA RURAL DE SANTA CATARINA (Florianópolis, SC). **Receitas caseiras com mandioca**. Florianópolis: Coordenação de Economia Doméstica, 1986. 16 p.

AWOYINKA, A. F.; ABEGUNDE, V. O.; ADEWUSI, S. R. A. Nutrient content of young cassava leaves and assessment of their acceptance as a green vegetable in Nigeria. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 47, n. 4, p. 21-28, 1995.

BARRIOS, E. A.; BRESSANI, R. Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca *Manihot*. **Turrialba**, San José, v. 17, n. 3, p. 314-320, 1967.

BARROS, I. S. S. de. **Mani-oca, delícia brasileira**. Campo Grande: Editora Saber, 2005. 220 p.

BOUGH, S. H. **The nutritional evaluation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1992. 247 f. Dissertation. University of Nottingham, Nottingham, 1992.

CÁRDENAS, O. S.; BUCKLER, T. S. Sour cassava starch production, a preliminary study. **Journal of Food Science**, Chicago, v.45, n. 6, p.1509-1512, 1980.

CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S. J. R.; MORAIS, A. R. de; PAULA, M. B. de. Efeito da época de colheita na produtividade e teores de vitamina C e b-caroteno da parte aérea de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 8, n. 1, p. 25- 35, 1989.

CARVALHO, V. D. de; SILVA, A. T. da; CLEMENTE, E. Efeito da suplementação de rações a base de fubá com feno da parte aérea de mandioca em alguns parâmetros nutricionais de ratos. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 5, n. 1, p. 77-82, 1986.

CEREDA, M. P. Padronização para ensaio de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo I. Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 287-296, 1983.

CHAVES, J. G. Extrato protéico das folhas de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 47-52, 1987.

CHAVEZ, A. L.; BEDOYA, J. M.; SÁNCHEZ, T.; IGLESIAIS, C.; CEBALLOS, H.; ROCA, W. Iron, carotene, and ascorbic acid in cassava roots and leaves. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 21, n. 4, p. 410-413, 2000.

- CHEW, M. Y. Cyanide content of tapioca (*Manihot utilissima*) leaf. **Malaysian Agricultural Journal**, Kuala Lumpur, v. 48, p. 348-356, 1972.
- COCK, J. H. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Cali:Ciat, 1990. 240 p.
- CORRÊA, A. D. Farinha de folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv. Baiana) - efeito de processamentos sobre alguns nutrientes e antinutrientes. 2000. 97 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- EGGUM, O. L. The protein quality of cassava leaves. **British Journal of Nutrition**, New York, v. 24, n. 3, p. 761-769, 1970.
- EKPECHI, O. L.; DIMITRIADOU, A.; FRASER, R. Goitrogenic activity of cassava (a staple Nigerian food). **Nature**, London, v. 210, n. 5041, p. 1137-1138, 1966.
- ELBE, J. H. von; SCHWARTZ, S. J. Colorants. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food Chemistry**. 3. ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 651-722.
- EL-DASH, A.; MAZZARI, M. R.; GERMANI, R. (Ed.). **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e mandioca na produção de pães**. Brasília, DF: Embrapa/SPI, 1994. v. 1, 88 p.
- EMBRATER. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Brasília, DF). **Receitas; milho, sorgo, soja, mandioca, batata inglesa, batata-doce, cenoura e abóbora**. Brasília, DF: Embrater-Coper, 1982. 92 p.
- FRANCO, G. V. E. **Tabela de composição química dos alimentos**. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 230 p.
- FULLER, H. L.; CHANG, S. I.; POTTER, D. K. Detoxication of dietary tannic acid by chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 91, n. 4, p. 477-481, 1967.
- GÓMEZ, G.; NOMA, A. T. The amino acid composition of cassava leaves, foliage, root tissues and whole-root chips. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 33, n. 4, p. 595-601, 1986.

GÓMEZ, G.; VALDIVIESO, M. Cassava foliage: chemical composition, cyanide conten and effect of drying on cyanide elimination. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, Chichester, v. 36, n. 6, p. 433-441, 1985.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Rio de Janeiro, RJ). **Anuário estatístico do Brasil – 1992**. Rio de Janeiro: 1992. v. 2, 1119 p.

KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. **Journal Agricultural Food Chemistry**, London, v. 32, n. 3, p. 447-453, 1984.

LAGUNA, F.; AGUDO, M. Lipid classes of fresh cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz): identification and quantification. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 65, n. 11, p. 1808-1811, 1988.

LANCASTER, P. A.; BROOKS, J. E. Cassava leaves as human food. **Economy Botany**, New York, v. 37, n. 3, p. 331-348, 1983.

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. de C. **Cultura da mandioca**. Campinas: Cati, 1993. 41 p. (Cati. Boletim Técnico, 211).

LIMA, U. A. de. Industrialização da mandioca. In: CAMARA, G. M. S. de. **Mandioca: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Esalq-USP, 1982. pt. B, p. 45-80. (Esalq-USP. Série Extensão Rural, 5).

MADRUGA, M. S.; CÂMARA, F. S. The chemical composition of “multimistura” as a food supplement. **Food Chemistry**, Oxford, v. 68, n. 1, p. 41-44, 2000.

MAEDA, E. E.; SALUNKHE, D. K. Retention of ascorbic acid and total carotene in sober dried vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 4, p. 1288-1290, 1981.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. 1179 p.

- McMAHON, J. M.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, R. T. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 46, n. 288, p. 731-741, 1995.
- NAVES, M. M. V.; MORENO, F. S. β -carotene and cancer chemoprevention: from epidemiological associations to cellular mechanisms of action. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 18, n. 10, p. 1807-1824, 1998.
- NELSON, T. S.; STEPHENSON, E. L.; BURGOS, A.; FLOYD, J.; YORK, J. O. Effect of tannin content and dry matter digestion on energy utilization and average amino acid availability of hybrid sorghum grains. **Poultry Science**, Champaign, v. 54, n. 5, p. 1620-1623, 1975.
- NORMANHA, E. S. **Derivados da mandioca: terminologia e conceitos**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 56 p.
- OKE, O. L. Problems in the use of cassava as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 3, n. 4, p. 345-380, 1978.
- ORTEGA-FLORES, C. I.; LOPES DA COSTA, M. A.; CEREDA, M. P.; CAMARGO PENTEADO, E. M. V. Biodisponibilidade do β -caroteno da folha desidratada de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 473-477, 2003.
- PADMAJA, G. Evaluation of techniques to reduce assayable tannin and cyanide in cassava leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 37, n. 3, p. 712-716, 1989.
- PAZINATO, B. C.; ALMEIDA, R. A. C. de; PRADO, M. de F. C. **Mandioca artesanal e preparações culinárias**. Campinas: Cati, 2003. 111 p. (Cati. Instrução Prática, 271).
- PECHNIK, E. GUIMARÃES, L. R. Sobre o aproveitamento da folha de mandioca (*Manihot* sp.) na alimentação humana III – Mandioca mansa. **Arquivo Brasileiro de Nutrição**, Rio de Janeiro, v. 18, n.1, p. 25-36, 1962.
- PELLETT, P. L.; YOUNG, V. R. **Nutritional evaluation of protein foods**. Tokio: The United Nations University, 1980. 154 p.

PELUZIO, M. do C. G.; MIRANDA, L. C. G. de; MORAES, G. H. K. de; PELUZIO, E. P. Avaliação da qualidade nutricional da proteína da folha de mandioca combinada com a caseína pela reação de plasteína. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 48, n. 4, p. 311-315, 1998.

PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; KLATILOVA, E.; PERIM, S.; COSTA, I. R. S.; PENNA, S.; VALLE, T. L.; FRANÇA, J. de P. M. **A mandioca na cozinha brasileira**. Campinas: IAC, 1983. 266 p. (IAC. Boletim, 213).

PHUC, B. H. N.; OGLE, B.; LINDBERG J. E. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf protein in cassava root meals based diets for growing pigs on digestibility and N retention. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 83, n. 3/4, p. 223-235, 2000.

RAVINDRAN, G.; RAVINDRAN, V. Changes in the nutritional composition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves during maturity. **Food Chemistry**, Oxford, v. 27, n. 4, p.299-309, 1988.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E. T.; WEBB K. E. RAJAGURU, A. S. B. Nutrient characterization of some feedstuffs of Sri Lanka. **Journal of the Agricultural Society of Ceylon**, v. 19, n. 4, p. 19-32, 1992.

RDA. Recommended Dietary Allowances. 10. ed. Washington, DC: Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS, 1989.

REED, J. D.; McDOWELL, R. E.; VAN SOEST, P. J.; HORVATH, P. J. Condensed tannins: a factor limiting the use of cassava forage. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, London, v. 33, n. 3, p. 213-220, 1982.

ROGERS, D. J.; MILNER, M. Amino acid profile of manioc leaf protein in relation to nutritive value. **Economic Botany**, New York, v. 17, n. 3, p. 211-216, 1963.

ROSAS-ROMERO, A.; BARATTA, C. Composition, functional properties, and biological evaluation of a plastein from casava leaf protein. **Plants Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 36, n. 1, p. 85-96, 1987.

- ROSS, E.; ENRIQUES, F. Q. The nutritive value of cassava leaf meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 48, n. 3, p. 846-853, 1969.
- SANTOS, M. A. T. dos. **Caracterização química das folhas de brócoli e couve-flor (*Brassica oleracea* L.) para utilização na alimentação humana**. 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator saúde e desenvolvimento**. São Paulo: Almed, 1987. 387 p.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos: propriedades, degradação, modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.
- SIHOMBING, D. T. H.; CROMWELL, G. L.; HAYS, V. W. Effect of added thiocyanate and iodine to corn-soybean meal diets on performance and thyroid status of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 33, n. 5, p. 1154, 1971.
- TAKYI, E. E. K. Children's consumption of dark green, leafy vegetables with added fat enhances serum retinal. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 129, n. 8, p. 1549-1554, 1999.
- TELES, F. F. F.; KIMO, J. W.; BATISTA, C. M.; SILVEIRA, A. J. da. Clorofila total e toxidez cianogênica de folhas de mandiocas (*M. esculenta* Crantz) cultivadas em Minas Gerais. **Revista Seiva**, Viçosa, v. 41, n. 89, p. 72-76, 1981.
- TUPYNAMBÁ, M. L. V. C.; VIEIRA, E. C. Isolation of cassava leaf protein and determination of its nutritive value. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 19, n. 2, p. 249-259, 1979.
- VIEIRA, E. C. Leaf protein research in Brazil. In: TELEK, L.; GRAHAM, H. D. (Ed.). **Leaf protein concentrates**. Westport: Avi Publishing Company, 1983. p. 661-668.
- VILAS-BÔAS, L. M. A. **Efeito da presença de fibra de mandioca na dieta sobre alguns parâmetros nutricionais e bioquímicos**. 1979. 68 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1979.

WOBETO, C. **Nutrientes e antinutrientes da farinha de folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em três idades da planta.** 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

YEOH, H. H.; CHEW, M. Y. Protein content and amino acid composition of cassava leaf. **Phytochemistry**, Oxford, v. 15, n. 11, p. 1597-1599, 1976.

YEOH, H. H.; OH, H. Y. Cyanide content of cassava. **Malaysian Agricultural Journal**, Kuala Lumpur, v. 52, n. 1, p. 24-28, 1979.

Capítulo 8

USO RACIONAL DA MANDIOCA E SUBPRODUTOS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES E SUÍNOS

Jorge Vitor Ludke

Teresinha Marisa Bertol

Helenice Mazzuco

Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke

Introdução	301
A planta da mandioca	301
A planta de mandioca em ponto de murcha	305
Recomendações de uso para alimentação dos suínos e aves	305
A questão dos fatores antinutricionais na mandioca in natura	315
Recomendações adicionais para uso da mandioca in natura	322
Planta da mandioca ensilada	323
Efeitos da ensilagem sobre os fatores antinutricionais	323
A realização da ensilagem	324
Composição nutricional e forma de uso	325
Planta da mandioca desidratada	329
Forma de processamento	329
Uso na alimentação de suínos e aves	331
O uso da planta da mandioca e o seu potencial pigmentante	338
Raízes	343
Composição nutricional	343
Perfil dos ácidos graxos	347
Proteína e aminoácidos	353
Carboidratos e energia	357
Minerais	364
Vitaminas	366
Aptidão para uso das variedades de mandioca	368

O uso da raiz in natura	368
Sem processamento	369
Com processamento mínimo	371
Uso na alimentação de suínos	372
Silagem de raiz de mandioca	375
Utilização da silagem da raiz na alimentação dos suínos	377
O uso da raiz transformada	380
Processos de desidratação da raiz de mandioca	382
Alimentação de suínos e aves com raiz de mandioca seca	387
<i>Utilização da farinha/raspa integral na alimentação de suínos</i>	387
<i>Utilização da farinha/raspa integral na alimentação de aves</i>	394
Produção de farinhas	401
<i>Produtos para consumo humano</i>	401
<i>Subprodutos gerados e destinados à alimentação animal</i>	403
Subprodutos gerados na produção de amido	404
Utilização da raspa residual na alimentação de suínos	405
Utilização da raspa residual e farelo de farinha de mesa na alimentação de aves ...	407
Parte aérea da mandioca	409
Rendimento por hectare e composição nutricional	409
Folhas e terço superior da planta in natura	413
Folhas e terço superior da parte aérea ensilada	414
Folhas e terço superior da mandioca sob forma desidratada	415
Composição e valor nutricional	415
Utilização do feno/farinha da parte aérea na alimentação de suínos	420
Utilização de produtos desidratados da parte aérea na alimentação de aves ...	421
Referências bibliográficas	422

INTRODUÇÃO

A idéia central nesse capítulo é disponibilizar informações sobre o potencial uso da mandioca, seus subprodutos e resíduos na alimentação de suínos e aves. A ênfase é dada sobre o aproveitamento da parte aérea, da raiz e produtos derivados da sua industrialização na alimentação desses animais, nas diferentes fases de produção, contemplando as informações técnicas necessárias e, ao mesmo tempo, ao adotar uma visão de cadeias produtivas, também contemplar os aspectos de interesse para a produção de mandioca. Nessa análise, parte-se do pressuposto de que, na cadeia produtiva da mandioca, simultaneamente, é mantida uma característica de estrutura tradicional em algumas regiões, mas também se reconhece que estão em fase de consolidação importantes mudanças nas estruturas de produção, de processamento, de transformação, de comercialização e de organização dos mercados.

O texto está estruturado de forma a caracterizar, do modo mais preciso possível, os principais processamentos da mandioca e seus respectivos produtos, subprodutos e resíduos gerados que podem ser usados na alimentação de monogástricos. A exata caracterização dos processos gera informações importantes que permitem a adequada descrição da composição nutricional dos diferentes produtos, subprodutos e resíduos. E somente uma adequada caracterização permite o uso eficiente desses ingredientes nas rações de aves e suínos.

Além da análise de viabilidade técnica no uso dos diferentes produtos e subprodutos da mandioca nos sistemas intensivos de produção de aves (frangos de corte e poedeiras) e de suínos, também é realizada de forma complementar a análise técnica do uso da mandioca para inclusão em sistemas de produção de suínos e aves estruturados para atender distintos nichos de mercado, adotando como ênfase a avaliação da qualidade dos alimentos produzidos.

A PLANTA DA MANDIOCA

Na propriedade agrícola, a planta da mandioca possui três componentes que são de interesse comercial e que têm valor de mercado: a) a parte aérea aproveitável para a alimentação animal,

correspondendo ao terço superior da planta; b) as raízes; e c) as manivas para o replantio. A análise no presente tópico recai sobre o uso simultâneo da parte aérea e da raiz na alimentação de suínos e aves, com dietas balanceadas nutricionalmente. Nos tópicos seguintes são apresentadas as considerações sobre o uso da raiz da mandioca e da parte aérea na dietas de suínos e aves, de forma isolada.

A parte aérea apresenta grande potencial como ingrediente nas rações dos animais mas, normalmente, o seu uso eficiente é negligenciado. Como ingrediente são usadas as lâminas foliares, hastes, pecíolos, além dos caules e ramificações pouco lignificadas, representando o terço superior da planta, que pode ser incluído simultaneamente com a raiz, sob circunstâncias especiais, em rações balanceadas para atender as exigências nutricionais dos monogástricos, sobretudo das fêmeas suínas em gestação. Segundo estimativas, existe uma razão de 25% de material da parte aérea (terço superior) com relação à produção de raízes; porém, com o manejo sistemático e racional da parte aérea, potencialmente se produziria o equivalente a 40% da produção em termos de raízes. Estima-se que, atualmente, por ocasião da colheita apenas metade da parte aérea apta à alimentação animal é aproveitada. Em condições normais de produção, o potencial produtivo médio do terço superior, segundo Carvalho & Kato (1987), é de 4,5 a 5,0 toneladas de matéria verde por hectare ao ano.

O aproveitamento integral da mandioca com o uso simultâneo das raízes e da parte aérea, visando a alimentação de suínos e aves, é uma alternativa em potencial que pode oferecer redução de custos na produção animal, porque combina a fonte energética (a raiz) com a fonte protéica (a parte aérea). Porém, como regra básica, para os monogástricos devem ser consideradas as limitações devidas aos seguintes fatores: 1) teor de fibra bruta que a combinação proporciona porque, nesse caso, somente é descartada da alimentação a parte lignificada que vai desde a coroa de inserção das raízes, incluindo a parte do caule destinada à formação das manivas até o terço superior da planta; 2) baixa concentração nutricional devida à elevada umidade; e 3) baixa concentração em nutrientes específicos como a proteína e os aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) nos produtos e subprodutos.

Existem três formas práticas de realizar o manejo da planta da mandioca como matéria-prima para a alimentação animal que são: a) o

fornecimento da raiz e da parte aérea ao natural; b) a formação de silagem usando simultaneamente a raiz e a parte aérea; e c) o preparo de feno do terço superior da planta e de raspa seca da raiz.

As duas primeiras opções praticamente restringem a comercialização, em função da baixa densidade nutricional causada pela elevada umidade da planta. A opção mais econômica a ser adotada dependerá das condições locais da propriedade onde se desenvolve a avicultura ou suinocultura: disponibilidade de mão-de-obra, de infra-estrutura e condições climáticas da região, que permitirão maior ou menor facilidade para efetuar a secagem.

No Brasil, podem ser identificados sete ecossistemas diferenciados (pela conjunção de clima, solo, relevo e vegetação), onde se caracterizam sistemas de produção de mandioca específicos, nos quais são utilizadas variedades adaptadas. Esses ecossistemas são caracterizados resumidamente da seguinte maneira: 1) na Região Norte, pela produção na Bacia Amazônica, em terras baixas com clima Equatorial ou Tropical Úmido, sem estação seca definida e pluviosidade acima de 3.000 mm ao ano; 2) no Brasil Central, pela produção nos solos ácidos do cerrado com clima Tropical, apresentando um curto período seco e pluviosidade entre 1.500 a 3.000 mm ao ano; 3) no Brasil Central, pela produção em terras localizadas em média altitude, entre 800 e 1.400 metros acima do nível do mar, com clima Tropical de Altitude; 4) nas regiões litorâneas, sob influência do clima Tropical Atlântico, estendendo-se do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte e apresentando pluviosidade em torno de 1.500 mm anuais; 5) no Nordeste, pela produção em regiões de predominância do clima Semi-Árido, com distribuição unimodal da chuva e pluviosidade abaixo de 800 mm ao ano; 6) no Nordeste, pela produção nas regiões de abrangência do clima Tropical Subúmido, com distribuição bimodal das chuvas entre 800 e 1.500 mm ao ano; e 7) no Brasil Setentrional, pela produção na região de abrangência do clima Subtropical, em latitudes maiores que 23°C, abaixo do Trópico de Capricórnio.

Nesses diferentes ecossistemas, o manejo da mandioca durante o período pós-colheita deve ser adequado ainda à respectiva realidade econômica e sócio-cultural. Existem regiões onde a produção de feno da parte aérea e de raspa seca de mandioca torna-se anti-econômica, e a opção mais adequada para a eficiente conservação seria o processo

de ensilagem. Outras regiões oferecem a possibilidade de secagem natural apenas em alguns meses do ano. E, existem ainda aquelas regiões mais áridas (secas e quentes) em que processos de desidratação natural da parte aérea e das raízes seriam a forma mais econômica de processamento; porém, nesses ambientes, há que ser considerada a potencialidade de conservação da umidade nos ingredientes da ração, para estimular o consumo voluntário e reduzir parcialmente a demanda de água pelos animais. O modo de utilização da mandioca (raiz e parte aérea), entre fornecimento ao natural, ensilado ou na forma desidratada ou ainda a combinação entre ensilado e depois desidratado, será determinado pelas condições climáticas oferecidas pelo ecossistema. Dependendo do ecossistema onde se desenvolve a produção, a lavoura de mandioca pode ser manejada para maximizar a produção de carboidratos (por meio das raízes), de proteína (pela colheita das folhas ou terço superior da planta) ou de ambos. Em regiões com distribuição regular de chuvas, como os ecossistemas 1 e 4 citados, quando a máxima produção de proteína é o objetivo, a colheita da parte aérea é realizada a cada dois ou três meses, cortando-se as ramas a uma altura de 50 a 70 cm do solo. Segundo Preston e Rodriguez (2004), nesse processo a colheita estende-se por até três anos, na condição de que os nutrientes exportados via parte aérea sejam repostos pela adubação, principalmente via esterco ou efluentes estabilizados de biodigestores. Caso a reposição de nutrientes ao solo não seja realizada, o sistema de produção entra em declínio após a terceira ou quarta colheita da parte aérea. Sistemas de duplo propósito (produção de carboidrato e proteína ao mesmo tempo) também são possíveis e, nesse caso, são realizadas apenas duas colheitas da parte aérea, para que na continuidade ocorra o desenvolvimento normal das raízes.

Na abordagem sob enfoque restrito das cadeias produtivas da avicultura e suinocultura, o uso da planta de mandioca na alimentação dos animais monogástricos apresenta dois aspectos interrelacionados a considerar: 1) o aspecto técnico, em que os efeitos da sua inclusão na alimentação tem reflexos sobre o consumo e ganho de peso e, dessa forma, afeta a conversão alimentar; e 2) o aspecto econômico, que se vincula ao aspecto técnico via conversão alimentar e, segundo a afirmação de vários pesquisadores, mesmo nas circunstâncias em que ocorre um nível de redução no desempenho na magnitude de 15% a 20%, ainda

se poderiam configurar, na prática, vantagens econômicas, dependendo do custo relativo dos demais ingredientes e do preço de remuneração da produção.

Porém, na abordagem da sustentabilidade da propriedade agrícola, quando a produção animal é, de forma estratégica, considerada apenas um dos componentes do sistema de produção da propriedade, e não como a principal atividade (nesse caso especializada e de alta exigência em termos de desempenho animal), a ênfase muda para a otimização da função da produção animal dentro do sistema e não para a obtenção do desempenho individual maximizado em determinada fase produtiva dos animais. Essa abordagem tem conseqüências importantes ao nível de gerenciamento da propriedade agrícola e determina um novo ponto de equilíbrio para o desempenho animal e, em conseqüência, altera o nível nutricional a adotar na formulação das rações para suínos e aves. Nessa abordagem, a produção da mandioca na propriedade agrícola faz parte de um sistema de produção planejado estrategicamente, no qual são considerados a rotação de culturas, a fertilidade do solo e os ciclos dos nutrientes integrados com o abastecimento e a produção estratégica de ingredientes para produção animal, que se insere de forma equilibrada na propriedade agrícola. A mandioca deve ser produzida, os animais criados e os dejetos reciclados na propriedade agrícola. A lavoura deve estar inserida em um sistema sustentável que maximiza a produtividade da biomassa por unidade de energia solar, minimiza o uso de agroquímicos e mantém ou aumenta a fertilidade do solo.

A planta de mandioca em ponto de murcha

Recomendações de uso para alimentação dos suínos e aves

O fornecimento racional da parte aérea e da raiz da mandioca in natura pressupõe que os ingredientes sejam integrados no plano nutricional que compõe o arraçoamento dos animais, de forma que estes recebam dietas equilibradas em quantidade suficiente para atender as suas exigências nutricionais diárias. Os suínos e as aves são monogástricos e, dessa forma, devido à anatomia do aparelho digestivo, têm limitada capacidade de ingestão de alimentos. Isto significa que deve ser considerado o teor de fibra bruta e a concentração de água

presente nos alimentos, visto que estes dois componentes interferem na densidade nutricional da dieta. No caso da fibra, um bom parâmetro é o comparativo dos alimentos com o teor de fibra bruta dos dois principais ingredientes das rações: milho e farelo de soja, os quais apresentam ao redor de 2,3% e 6,2% de fibra bruta, respectivamente, o que resulta em dietas para suínos e aves com cerca de 4% de fibra bruta total nas rações. Outra característica importante dos monogástricos em crescimento ou com máximo desempenho nos sistemas intensivos de produção é a alta demanda diária de nutrientes. Por esse motivo, o uso da planta de mandioca in natura não é rotineiramente recomendado para aves sob alto desempenho e leitões até a saída da creche, quando mantidos em sistemas convencionais de produção intensiva, porque estas categorias apresentam alta demanda de nutrientes quando relacionados com a sua capacidade ingestiva.

Na Tabela 1 estão apresentados valores de composição nutricional da planta da mandioca. Os dados apresentados por Gerhard (1986) referem-se à planta com 12 meses, estratificados em termos de parte aérea (considerando apenas o terço superior) e raiz triturada.

Tabela 1. Composição nutricional das partes que compõem a planta da mandioca colhida aos 12 meses após o plantio, valores expressos em base natural.

Variáveis	Raiz triturada	Parte aérea (terço superior)	Caule
Umidade (%)	66,8	75,6	68,4
Matéria seca (%)	33,2	24,4	31,6
Matéria orgânica (%)	32,0	22,5	30,1
Matéria mineral (%)	1,2	1,9	1,5
Proteína bruta (%)	0,5	4,2	0,6
Fibra bruta (%)	1,2	7,1	14,2
Gordura bruta (%)	0,1	1,2	0,3
Extrativos não nitrogenados (%)	30,2	10,0	15,0
Cálcio (%)	0,07	0,32	-
Fósforo (%)	0,02	0,04	-
Lisina (%)	0,03 ¹	0,20 ²	-
Energia metabolizável suínos (kcal/kg)	1.080 ³	375 ³	-
Energia metabolizável aves (kcal/kg)	1.177	470	-

Fonte: Adaptado de Gerbasi (1986); ¹valor calculado a partir de Oke (1990); ²80% do valor citado por Ravindran (1990); ³EMBRAPA (1991).

A proporção relativa entre a parte aérea e a raiz da mandioca para alimentar os suínos e aves depende da disponibilidade relativa desses ingredientes, da sua composição nutricional e do objetivo final em termos de balanceamento da quantidade total diária de nutrientes que os animais necessitam e têm capacidade para ingerir. Aspectos importantes sobre o comportamento ingestivo e a taxa de crescimento dos suínos e das aves, nos diferentes sistemas de produção, devem ser observados para viabilizar o uso da mandioca in natura.

Embora existam dados de literatura que indicam o emprego de uma relação entre raiz e parte aérea da planta na proporção de 2,5:1, a proporção mais usual e adequada, em termos de composição nutricional para aves e suínos, situa-se em 4:1. Isto se deve à concentração de fibra e, em consequência, à baixa densidade energética da parte aérea e à baixa concentração protéica da raiz. Na proporção 4:1, a inclusão da planta da mandioca (raiz mais parte aérea) ainda permitirá um desempenho satisfatório e pode maximizar o aproveitamento da raiz da mandioca.

Para fêmeas suínas em gestação, o fornecimento da raiz e da parte aérea da mandioca ao natural, na proporção de 80% de raiz e 20% de parte aérea (na razão de 4:1), pode ser realizada seguindo a recomendação expressa na Tabela 2. Os valores adotados referem-se a porcas com peso médio na faixa de 180 a 210 kg e os valores de exigências nutricionais para calcular a quantidade dos ingredientes foram adotados segundo a recomendação feita por Burgstaller (1989). No exemplo exposto na Tabela 2 são necessários ajustes nutricionais na ração farelada seca (mistura concentrada), que deverá apresentar 3.022 kcal de energia metabolizável/kg de mistura concentrada, 22,6% de proteína bruta, 1,21% de lisina total, 1,65% de cálcio, 1,51% de fósforo total e 0,18% de sódio. A mistura concentrada poderá ser composta por 51,1% de milho moído, 39,1% de farelo de soja, 3,7% de feno de folha de mandioca, 6,15% de fosfato bicálcico, 0,45% de sal comum e 0,50% de premix micromineral vitamínico. Especificamente, recomenda-se, para esse caso, o uso de premix mineral-vitamínico, ao invés de núcleo, visando a possibilidade de ajuste nas concentrações dos macrominerais.

A concentração do premix vitamínico e de microminerais na mistura concentrada deve ser aumentada em 30% para garantir o aporte

Tabela 2. Plano de alimentação individual controlado para porcas em gestação, utilizando raiz e parte aérea (terço superior) da mandioca na proporção de 4:1.

Estádio da gestação	Primeiro mês	30 a 84 dias	Último mês
Plano de alimentação			
Raiz (a) (kg/dia)	3,2 kg	3,6 kg	4,0 kg
Parte aérea (b) (kg/dia)	0,8 kg	0,9 kg	1,0 kg
Total de mandioca (a+b) (kg/dia)	4,0 kg	4,5 kg	5,0 kg
Mistura concentrada ¹¹ (kg/dia)	0,8 kg	0,8 kg	1,1 kg
Ingestão de nutrientes e energia			
Energia metabolizável (kcal/dia)	6.190	6.660	8.040
Proteína bruta (g/dia)	230	237	311
Lisina (g/dia)	12	13	17
Cálcio (g/dia)	18	19	24
Fósforo total (g/dia)	13	13	18

¹¹ Apresentando 3.222 kcal de energia metabolizável/kg, 22,6% de proteína bruta, 1,21% de lisina total, 1,65% de cálcio, 1,5% de fósforo total e 0,18% de sódio.

Fonte: Cálculo dos autores usando os valores de Ciechanó (1986), para composição da parte aérea e da raiz.

suficiente de vitaminas e microminerais. O valor exato a incluir será conforme a recomendação do fabricante, mais 30% acima desse nível para compensar a reduzida ingestão da mistura concentrada. O aspecto a destacar na recomendação acima, complementada com a Tabela 2, é que sejam realmente fornecidas ao dia as quantidades indicadas, para evitar desequilíbrios nutricionais que poderão influir na vida útil da fêmea no plantel.

As porcas em lactação apresentam alta exigência nutricional, mobilizando reservas corporais (gordura, proteína, minerais e vitaminas) para a produção de leite. A elevada ingestão de matéria seca deve permitir que ocorra o mínimo de perda de peso pela matriz e, dessa forma, evita-se um intervalo entre desmame-cio maior do que uma semana. A concentração do nutriente na mistura depende fundamentalmente da exigência dos animais em determinada fase produtiva e nível de produtividade aliado ainda à quantidade da mistura concentrada fornecida ao dia. Dessa forma, para a quantidade de matéria seca a ser fornecida às matrizes na recomendação realizada na Tabela 3, a concentração deverá ser de 23,0% de proteína bruta, 1,21% de lisina total, 1,20% de cálcio, 1,01% de fósforo, 0,26% de sódio e 3.120 kcal de energia metabolizável por kg de mistura concentrada. A composição da mistura concentrada poderá apresentar 40,9 % de farelo

Tabela 3. Plano de alimentação individual para matrizes em lactação em três níveis de produtividade e arraçoadas sob sistema controlado de alimentação, utilizando raiz e parte aérea (terço superior) da mandioca na proporção de 4:1.

Nível de produtividade (leitões/matriz)	8 leitões	10 leitões	12 leitões
Plano nutricional, ingestão diária			
Energia metabolizável (kcal/dia)	14.050	16.080	18.110
Proteína bruta (g/dia)	752	873	994
Lisina (g/dia)	39,5	45,9	52,2
Cálcio (g/dia)	42,0	48,6	55,2
Fósforo (g/dia)	31,5	36,7	41,8
Sódio (g/dia)	7,8	9,5	11,2
Plano de alimentação, ingestão diária			
Raiz (a) (kg/dia)	4,0	4,4	4,8
Parte aérea (b) (kg/dia)	1,0	1,1	1,2
Total de mandioca (a+b) (kg/dia)	5,0	5,5	6,0
Mistura concentrada ¹ (kg/dia)	3,0	3,5	4,0

¹Com 23,0% de proteína bruta, 1,21% de lisina total, 1,20% de cálcio, 1,01% de fósforo, 0,26% de sódio e 3.120 kcal de energia metabolizável/kg. Fonte: Cálculo dos autores.

de soja, 53,7% de milho moído, 0,78% de calcário calcítico, 3,6% de fosfato bicálcico, 0,65% de sal comum e 0,57% de premix. Os valores de exigências nutricionais para calcular a quantidade dos ingredientes para as matrizes em lactação foram adotados segundo a recomendação feita por Burgstaller (1989). Especial atenção deve ser dada para os micro-minerais e as vitaminas, que são incluídas pela adição de, respectivamente, premix micromineral e vitamínico. A recomendação é de que seja realizado um aumento de 20% no nível de inclusão prescrito pelo fabricante, visando compensar o fornecimento controlado da mistura concentrada e, dessa forma, proporcionar um consumo de vitaminas e micro-minerais muito próximo ao que ocorre com as rações mais usuais.

Matrizes em lactação mantidas no sistema ao ar livre – Siscal, sob pastejo desde o período de gestação, apresentam maior consumo voluntário de ração na fase de lactação, com níveis que alcançam até 25%, quando comparado com fêmeas mantidas no sistema convencional confinado. Dessa forma, o potencial de consumo da matriz no Siscal pode ser explorado para um maior uso da mandioca in natura. No sistema confinado, quando o desmame é realizado após os 21 dias de idade dos leitões, é necessário que a quantidade total de alimento a ser fornecida ao dia seja incrementada em pelo menos 10%

a 15%, visando compensar a mobilização das reservas corporais que são naturais, devido ao fato de que a porca, em condições normais, produz o máximo de leite, ou seja, atinge o pico de produção entre os 14 e 28 dias de lactação, segundo uma curva de produção de leite. Essa observação é importante no caso do sistema de produção orgânico de suínos, onde o desmame deverá ser realizado após os 40 dias de idade do leitão.

A recomendação de uso da parte aérea e da raiz de mandioca ao natural para suínos em crescimento e terminação está apresentada na Tabela 4, sob forma de um plano de arraçamento utilizando a técnica de fornecimento controlado da alimentação. Esse plano fundamenta-se na estimativa de um limite máximo para ingestão de matéria seca de até 3% do peso vivo do suíno e adota exigências nutricionais (quantidade de nutrientes ao dia) para alto desempenho. Esses valores de exigências nutricionais para calcular a quantidade dos ingredientes foram adotados segundo a recomendação feita por Burgstaller (1989).

O consumo da parte aérea e da raiz de mandioca está planejado com substituições crescentes de acordo com a faixa de peso do suíno. Isto é, o nível inicial parte de 20% de substituição da ração na faixa de peso do suíno, que compreende os 20 aos 40 kg, 30% de substituição da ração na faixa de peso de 40 a 60 kg, 40% de substituição na faixa de peso de 60 a 80 kg e 40% de substituição na última fase de arraçamento dos animais. Para garantir o suprimento dos nutrientes necessários ao dia, visando elevado ganho de peso, a mistura concentrada deverá apresentar 23,1% de proteína bruta, 1,25% de lisina total, 0,94% de cálcio, 0,87% de fósforo e 3.100 kcal de energia metabolizável por kg de mistura concentrada. Esses níveis nutricionais são únicos para o período de 20 a 100 kg do suíno, visto que os ajustes na quantidade de nutrientes fornecidos ao dia são realizados mediante o controle da quantidade de mistura concentrada fornecida. A composição da mistura concentrada poderá apresentar 39% de farelo de soja, 51% de milho moído, 6% de feno de mandioca, 0,4% de calcário calcítico, 2,6% de fosfato bicálcico, 0,5% de sal comum e 0,5% de premix. Da mesma forma que para as matrizes, os microminerais e as vitaminas devem ser incluídos pela adição de, respectivamente, premix micromineral e vitamínico. A recomendação é que seja realizado um aumento de 30% no nível de inclusão prescrito

Tabela 4. Plano de alimentação individual para suínos em crescimento e terminação sob sistema de alimentação controlada utilizando raiz e parte aérea (terço superior) da mandioca na proporção de 4:1 e em níveis crescentes de substituição da ração convencional.

Faixa de peso, kg	20 a 40	40 a 60	60 a 80	80 a 100
Ganho de peso projetado (g/dia)	700	800	900	1.000
Duração da fase (dias)	28	25	22	20
Ingestão diária de nutrientes e energia				
Energia metabolizável (kcal/dia)	4.815	6.680	8.170	9.650
Proteína bruta (g/dia)	300	383	421	460
Lisina (g/dia)	16,2	20,6	22,7	24,7
Cálcio (g/dia)	13,0	17,0	19,4	21,8
Fósforo total (g/dia)	11,1	13,9	15,1	16,2
Plano de alimentação, ingestão diária				
Nível de substituição da ração convencional (%)	20	30	40	40
Raiz, g/dia (a)	800	1.600	2.600	3.600
Parte aérea, g/dia (b)	200	400	650	900
Total (a + b) (g/dia)	1.000	2.000	3.250	4.500
Mistura concentrada ¹⁾ (g)	1.250	1.550	1.650	1.750

¹⁾ Com 23,1% de proteína bruta, 1,25% de lisina total, 0,94% de cálcio, 0,87% de fósforo e 3.100 kcal de energia metabolizável/kg.
Fonte: Cálculo dos autores.

pelo fabricante, visando compensar o fornecimento controlado da mistura concentrada e, dessa forma, proporcionar um consumo de vitaminas e micro-minerais muito próximo ao que ocorre com as rações convencionais.

A alimentação de frangos de corte no sistema intensivo de produção exige a utilização de ingredientes na dieta que apresentem adequada densidade nutricional, para permitir índices competitivos de ganho de peso e conversão alimentar. A densidade nutricional da dieta está correlacionada com a elevada taxa de ganho de peso e com a capacidade ingestiva do animal. Dessa forma, a utilização da mandioca in natura para alimentar frangos de corte no sistema intensivo de produção torna-se menos viável do que seu uso nos sistemas de produção alternativos, nos quais o abate da ave é realizado após os 85 dias de idade e o desempenho, em termos de média de ganho de peso diário, é de apenas a metade. Na Tabela 5 estão apresentados os valores de ingestão diária de ração, energia e nutrientes para frangos de corte caipira, calculados a partir das equações para consumo de ração e peso corporal desenvolvidas por Coldebella et al. (2003) e fundamentados nos níveis nutricionais recomendados por Mazucco (2001) para as aves (linhagem Embrapa 041) no sistema de criação denominado caipira.

Em função dessas necessidades de energia e nutrientes ao dia, e considerando a concentração nutricional da mandioca in natura (raiz e terço superior da planta) para um nível de inclusão de 30% na dieta em base de matéria seca, durante o período de 28 até 63 dias de idade, e para uma inclusão de 36% a partir de 63 dias até o abate, são recomendados os níveis de fornecimento apresentados na Tabela 6. Na tabela os valores são apresentados para consumo diário de lotes constituídos por 100 frangos. São necessários pequenos aumentos diários visando alcançar o nível de consumo da semana seguinte de forma gradual. No sistema proposto, as aves recebem a mandioca in natura (raiz e terço superior) apenas a partir dos 28 dias de idade.

A mistura concentrada é calculada de modo a equilibrar a quantidade de energia e nutrientes ingeridos, de acordo com o plano de arraçamento, e é estritamente necessário seguir as recomendações de concentração em termos de nutrientes: 24,2 % de proteína bruta, 0,87% de metionina + cistina, 1,30% de lisina total, 1,29% de cálcio, 0,61% de fósforo disponível e 3.050 kcal de energia metabolizável/kg.

Tabela 5. Consumo de ração, energia metabolizável e nutrientes ao dia estimados para frangos de corte caipira em função da idade.

Idade (dias)	Consumo diário (g)	Energia metabolizável (kcal/dia)	Proteína bruta (g/dia)	Cálcio (g/dia)	Fósforo disponível (g/dia)	Metionina + cistina (g/dia)	Lisina (g/dia)
28	60	180	10,80	0,60	0,264	0,390	0,534
35	71	213	12,78	0,71	0,312	0,462	0,632
42	86	258	15,48	0,86	0,378	0,559	0,765
49	100	300	18,00	1,00	0,440	0,650	0,890
56	115	345	20,70	1,15	0,506	0,748	1,024
63	130	390	23,40	1,30	0,572	0,845	1,157
70	145	435	23,93	1,38	0,566	0,870	1,131
77	160	480	26,40	1,52	0,624	0,960	1,248
84	180	540	29,70	1,71	0,702	1,080	1,404

Fonte: Cálculo dos autores, segundo Mazzuco (2001) e Coldebella et al. (2003).

Tabela 6. Plano de alimentação para 100 frangos de corte em função da idade incluindo-se 30% de raiz e parte aérea da mandioca na dieta, na proporção de 4:1, dos 28 aos 63 dias de idade, e 36% no período entre 63 e 84 dias.

Idade (dias)	Mistura concentrada ^(b) (g/dia)	Raiz de mandioca (g/dia)	Parte aérea (g/dia)
28	4.200	4.030	1.010
35	4.970	4.770	1.190
42	6.020	5.780	1.445
49	7.000	6.720	1.680
56	8.050	7.725	1.930
63	9.100	8.730	2.185
70	9.240	11.770	2.945
77	10.200	12.990	3.250
84	11.470	14.615	3.655

^(a) Com 24,2% de proteína bruta, 0,87% de metionina+cistina, 1,33% de lisina total, 1,29% de cálcio, 0,61% de fósforo disponível e 3,050 kcal de energia metabolizável/kg.

Fonte: Cálculo dos autores.

A composição da mistura concentrada poderá apresentar 45% de farelo de soja, 46,5% de milho moído, 3,41% de óleo degomado de soja, 1,9% de calcário calcítico, 2,3% de fosfato bicálcico, 0,3% de sal comum, 0,35% de premix e necessita de 0,24% de DL-metionina para fornecimento de aminoácido sulfurado. Os microminerais e as vitaminas são incluídas pela adição de, respectivamente, premix micromineral e vitamínico. A recomendação é de que seja realizado um aumento de 10% no nível de inclusão prescrito pelo fabricante, visando compensar o fornecimento controlado da mistura concentrada e, dessa forma, proporcionar um consumo de vitaminas e microminerais muito próximo ao que seria normal com as rações mais usuais.

Na presente recomendação, a composição nutricional da mistura concentrada é única desde os 28 dias de idade até o abate, visto que os ajustes no consumo de nutrientes ao dia são realizados pela variação nas quantidades fornecidas e não pela concentração nutricional das rações, que seria o caso se fosse realizado o fornecimento à vontade. O fornecimento controlado da alimentação (mistura concentrada + raiz de mandioca + parte aérea representando o terço superior) apresenta como vantagem adicional a redução das perdas de alimento

por desperdício. Os valores calculados na Tabela 6 são referentes a lotes mistos, correspondendo à média entre machos e fêmeas. Existe um diferencial de peso e consumo entre machos e fêmeas que alcança valores de até 20%.

A estimativa de consumo adotada é robusta, alcançando, para o período total de 84 dias, um consumo de 7,5 kg de ração, o que gera um peso final de 2,6 a 2,7 kg. Pela norma de produção do frango caipira deve ser adotado um manejo das aves com acesso a piquetes com no mínimo 3 m² que, normalmente, deve oferecer disponibilidade para consumo de pastagens. A utilização da mandioca in natura, fornecida nos piquetes, pode colaborar para manutenção da pastagem por período mais prolongado, em especial nas épocas de baixa taxa de crescimento, visto que o fornecimento da planta da mandioca pode reduzir a intensidade de consumo da forragem.

A questão dos fatores antinutricionais na mandioca in natura

O uso da parte aérea e da raiz da mandioca na forma in natura requer cuidados especiais e, em qualquer situação e por medida de segurança, a recomendação é que seja realizado o “descanso do material”, para que as folhas alcancem o ponto de murcha, entendido como o estabelecimento de um período de 15 a 24 horas entre a colheita e o fornecimento das folhas e raízes aos animais, período esse em que o material minimamente processado fica armazenado à sombra (nas regiões de baixa umidade relativa do ar), ou ao sol durante no máximo oito horas e o restante do tempo de descanso à sombra (em regiões com umidade relativa muito elevada). Minimamente processado significa que a parte aérea e a raiz passaram por um processo no qual foram reduzidos em tamanho de forma manual, por meio do uso de facões. A parte aérea e as raízes são armazenadas temporariamente em separado, em ambiente ventilado, e a disposição do material deve ser realizada evitando a sua compactação, de tal modo que o material não sofra aquecimento nesse período. Perto do final do período de descanso do material (entre 4 e 6 horas antes de ser fornecido aos animais) deve ser realizada a trituração conjunta da parte aérea (o terço superior) e da raiz, usando o triturador sem as peneiras, isto é, somente com as lâminas e os martelos na máquina.

Devido a compostos químicos denominados glicosídeos cianogênicos, precursores de substâncias tóxicas, presentes na planta da mandioca (folhas, caules e raízes), são necessários esses e mais cuidados especiais no manejo dos ingredientes, quando fornecidos in natura aos animais dentro de programa de arraçoamento.

Glicosídeos cianogênicos são compostos orgânicos, sintetizados principalmente nas folhas e, em menor proporção, na região cortical de raízes jovens e distribuídos para todas as partes da planta, que apresentam na sua constituição um radical cianeto – CN⁻ que, ao ser liberado por meio de reações químicas, via ação enzimática, possibilita a formação de ácido cianídrico – HCN.

O HCN, que é um composto químico, volátil na temperatura ambiente, altamente tóxico para os seres vivos, tem uma dose mínima letal para o homem e animais quando a ingestão ultrapassa a quantidade de 1,0 mg/kg de peso vivo. Dessa forma, por exemplo, considera-se como certo o aparecimento de sintomas severos de intoxicação, com probabilidade de óbito, quando um suíno com 100 kg ingerir a quantidade de 1 kg de mandioca ao dia, desde que esta apresente a concentração de 100 mg de HCN/kg de alimento, visto que terá ingerido o valor limite de 1,0 mg/kg de peso vivo, ou seja, terá ingerido junto com 1 kg de mandioca os 100 mg de HCN que seriam suficientes para causar sintomas em um suíno com 100 kg de peso vivo. Uma ave apresentando 2,0 kg de peso vivo, que consumir 20 gramas de mandioca contendo uma concentração de 100 mg de HCN/kg de alimento, estará exposta ao mesmo risco de intoxicação.

No processo descrito acima, a trituração do material é importante porque permite que uma enzima, denominada linamarase, que está presente na planta da mandioca, entre em contato com o componente denominado de linamarina (é o nome do glicosídeo cianogênico mais abundante), o que resulta, via reações químicas, na liberação e volatilização de HCN. O intervalo de tempo que é necessário para reduzir a concentração do HCN via volatilização até níveis seguros situa-se entre 4 e 6 horas. É muito importante que não ocorra a desidratação excessiva do material (em espaço de tempo muito curto), porque a atividade enzimática é reduzida em condições de desidratação acelerada. O processo de trituração eleva a ação enzimática, propicia maior liberação de HCN e facilita também o arraçoamento, por reduzir

a seleção dos componentes da mistura (das partes aérea e raiz), permite o consumo homogêneo pelos animais e diminui os desperdícios pela colocação do material, ainda com umidade, em comedouros adequados. O ingrediente fornecido aos animais não deve permanecer mais do que 24 horas no comedouro, evitando que ocorra fermentação e decomposição.

O potencial tóxico da mandioca depende da concentração em compostos cianogênicos e da efetiva produção de HCN em quantidades suficientes a partir desses compostos (linamarina na proporção de 93% a 96% e metil-linamarina ou lotaustralina na proporção de 4% a 7%). Assim, quanto mais os compostos cianogênicos forem hidrolisados e mais HCN for volatilizado antes que a mandioca seja fornecida aos animais, mais seguro torna-se o arraçoamento com a mandioca.

A formação e liberação do HCN não ocorre na planta não processada, devido à compartimentalização da linamarase (a enzima) na parede celular e a linamarina (o glicosídeo cianogênico) nos vacúolos celulares. Assim, após a maceração dos componentes da planta é ativada a beta-glicosidase intracelular, a qual hidrolisa o glicosídeo, produzindo um composto intermediário acetona-cianohidrina, que se decompõe espontaneamente em condições de pH acima de 5,0 ou temperatura acima de 35°C ou pode ser decomposto pela enzima hidroxinitrila liase. O produto final é acetona e HCN que é volátil. A enzima hidroxinitrila liase tem expressão quase que exclusivamente nas folhas, estando praticamente ausente nas raízes. Segundo Siritunga et al. (2004), uma mandioca transgênica, com maior atividade da enzima hidroxinitrila liase (atividade acima de duas vezes nas folhas e acima de 13 vezes na raiz) que na mandioca normal, representa um grande potencial para uma completa liberação de HCN nos processamentos industriais da raiz da mandioca.

O processo descrito acima ocorre antes do animal ingerir a mandioca. Porém, a microflora presente no trato digestivo do animal também pode produzir beta-glicosidase capaz de hidrolisar o glicosídeo cianogênico. O nível de atividade da beta-glicosidase no trato digestivo depende do pH e da composição bacteriana. Quando o pH da digestão é alto a atividade da beta-glicosidase é adequada para hidrólise das ligações glicosídicas e a taxa de formação do HCN é mais elevada. Ao ser formado, liberado no trato digestivo e absorvido, o HCN é

detoxificado por uma enzima denominada rodanase, formando um composto inócuo chamado tiocianato, que é excretado do organismo via urina. Dessa forma, no organismo, a defesa efetiva para evitar a intoxicação por HCN é pela ação da enzima rodanase. Essa conversão metabólica do HCN absorvido até o composto tiocianato depende da presença de fatores nutricionais, como os aminoácidos sulfurados, e da vitamina B₁₂. Sinais de intoxicação aguda, tais como respiração irregular e acelerada, aumento dos batimentos cardíacos, tremores e hipotermia, manifestam-se quando a taxa de produção e absorção do HCN é tal que a capacidade de detoxificação metabólica do organismo é excedida. Os sinais de intoxicação devido à presença de linamarina na dieta aparecem em até uma hora depois da ingestão, tem a fase mais intensa até duas horas, período no qual pode ocorrer óbito, e os sintomas de intoxicação desaparecem ou se reduzem rapidamente três horas após a ingestão naqueles animais que sobreviveram. Não existe relação entre duração da intoxicação e nível de intoxicação.

Segundo Rosling (1987), não existe excreção de radical CN⁻ ou de linamarina intacta por meio das fezes, mas quantidades significativas de linamarina são detectadas na urina após o consumo de mandioca mal processada. Isso indica que todo o glicosídeo cianogênico e seus derivados são absorvidos de forma intacta. Sendo absorvido de forma intacta e se não for metabolizado no trato digestivo ou sofrer ação da enzima rodanase, então o glicosídeo será excretado na urina sem causar exposição ao HCN, portanto sem risco para intoxicação. Porém, em condições normais, cerca de 80% do CN⁻ ingerido será convertido a tiocianato, sendo excretado na urina em menos de 24 horas.

A concentração de glicosídeos cianogênicos na mandioca é usualmente expressa em termos da quantidade de CN⁻ ou de HCN liberado via hidrólise ácida e as concentrações exatas de compostos cianogênicos são raramente analisadas. Existem duas diferentes classificações quanto à toxicidade da planta da mandioca, sendo uma a que considera a concentração dos componentes tóxicos na parte aérea e outra a que considera a concentração nas raízes. Tiesenhausen (1987), fazendo a avaliação de relatos de vários pesquisadores, citou o enquadramento da mandioca em brava (ou amarga) e mansa com base na concentração de glicosídeos cianogênicos expressa em termos de equivalentes de HCN na parte aérea da planta. A mandioca brava ou

amarga apresenta uma concentração de glicosídeos cianogênicos, em equivalente de HCN, acima de 275 mg/kg de matéria natural, e a classificação de mandioca mansa é destinada para aquela que apresenta uma concentração equivalente em HCN abaixo de 238 mg/kg de matéria natural. Por outro lado, Bruijin (1973) apresentou uma classificação da raiz de mandioca com relação à sua concentração em glicosídeos cianogênicos expressos em equivalentes HCN considerando: 1) não venenosas aquelas variedades de mandioca que contêm uma concentração de menos de 50 mg de equivalentes de HCN/kg de raiz ao natural (correspondendo ao valor de 150 mg de HCN/kg expresso na matéria seca); 2) moderadamente venenosas aquelas variedades que apresentam uma concentração de equivalentes de HCN variando entre 50 e 100 mg/kg de raiz ao natural (entre 150 e 300 mg de HCN/kg de matéria seca); e 3) venenosas as variedades que apresentam concentração do fator tóxico em valores acima de 100 mg de equivalentes de HCN/kg de raiz ao natural (acima de 300 mg de HCN/kg de matéria seca).

Na Tabela 7 estão apresentados os valores para diferentes variedades que são classificadas segundo o critério adotado por Bruijin (1973). A distribuição dos glicosídeos cianogênicos na mandioca varia conforme a variedade, estágio de crescimento e parte da planta considerada. Ukpabi e Folorunsho (2003) avaliando o potencial de liberação de HCN por folhas de mandioca colhidas em diferentes estágios de crescimento e armazenadas em ambiente com temperaturas oscilando entre 22 e 30°C detectaram uma liberação de HCN por hora que variava entre 116 e 478 mg de HCN por tonelada de material colhido.

O maior problema verificado na intoxicação dos animais domésticos por partes da planta ou produtos sólidos, úmidos ou líquidos derivados do processamento da mandioca, refere-se ao fornecimento repentino de alta quantidade de material que ainda contém elevada concentração de componentes tóxicos, ao passo que o desejável seria o fornecimento continuado de quantidades adequadas de material contendo baixa concentração desses princípios ativos tóxicos. Assim, a recomendação para uso da planta da mandioca in natura para os animais monogástricos recai sobre o emprego das variedades consideradas mansas.

Tabela 7. Distribuição de glicosídeos cianogênicos em diferentes partes da planta de mandioca de diferentes variedades classificadas como baixa, média e alta, quanto à concentração do fator antinutricional.

Partes da planta	Concentração de glicosídeos cianogênicos (mg equivalentes de HCN/kg na matéria natural)		
	Baixa	Intermediária	Alta
Folhas			
Jovens	330	330	640
Maduras	420	340	805
Velhas	250	210	525
Média	333	293	657
Pecíolos			
Jovens	400	750	855
Maduros	210	350	405
Velhos	120	110	175
Média	243	403	478
Casca do talo			
2/3 superior	90	230	455
1/3 inferior	550	680	935
Média ¹	297	432	671
Raiz			
Casca	400	540	810
Polpa	36	55	225
Média ²	45	64	156
Classificação da raiz	Não venenosa	Moderadamente venenosa	Venenosa

¹ Média ponderada para 45% para a porção terço inferior e 55% para a porção dos terços superiores.

² Média ponderada para 85% de polpa e 15% de córtex + película suberosa.

Fonte: Calculado a partir de Brujin (1973).

Segundo relatos de Tewe (1994), em suínos ocorre redução no desempenho quando submetidos a dietas balanceadas que contenham uma concentração de 750 mg de HCN equivalente/kg de ração. Porém, um desempenho satisfatório foi obtido com suínos no crescimento que receberam dietas com menos do que 100 mg de HCN equivalente/kg. Segundo aquele autor, experimentos com matrizes em gestação (realizados por Tewe & Maner, 1981) demonstraram que a inclusão de mandioca fresca na dieta das fêmeas e o fornecimento de 500 mg de HCN equivalentes/kg de dieta (sob forma de KCN), não afetou o desempenho reprodutivo em termos de tamanho de leitegada, peso do leitão ao nascer e peso do leitão ao desmame. Ao nível de ingestão de 500 mg de HCN equivalente/kg ocorreu a transferência, via circulação sanguínea transplacentária, de tiocianato aos fetos e os valores de

tiocianato no leite também se elevaram, e foi possível observar uma hiperplasia da tireóide nas fêmeas.

Alves (2002) citou a amplitude de valores de equivalentes de HCN por kg de raiz, casca e folhas encontrada em diferentes relatos na literatura. Valores referenciados para a casca na base matéria seca são muito variáveis, conforme demonstrado na Tabela 8, e isto pode ser devido às perdas do HCN durante o processo de desidratação.

Tabela 8. Valores referenciados por Alves (2002) sobre a variação na concentração de glicosídeos cianogênicos (em equivalentes de HCN) na mandioca.

Variável	Equivalentes de HCN (mg/kg)	Fonte citada
Polpa da raiz		
Na matéria seca	30 a 1.210	A
Na matéria seca	30 a 1.350	B
Ao natural	10 a 400	A
Casca (cortéx + película suberosa)		
Na matéria seca	60 a 550	B
Na matéria seca	50 a 770	A
Ao natural	170 a 2.670	A
Folha		
Na matéria seca	10 a 940	A
Ao natural	3 a 290	A

Fontes: A = Barrios & Bressani (1967); B = Wheatley & Chuzel (1993).

Segundo Tewe (1991), o fornecimento de mandioca aos animais pode ser feito de forma segura se os níveis de compostos cianogênicos forem mantidos abaixo de 100 mg de HCN equivalentes/kg da dieta, garantindo ao mesmo tempo uma oferta adequada de proteína com alto teor de aminoácidos sulfurados e assegurando que níveis adequados de iodo estejam presentes na dieta.

O fornecimento da planta da mandioca in natura, além dos fatores antinutricionais tóxicos, apresenta algumas desvantagens adicionais tais como: 1) necessidade da colheita, processamento e arraçoamentos que devem ser realizados de forma contínua e diária, o que requer disponibilidade contínua de mão-de-obra; 2) não estabelece uma época definida de colheita, subutilizando a terra; 3) permite que ocorram erros no manejo dos ingredientes com perda de qualidade devido à deterioração; e 4) os ingredientes estão sujeitos à variação nutricional em função do estágio de crescimento da planta.

Recomendações adicionais para uso da mandioca in natura

Ao se estabelecer um programa de alimentação alternativo com o uso da mandioca, para frangos de corte em sistema alternativo de produção (em um ciclo de produção de 84 dias) e também para suínos em crescimento e terminação, é necessário que sejam atendidos alguns requisitos de fundamental importância para que não ocorram prejuízos no desempenho dos animais. O processo de inclusão da raiz e da parte aérea da mandioca na alimentação dos animais requer uma adaptação continuada que se estende entre duas a três semanas. O uso de ingredientes volumosos (no caso com alto teor de água), que apresentam composição diferente da alimentação tradicional fundamentada em cereais (basicamente milho), representa a necessidade de adaptação fisiológica pelos animais.

O uso continuado da raiz e parte aérea da mandioca em dietas de fêmeas suínas na gestação e lactação, em ciclos reprodutivos consecutivos, e matrizes pesadas em aves tem aspectos práticos que devem ser considerados, porque a questão dos glicosídeos cianogênicos deve ser vista sob uma ótica diferenciada. Após utilizar os cuidados recomendados para evitar as potenciais intoxicações agudas, devem necessariamente ser considerados os efeitos fisiológicos gerados pelo aporte continuado de baixos níveis de glicosídeos cianogênicos na alimentação das fêmeas suínas em reposição, gestação e lactação e de matrizes pesadas em aves. E esses efeitos fisiológicos de adaptação podem ser perceptíveis somente a médio e a longo prazo. Nesse sentido, existe carência de resultados de pesquisa para avaliar a viabilidade técnica do uso da mandioca nos sistemas de produção de aves e suínos. Porém, deve ser ressaltado que, na produção de suínos em ciclo completo, apenas cerca de 15% da quantidade de ração consumida em uma granja são decorrentes da alimentação do plantel de reprodução. Nesse sentido, cabe realizar uma análise crítica sobre o nível de inclusão de produtos originados da mandioca na alimentação do plantel de reprodução e tentar viabilizar, ao mesmo tempo, o uso mais intenso da mandioca para suínos em crescimento e terminação. A mesma lógica se reflete para a situação do frango de corte. Para poedeiras já existem alguns resultados de pesquisa relatando o uso continuado da raspa integral da mandioca nas dietas.

Planta da mandioca ensilada

Efeitos da ensilagem sobre os fatores antinutricionais

No processo da ensilagem é realizada a armazenagem conjunta da raiz com a parte aérea (terço superior) da planta e tem como objetivo a conservação por meio da acidificação natural do material, previamente triturado em frações menores do que 2 cm, no interior de um silo fechado, na ausência de oxigênio. Permite o armazenamento durante longos períodos e também o uso continuado do ingrediente, o que conduz a uma utilização mais programável e eficiente. O processo é especialmente recomendado para regiões com elevada umidade relativa do ar, onde existe a dificuldade de confeccionar fenos e realizar a secagem da raiz de mandioca ao natural. A técnica da ensilagem também possibilita a colheita e conservação estratégica de toda a produção da lavoura em curto espaço de tempo, liberando a terra para novo plantio.

Segundo Limon (1992), o objetivo da ensilagem é a preservação nutricional do material ensilado, por meio da fermentação bacteriana e conseqüente formação de ácido láctico, resultando em um pH de estabilização em torno de 4,5 a 5,0. Ao alcançar esse pH cessa a atividade dos microorganismos que atuam para deteriorar a massa ensilada. O processo fermentativo se estabiliza em quatro semanas e este é o tempo mínimo necessário durante o qual o silo fica fechado. A concentração de fatores tóxicos presentes no material ensilado é diminuída por meio da percolação e saída via líquido efluente e, em maior extensão, pela decomposição espontânea de um composto intermediário denominado de acetona-cianohidrina, que requer condições de pH acima de 5,0 ou temperatura maior que 35°C, para produzir HCN livre e acetona. Tanto a condição de pH ou de temperatura é alcançada em algum dos momentos, no transcorrer do processo fermentativo essencial para a estabilização do material ensilado. A avaliação do efeito do tempo decorrido no período pós-ensilagem da raiz de mandioca (integral triturada), sobre a proporção relativa entre a concentração de HCN livre e radicais CN⁻ combinados nos glicosídeos cianogênicos, foi descrita por Gomez e Valdivieso (1988). Os resultados, apresentados na Tabela 9, indicam que a raiz

de mandioca, de variedade considerada tóxica, apresentou valores de glicosídeos cianogênicos que foram reduzidos a níveis não tóxicos, durante a primeira semana de ensilagem, não oferecendo qualquer risco ao desempenho dos animais.

Tabela 9. Efeito do tempo de ensilagem sobre a concentração de equivalentes em glicosídeos cianogênicos e HCN livre em raízes de mandioca desintegradas.

Tempo (semanas)	HCN total		HCN livre/total %	CN fixo	
	ppm M.S. ⁽¹⁾	ppm M.N. ⁽²⁾		ppm M.S.	ppm M.N.
0	530	200	42	307	116
1	410	155	96	17	6
2	394	149	96	16	6
4	346	131	94	21	8
8	347	131	96	14	5
14	210	79	100	0	0

⁽¹⁾M.S. = matéria seca.

⁽²⁾M.N. = matéria natural.

Fonte: Calculado a partir de Gomez & Valdivieso (1988)

A proporção entre HCN livre sobre o HCN total no transcorrer da primeira semana foi alterada de 41,5% até 96,0%, o que proporcionou níveis de glicosídeos cianogênicos residuais no material ensilado em concentração abaixo de um oitavo do valor limite tóxico de 50 mg/kg expresso na base de matéria natural.

Okeke et al. (1985) afirmaram que, no período de 78 horas após a ensilagem da raiz da mandioca, a concentração de fatores tóxicos já alcança níveis que não representam ameaça de intoxicação aos animais. Isto ocorre porque o material ensilado, ao ser triturado em pedaços menores do que 2 cm, apresenta a perda da integridade celular e a enzima endógena linamarase, presente nos tecidos da planta, é liberada e começa a atuar sobre os compostos orgânicos que possuem na sua estrutura o radical CN⁻, liberando HCN. O resultado final é uma concentração mínima segura que permite o arraçoamento normal dos animais.

A realização da ensilagem

Os cuidados necessários para a realização de uma silagem de mandioca com elevada qualidade, utilizando a parte aérea e a raiz,

referem-se: 1) a um prévio emurchecimento da parte aérea; 2) à mistura mais homogênea possível entre a parte aérea e a raiz; 3) à garantia do ambiente anaeróbico, com adequada compactação do material; e 4) ao teor de água da massa ensilada. São indispensáveis rapidez na ensilagem, moagem (trituração) do material que permita a sua eficiente compactação, manutenção de paredes e piso para que não absorvam água e o escoamento do líquido de percolação da silagem para fora do silo, evitando o acúmulo excessivo de água na parte inferior da massa ensilada. As dimensões do silo devem ser de tal forma que seja retirada diariamente uma camada de, no mínimo, 10 a 12 cm do material ensilado, em toda a extensão da abertura do silo. Isso é possível mediante o cálculo da quantidade diária a ser fornecida para os animais. A cubagem do material ensilado varia entre 0,80 a 0,90 t/m³ e depende essencialmente da intensidade de compactação, que não deve ser excessiva para que sejam evitadas dificuldades na retirada do material do silo. A adição de conservantes não é essencial, visto que a fermentação, devido à presença dos carboidratos, transcorre sem dificuldade e o seu uso encarece o produto final obtido. A adição de sal comum na hora de realizar a ensilagem não é obrigatória, mas pode ser realizada. Porém, nesse caso, deve ser considerado o nível de inclusão de silagem na dieta dos animais e combinar a adição do sal com as exigências das aves e dos suínos. Todas as demais possíveis fontes de sódio nas dietas sólidas e na água (pelo uso de água salobra, em algumas regiões específicas) devem ser consideradas. Por exemplo, se o nível de inclusão da silagem na dieta é de 50%, então é necessário considerar que apenas 50% das exigências com sódio deveriam ser obtidas via silagem. Isso implica que, normalmente, não deve ser ultrapassado o limite de 0,35% de sal na silagem, isto é, o nível máximo a incluir, se a adição de sal for realizada na ensilagem, seria de 3,5 kg de sal por tonelada de mandioca (raiz + parte aérea) ensilada. Não existem relatos sobre efeitos benéficos no desenvolvimento dos processos fermentativos, com a adição de sal durante a ensilagem.

Composição nutricional e forma de uso

O processo de fermentação anaeróbica mantém a composição nutricional do material ensilado, evitando perdas por decomposição e fermentações indesejáveis que ocorrem na raiz e parte aérea quando

in natura, mas é necessário considerar que variações ocorrem com a perda de umidade, resultando em aumento na concentração dos nutrientes e que a formação de ácido lático tem efeito benéfico sobre os processos digestivos nos monogástricos. Na Tabela 10 está apresentada a evolução da composição nutricional da silagem da planta da mandioca, em função de diferentes proporções entre a parte aérea (terço superior) e a raiz.

O material ensilado pode ser utilizado para a alimentação animal na forma úmida, mas também existe uma possibilidade adicional de realização da sua secagem. Essa prática pode ser adotada nas regiões com estação seca definida, onde a colheita e ensilagem da planta da mandioca é realizada no período das chuvas, permitindo ainda o estabelecimento de culturas de ciclo curto (para produção de grãos ou cobertura do solo). No período de seca bem definido, o silo é aberto e mesmo pequenas quantidades diárias do material ensilado podem ser colocadas em terreiros para realização da secagem ao natural. Esta técnica potencialmente pode dispensar o uso de secador e possibilita um melhor planejamento do uso da terra em função do clima. O material oriundo do silo, após sofrer a secagem ao natural nos terreiros, é moído e, se adequadamente armazenado, conserva-se por longos períodos.

Em termos de mercado, o diferencial entre o material ensilado (úmido) e o material desidratado é o grande potencial de comercialização do material seco no período de baixa disponibilidade de forragem (quando o preço dos ingredientes para alimentação animal em algumas regiões aumenta muito).

A utilização da silagem da planta da mandioca (raiz + terço superior) é semelhante ao uso do material ao natural; porém, devem ser observadas as alterações na composição nutricional que ocorrem com a prática da ensilagem. De forma idêntica ao material in natura, existem limitações para sua inclusão em dietas para aves sob alto desempenho e leitões até a saída da creche, quando mantidos em sistemas convencionais de produção, porque essas categorias apresentam alta demanda de nutrientes quando relacionados com a sua capacidade ingestiva.

Para uma relação de 4:1 entre raiz e parte aérea (80% de raiz e 20% de parte aérea) podem ser adotadas as recomendações apresentadas nas Tabelas 2 a 6 para suínos e aves, considerando que a quantidade total de mandioca (raiz + parte aérea) a ser fornecida deve ser reduzida

Tabela 10. Composição nutricional da silagem de mandioca calculada em função de diferentes proporções entre raiz e parte aérea.

Raiz	Proporção relativa entre raiz e parte aérea (%)				
	90	85	80	75	70
Parte aérea	10	15	20	25	30
Composição da ensilagem⁽¹⁾					
Matéria seca (%)	36,38	35,97	35,55	35,14	34,73
Umidade ⁽²⁾ (%)	63,62	64,03	64,45	64,86	65,27
Matéria orgânica (%)	34,95	34,49	34,04	33,58	33,12
Proteína bruta (%)	0,98	1,19	1,40	1,62	1,83
Fibra bruta (%)	2,01	2,35	2,69	3,03	3,37
Extrato etéreo (%)	0,24	0,30	0,36	0,43	0,49
Extrato não nitrogenado (%)	31,72	30,65	29,58	28,51	27,43
Cinzas (%)	1,43	1,47	1,52	1,56	1,60
Cálcio (%)	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17
Fósforo (%)	0,025	0,026	0,027	0,028	0,030
Composição (% da matéria seca)					
Proteína bruta	2,69	3,31	3,94	4,61	5,27
Fibra bruta	5,52	6,53	7,57	8,62	9,70
Cálcio	0,30	0,33	0,39	0,43	0,49
Fósforo	0,069	0,072	0,076	0,080	0,086

⁽¹⁾Calculado com base nos dados de Gerhard (1986).

⁽²⁾Considerando uma perda relativa de 6% de umidade sobre o valor inicial, no período de 28 dias de ensilagem.

em 6%, em função da perda de água durante a ensilagem e conseqüente concentração dos nutrientes. Esse procedimento pode ser adotado assumindo que o produto ensilado apresenta uma variação constante na concentração dos nutrientes, que é diretamente proporcional à variação na concentração da matéria seca.

Hang (1998) avaliou a digestibilidade e a retenção de nitrogênio em suínos em terminação, alimentados com diferentes níveis de folhas de mandioca ensiladas como fonte de proteína e raiz de mandioca ensilada como fonte de energia. O delineamento experimental foi constituído para que o suíno consumisse níveis crescentes de proteína oriunda da silagem de folha de mandioca (0, 50, 75 e 100 gramas ao dia). Em níveis crescentes de inclusão da silagem de folha de mandioca em substituição à farinha de peixe, ocorreu uma redução significativa na digestibilidade aparente da fração nitrogenada, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11. Desenho experimental e resultados de consumo de proteína, digestibilidade e retenção de nitrogênio verificados com o emprego simultâneo de silagem de folha de mandioca e silagem de raiz de mandioca integral.

	Proteína oriunda da folha de mandioca ensilada, g/dia			
	0	50	75	100
Planejado	0	50	75	100
Verificado	0	36	63	62
Ingestão, base natural (g/dia)				
Folha de mandioca ensilada	0	409	716	701
Raiz de mandioca ensilada	2.250	2.062	2.000	2.000
Farinha de peixe	360	240	180	120
Ingestão de matéria seca (g/dia)	1.264	1.226	1.251	1.191
Ingestão de proteína (g/dia)				
Farinha de peixe	134,8	92,3	69,8	46,1
Folha de mandioca ensilada	0	36,2	63,3	62,0
Raiz de mandioca ensilada	21,2	19,5	18,9	18,9
Total	156,0	148,0	152,0	127,0
Digestibilidade da dieta (%)				
Matéria seca	90,1	89,5	87,4	89,6
Proteína bruta	86,6	84,9	80,1	79,6
Retenção de nitrogênio				
% do N digerido	65,7	68,7	62,9	60,7
% do N ingerido	56,9	60,0	54,0	58,2
Total ao dia (g)	14,2	13,8	12,0	9,9

Fonte: Hang (1998).

O limite de inclusão da silagem da folha de mandioca situa-se em 20% quando expresso na base de matéria seca ou de 25% quando expresso na base natural; acima desse nível de inclusão ocorreu redução no consumo. Nas condições experimentais apresentadas na Tabela 12, nesse limite de inclusão a silagem da folha proporciona cerca de 40% da proteína da dieta ou 50% da proteína suplementada à silagem da raiz da mandioca. Esse resultado indica que, ao realizar a ensilagem conjunta da raiz e das folhas ou parte aérea (terço superior), deve-se observar a proporcionalidade (cerca de 4:1 entre raiz e parte aérea, respectivamente), de modo a evitar que ocorra redução no consumo voluntário da silagem.

Tabela 12. Composição nutricional da raiz e parte aérea da mandioca colhida aos 12 meses pós-plantio e submetidas à secagem.

Componente (%)	Raiz triturada e desidratada	Parte aérea seca		80% raiz e 20% parte aérea
		Sem moagem	Com moagem	
Umidade	13,7	12,2	12,2	13,4
Matéria orgânica	78,5	80,2	80,2	78,8
Proteína bruta	1,2	12,8	11,9	3,34
Fibra bruta	3,2	33,2	27,1	7,98
Gordura bruta	0,4	2,0	2,6	0,84
Extrativos não nitrogenados	33,8	32,2	38,6	34,8
Cálcio	0,21	0,83	0,77	0,33
Fósforo	0,07	0,28	0,27	0,11

Fonte: Adaptado de Gerhardt (1986).

Planta da mandioca desidratada

Forma de processamento

Com o objetivo de obter o aproveitamento integral da planta de mandioca via secagem, a colheita e o processamento da parte aérea e das raízes são realizados em operações separadas. O processo de desidratação descrito a seguir foi desenvolvido pelo serviço de extensão rural – Emater/RS (Gerhardt, 1986) e requer um elevado grau de mecanização, com o emprego de motor elétrico para acionar moageira e triturador, requerendo a disponibilidade de um secador. Esse processo

é desenvolvido para regiões onde a secagem natural tem pouca possibilidade de ser realizada. Os ramos e folhas, após o corte, são deixados na lavoura por um período de até oito horas, para perder umidade, visando obter o ponto de murcha. O material não permanece por mais de um dia na lavoura para evitar a perda das folhas, sendo recolhido para moagem em triturador. Essa moagem grosseira é realizada somente com as navalhas (facão) da moageira, sem os martelos e sem as peneiras. Uma moageira do tipo para forrageiras, acionada por motor de 10 HP, processando o material nas condições descritas, tem capacidade de triturar entre 350 e 400 kg de parte aérea por hora. O material triturado é imediatamente submetido ao processo de pré-secagem ao sol, espalhado sobre uma lona plástica durante pelo menos 4 a 6 horas. Na base de 4 kg/m² de lona preta e mediante revolvimento periódico, a quebra de peso no processo varia entre 15% e 18%. Essa pré-secagem é importante para preservar a qualidade das proteínas e vitaminas no material. Na sequência, o material semi-úmido é colocado em secador na base de 5 kg/m², com revolvimento frequente durante 90 minutos. A quebra na secagem é de aproximadamente 40% e a aparência final das folhas trituradas presentes no material deverá permanecer verde. No processo total ocorre uma redução de peso, que oscila entre 55% a 60%, devida ao processo de desidratação. Na penúltima etapa, o material seco é triturado em moinho completo com os martelos e as peneiras. Em moinho acionado por motor de 12,5 HP é possível obter um rendimento de 680 kg/hora, com um gasto de 35 a 40 KW. O produto final seco, com uma umidade de cerca de 12%, depois de moído é denominado de farelo da parte aérea. Ao ser ensacado, pode ser conservado em local adequado por longos períodos.

A raiz de mandioca após a colheita é moída na moageira para forrageiras, acionada por motor de 10 HP, que apenas apresenta a lâmina, sem os martelos e sem a peneira. O rendimento aproximado desse modelo é de 550 kg de raiz triturada por hora, com consumo de cerca de 20 a 25 KW. Os fragmentos da raiz recebem a denominação de raspa, apresentando um tamanho em torno de 1 a 4 mm, o que facilita a posterior secagem. A raspa úmida em processo de pré-secagem é espalhada em cima de uma lona plástica preta, na proporção de 2,0 kg por m², ficando exposta ao sol durante um período de seis horas. Após esse período, a raspa de mandioca é imediatamente colocada na chapa

do secador, em quantidade de 18 kg/m². O tempo de secagem é em torno de duas horas e exige constante revolvimento, para evitar que o material fique aderido às chapas do secador. O material também pode ser seco ao sol, se as condições ambientais forem favoráveis. A redução em peso devido à desidratação da raspa de raiz de mandioca fica em torno de 52% a 58%. O material desidratado recebe o nome de raspa seca que, ao ser moída em moinho a martelo, no qual é mantida a peneira, recebe o nome de raspa de raiz de mandioca desidratada e moída. O modelo de moinho acionado por motor de 12,5 HP processa em torno de 580 a 600 kg por hora, com um consumo de 33 KW. Após a moagem, a raspa de mandioca moída deve apresentar uma umidade que não exceda os 13%, para ser ensacada e armazenada.

Existem pelo menos quatro vantagens em realizar a secagem dos produtos da mandioca: 1) maior flexibilidade para armazenagem; 2) maior valor de mercado e facilidade de comercialização; 3) possibilidade de uso em fábricas de ração; e 4) facilidade no balanceamento nutricional preciso das rações, em função da menor variabilidade na composição nutricional dos produtos desidratados obtidos.

Uso na alimentação de suínos e aves

Com base nos dados apresentados na Tabela 12, o uso simultâneo do feno do terço superior da planta e da farinha integral de raspa de mandioca na ração para alimentação de aves e suínos na proporção de 20% para a parte aérea e 80% da raiz tem como resultante um produto com 3,3% de proteína bruta, 8,0% de fibra bruta, 0,33 % de cálcio e 0,11% de fósforo total.

Considerando-se uma dieta para suínos contendo 15% de proteína bruta e um nível de inclusão dessa mistura em 50% da ração, seria necessária uma mistura complementar de milho moído e farelo de soja. Estes seriam adicionados na proporção de 50:50, resultando na ração ao final em torno de 25% de farelo de soja, 25% de milho moído e 50% da mistura do feno da parte aérea e raspa de mandioca. Um suplemento mineral vitamínico seria adicionado, conforme recomendação técnica, retirando partes iguais de farelo de soja e milho moído para completar os 100% da ração. Na combinação dos ingredientes originados da mandioca com o farelo de soja os principais aminoácidos que limitarão o equilíbrio

e a relação adequada entre aminoácidos digestíveis são os sulfurados (metionina e cisteína). A suplementação de metionina sintética na ração é necessária para obter um balanço adequado.

No exemplo de uso da mandioca para suínos apresentado acima, uma das conseqüências imediatas é a necessidade de aumentar a concentração de ingredientes protéicos visando o ajuste da proteína na ração. Se esse ajuste é realizado com farelo de soja, então ocorre uma deficiência em aminoácidos sulfurados, porque tanto os produtos da mandioca quanto os da soja apresentam, em relação aos seus respectivos teores de proteína bruta, baixa concentração em aminoácidos sulfurados.

Na alimentação de suínos, mesmo que sejam realizados os ajustes nutricionais nas rações contendo a parte aérea desidratada e a raiz de mandioca desidratada moída, um dos aspectos que restringe o uso em maior proporção é a formação de partículas muito finas pelos ingredientes da mandioca, o que resulta em redução no consumo voluntário da ração.

O efeito negativo sobre o consumo é reduzido se for adicionado um nível adequado de óleo na ração. Khajarerern & Khajarerern (1986) recomendaram a suplementação de 2,5% a 3,0% de gordura nas rações quando o nível de inclusão de mandioca na dieta é superior a 40%. Da mesma forma, recomendaram a adição de 0,15% de metionina quando o nível de inclusão da mandioca na ração é superior a 50%. Além do equilíbrio na densidade energética e níveis de aminoácidos sulfurados, a suplementação tem efeitos indiretos, respectivamente, sobre a pulverulência e a detoxificação dos fatores cianogênicos residuais na ração.

Madsen et al. (1990), ao adicionarem 5% de gordura em uma dieta contendo raiz de mandioca desidratada como única fonte de energia (inclusão de 77 % na dieta), reestabeleceram o desempenho em termos de consumo, ganho de peso e conversão alimentar ao nível da dieta controle.

Muitas pesquisas publicadas na literatura indicam o potencial de uso da mandioca (parte aérea e raiz) na produção de suínos e aves. Os resultados gerais dos experimentos podem ser enquadrados em dois grupos: a) experimentos nos quais ocorre um baixo desempenho generalizado (inclusive nas dietas isentas de mandioca) e b) experimentos nos quais se verifica médio ou alto desempenho em todos os tratamentos. Normalmente, esses resultados poderiam ser aplicados a sistemas de produção não intensivos e intensivos, respectivamente.

Akinfala & Tewe (2001) avaliaram o efeito da inclusão simultânea de subprodutos da mandioca (farinha, casca desidratada, feno da folha e rama nova) ao nível de 40% ou 60% de inclusão em dietas de leitões com 12,5 kg de peso vivo durante um período de 56 dias. Utilizando dietas com elevado teor de fibra bruta (8,3% a 8,8 %) e baixo nível de energia digestível (2.950 Kcal/kg) os autores comprovaram que, a um baixo nível de desempenho, não ocorre efeito de substituição, sendo independente nesse caso qual o tipo de dieta é consumida pelos leitões. Na Tabela 13 estão apresentados os resultados de desempenho, o desenho experimental de composição das dietas e a composição nutricional resultante.

Tabela 13. Efeito da inclusão de mandioca em diferentes níveis na ração de leitões com peso vivo inicial de 12 kg e submetidos a dietas com alta concentração de fibra bruta e baixo nível energético.

Ingredientes (%)	Milho	Mandioca	
		40	60
Milho e subprodutos	60	20	-
Mandioca, farinha	-	20	40
Mandioca, casca desidratada	-	10	10
Mandioca, folhas e talos novos desidratados	-	10	10
Demais ingredientes das dietas	40	40	40
Composição nutricional da dieta, base seca			
Proteína bruta (%)	19,7	20,0	19,3
Fibra bruta (%)	8,48	8,26	8,86
Extrato etéreo (%)	1,96	2,30	1,40
Cinzas (%)	11,4	11,6	13,4
Extraído não nitrogenado (%)	58,4	57,8	57,1
Energia digestível (kcal/kg)	2.930	2.960	2.940
HCN (mg/kg)	-	33,7	43,9
Desempenho dos animais			
Consumo de ração (g de matéria seca/dia)	891	902	903
Ganho de peso (g/dia)	411	391	384
Conversão alimentar	2,17	2,31	2,35
Peso vivo final após 56 dias de experimento	23,0	21,9	21,5

Fonte: Akinfala & Tewe (2001).

Considerando a faixa de peso e a idade dos animais em função da duração da avaliação, seria razoável um resultado superior no ganho de peso da ordem de 50% em todos os tratamentos. Os demais ingredientes nesse experimento somam 40% da dieta e não variam entre os tratamentos. Ao nível de 60% de mandioca na dieta os pesquisadores obtiveram a dieta isenta de milho e farelo de soja. As

fontes protéicas no experimento eram compostas por farelo de palma, torta de amendoim, farinha de peixe e farinha de sangue.

Phuc et al. (1996) avaliaram, em ensaio de metabolismo com suínos de 50 kg, o efeito da substituição da proteína do farelo de soja (em níveis de 0, 15%, 30% e 45%) por feno de folha de mandioca em dietas baseadas em raspa integral de mandioca, conforme o desenho experimental apresentado na Tabela 14.

As folhas de mandioca desidratadas apresentavam 26,0% de proteína bruta, 16,1% de fibra bruta, 9,9% de extrato etéreo e 10,9% de cinzas. Cada 1% de inclusão de proteína oriunda do feno de folha de mandioca em substituição à proteína do farelo de soja proporcionou uma redução em 0,52% na digestibilidade da proteína na dieta ($y = 87,5 - 0,528X$; $R^2 = 0,94$). A retenção de nitrogênio como porcentagem do nitrogênio ingerido e digerido mostrou apenas um pequeno declínio até o nível de 30% de substituição pela proteína do feno de folhas. Ao nível de 45% de substituição o efeito foi muito acentuado e o consumo também foi reduzido. Na presença de raspa integral de mandioca como fonte energética, o feno de folha de mandioca pode substituir até 30% da proteína oriunda do farelo de soja.

Os resultados relatados na Tabela 15 são oriundos da seqüência de experimentos desenvolvidos por Phuc e colaboradores, visando determinar o nível máximo de substituição do farelo de soja que é possível obter com o uso simultâneo do feno de folha de mandioca e da raiz desidratada. Em um experimento anterior, Phuc et al. (1995) avaliaram esse potencial de substituição, utilizando o desenho experimental apresentado na Tabela 16.

O feno de folha de mandioca utilizado apresentava 22% de proteína bruta e 15,5% de fibra bruta. Ao incluir o feno da folha de mandioca a concentração do extrato etéreo e a fibra bruta da dieta aumentaram enquanto a concentração dos extrativos não nitrogenados diminuiu. O fornecimento das dietas foi realizado conforme o consumo apresentado pelos suínos de 50 kg que foram submetidos à dieta de menor palatabilidade (nível de 100% de substituição da proteína do farelo de soja).

Ocorreram diferenças significativas na digestibilidade aparente de todos nutrientes, com redução linear à medida que os níveis de feno de folha de mandioca foram aumentados. As reduções nos coeficientes de

Tabela 14. Efeito de níveis de substituição da proteína da dieta por proteína oriunda do feno de folha de mandioca, sobre os parâmetros de digestibilidade aparente, balanço e retenção de nitrogênio.

Ingredientes	Proteína oriunda do feno de folha de mandioca			
	0%	15%	30%	45%
Raspa integral de mandioca	77,0	73,5	70,0	66,5
Farelo de soja	20,0	17,0	14,0	11,0
Feno de folha de mandioca	0	6,5	13,0	19,5
Farinha de ossos	2,5	2,5	2,5	2,5
Sal comum	0,4	0,4	0,4	0,4
Premix mineral vitamínico	0,1	0,1	0,1	0,1
Composição química (% na M.S.)				
Proteína bruta	10,3	10,3	10,6	10,1
Fibra bruta	2,7	3,5	4,1	5,1
Extrato etéreo	2,7	3,2	3,6	3,9
Cinzas	5,2	5,7	6,1	6,4
Digestibilidade aparente (%)				
Matéria seca ⁱⁱ	94,1	90,2	87,5	84,5
Proteína ⁱⁱ	87,5	77,7	75,5	61,8
Matéria orgânica ⁱⁱ	96,0	92,5	89,7	87,2
Fibra ⁱ	77,4	66,0	60,5	55,6
Extrato etéreo ⁱ	73,7	59,7	59,5	49,3
Cinzas ⁱ	65,0	59,3	59,9	50,4
Balanço do nitrogênio (g/dia)				
Ingerido	31,1	30,6	31,9	30,4
Fezes ⁱ	4,1	6,8	7,8	11,6
Urina	12,0	11,8	10,7	9,9
Retenção de nitrogênio				
Retenção diária (g) ⁱ	14,9	12,1	13,5	9,0
% do N digerido	55,1	51,7	54,1	46,9
% do N ingerido ⁱ	47,9	39,5	42,1	30,0

ⁱⁱDiferença significativa p≤0,001.
Fonte: Phuc et al. (1996).

digestibilidade foram mais acentuadas para a proteína bruta e extrato etéreo. O balanço de nitrogênio dos suínos que receberam raiz de mandioca desidratada manteve-se inalterado quando o feno de folha de mandioca substituiu em até 35% a proteína oriunda do farelo de soja.

Akinfala et al. (2002) incluíram a parte aérea (na proporção de 5 partes de folha desidratada para 1 parte de rama nova desidratada) e a raiz integral desidratada na dieta de frangos de corte na fase inicial dos 7 até os 35 dias de idade. Na Tabela 16 está apresentada a análise proximal

Tabela 15. Efeito de níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína oriunda do feno de folha de mandioca, sobre os parâmetros de digestibilidade aparente, balanço e retenção de nitrogênio.

Atributos avaliados	Proteína oriunda do feno de folha de mandioca			
	0%	35%	70%	100%
Composição da dieta				
Raiz de mandioca desidratada	77	70	63	57
Feno de folha de mandioca	0	14	28	40
Farelo de soja	20	13	6	0
Sal comum	0,5	0,5	0,5	0,5
Farinha de Ossos	2,5	2,5	2,5	2,5
Premix mineral vitamínico	0,05	0,05	0,05	0,05
Composição nutricional				
Proteína bruta (% na M.S.)	11,2	11,3	11,1	10,8
Fibra bruta (% na M.S.)	4,08	5,54	7,37	8,26
ENN ¹ (% na M.S.)	77,2	73,5	71,0	71,0
Extrato Etéreo (% na M.S.)	2,04	2,91	3,65	4,79
Cinzas (% na M.S.)	5,46	6,70	6,86	7,04
Digestibilidade aparente (%)				
Ingestão de alimento (g/dia)	1.697	1.740	1.698	1.527
Proteína bruta ²	84,8	64,6	46,7	27,7
Matéria seca ²	92,5	85,2	79,6	72,6
Matéria orgânica ²	94,4	86,6	80,1	71,4
Fibra bruta ²	76,8	61,3	59,2	48,2
Extrativos não nitrogenados ¹	97,3	94,6	92,1	89,5
Extrato etéreo ²	74,6	46,2	33,1	-7,56
Balanço nitrogenado				
Ingestão de N (g/dia)	27,2	28,3	27,3	23,6
N excretado nas fezes ³ (g/dia)	4,45	10,8	15,0	16,0
N digerido ² (g/dia)	22,8	17,4	12,2	7,52
N na urina ¹ (g/dia)	14,0	7,20	6,96	7,24
Retenção de nitrogênio				
Retenção diária de N ² (g/dia)	8,75	9,71	5,22	0,29
Retenção de N ² (% do digerido)	37,8	55,8	42,3	-0,31

¹ Extrativo não nitrogenado.

² Indica efeitos significativos nos parâmetros avaliados.

Fonte: Phuec et al. (1995).

dos ingredientes utilizados no experimento e na Tabela 17 estão apresentados o desenho experimental, a composição nutricional das dietas e o desempenho obtido. A combinação entre as diferentes partes da mandioca foi realizada visando alcançar a mesma concentração de proteína bruta que o milho moído utilizado.

A dieta controle, com 22% de proteína bruta, foi formulada com 50% de milho. Em seguida, o milho da dieta controle foi substituído em

25% e 50%, gerando as dietas com 12,5% e 25% de mandioca, respectivamente. A proporção da proteína oriunda da mandioca foi 60% originada da parte aérea e 40% originada da raiz. Segundo Gomez & Noma (1986), a proteína oriunda da raiz da mandioca é de qualidade inferior se comparada com aquela originária da parte aérea.

Tabela 16. Concentração em nutrientes, na base de matéria seca, das partes da planta de mandioca usadas no experimento de Akinfala et al. (2002) com frangos de corte.

Variáveis (%)	Folha de mandioca	Rama nova	Parte aérea ⁽¹⁾	Raiz	Planta ⁽²⁾
Matéria seca	92,7	93,8	92,9	93,0	92,0
Proteína bruta	18,0	10,7	16,8	4,7	9,0
Fibra bruta	14,1	27,9	16,4	2,1	4,9
Extrato etéreo	9,4	3,64	8,4	2,5	3,4
Cinzas	7,9	10,0	8,3	1,4	3,3
ENN ⁽³⁾	43,3	41,6	43,0	82,3	71,4

⁽¹⁾ Parte aérea = 5 partes de folha para 1 da rama nova.

⁽²⁾ Planta = 2,5 partes de raiz para 1 de parte aérea.

⁽³⁾ Extrativo não nitrogenado.

Tabela 17. Efeito da inclusão da planta de mandioca em 12,5% e 25,0% na ração da fase inicial de frangos de corte durante quatro semanas.

Desenho experimental das dietas (%)	Milho	Mandioca 12,5%	Mandioca 25,0%
Milho	50,00	37,50	25,00
Mandioca raiz	-	8,92	17,85
Mandioca parte aérea	-	3,58	7,15
Composição em base natural (%)			
Matéria seca	90,5	94,0	93,7
Proteína Bruta	22,0	21,0	20,0
Fibra Bruta	3,60	3,78	4,15
Cinzas	8,77	11,90	14,75
Extrato não nitrogenado	51,70	52,50	51,30
Extrato etéreo	4,41	4,83	3,48
Desempenho das aves			
Peso inicial aos 7 dias (g)	96,8	100,0	95,4
Peso final aos 35 dias (g) ¹	1.106 ^{a1}	981 ^b	910 ^b
Consumo de ração em 28 dias ² (g)	1.266	1.254	1.288
Conversão alimentar ³	1,79 ^a	2,04 ^b	2,26 ^b

⁽¹⁾ Letras sobrescritas diferentes em cada linha representam a diferença significativa (p<0,05).

⁽²⁾ Expresso na base de matéria seca.

⁽³⁾ Gramas de matéria seca/grama de ganho de peso.

Fonte: Adaptado de Akinfala et al. (2002).

O uso da planta da mandioca e o seu potencial pigmentante

Além dos fatores nutricionais normalmente considerados para aves, tanto de postura quanto de produção de carne, existe pelo menos um outro fator crítico que deve ser levado em conta quando do uso da mandioca nas rações. A raiz da mandioca apresenta baixo nível de pigmentantes naturais, o que influencia no índice de cor das gemas dos ovos em poedeiras e na coloração das carcaças em frangos de corte. Os principais pigmentantes naturais presentes nos ingredientes são os carotenóides, os quais são divididos em dois grupos: a) as xantofilas, que contêm grupamentos hidroxila (luteína, zeaxantina, betacriptoxantina) ou grupamentos cetônicos (cantaxantina) ou ambos os grupamentos químicos (astaxantina); e b) os carotenos, que apresentam somente carbono e hidrogênio (betacaroteno, alfacaroteno e licopeno). Com relação à adequação da cor nos produtos, as xantofilas naturais são os carotenóides mais importantes para aves, e ingredientes considerados como boa fonte são aqueles que apresentam uma concentração acima de 150 mg/kg, a exemplo do que ocorre com os fenos de alfafa e de gramíneas e com o glúten de milho. O milho em grão tem uma concentração de 20 ppm de xantofilas e, como regra prática, pode-se assumir que 1% de feno verde (de folhas de gramíneas ou leguminosas) em condições adequadas de conservação apresenta um efeito proporcional na intensidade da cor da gema correspondente a 20% de milho amarelo incluído na ração.

Entre os carotenóides presentes nos vegetais, o grupo dos hidroxilcarotenóides pigmentantes determina a cor amarela e alaranjada na gema, na pele, na canela e bico das aves e nos tecidos que contêm gordura. Diferentes xantofilas apresentam diferente capacidade para imprimir cor. Porém, entre os carotenos, os beta-carotenos são pouco eficientes para imprimirem efeito pigmentante, visto que menos de 1% da sua concentração na dieta é depositado na gema do ovo, enquanto que cerca de 7% da zeaxantina presente no milho são depositados na gema (NRC, 1998). Na Tabela 18 estão apresentados os valores referentes à concentração de carotenos e xantofilas em diferentes ingredientes.

Os valores para um mesmo ingrediente variam em função da amostra, da variedade, parte da planta, forma de processamento e, principalmente, da metodologia de análise empregada, sofrendo

Tabela 18. Concentração de carotenos e xantofilas em ingredientes selecionados.

Ingrediente	Porção da planta	Pigmentante	Concentração (mg/100 g)	Fonte
Mandioca	Folha, ao natural	Carotenos	18,7 a 96,2	CIAT (2001)
Mandioca	Terço superior, feno	Beta-caroteno	2,72 ± 0,25	Carvalho et al. (1986)
Mandioca	Folha, feno	Beta-caroteno	5,43 ± 0,45	Carvalho et al. (1986)
Batata-doce	Folha, ao natural	Beta-caroteno	2.215	Nwokolo (1990)
Alfafa	Folha, feno	Carotenos	3,13 a 8,06	Novus (1994)
Farelo de soja	44% proteína bruta	Carotenos	0,18 a 0,20	Novus (1994)
Milho	Grão	Carotenos	0,2 a 0,37	Novus (1994)
Sorgo	Grão	Carotenos	0,05 a 0,12	Novus (1994)
Mandioca	Raiz, ao natural	Carotenos	0,13 a 0,92	CIAT (2001)
Batata-doce	Tubérculo, natural	Beta-caroteno	35 a 2.400	Nwokolo (1990)
Alfafa	Folha, feno	Xantofilas	8,0	Novus (1994)
Alfafa	Folha, feno	Xantofilas	22,0	NRC (1994)
Leucena	Folha, feno	Dihidroxixantofila	95,9	Berry & D'Mello (1981)
Farelo de soja	44% proteína bruta	Xantofilas	2,0	Novus (1994)
Milho	Grão	Xantofilas	1,7	NRC (1994)
Milho	Grão	Xantofilas	1,7 a 2,25	Novus (1994)
Sorgo	Grão	Xantofilas	0,20	Novus (1994)

interferência de agentes oxidantes, taninos e clorofilas. Os valores apresentados para a concentração de beta-caroteno na raiz de batata-doce e mandioca variam em função da cor da polpa, sendo as polpas mais amareladas as que têm maior concentração.

São necessários de 7 a 8 gramas de xantofilas por tonelada de ração para se obter uma cor de gema adequada; um nível abaixo de 5 gramas de xantofilas por tonelada de ração origina, via alimentação das poedeiras, ovos com a cor da gema abaixo da ideal. A cor é avaliada mediante o uso do padrão colorimétrico da Roche, que apresenta uma escala para avaliação da cor da gema de 0 a 15, sendo o valor baixo indicativo de cor amarelo-clara pálida (ausência de cor) e o valor mais alto o indicativo da cor laranja-vermelhada. Valores entre 7-8 até 12 são obtidos com as xantofilas amarelas e valores mais altos podem ser obtidos somente se xantofilas vermelhas (zeaxantinas) forem associadas com as amarelas (luteínas). O padrão mínimo para a aceitabilidade da cor da gema encontra-se na escala Roche no valor 7 a 8. Quando o índice de cor na gema ultrapassa o valor 12, os problemas de aceitabilidade podem ocorrer, visto que, pela presença da coloração mais alaranjada-vermelha, pelo menos cerca de 4% da população masculina e 0,5% da população feminina, que são daltônicos, têm restrições em aceitar a cor da gema.

Na Tabela 19 estão apresentados os valores de concentração de carotenos nas folhas e raízes com idade variando entre 9 e 12 meses em 682 acessos de mandioca mantidos no banco de germoplasma do Centro Internacional de Agricultura Tropical – Ciat.

Tabela 19. Concentração de carotenos (mg/100 na matéria natural) nas folhas e raízes de mandioca analisada em 682 acessos do banco de germoplasma do Ciat.

Estatística	Parte da planta	
	Folhas	Raízes
Valor mínimo	18,71	0,13
Valor máximo	96,20	0,92
Mediana	57,45	0,53
Média	50,32	0,23
Desvio Padrão	10,43	0,10

Fonte: CIAT (2001).

Os valores de concentração dos carotenos nas folhas não estão correlacionados com a concentração nas raízes, que está fortemente associada à cor da polpa na raiz mais amarelada, da mesma forma como ocorre com a batata-doce. Boiteux & Carvalho (2003), avaliando a dinâmica do acúmulo de carotenóides em germoplasma de mandioca com diferentes cores (desde branca até rósea), oriundas da Bacia Amazônica, quantificaram a presença de licopeno na concentração de 110 mg, beta-caroteno em 42 mg e luteína em 22 mg/kg de matéria seca da raiz.

O potencial do feno da folha de mandioca como agente pigmentante em dietas com 100% de substituição do milho por milheto, frente a outras fontes, foi avaliado por Mogyca et al. (1994). O feno da folha de mandioca, incluído ao nível de 5% na dieta, reestabeleceu apenas parcialmente o índice de coloração da gema avaliado com a escala Roche, conforme apresentado na Tabela 20.

O aspecto importante que se relaciona com a capacidade pigmentante do feno da folha de mandioca é que, embora o feno apresente elevado teor de gorduras, no qual os componentes pigmentantes são solúveis, a fração denominada de extrato etéreo, no caso da folha de mandioca, é de digestibilidade muito baixa, conforme pode ser observado nos resultados apresentados na Tabela 15.

Pelo comparativo nesses dois experimentos apresentados na Tabela 20, pode ser verificado que a inclusão de 5% da folha de mandioca com 100% de substituição do milho pelo milheto provoca efeito equivalente no índice de cor da gema ao uso de 50% de milho e 50% de milheto. Empiricamente, com base nesse resultado, cada 1% de feno da folha de mandioca corresponde a 10% de substituição do milho. No sistema intensivo de produção com o uso de grãos de cereais contendo baixo teor de xantofilas (sorgo de endosperma branco, milheto, trigo etc.) em substituição total ao milho e associados com farelo de soja, o feno de folha de mandioca deixa de ser uma fonte suficiente de pigmentante, visto que o seu nível de inclusão nas dietas balanceadas não poderá exceder os 5% a 6% da dieta, devido ao seu baixo nível de energia metabolizável.

A intensidade da cor da gema está relacionada às características da poedeira (origem genética, idade, taxa de postura) e da alimentação. Alguns fatores positivos para promoção da intensidade da cor são o nível de lipídios, ácidos graxos saturados, antioxidantes e vitamina E na dieta. Os fatores ambientais negativos são a alta concentração de vitamina A na dieta, altas temperaturas, coccidiose e presença de aflatoxinas na dieta. Os

Tabela 20. Efeito da utilização de diversos pigmentantes em rações contendo milho para poedeiras comerciais.

	Índice de pigmentação da gema
Experimento 1 (Café et al., 1999)	
Níveis de substituição do milho pelo milho (%)	
0	7,28
25	6,22
50	4,91
75	3,55
100	1,30
Experimento 2 (Mogyca et al., 1994)	
Milho	7,8 ¹
Milho	1,5 ¹
Milho + rama de mandioca (5%)	4,8
Milho + óleo de dendê (1,5%)	3,2
Milho + "carophyll red and yellow" (0,05%)	8,5
Milho + Açúcar (3%)	2,2 ¹

Letras subscritas diferentes em cada coluna representam a diferença significativa (p<0,05).

carotenóides pigmentantes presentes nos ingredientes e nas dietas são suscetíveis à oxidação e, dessa forma, deve-se atribuir uma taxa de decomposição de 5% a 10% ao mês em ambientes quentes.

Segundo Leeson & Summers (1997), cerca de 50% das zeaxantinas presentes no organismo da poedeira estão depositadas no ovário e, na fase de maturidade sexual, as reservas de xantofilas depositadas nos músculos e pele são continuamente transferidas ao ovário para a formação da cor da gema. Ao fornecer-se dietas com reduzida concentração de pigmentante, a cor da gema apresenta alteração até um padrão inaceitável no período de uma semana, atingindo seu valor de estabilização no período de 14 dias. Ao reestabelecer-se o nível de pigmentantes na ração, a recuperação da pigmentação na gema do ovo ocorre de forma rápida, alcançando a estabilização no quarto dia de fornecimento.

Quanto ao índice de coloração nas carcaças de frangos de corte, Resende et al. (1984) mostraram que a inclusão de raspa de mandioca até o nível de 40% em rações de frangos de corte proporcionou resultados satisfatórios para ganho de peso e conversão alimentar; porém, verificaram uma redução na pigmentação das pernas à medida que foi aumentado o nível de raspa de mandioca na ração. Da mesma forma, Monteiro et al. (1975b) observaram acentuada descoloração das canelas dos frangos de corte alimentados com raspa de mandioca empregada parcial (50%) ou integralmente, em substituição ao milho, numa dieta suplementada com gordura e metionina.

RAÍZES

Composição nutricional

A raiz da mandioca tem basicamente três partes constituintes, sendo a polpa, com a função de armazenamento de fécula (o amido das raízes), a mais importante. A polpa da raiz é tecnicamente denominada de parênquima celulósico e é constituída por vasos de xilema, distribuídos em forma de estrias nas quais se encontram as células preenchidas com fécula. A polpa é delimitada pela nervura central interna fibrosa e pelo córtex externo.

No centro da raiz encontram-se vasos xilogêneos e fibra (é um xilema lignificado na nervura central), e na periferia localiza-se o córtex ou a casca, constituída por capas superpostas de tecidos, fibras esclerenquimatosas, vasos com látex e câmbio.

A casca, na sua forma completa, define-se assim: 1) periderma (casca secundária) = túnica, também chamada de cutícula ou pele; 2) membrana = com característica incolor quase branca, amarela, castanha, rosácea ou roxa com boa proporção de fécula; ao conjunto pele + membrana é dado o nome de película corticácea ou película suberosa; e 3) casca primária = entrecasca por situar-se entre a película corticácea e o cilindro central (a polpa), de coloração branca ou cremosa, espessa, aquosa e quebradiça apresentando de 1 a 3 mm de espessura, também denominada de casca grossa ou córtex.

Na Tabela 21 está apresentada a proporção relativa dos componentes da raiz da mandioca, avaliada em cinco variedades brasileiras. A proporção de polpa aumenta em raízes curtas e grossas e diminui em raízes finas e longas. Cerca de um quinto da raiz da mandioca é composta por córtex e película suberosa, representando, em muitas situações de processamento, um subproduto na industrialização que deve ser aproveitado para a alimentação animal.

Ao considerar as diferentes formas de processamento da raiz, pode-se constatar que existem tendências regionalizadas, onde são produzidos diferentes subprodutos, em função do manejo que é dado ao processo inicial de remoção da película suberosa e do córtex. Normalmente, o uso de mandioca com casca rósea, castanha ou roxa requer o descascamento manual da raiz, visando a retirada da película suberosa e do córtex, para evitar interferência na cor dos produtos resultantes da industrialização.

Tabela 21. Proporção relativa dos componentes da raiz da mandioca, avaliada em cinco variedades brasileiras.

Componentes	Média (%)	Desvio padrão
Polpa	80,96	0,84
Córtex	16,06	1,25
Película suberosa	2,98	0,47
Fécula	31,23	0,58

Fonte: Calculado a partir de Corrêa (1987).

Nessa operação, cerca de 20% da raiz resultam classificados como subproduto que pode ser utilizado na alimentação animal. Na Tabela 22 está apresentada a variação na composição nutricional da raiz e das partes componentes (polpa e córtex).

O córtex apresenta maior concentração de proteína bruta e de fibra bruta e ainda contém fécula como metade da sua concentração quando expresso em base seca. Embora o córtex possa conter de duas a cinco vezes mais proteína bruta do que a polpa, apenas cerca de metade dessa proteína é considerada como proteína verdadeira.

Tabela 22. Concentração nutricional na mandioca em função das partes componentes da raiz.

Parte da raiz	Raiz inteira	Polpa	Córtex
Concentração ao natural (%)			
Matéria seca	23 a 43	23 a 43	15 a 34
Proteína bruta	1,76 a 2,68	1,51 a 2,67	2,79 a 6,61
Fécula	20 a 36	26 a 40	14 a 25
Concentração na matéria seca (%)			
Proteína bruta	-	1,0 a 6,0	7,0 a 14,0
Carboidrato	85 a 91	88 a 93	60 a 83
Fécula	77	70 a 91	44 a 59
Fibra bruta	3,8 a 7,3	2,9 a 5,2	9,2 a 21,2

Fonte: Alves (2002), citando Barrios & Bressani (1967).

Na Tabela 23 estão relacionadas as raízes e tubérculos tropicais como a mandioca, batata-doce de origem sul-americana e o inhame com origem africana. A batata (*Solanum tuberosum*) adaptada ao clima subtropical e temperado também é originária do Continente Americano, de origem andina. Allem (2002), fundamentado nas premissas da origem botânica, geográfica e agrícola, afirmou que a mandioca tem sua origem na floresta tropical Amazônica.

Tabela 23. Características agronômicas das principais raízes e tubérculos produzidos no Brasil.

Raiz ou tubérculo (Nome científico)	Mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)	Batata (<i>Solanum tuberosum</i>)	Batata doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	Inhame (<i>Dioscorea esculenta</i>)
Características agronômicas				
Período de crescimento (meses)	9 – 24	3 – 7	3 - 8	8 – 11
Quantidade de chuva ideal (mm)	1.000 – 1.500	500 – 750	750 – 1.000	1.150
Temperatura ideal (°C)	25 – 29	15 – 18	>24	30
Resistência à seca	Sim	Não	Sim	Sim
Exigência em fertilidade	Baixa	Alta	Baixa	Alta
Exigência em matéria orgânica	Baixa	Alta	Baixa	Alta
Tempo de armazenamento no solo	Longo	Curto	Longo	Longo
Tempo de armazenagem pós-colheita	Curto	Longo	Curto	Longo

Fonte: Scott et al. (2000).

Um dos aspectos importantes a ser considerado na caracterização da raiz de mandioca, frente às demais raízes e tubérculos, é que a sua conservação pós-colheita não se relaciona com o seu teor de água, visto que, dentre os produtos apresentados na tabela, a mandioca apresenta a menor umidade e, no entanto, é o que tem menor poder de conservação ou armazenagem ao natural. Porém, também se caracteriza por apresentar baixa exigência em fertilidade do solo e alta resistência à seca, com possibilidade de longo armazenamento no solo. Na Tabela 24 estão apresentados os valores médios de remoção de nutrientes em culturas selecionadas expressas em kg/hectare e kg/tonelada de produto colhido.

Tabela 24. Valores médios de rendimento/hectare e de remoção de nutrientes de culturas selecionadas.

Parâmetro	Raiz de mandioca	Batata doce	Milho grão	Sorgo grão	Cana-de-açúcar
Rendimento (t/ha)					
Ao natural	35,7	25,2	6,5	3,6	75,2
Na base matéria seca	13,53	5,05	5,56	3,1	19,55
% de matéria seca	38,0	20,0	86,0	86,0	43,0
Extração de nutrientes (kg/hectare)					
Nitrogênio	55,0	61,0	96,0	134,0	43,0
Fósforo	13,2	13,3	17,4	29,0	20,2
Potássio	112,0	97,0	26,0	29,0	96,0
Extração de nutrientes (kg/tonelada de M.S. produzida)					
Nitrogênio	4,5	12,0	17,3	43,3	2,3
Fósforo	0,83	2,63	3,13	9,40	0,91
Potássio	6,6	19,2	4,7	9,4	4,4

Fonte: Flower (2002)

Dentre as raízes e tubérculos mais produzidos no Brasil, a raiz de mandioca apresenta, na média, o valor mais baixo de proteína bruta quando expresso na matéria seca, conforme apresentado na Tabela 25. A baixa concentração em nutrientes específicos é um reflexo da menor extração de nutrientes por unidade do ingrediente produzido por hectare. A variabilidade em termos de composição da raiz da mandioca é função de uma série de fatores interrelacionados, que se expressam por meio das características varietais, tais como precocidade na formação das raízes, arquitetura predominante de sua formação, quantidade e proporção dos diferentes tecidos nas raízes (polpa e casca) e estágio de crescimento da planta. As características ambientais que incluem a fertilidade e umidade do solo, temperatura e luminosidade constituem outro conjunto de fatores que influenciam a composição da raiz de mandioca.

Tabela 25. Composição nutricional das principais raízes e tubérculos produzidos no Brasil.

Raiz ou tubérculo	Mandioca	Batata	Batata doce	Inhame
Composição nutricional ¹				
Matéria seca (%)	30 - 40	20	19 - 35	20 - 42
Fúcula (% ao natural)	27 - 36	13 - 16	18 - 28	18 - 25
Açúcares totais (% ao natural)	0,5 - 2,0	0 - 2,0	1,5 - 5,0	0,5 - 1,0
Proteína (% ao natural)	0,5 - 2,0	2,0	1,0 - 2,5	2,5
Fibra (% ao natural)	1,0	0,5	1,0	0,6
Lípidios (% ao natural)	0,5	0,1	0,5 - 6,5	0,2
Cinzas (% ao natural)	0,5 - 1,5	1,0 - 1,5	1,0	0,5 - 1,0
Vitamina A (µg/kg, ao natural) ²	170	-	9.000	1.170
Vitamina C (mg/kg, ao natural)	500	310	350	240
Grão de amido (micra)	5 - 50	15 - 100	2 - 42	1 - 70
Amilose (%)	15 - 29	22 - 25	8 - 32	10 - 30
Temperatura de gelatinização (°C)	49 - 73	63 - 66	58 - 65	69 - 88
Composição nutricional ³				
Matéria seca (%)	36,0	21,0	28,0	20,0
Proteína bruta (% na M.S.)	2,5	12,1	5,4	8,9
Extrato etéreo (% na M.S.)	0,6	0,9	0,5	0,6
Fibra bruta (% na M.S.)	2,9	3,9	0,3	3,5
Cinza (% na M.S.)	3,8	5,0	3,2	4,3
Extrativo não nitrogenado (% na M.S.)	90,2	78,1	90,6	82,7
Energia metabolizável (kcal/kg M.S.)	3.200	3.600	3.200	3.300

Fonte: Scott et al. (2000).

² Na forma de equivalentes precursores.

³ Adaptado de Khajareen & Khajareen (1986).

A mandioca é rica em carboidratos solúveis e tem baixo teor de proteína bruta, aminoácidos sulfurados, gordura, ácidos graxos essenciais, vitaminas e minerais.

Dessa forma, a composição da raiz da mandioca se resume basicamente a carboidratos e água, correspondendo, respectivamente, a 31% e 65%, sendo que a porcentagem restante, cerca de 4%, inclui todos os outros componentes.

Perfil dos ácidos graxos

Segundo Oke (1978), a fração lipídica na raiz de mandioca representa entre 0,1% a 1,0% na composição. Madsen et al. (1990) ao avaliarem a composição nutricional da raiz de mandioca desidratada, determinaram uma concentração de extrato etéreo de 1,14% da matéria seca, dos quais apenas 47,9% eram formados por ácidos graxos. O perfil dos principais ácidos graxos presentes na raiz de mandioca está apresentado na Tabela 26.

Tabela 26. Perfil dos ácidos graxos no extrato etéreo da raiz de mandioca.

Parâmetro avaliado no extrato etéreo	Concentração no extrato etéreo (%)		
Ácidos graxos totais	100	47,9	100
Ácidos graxos saturados	37,9	15,7	32,8
Ácido mirístico	NA ⁽¹⁾	0,3	0,6
Ácido palmítico	34,8	13,2	27,6
Ácido esteárico	3,1	2,0	4,2
Ácidos graxos insaturados	62,0	28,1	58,7
Ácido oléico	38,6	17,1	35,7
Ácido linoléico	17,8	9,1	19,0
Ácido linolênico	5,6	1,8	3,8

⁽¹⁾NA: Concentração não analisada.

Fonte: Calculado a partir de

Oke (1978);

Madsen et al. (1990).

Em poedeiras, vários fatores influenciam o tamanho do ovo durante o ciclo produtivo, dentre os quais são importantes a genética, o peso corporal, a composição corporal da ave, os níveis nutricionais e os fatores ambientais. O efeito nutricional é consequência do nível de energia, proteína bruta, aminoácidos sulfurados, gordura e ácido linoléico na dieta. Segundo Leeson & Summers (1997), dado que as condições de produção permitam que a poedeira desempenhe o seu potencial genético com taxa de postura e peso de ovo adequado, qualquer manipulação nutricional para aumentar o peso do ovo não resulta em efeito positivo. Em frangos de corte e poedeiras a exigência nutricional para ácido linoléico é de 1% da dieta (NRC, 1994).

Como principal ingrediente energético, o milho garante, ao nível de inclusão de 60% na dieta, uma concentração de, pelo menos, 1% de ácido linoléico.

Em dietas de poedeiras, nas quais são inseridos predominantemente outros ingredientes energéticos com menor concentração em ácidos graxos como o sorgo, o trigo e a raiz de mandioca desidratada, conforme apresentado na Tabela 27, o nível mínimo de ácidos graxos na dieta para proporcionar máxima produção de ovos com tamanho padrão adequado não é alcançado, necessitando um suprimento adicional de ácidos graxos.

Nessa situação, a adição de gordura e ácidos graxos aumenta a formação da gema e aumenta o peso do ovo. Níveis subótimos de ácidos graxos nas dietas de poedeiras induzem à maior desuniformidade no tamanho dos ovos, influenciando na classificação comercial.

Tabela 27. Concentração de ácidos graxos (%) na matéria natural em ingredientes selecionados.

Variável (%)	Raiz de mandioca	Milho	Sorgo	Trigo	Farelo de soja
Matéria seca	90,0	89,0	89,0	87,0	90,0
Proteína bruta	2,8	8,5	9,1	10,2	47,5
Extrato etéreo	1,0	3,8	2,8	1,9	1,0
Ácido palmítico	0,13	0,62	0,56	0,46	0,24
Ácido esteárico	0,02	0,10	0,03	0,03	0,05
Ácido oléico	0,17	1,17	0,59	0,44	0,16
Ácido linoléico	0,09	1,82	1,13	0,81	0,47
Ácido linolênico	0,02	0,09	0,06	0,11	0,07

Fonte:

Madsen et al. (1990);

NCR (1994).

As vantagens da suplementação de gordura ou ácidos graxos nessas circunstâncias e, em especial, em ambientes com alta temperatura, permitem que a poedeira mantenha a formação do ovo, enquanto minimiza a geração de calor. Ao incluir a raiz de mandioca desidratada na dieta de poedeiras e frangos de corte, para manter o nível protéico é necessário aumentar a concentração de farelo de soja, o qual apresenta igualmente uma reduzida concentração de ácidos graxos.

Na Tabela 28 estão apresentadas diferentes combinações dos ingredientes citados na Tabela 27, em um total de 88% da dieta, gerando dietas para poedeiras contendo 17,0% de proteína bruta. Assume-se que os 12% restantes da dieta são necessários para suplementar os macro e micro minerais, as vitaminas, aminoácidos sintéticos, agentes pigmentantes e fonte de energia visando o balanceamento da ração. Nas rações que incluem a raiz de mandioca desidratada, combinada com outra fonte energética (milho, sorgo ou trigo), a proporção usada na dieta foi de 1:1. As dietas resultantes, exceto aquela com milho e farelo de soja, são todas deficientes em ácido linoléico e necessitam de suplementação com óleo ou gordura para alcançar o nível mínimo de 1% do ácido graxo, conforme é a recomendação do NRC (1994). Dessa forma, o nível mínimo de suplementação de óleo nessas dietas será de 2%, o que simultaneamente permitirá o balanceamento energético das dietas, as quais deverão conter, para um consumo de 100 gramas de ração por ave ao dia, uma concentração de 2.850 kcal de energia metabolizável por kg de ração.

Tabela 28. Composição percentual de dietas com 17% de proteína bruta para poedeiras utilizando a raiz de mandioca desidratada em combinação com milho, sorgo e trigo como fonte energética e a resultante concentração de ácido linoléico.

Composição das dietas (%)	Raiz de mandioca	Milho	Sorgo	Trigo	Farelo de soja	Ácido linoléico (%)
Mandioca + farelo de soja	52,5	-	-	-	35,5	0,21
Milho + farelo de soja	-	61,0	-	-	27,0	1,24
Sorgo + farelo de soja	-	-	62,0	-	26,0	0,82
Trigo + farelo de soja	-	-	-	64,0	24,0	0,63
Milho + mandioca + farelo de soja	28,2	28,2	-	-	31,6	0,69
Sorgo + mandioca + farelo de soja	28,5	-	28,5	-	31,0	0,49
Trigo + mandioca + farelo de soja	28,9	-	-	28,9	30,2	0,40

Fonte: Cálculo dos autores.

Por outro lado, existe pelo menos um registro na literatura relatando o efeito da inclusão da raiz de mandioca desidratada em dietas de poedeiras, sobre o perfil de lipídeos no sangue. Eruvbetine et al. (2004) avaliaram o efeito da inclusão de raspa integral de mandioca ou farelo residual de mandioca em níveis de até 20% em dietas de poedeiras com idade entre 30 a 40 semanas. Os ovos foram coletados e analisados para determinar a concentração de colesterol e, adicionalmente, amostras de sangue foram coletadas nas aves para determinar o perfil de lipídeos. Os resultados indicaram uma redução no colesterol da gema dos ovos de até 12,3%, nas dietas contendo raspa integral de mandioca, e de 55,4% nas dietas contendo farelo residual de mandioca. O colesterol e as frações lipídicas avaliadas no sangue também apresentaram uma significativa redução.

Níveis elevados de raiz de mandioca desidratada nas dietas de suínos em terminação determinam uma cor de carne mais pálida, principalmente no pernil, conforme pode ser observado na Tabela 29, contribuindo para a desclassificação industrial na linha de produção (a exemplo do que ocorre com suínos que apresentam o gen halotano), onde poderiam ser gerados produtos com elevado valor agregado.

Tabela 29. Efeito da adição de gordura em dietas de suínos contendo raiz de mandioca desidratada sobre o desempenho e a qualidade da carne e da gordura.

Fontes de variação e parâmetros avaliados	Controle	Mandioca	Mandioca + gordura
Composição da dieta no crescimento (%)			
Cevada/farelo de soja	73,4/24,0	-	-
Mandioca/farelo de soja/gordura	-	64,4/33,0/0,0	55,5/36,5/5,0
Composição da dieta na terminação (%)			
Cevada/farelo de soja	79,3/18,0	-	-
Mandioca/farelo de soja/gordura	-	70,4/27,0/0,0	61,5/30,5/5,0
Variáveis avaliadas			
Peso inicial (kg)	19,9	19,8	19,8
Peso final (kg)	100,8	100,8	101,8
Ganho de peso diário no crescimento (g)	617 ^{a,1)}	562 ^b	619 ^a
Ganho de peso diário na terminação (g)	824 ^{ab}	806 ^b	855 ^a
Ganho de peso diário no período total (g)	722 ^a	681 ^b	752 ^a
Consumo de farelo de soja (kg)	50,0	75,0	71,0
Consumo de ingrediente energético (kg)	193,8	176,4	130,0
Consumo de gordura (kg)	-	-	10,9
Período de arraçamento (dias)	112 ^b	119 ^a	109 ^b
Peso da carcaça (kg)	74,0	73,7	75,5

continua

Tabela 29. Continuação.

Fontes de variação e parâmetros avaliados	Controle	Mandioca	Mandioca + gordura
Ácidos graxos no toucinho (em 100% dos ácidos graxos)			
Ácido mirístico, C14:0	1,6 ^a	1,4 ^b	1,4 ^h
Ácido palmítico, C16:0	27,3 ^a	26,3 ^b	24,4 ^c
Ácido palmitoléico, C16:1	2,7 ^a	2,8 ^{ab}	2,9 ^b
Ácido esteárico, C18:0	15,8 ^a	14,8 ^b	13,4 ^c
Ácido oléico, C18:1	44,4 ^a	50,1 ^b	51,1 ^c
Ácido linoléico, C18:2	7,4 ^e	3,7 ^f	5,9 ^b
Ácido linolênico, C18:3	0,1	0,0	0,1
Ácido araquídico, C20:0	1,0 ^a	1,3 ^b	1,4 ^c
Relação monoinsaturado:saturado	1,03 ^b	1,29 ^a	1,33 ^a
Relação poliinsaturado:saturado	0,16 ^a	0,08 ^b	0,15 ^a
Pigmento no <i>Biceps femoris</i> (ppm)	40,9 ^a	35,5 ^b	40,4 ^a
Pigmento no <i>Longissimus dorsi</i> (ppm)	21,7 ^a	19,4 ^b	20,3 ^a
Gordura intramuscular no lombo (%)	1,40 ^a	1,29 ^c	1,34 ^b

^aLetras sobrescritas diferentes em cada linha representam a diferença significativa ($p < 0,05$).
Fonte: Madsen et al. (1990).

Madsen et al. (1990), ao utilizarem a raiz de mandioca desidratada no crescimento e terminação como principal fonte de energia, avaliaram os níveis de pigmentos na carne do pernil e do lombo em função da adição ou não de gordura na dieta. Os valores ideais para a cor, segundo a metodologia de Hornsey (1957), para a carne do pernil e do lombo devem situar-se ao redor de 40 e 25 ppm, respectivamente. Valores abaixo de 30 e 15 ppm para o pernil e o lombo são considerados altamente restritivos para industrialização e comercialização. Ocorreu diferença significativa na cor da carne do pernil devido ao uso da raiz de mandioca desidratada, conforme está apresentado na Tabela 29. A pigmentação foi parcialmente recuperada em função da adição de 5% de gordura na dieta.

Na combinação entre raiz de mandioca desidratada e farelo de soja apresentada na Tabela 28, o nível de ácido linoléico da dieta foi de 0,21%, acima, portanto, da recomendação para suínos expressa no NRC (1998), que é de 0,10% da dieta. A inclusão da mandioca, substituindo totalmente os cereais da ração, resultou em redução no ganho de peso diário e teve interferência no perfil dos ácidos graxos do toucinho, com redução de 4% na concentração dos ácidos graxos saturados, aumento de 12,0% nos ácidos graxos monoinsaturados e redução de 50,7% nos ácidos graxos poliinsaturados. A gordura intramuscular no lombo foi reduzida em 7,9%, devido à inclusão da raiz de mandioca desidratada na dieta.

Proteína e aminoácidos

A proteína na raiz da mandioca, quando expressa na base de matéria seca, na média não ultrapassa os 3%; porém, variações muito grandes são observadas entre diferentes variedades. Na Tabela 30 estão apresentados os valores médios e o desvio padrão em três estratos quanto ao teor de proteína bruta na matéria seca, em diferentes variedades de mandioca: 1) abaixo de 1,5% – considerado o nível inferior; 2) entre 1,5% a 3,0% – considerado nível intermediário; e 3) acima de 3,0% – considerado o nível superior. Da proteína total, cerca de 40% a 60% são representados por nitrogênio não protéico (incluindo nitratos, nitritos, glicosídeos cianogênicos) e aminoácidos livres.

Tabela 30. Estratificação de variedades de mandioca conforme a concentração de proteína bruta.

Componentes	Nível de proteína bruta		
	Inferior	Intermediário	Superior
Umidade (%)	67,37 ± 4,94	63,05 ± 2,41	63,99 ± 2,31
Proteína bruta (% na M.S.)	0,75 ± 0,25	2,30 ± 0,42	3,32 ± 0,09
Fibra bruta (% na M.S.)	1,97 ± 0,68	2,61 ± 1,34	2,16 ± 0,70
Gordura bruta (% na M.S.)	0,46 ± 0,12	0,46 ± 0,09	0,41 ± 0,09
Cinzas (% na M.S.)	2,21 ± 0,48	2,25 ± 0,07	2,16 ± 0,96
Carboidratos (% na M.S.)	44,96 ± 10,56	51,19 ± 7,11	48,42 ± 4,80

Fonte: Calculado a partir de Jerez Moreno (1982)

Na raiz inteira, para um valor médio de 1,45% de proteína bruta – PB ao natural, existe uma concentração média de 2,2% de PB na casca e de 1,23% de PB na polpa, demonstrando localização diferencial dos compostos nitrogenados na raiz (Nobre et al., 1973).

Esse fato justifica os dados apresentados na Tabela 31, onde as raízes longas e finas apresentam uma relação córtex:polpa muito maior do que nas raízes curtas e grossas e, em conseqüência, têm maior concentração de proteína bruta. A composição diferencial em termos de proteína bruta, devido à maior proporção de córtex, é naturalmente acompanhada de maior concentração de minerais, fibra bruta e de extrato etéreo.

Tabela 31. Efeito do tipo de raiz de mandioca sobre a composição nutricional ao natural.

Componentes	Tipo de raiz		
	Longas e finas	Tamanho médio	Curtas e grossas
Umidade (%)	62,10	62,10	62,10
Fibra bruta (%)	1,60	1,25	1,14
Extrato etéreo (%)	0,65	0,20	0,24
Proteína bruta (%)	2,00	1,06	0,69
Carboidratos (%)	32,95	34,18	34,70
Cinzas (%)	1,20	1,20	0,86
Cálcio (%)	0,046	0,027	0,027
Fósforo (%)	0,0078	0,0066	0,0043
Ferro (ppm)	16,00	5,00	5,00
Tiamina (ppm)	0,9	0,6	0,5
Riboflavina (ppm)	0,4	0,4	0,3
Niacina (ppm)	0,82	0,72	0,60

Fonte: Adaptado de Cereda (1994).

Na Tabela 32 está apresentado o perfil de aminoácidos que são essenciais para aves e suínos, tendo como base o referencial de concentração de proteína bruta no ingrediente. Na tabela consta a concentração relativa de aminoácidos da raiz de mandioca desidratada, do milho e do farelo de soja. Especificamente, os aminoácidos essenciais considerados são todos aqueles que, em pelo menos algum período da vida das aves e suínos, são classificados nessa categoria. De forma resumida, aminoácido essencial na nutrição animal pode ser definido como todo aquele que o animal não sintetiza, ou não o faz na quantidade suficiente para expressar todo o seu potencial produtivo, em determinada fase da vida. Assim, um determinado aminoácido pode ser essencial em uma fase da vida do animal e não essencial em outra fase.

No comparativo entre a raiz de mandioca desidratada (raspa integral de mandioca) e o milho, observa-se que a concentração de aminoácidos sulfurados é mais baixa na raiz de mandioca. Isso tem um duplo efeito negativo, visto que, ao substituir o milho por mandioca nas rações, é necessário aumentar a concentração das fontes protéicas (por exemplo, o farelo de soja), para manter o nível protéico adequado na ração.

Na Tabela 32 pode ser verificado que, tanto o farelo de soja quanto a raiz integral de mandioca, têm menor concentração relativa em aminoácidos sulfurados quando relacionados com as suas respectivas concentrações de proteína. Na Fig. 1 está representada a porcentagem de atendimento às exigências nos aminoácidos totais com uma dieta padrão, composta por milho e farelo de soja, segundo a recomendação de Rostagno et al. (2000) para frangos de corte na fase de 22 a 42 dias, calculada para conter 19,3% de proteína bruta. Com o uso da mandioca na proporção de 1:1 associada com o milho, a adição de lisina sintética reduz em 50% e a suplementação de metionina sintética aumenta em 25%, quando o objetivo é alcançar a recomendação em termos de aminoácidos totais. Ao incluir a raiz de mandioca desidratada em igual proporção ao milho (30%), o nível de farelo de soja na ração aumenta em cerca de 20%, variando em valores absolutos de 30% para 36% da dieta. Ao compor a dieta com milho e farelo de soja ao nível de 19,3% de proteína bruta recomendado por Rostagno et al. (2000), o atendimento à exigência do aminoácido valina não é alcançado, conforme pode ser visualizado no gráfico da Fig. 1.

Tabela 32. Concentração relativa de aminoácidos essenciais na raiz integral de mandioca, milho e farelo de soja segundo diferentes pesquisadores.

Aminoácidos essenciais, (g/100 g de proteína bruta)	Ingrediente					
	Raiz integral de mandioca, seca			Milho	Farelo de soja, 45%	
Lisina	2,92	5,71	3,63	2,91	2,92	6,10
Metionina	0,83	2,05	1,21	1,13	1,98	1,43
Metionina + cistina	1,66	3,09	2,73	2,10	4,32	2,79
Triptofano	0,84	2,16	1,21	0,81	0,70	1,43
Treonina	1,67	4,45	3,33	2,75	3,85	3,91
Arginina	7,50	6,13	5,45	6,80	4,67	7,31
Glicina + serina	-	10,56	-	7,12	8,87	9,77
Isoleucina	2,08	5,19	3,33	2,91	3,38	4,63
Valina	2,06	5,60	4,24	3,24	4,67	4,68
Leucina	2,50	8,79	5,76	5,50	12,13	7,75
Histidina	1,25	2,55	2,42	1,62	3,03	2,57
Fenilalanina	1,67	5,54	4,54	3,56	4,67	5,05
Fenilalanina + tirosina	-	9,42	5,76	5,50	8,05	8,32

Fonte: Calculado a partir de

Oke (1990);

Cereda (1994);

NRC (1998);

Rostagno et al. (2000)

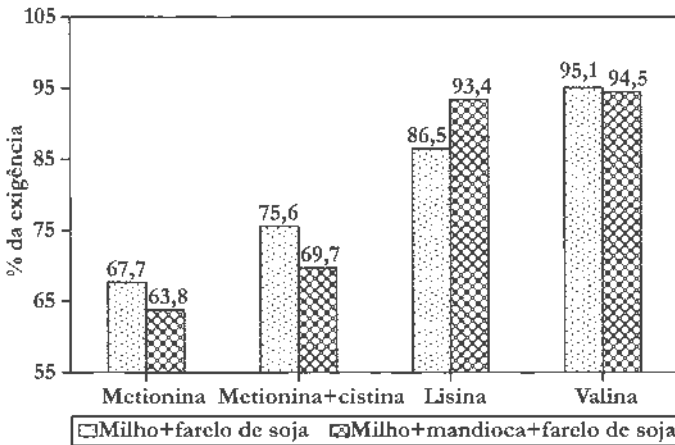


Fig. 1. Nível de atendimento às exigências em aminoácidos essenciais com dietas para frangos de corte contendo milho e farelo de soja combinado ou não com mandioca.

Fonte: Calculado a partir de Rostagno et al. (2000).

Para alcançar o nível de aminoácidos sulfurados recomendados para os frangos de corte somente com o emprego da raiz de mandioca desidratada, milho e farelo de soja como fontes de aminoácidos, seria necessário formular a dieta com um nível de 27% de proteína bruta. Nesse sentido, dependendo do sistema de produção adotado (orgânico ou convencional) são possíveis duas estratégias distintas.

No caso da produção orgânica é necessário que seja ampliado o leque de ingredientes que possuam concentrações de nutrientes complementares, pois somente dessa forma é possível balancear a dieta dos animais. No sistema de produção convencional, ao usar a raiz integral de mandioca nas dietas de monogástricos é necessário o uso de metionina sintética.

Carboidratos e energia

Segundo Hervas Moreno (1982), na fração dos carboidratos, cerca de 80% correspondem aos amidos e 20% são referentes aos açúcares, entre os quais sacarose (69% dos açúcares totais), frutose, glicose e maltose. A celulose e a hemicelulose não ultrapassam 7%. Os valores de energia para a mandioca e principais tubérculos cultivados no Brasil estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 33. Valores de energia para os produtos e subprodutos de mandioca e principais tubérculos cultivados no Brasil.

Ingrediente	Matéria seca	Energia			Fonte	
		Bruta	Digestível	Metabolizável		
				Suínos		Aves
Mandioca						
Raspa integral	92,29	3.794	-	-	3.040	EMBRAPA (1991)
Raspa residual	87,29	3.625	2.753	2.621	2.450	
Raspa residual	92,66	3.560	-	-	2.378	Zanotto et al. (1995)
Raspa integral	88,48	3.695	3.028	2.945	3.138	Rostagno et al. (2000)
Feno da folha	90,12	4.224	-	-	1.736	EMBRAPA (1991)
Farinha de folhas	90,91	-	-	-	1.697	Silva et al. (1998)
Mandioca raiz seca	87,00	3.560	3.360	3.360	-	INRA (1999)
Mandioca granulados	85,00	3.400	3.010	3.010	2.890	
Raiz in natura	33,88	1.322	1.278	1.080	-	EMBRAPA (1991)
Silagem da raiz	40,34	1.562	1.499	1.429	-	
Batata-doce	21,20	865	694	610	-	
Batata-doce	33,00	1.400	1.200	1.200	-	INRA (1999)
Batata inglesa	24,00	990	860	860	-	
Inhame in natura	25,00	1.040	640	640	-	

A raiz de mandioca apresenta, comparativamente aos demais ingredientes in natura, um valor intermediário à batata-doce e à batata inglesa.

A energia na raiz da mandioca é oriunda da concentração de fécula, que é um polímero formado por sucessivas condensações unitárias de glicose. Essas unidades podem apresentar arranjo linear (amilose) ou ramificado (amilopectina), em proporções definidas segundo cada tipo de planta, dando origem a grânulos com tamanho e formação própria (Tabela 34). A fécula da mandioca é da classe dos amidos semiduros, com solubilidade lenta em álcali. As moléculas de amilose e amilopectina associam-se por meio de pontes de hidrogênio, formando áreas cristalinas radialmente orientadas. Entre as áreas cristalinas existem regiões amorfas nas quais as moléculas não têm orientação definida. São as áreas cristalinas que mantêm a estrutura do grânulo e controlam o comportamento de absorção de água pelo amido (Rostagno, 1994). O grânulo natural tem capacidade limitada de absorver água fria. Ao se aquecer uma suspensão aquosa de fécula, nenhuma alteração ocorre nos grânulos até que uma temperatura crítica seja alcançada. Ao alcançar esta temperatura a fécula começa a absorção de água, incha alterando a estrutura interna cristalina. Esse processo caracteriza a gelatinização. A proporção entre amilose e amilopectina tem grande influência entre as propriedades da fécula. A maior desvantagem em utilizar nos processos industriais essa mistura de diferentes polímeros é a elevada viscosidade quando aquecida e sua tendência à retrogradação (que é o processo de recristalização da amilose) à temperatura ambiente ou a baixas temperaturas. Nesse sentido, o desenvolvimento de amidos especiais denominados de amido livre de amilose ou amido com alta amilopectina ocorreu em diferentes culturas via modificação genética. Segundo Gomes et al. (2003), a proporção entre amilose e amilopectina no grânulo do amido é dependente da expressão do gen GBSS (“granule bound starch synthase”) e a supressão da expressão desse gen proporciona a produção dos amidos especiais. Vetten (2004) afirmou que a fécula de mandioca geneticamente modificada com alta amilopectina tendo como característica adicional seu tamanho de grânulo extremamente reduzido e baixo teor de proteínas e lipídios, representa um elevado potencial para muitos segmentos dentro do mercado de amido.

Tabela 34. Características da fécula da mandioca e outros ingredientes utilizados na alimentação animal.

Característica do Amido	Mandioca	Milho	Trigo	Batata
Tamanho (micra)	5 a 35	5 a 25	2 a 35	15 a 100
Teor de amilose (%)	17	24	25	20
Teor de amilopectina (%)	83	76	75	80
Temperatura de gelatinização (°C)	58 a 70	62 a 72	70 a 75	56 a 66
Solubilidade em KOH (Classe)	Semiduro	Duro	Mole	Mole
Composição nutricional ¹				
Matéria seca (%)	88,71	85,94	87,7	84,5
Energia bruta (kcal/kg)	3.822	3.631	3.480	3.350
Energia digestível – suínos (kcal/kg)	3.766	3.457	-	-
Energia metabolizável – suínos (kcal/kg)	3.367	3.256	3.452	3.224
Energia metabolizável – aves (kcal/kg)	3.278	-	3.493	3.438
Proteína bruta (%)	0,57	0,57	0,09	0,80
Éxtrato etéreo (%)	0,18	0,19	0,09	0,10
Fibra bruta (%)	0,19	0,28	0,10	0,60
Matéria mineral (%)	0,16	0,08	0,09	0,25
Cálcio (%)	0,03	0,01	0,03	0,02
Fósforo total (%)	0,01	0,02	0,06	0,03

¹ Dados para mandioca e milho de EMBRAPA (1991) e dados para batata e trigo de Novus (1994).

Fonte: Adaptado de Villela & Ferreira (1987).

Ao avaliar-se a constituição da fécula na raiz da mandioca normal, em termos de concentração relativa entre amilose e amilopectina, constata-se que o teor de amilose varia em função da aptidão de cada variedade. Segundo Jennings & Iglesias (2002), o teor de amilose nas variedades de mesa normalmente alcança 21%, enquanto que nas variedades industriais o teor médio é de 15%. Nas variedades de dupla finalidade, a concentração média de amilose no amido situa-se em 17%. Wheatley et al. (1992), ao avaliarem o banco de germoplasma do Ciat, determinaram uma variação de 15% a 28% no teor de amilose do amido das raízes. Os grânulos amiláceos da mandioca diferem em tamanho de 5 a 35 micra de diâmetro, em parcelas mais ou menos iguais nos grupos de 2 a 5, 6 a 10 e 20 a 35 micra, porém perfazendo 5.020 grupos de 11 a 20 micra; esse fato os tornam semelhantes em tamanho aos grânulos do trigo, porém existe uma grande diferença em termos de temperatura de gelatinização. Os valores sobre tamanho e temperatura de gelatinização apresentados por Villela & Ferreira (1987) não estão de acordo com os apresentados por Scott et al. (2000) e especificados na Tabela 25.

Atualmente, com os valores tabulados de energia metabolizável para suínos e aves para os diferentes amidos, é impossível estabelecer uma conexão diferenciadora entre as características citadas na Tabela 34 e o seu valor em termos de energia metabolizável para os monogástricos.

Nas principais tabelas de composição de alimentos, o valor em energia bruta para os amidos oriundos de diferentes fontes situa-se entre 3.935 a 3.970 kcal/kg de matéria seca. Rostagno et al. (2000) apresentaram valores nos quais é possível calcular que a digestibilidade do amido (de milho) é cerca de 94% em suínos e a energia metabolizável aparente para aves corresponde a 93,7% da energia bruta, enquanto que a energia metabolizável para suínos assume o valor de 91,4%. Experimentos com diferentes ingredientes demonstraram que em frangos de corte cerca de 65% do amido ingerido foi digerido até o final do duodeno, 85% até o final do jejuno e 97% até o final do íleo. Dessa forma, considerando as condições que são apresentadas pela raiz da mandioca, com ausência de fatores antinutricionais, a digestão e aproveitamento do seu amido devem ser realizadas de forma plena. Adicionalmente, Low & Longland (1990) consideraram que, sob

condições normais, um suíno em crescimento produz amilase suficiente para hidrolisar amido na proporção de metade do seu peso corporal, porém reconheceram que a amilose é mais digestível do que a amilopectina, em função da maior complexidade estrutural da última.

Pascual-Reas (1997) realizou um estudo comparativo da digestibilidade da raspa integral de raiz de mandioca, milho, sorgo e cevada em vários segmentos do trato digestivo de suínos em crescimento. Uma das principais características da raspa integral de mandioca seca é a sua alta digestibilidade da matéria orgânica e da energia, já no estômago, em função da intensa hidrólise da fécula até glicose, proporcionada pelas secreções gástricas, quando comparado aos demais ingredientes. Conforme apresentado na Tabela 35, cerca de um terço da energia da raspa integral da mandioca está disponível para metabolização já a partir do estômago do suíno. Essa elevada digestibilidade é observada também ao nível do ceco, intestino grosso e fezes. Uma efetiva taxa negativa de digestibilidade da matéria orgânica e da energia é observada ao nível de estômago em suínos alimentados com grão de sorgo moído.

Fledderus et al. (2003) avaliaram a digestão de diferentes amidos no intestino delgado em suínos com 50 kg. A fécula da raiz da mandioca é plenamente digestível no jejuno posterior, enquanto que outros amidos apresentam maior resistência à digestão, conforme apresentado na Tabela 36. A habilidade para digestão do amido de mandioca também foi relatada por Freire et al. (1988), que confirmaram a digestibilidade acima de 97% avaliada no íleo terminal em leitões com 31 dias de idade.

Graham (1993) afirmou que é possível obter aumento de digestibilidade de alguns amidos nas circunstâncias em que se facilita o acesso das enzimas ao substrato, isto é, quando processamentos térmicos ou mecânicos adequados auxiliam na ruptura das paredes celulares, para expor de forma mais completa o amido à ação das amilases. Efeito idêntico pode ser obtido com a adição de enzimas que apresentem o potencial de atuar sobre as paredes celulares, que impedem ou dificultam a ação das amilases para atuar sobre o amido no interior das células dos diferentes ingredientes que contêm o amido. Esse efeito, porém, não se verifica em todos os ingredientes indistintamente.

Tabela 35. Valores acumulativos de digestibilidade de diferentes ingredientes em função do local de coleta das amostras no trato digestivo.

Variável e local avaliado	Valores acumulativos de digestibilidade, %			
	Mandioca	Milho	Sorgo	Cevada
Digestibilidade da matéria orgânica				
No estômago	30,2 ^{a1}	1,0 ^b	-7,8 ^b	12,2 ^b
No intestino delgado	61,6	57,0	56,3	64,3
No ceco	88,8 ^a	83,7 ^a	76,2 ^b	72,7 ^b
No intestino grosso	90,9 ^a	89,4 ^{ab}	86,8 ^b	83,4 ^a
Nas fezes	92,7	90,1	89,6	84,0
Digestibilidade da energia				
No estômago	28,3 ^a	2,0 ^b	-7,6 ^b	2,2 ^b
No intestino delgado	54,4	50,4	49,6	59,4
No ceco	86,8 ^a	81,9 ^a	72,5 ^b	68,6 ^b
No intestino grosso	89,0 ^a	87,6 ^a	83,5 ^b	80,3 ^a
Nas fezes	90,6	88,3	86,8	82,3

¹Letras distintas na mesma linha estão associadas a valores com diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Fonte: Pascual-Reas (1997).

Tabela 36. Porcentagem de digestão de diversos amidos nos diferentes locais do trato digestivo de suínos com 50 kg.

Fonte de amido Local de avaliação	Porcentagem do amido digerido			
	Mandioca	Trigo	Sorgo	Batata
Jejuno intermediário	95,0	94,4	68,5	56,9
Jejuno posterior	99,6	95,9	85,2	82,3
Ileo	99,6	96,2	95,6	82,3
Feces	100,0	99,3	96,7	97,0

Fonte: Fledderus et al. (2003).

Nesse sentido, devem ser consideradas as avaliações realizadas por Samarasinghe & Wenk (1993), quantificando o efeito proporcionado pela adição de complexo multienzimático sobre o aproveitamento energético e desempenho de frangos de corte quando alimentados com níveis elevados de raspa integral de mandioca nas dietas. A adição do complexo enzimático não resultou em aumento no aproveitamento dos componentes das dietas e de desempenho, conforme pode ser visualizado na Tabela 37.

Ogbonna et al. (1996) avaliaram, também, o efeito de diferentes processamentos e da suplementação de enzimas em dietas contendo níveis crescentes de raspa integral de mandioca (nos níveis de 0%, 20% e 40%) na dieta de frangos de corte. As dietas foram fornecidas sob forma farelada ou peletizadas a frio, peletizadas a vapor ou extrusadas. No período avaliado de 7 a 28 dias, o fornecimento de ração farelada proporcionou menor consumo, ganho de peso e piora na conversão alimentar. A peletização a vapor e a extrusão não proporcionaram diferenças no desempenho, quando comparadas com a peletização a frio. A suplementação com enzimas melhorou a conversão alimentar de todas as dietas, inclusive das dietas com ausência de raspa integral de mandioca, somente na primeira semana da avaliação, mas não teve efeito sobre o período total de 21 dias avaliado.

Minerais

Considerando-se os dados de Rostagno et al. (2000), apresentados na Tabela 38, os níveis de cálcio, potássio, sódio, manganês e cobre na raspa integral de mandioca são superiores àqueles do milho, mas inferiores ao do farelo de soja. Com relação ao fósforo, ferro e zinco,

Tabela 37. Efeito do nível de raspa integral de mandioca e da adição de complexo enzimático sobre o desempenho e o aproveitamento energético das dietas pelos frangos de corte.

Composição da dieta (%)	Nível de raspa integral de mandioca			
	30%		57%	
Raspa integral de mandioca	30%		57%	
Farelo de milho	26,5		0,0	
Farelo de soja	18,7		17,0	
Farinha de peixe	7,4		11,0	
Farinha de carne e ossos	4,0		3,6	
Farelo de trigo	2,5		0,5	
Óleo de soja	6,0		6,0	
Melaço	2,0		2,0	
Premix mineral e vitamínico	1,6		1,6	
Aminoácidos essenciais	0,8		0,8	
Celite 545 (marcador)	0,5		0,5	
Adição de complexo enzimático	Não	Sim	Não	Sim
Desempenho entre 8 e 43 dias				
Ganho de peso diário (g)	60,1	60,4	59,3	58,7
Consumo médio diário (g)	102,3	104,8 ⁽¹⁾	105,1	103,7
Conversão alimentar (g/g)	1,68	1,71	1,74	1,74
Energia metabolizável da dieta				
Aos 21 a 24 dias, como % da energia bruta	78,7	79,2	79,1	80,0
Aos 35 a 38 dias, como % da energia bruta	80,2	80,7	80,2	79,7

¹ Efeito significativo ($p \leq 0,05$).

Fonte: Samarasinghe & Wenk (1993).

os níveis presentes na raspa integral de mandioca são inferiores às concentrações encontradas no milho e farelo de soja. Porém, como a participação do farelo de soja aumenta nas dietas contendo mandioca, em relação às dietas baseadas exclusivamente em milho e farelo de soja, a dependência de suplementação com fontes de cálcio é reduzida nas dietas contendo raiz de mandioca, enquanto que a inclusão de fontes de fósforo mantém-se relativamente constante. A concentração de cobre e zinco por unidade de proteína bruta é maior nos produtos da mandioca quando comparados ao milho e farelo de soja.

A concentração em minerais na raiz de mandioca apresenta algumas diferenças com relação aos níveis presentes nos dois principais ingredientes para dietas de aves e suínos, conforme apresentado na Tabela 38.

Tabela 38. Concentração de minerais na raspa integral de mandioca, milho e farelo de soja.

Mineral	Raspa integral de mandioca ¹		Milho ⁽²⁾	Farelo ⁽³⁾ de soja, 45% PB	Raiz de mandioca ⁽³⁾
Cálcio (%)	0,22	0,13	0,03	0,32	0,08
Fósforo total (%)	0,13	0,09	0,24	0,59	0,17
Fósforo disponível (%)	-	0,03	0,08	0,19	-
Magnésio (%)	0,11	0,11	0,09	0,22	0,10
Potássio (%)	0,49	0,37	0,30	1,84	1,24
Sódio (%)	0,03	0,050	0,029	0,070	0,014
Cloro (%)	0,07	0,06	0,05	0,01	-
Ferro (mg/kg)	18,00	38,50	48,69	148,46	14,88
Manganês (mg/kg)	28,00	31,06	8,19	37,64	1,47
Cobre (mg/kg)	4,00	4,46	2,91	20,24	6,78
Zinco (mg/kg)	10,00	11,16	20,00	52,55	8,15

¹Valores expressos na matéria natural.²Média de 411 genótipos de mandioca com os valores expressos na matéria seca.

Fonte:

NRC (1998);

Kostagno et al. (2002);

CIAT (2001).

Vitaminas

A raiz de mandioca apresenta baixos teores de vitaminas lipossolúveis e, na Tabela 39, estão apresentadas as concentrações de algumas vitaminas do complexo B, em comparativo com as concentrações no milho e farelo de soja. Adicionalmente, estão apresentadas as recomendações do NRC para atendimento às necessidades diárias dos suínos em crescimento (20 a 50 kg) e frangos de corte na fase de 21 a 42 dias.

Na prática, nos sistemas intensivos com alta produtividade, a suplementação das vitaminas referenciadas na Tabela 39 por kg de ração é realizada conforme a recomendação apresentada.

Segundo os valores apresentados na Tabela 39, pode se verificar que a concentração de vitaminas na raspa integral de mandioca é muito reduzida, quando comparada com milho e farelo de soja. A suplementação que é usualmente recomendada, em qualquer circunstância, afasta a possibilidade de redução no desempenho, devido a carências nutricionais.

Tabela 39. Concentração de algumas vitaminas hidrossolúveis na raspa integral de mandioca, milho e farelo de soja, exigências para suínos e frangos em crescimento e recomendação de suplementação.

	Vitamina (em mg/kg)				
	Niacina	Ácido pantotênico	Riboflavina	Tiamina	Piridoxina
Raiz de mandioca seca	3,0	0,3	0,8	1,6	0,7
Milho em grão	25,0	5,9	1,2	3,4	4,7
Farelo de soja	40,0	15,0	3,0	3,0	7,0
Exigência de suínos ¹	10,0	8,0	2,5	1,0	1,0
Exigência de frangos ²	30,0	10,0	3,6	1,8	3,5
Suplementação de suínos ^{3,4}	22,0	10,0	2,6	0,5	0,7
Suplementação de frangos ^{3,4}	26,0	9,0	3,8	1,2	1,8

Fonte: NRC (1998)¹; Nords (1994); NRC (1994)²; Rostagno et al. (2000)³.

⁴Níveis de suplementação via pré-mistura vitamínica por kg de ração.

Aptidão para uso das variedades de mandioca

Aliado à questão nutricional que influencia no balanceamento de dietas para aves e suínos, alguns fatores tecnológicos que envolvem o uso da raiz da mandioca sob diferentes formas de conservação necessitam ser observados.

Quanto à aptidão para uso humano, existem duas grandes categorias de mandioca, sendo uma designada de mandioca de mesa (para consumo direto) e a outra designada mandioca para indústria. Para a primeira categoria são valorizadas a capacidade de conservação e as qualidades culinárias, tais como aptidão ao cozimento e propriedades organolépticas, enquanto que para a segunda, primordialmente, é considerada a produtividade e o maior teor de fécula presente na raiz. Para o processamento industrial, as variedades com maior teor de amilopectina são mais empregadas. A mandioca é colhida após um ano do plantio ou no período que compreende 16 a 20 meses de estágio vegetativo e, quando destinada à industrialização, o processamento deve ser realizado dentro de, no máximo, 36 horas a contar da colheita. Considerando-se o aspecto da nutrição de monogástricos, o objetivo maior em termos de características desejáveis é a obtenção de variedades que apresentem na raiz altos teores de proteína bruta (entre 3,0% e 3,3% de PB na base de matéria natural), aliados à elevada produtividade por área. Pesquisas de melhoramento e seleção têm proporcionado a obtenção de variedades com alta produtividade e com maior teor de proteína bruta, destinadas basicamente à alimentação humana em áreas geográficas nas quais as populações apresentam carência nutricional. Carvalho et al. (2003) determinaram que, em mandiocas com casca colorida, a concentração de proteína solúvel na raiz pode alcançar valores de 2 a 5 vezes a concentração verificada em mandiocas de cor branca.

O uso da raiz in natura

Ao considerar o uso da mandioca in natura na alimentação animal, dois aspectos importantes devem ser considerados: o potencial de conservação da raiz e a presença de fatores antinutricionais. Adicionalmente, torna-se importante abordar a questão da densidade ou concentração nutricional pois, na forma in natura, a raiz de mandioca apresenta apenas cerca de um terço de matéria seca, o que torna limitante

a ingestão de energia e todos os demais nutrientes pelos monogástricos em alto nível de produtividade.

O aproveitamento da raiz in natura pode ser: a) sem processamento (raiz integral, com casca, para uso direto no arraçoamento animal) ou b) com processamento mínimo (na alimentação humana, com o uso da raiz sem casca).

Sem processamento

A raiz de mandioca in natura, destinada à alimentação animal, apresenta um curto período de conservação pós-colheita que alcança no máximo uma semana, conforme as condições de armazenagem (Kato e Souza, 1987). Nesse intervalo, ocorrem perdas de matéria seca provocadas pela respiração celular e perda de água para o ambiente em função do equilíbrio higroscópico com o ar atmosférico. As perdas são muito variáveis e, dependendo do tempo e das condições de armazenagem, podem alcançar até 10% somente em perda de água, conforme apresentado na Tabela 40. Os resultados foram observados em pesquisas realizadas por Carvalho et al. (1982) e Chalfoun et al. (1982), considerando a média de duas variedades desenvolvidas para consumo humano. É importante notar que, embora a concentração relativa de fécula aumente devido à perda de umidade, existe também uma considerável perda de matéria seca em função dos processos fisiológicos pós-colheita que ainda ocorrem. A assim chamada deterioração fisiológica inicia-se durante as primeiras 48 horas e é reconhecida pela descoloração interna sob forma de estria vascular azul-negra, apresentada pelos vasos deteriorados do xilema. Essa alteração deve ser evitada quando a mandioca é destinada ao consumo humano e ao uso industrial para a produção de farinha e de fécula, porém não apresenta importância para o consumo animal, embora possa indicar que o processo de alteração na composição nutricional já esteja em andamento (Andrade et al., 1979). Por sua vez, a deterioração microbiana secundária ocorre em um período de 5 a 7 dias depois da colheita e é causada por fungos e bactérias, sendo dependente da extensão dos danos mecânicos que as raízes sofreram previamente e da resistência varietal. Com o desenvolvimento da deterioração microbiana secundária, os reores de fécula e açúcares totais sofrem alteração.

Tabela 40. Efeito do tempo pós-colheita da raiz de mandioca tipo mesa sobre as suas características de composição nutricional.

Componentes (%)	Tempo pós-colheita (dias)			
	0	4	8	14
Fécula	21,51	25,00	25,20	28,21
Açúcares solúveis totais	1,78	1,83	1,96	2,14
Umidade	67,00	61,14	59,56	57,19

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (1982) e Chalfoun et al. (1982).

Quando se considera o uso in natura da raiz na alimentação animal, devem ser feitas diferenciações entre as mandiocas amargas e as doces, de acordo com a concentração em glicosídeos cianogênicos (lotoaustralina e linamarina), que, em sua hidrólise, liberam o composto tóxico HCN, conforme apresentado no tópico “A questão dos fatores antinutricionais da mandioca in natura”. Segundo Oke (1990), normalmente a concentração de HCN na raiz da mandioca situa-se entre 15 a 500 ppm na matéria natural. Na Tabela 41 estão apresentados os valores em função da parte da raiz e da correspondente classificação em termos de concentração de fatores tóxicos.

Tabela 41 – Concentração média em HCN total (mg/kg na matéria natural) em diferentes partes da raiz de mandioca.

Tipo de mandioca	Parte da raiz	
	Parte interna	Película e casca carnosa
Venenosa ¹	206	223
Venenosa ²	530	555
Moderadamente venenosa ¹¹	81	264
Não venenosa ²	48	147

Fonte: Adaptado e calculado a partir de Scholz (1967)¹¹ e Teles (1987)².

Scholz (1967) apresentou, para as diferentes partes das raízes venenosas, valores médios de concentração dos fatores tóxicos (em equivalentes HCN) considerando que o teor de HCN na película e casca carnosa é muito próximo à concentração verificada na parte interna da raiz (respectivamente 223 e 206 ppm). O contrário é verificado nas mandiocas não venenosas ou moderadamente venenosas, onde a parte interna da raiz assume valor médio de concentração (em equivalentes HCN) que é quase quatro vezes menor do que o presente na película e casca carnosa.

Com processamento mínimo

No processamento mínimo da raiz, visando a alimentação humana, surgem duas opções: 1) a raiz é comercializada ao natural, ainda com a casca, para posterior retirada e imediato cozimento; e 2) a raiz é comercializada já descascada, acondicionada em embalagem e congelada, para ser destinada ao cozimento ou fritura, representando, ao lado da batata inglesa, uma fatia do mercado no segmento dos alimentos semiprocessados.

Devido à elevada concentração de água, a conservação da raiz no período pós-colheita é um dos principais problemas e estima-se que cerca de 20% a 25% da mandioca destinada ao consumo humano comercializada na forma *in natura* são perdidos. Nas condições de processamento mínimo são gerados como resíduos as raízes pequenas originadas pela classificação na comercialização, as pontas da mandioca e, na etapa preliminar de processamento, as cascas. Esses resíduos são adequados à alimentação animal e representam, em média, entre 15% a 25% de raízes sem valor comercial, dependendo da época de colheita, e entre 12% a 18% de casca, dependendo da variedade. Nos locais destinados ao processamento mínimo, portanto, são gerados resíduos aproveitáveis que devem ser destinados à alimentação animal, como forma de evitar uma potencial poluição ambiental, em função do acúmulo de matéria orgânica. Na Tabela 21 estão apresentados os valores médios para a composição relativa entre as partes, para cinco variedades de mandioca colhidas aos 12 meses. Segundo os valores apresentados, apenas cerca de 81% da raiz corresponde ao material aproveitado para consumo humano.

Em função dos fatores antinutricionais presentes na casca da raiz, o seu uso na alimentação de monogástricos realiza-se por meio de três processamentos que podem ser aplicados: a ensilagem e o cozimento, que mantêm a umidade do ingrediente (sendo os produtos resultantes utilizados preferencialmente no arração de suínos); o terceiro processamento é a desidratação e moagem, que permite a utilização do ingrediente nas fábricas de ração para balanceamento de dietas para aves e suínos.

Uso na alimentação de suínos

O valor nutritivo da mandioca para suínos é evidenciado nos inúmeros resultados de pesquisa publicados no Brasil e no exterior.

Como fonte energética, a raiz de mandioca in natura ou desidratada apresenta valores de energia digestível para suínos, respectivamente de 1.170 e 3.480 kcal/kg (Nicolaiewsky & Prates, 1995).

Muitos trabalhos de pesquisa foram conduzidos com o objetivo de determinar o melhor nível de proteína bruta – PB, para o concentrado a ser fornecido a suínos em crescimento e terminação, juntamente com mandioca fresca, bem como a melhor forma de fornecimento do concentrado (CIAT, 1969; Maner, 1973; CIAT, 1974; Gutierrez, 1974; Gomez, 1979; Hervas Moreno et al., 1980a, 1980b, 1980c, 1980d; Ferreira et al., 1982). A partir do resultado destes trabalhos, foi concluído que o concentrado para fornecimento juntamente com a mandioca fresca para suínos em crescimento e terminação deverá conter, no máximo, 30% de PB. Caso a PB do concentrado esteja acima de 30%, e o mesmo seja fornecido à vontade em sistema de livre escolha com a mandioca, a tendência é de ocorrer um consumo excessivo de proteína para cobrir parte das exigências em energia. Por outro lado, quando o concentrado com nível excessivamente alto de proteína é fornecido de forma controlada, de maneira a não exceder as exigências diárias mínimas de proteína, pode ocorrer redução no consumo total de matéria seca e no consumo de energia, principalmente nos suínos em crescimento, que não conseguem preencher uma proporção muito elevada das suas necessidades de energia proveniente de um alimento volumoso. Portanto, o fornecimento de concentrado em quantidades controladas, com nível de proteína não superior a 30%, restringe o consumo de proteína aos níveis necessários e permite um consumo adequado de energia. Na Tabela 42 são apresentadas três fórmulas de concentrado para cada faixa de peso vivo para suínos em crescimento-terminação, para fornecimento juntamente com mandioca fresca. A quantidade de concentrado a ser fornecida por dia deve ser fixada de acordo com o nível de proteína do mesmo, e com o peso do animal, devendo-se observar as necessidades diárias de proteína, aminoácidos, vitaminas e minerais indicadas nas tabelas de necessidades nutricionais dos suínos. A mandioca pode ser fornecida à vontade, em sistema de livre escolha com o concentrado, ou

em quantidades controladas de forma a complementar as necessidades diárias de energia dos suínos.

Além da PB e dos aminoácidos, é necessário garantir que o concentrado contenha níveis adequados de vitaminas e minerais, particularmente vitamina B₁₂ e iodo, para que seja garantido o consumo das quantidades diárias mínimas. Por este motivo, a quantidade de premix incluída no concentrado deve ser superior ao recomendado pelo fabricante, para uma ração convencional (Tabela 42).

O fornecimento de mandioca fresca para porcas em gestação também foi avaliado em alguns estudos (Maner, 1973; Tewe & Maner, 1981; IAPAR, 1982; Nicolaiewsky et al., 1992). Foi observado que a evolução do peso das porcas em gestação, alimentadas com mandioca, é adequado; porém, houve redução no número de leitões nascidos vivos (Maner, 1973; IAPAR, 1982; Nicolaiewsky et al., 1992) e no peso médio dos leitões ao nascer (IAPAR, 1982), em alguns dos tratamentos com mandioca. Conforme Tewe & Maner (1981), nenhum problema ocorreu em leitões que receberam uma dieta contendo mandioca com 30,3 ppm de HCN.

São necessários novos estudos de longa duração antes de se recomendar a utilização de mandioca fresca com altos níveis de ácido cianídrico para porcas em gestação. No entanto, não ocorrem problemas devido ao fornecimento de dietas contendo raiz de mandioca integral com baixos níveis (até 30 ppm) de HCN, desde que adequadamente balanceadas. Da mesma forma que para suínos em crescimento-terminação, a mandioca fresca pode ser fornecida para porcas em gestação juntamente com um concentrado protéico, de acordo com as Tabelas 43 e 44, conforme recomendação de Bertol (1998).

Para porcas em lactação, o fornecimento de raiz de mandioca in natura foi pouco estudado. Maner (1973) observou que o fornecimento de mandioca fresca nessa fase, misturada a um concentrado com 40% de PB, provocou redução no consumo total de alimento em base seca, e ligeira redução no ganho de peso. A natureza volumosa da raiz de mandioca fresca dificulta a sua utilização para porcas em lactação, em especial para aquelas de alta produção, devido ao alto requerimento de nutrientes pelas porcas nessa fase. Nicolaiewsky & Prates (1995) recomendaram como 50% (na base de matéria seca) o limite máximo de inclusão da raiz de mandioca in natura na alimentação de suínos desde a fase inicial, crescimento e terminação e também para porcas em gestação ou lactação.

Tabela 42. Concentrados para fornecimento a suínos em crescimento-terminação alimentados com mandioca fresca ou silagem de mandioca.

Ingredientes (%)	Peso vivo dos suínos (kg)								
	22 – 40			40 – 80			80 – 115		
Milho	45,70	49,30	42,23	47,16	50,94	43,63	46,60	50,35	43,09
Farelo soja 48% de proteína	48,98	45,35	-	48,61	44,80	-	48,75	44,97	-
Farelo soja 45% de proteína	-	-	52,37	-	-	52,06	-	-	52,18
Premix crescimento ¹	5,32	5,32	5,32	-	-	-	-	-	-
Premix terminação ²	-	-	-	4,23	4,23	4,23	-	-	-
Premix terminação final ²	-	-	-	-	-	-	4,65	4,65	4,65
DL-metionina	-	0,03	0,08	-	0,03	0,08	-	0,03	0,08
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína bruta (%)	27,38	25,95	27,15	27,33	25,84	27,13	27,35	25,86	27,14
Lisina (%)	1,64	1,52	1,62	1,63	1,52	1,61	1,63	1,52	1,62
Metionina (%)	0,43	0,44	0,43	0,43	0,44	0,43	0,43	0,44	0,43
Treonina (%)	1,10	1,05	0,99	1,10	1,04	0,99	1,10	1,04	0,99
Cálcio (%)	1,21	1,21	1,21	0,85	0,85	0,85	0,93	0,93	0,93
Fósforo total (%)	1,00	1,00	1,00	0,72	0,72	0,72	0,74	0,74	0,74
Sódio (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

¹Inclusão de 4% em uma ração convencional, de acordo com recomendações do fabricante²Inclusão de 3% em uma ração convencional, de acordo com recomendações do fabricante

Fonte: Bertel (1998).

Tabela 43. Concentrados para fornecimento a porcas em gestação alimentadas com mandioca fresca ou silagem de mandioca.

Ingredientes (%)	Gestação		
Milho	26,99	39,73	26,99
PS 48% proteína	62,17	49,32	-
PS 45% proteína	-	-	62,05
Premix reprodução ¹	10,84	10,84	10,84
DL-metionina	-	0,11	0,12
Total	100,00	100,00	100,00
Proteína bruta (%)	32,06	27,02	30,17
Lisina (%)	2,00	1,63	1,86
Metionina (%)	0,49	0,53	0,49
Treonina (%)	1,29	1,09	1,09
Cálcio (%)	3,22	3,19	3,20
Fósforo total (%)	2,18	2,14	2,18
Sódio (%)	0,54	0,54	0,54

¹ Inclusão de 4% em uma ração convencional, de acordo com instruções do fabricante.

Fonte: Bertol (1998).

Tabela 44. Esquema para fornecimento de raiz de mandioca fresca ou silagem da raiz de mandioca e concentrado protéico para suínos, de acordo com a fase.

Fase	Quantidade fornecida (kg/dia)		
	Concentrado	Mandioca fresca	Silagem de mandioca
20 – 40 kg	1,100	À vontade	À vontade
40 – 80 kg	1,350	À vontade	À vontade
80 – 115 kg	1,500	À vontade	À vontade
Gestação (0 a 30 dias)	0,700	3,600	3,000
Gestação (30 a 85 dias)	0,770	4,000	3,350
Gestação (85 a 110 dias)	1,050	6,000	5,000

Fonte: Bertol (1998).

Silagem de raiz de mandioca

Uma alternativa para prolongar a conservação da raiz destinada ao arraçoamento animal por período de tempo maior (até dois anos) é a sua trituração (em moageira), formando uma massa homogênea, e imediata ensilagem como forma de preservação de seus componentes nutricionais. O processo de ensilagem reduz o conteúdo de matéria seca da raiz em aproximadamente 6% a 10%, fazendo com que a concentração da energia e nutrientes seja elevada mais ou menos na mesma proporção (Tabelas 45 e 46).

Tabela 45. Composição nutricional da raiz de mandioca fresca e ensilada.

Variáveis	Forma física	
	Fresca	Ensilada
Matéria seca (%)	33,88	40,34
Energia digestível – suínos (kcal/kg)	1.278	1.499
Energia metabolizável – suínos (kcal/kg)	1.080	1.429
Proteína bruta (%)	1,72	1,20
Extrato etéreo (%)	0,74	0,17
Fibra bruta (%)	1,03	1,34
Cálcio (%)	0,10	0,09
Fósforo total (%)	0,10	0,04

Fonte: Embrapa (1991).

Tabela 46 Composição nutricional da raiz da mandioca ao natural, ensilada e desidratada sob a forma de raspa.

Componente (%)	Raiz ao natural	Raiz ensilada	Raiz sob forma de raspa
Umidade	65,0	55,0	10,0
Matéria seca (por diferença) (%)	35,0	45,0	90,0
Proteína bruta	1,25	1,61	3,21
Fibra bruta	1,45	1,86	3,73
Extrato etéreo	0,29	0,37	0,75
Cinzas	1,43	1,84	3,68
Extrativo não nitrogenado	30,84	39,60	79,30

Fonte: adaptado de Buitrago (1995).

O teor de carboidratos da mandioca também pode ser utilizado para preservar outros ingredientes, por meio do ácido láctico produzido durante a fermentação. Limon (1992) relatou estudos que indicam a forma de conservação de resíduo industrial de peixe (peixe integral finamente moído), por meio da ensilagem junto com raiz de mandioca integral triturada. Na base de matéria seca, foi estabelecida uma proporção ótima de 45% de peixe integral triturado, 40% de raiz de mandioca integral triturada, 10% de melaço e 5% de inoculante contendo bactérias acidoláticas (*Lactobacillus*) em solução de repolho. O resultado final, após quatro semanas, foi um alimento estabilizado em pH de 4,3 e com 33% de PB na matéria seca.

Utilização da silagem da raiz na alimentação dos suínos

Comparando-se o fornecimento de um concentrado com 30% de proteína bruta e silagem de raiz de mandioca, ambos à livre escolha, observou-se que o desempenho de suínos em crescimento-terminação foi semelhante ao obtido com uma dieta convencional baseada em milho e farelo de soja (CIAT, 1974). Nicolaiewsky et al. (1989a), ao compararem o fornecimento de um concentrado protéico (21% proteína bruta) mais silagem de mandioca, ambos à vontade para suínos em crescimento, observaram que o desempenho obtido com esta dieta foi semelhante ao obtido com a dieta convencional de milho e farelo de soja. Entretanto, quando o concentrado protéico foi misturado à silagem na proporção de 27% e 73%, respectivamente (11% de proteína bruta na mistura), houve redução do desempenho. Este resultado decorreu, provavelmente, de uma proporção entre concentrado e silagem na mistura que não atendia nem as necessidades de energia nem as de aminoácidos dos leitões. Em outro estudo, Nicolaiewsky et al. (1986b) observaram que o fornecimento de um concentrado protéico (36,8% de proteína bruta) mais silagem de mandioca, ambos à vontade, resultou em consumo excessivo de proteína e baixo consumo de energia, mas o desempenho foi semelhante ao proporcionado pela dieta convencional baseada em milho e farelo de soja. Por outro lado, os mesmos autores observaram que a restrição no consumo de concentrado (825 ou 625 g/dia) provocou redução no ganho diário de peso. É possível que esta redução no desempenho tenha sido causada por uma discrepância entre as necessidades diárias de energia dos animais e a capacidade de consumo de alimento, pois observou-se uma redução no consumo de energia pelos animais que receberam as dietas com silagem de mandioca. Dessa forma, quando da utilização de silagem de mandioca na alimentação de suínos, o concentrado deve ser fornecido de forma restrita, para evitar o superconsumo de proteína, podendo-se misturá-lo com a silagem, a qual, neste caso, também seria fornecida de forma restrita, ou em sistema de livre escolha com a silagem oferecida à vontade. Entretanto, para definição do nível de proteína bruta e de consumo diário do concentrado, deve-se levar em conta, além das necessidades diárias de proteína e aminoácidos, também os requerimentos diários de energia e a capacidade de ingestão do animal, de forma que as quantidades fornecidas, bem como o nível de inclusão

da raiz de mandioca ensilada na dieta não restringem o consumo de nutrientes e energia pelos animais. Os concentrados para fornecimento juntamente com a silagem de mandioca são semelhantes aos fornecidos com a mandioca fresca (Tabelas 43 e 44).

Ao avaliar fêmeas suínas em gestação Ries & Nicolaiewsky (1990 a, 1990b), substituindo até 100% do sorgo da dieta pela silagem de mandioca, não observaram efeito negativo sobre as respostas medidas nas leitegadas, nem sobre a variação de peso das porcas, mas no nível de 100% de substituição houve aumento do intervalo desmama-cio. Os resultados estão apresentados na Tabela 47. Porém, em outro estudo, Nicolaiewsky et al. (1992) observaram que o fornecimento de silagem de mandioca juntamente com um concentrado (36,4% PB) a porcas em gestação, não afetou a evolução do peso das porcas nas fases de gestação e lactação, mas foi associado com a redução no número de leitões nascidos vivos (10,3 vs. 8,9, diferença não significativa) e desmamados (10,2 vs. 8,6). Na lactação, porcas recebendo concentrado com 40% de proteína bruta e silagem de mandioca à livre escolha, ganharam menos peso do que aquelas alimentadas com a ração testemunha, baseada em milho e farelo de soja; porém, o número e peso dos leitões ao desmame não foi afetado (CIAT, 1974).

O efeito da ensilagem sobre o teor residual de HCN em mandiocas bravas indica que o uso da massa ensilada para alimentar matrizes em gestação e lactação pode ser realizado, seguindo a recomendação dada para o uso da mandioca mansa in natura e ensilada.

Da mesma forma que com a mandioca fresca, são necessários novos estudos, com observação de mais de um ciclo reprodutivo, para recomendação da silagem de mandioca com altos níveis de HCN para porcas em gestação e lactação. A silagem de raiz de mandioca com baixos níveis de HCN (até 30 ppm), para porcas em gestação, pode ser fornecida da mesma forma que a mandioca fresca, de acordo com as Tabelas 43 e 44. No entanto, por ser um alimento volumoso, a utilização da silagem de raiz de mandioca para porcas em lactação possivelmente proporciona redução do consumo de matéria seca e, conseqüentemente, redução da produção de leite e/ou piora da condição física do animal, com excessiva perda de peso, acarretando em redução do seu desempenho nos ciclos reprodutivos subseqüentes ou descarte precoce.

Tabela 47. Efeito de níveis crescentes de utilização de raiz de mandioca conservada (silagem) na alimentação de fêmeas gestantes de suínos, sobre os parâmetros produtivos e reprodutivos.

Variáveis avaliadas nas matrizes	Porcentagem de substituição (%)				
	0	25	50	75	100
N ^o de fêmeas/tratamento	20	19	19	20	21
Peso na cobertura (kg)	182,50	179,89	182,00	178,55	177,43
Ganho de peso na gestação (kg)	36,55	38,84	39,36	35,84	33,19
Perda de peso na lactação (kg)	6,63	6,18	6,45	6,54	6,27
Peso na cobertura no pós-desmame (kg)	190,70	190,04	191,31	188,04	185,47
Evolução do peso em partos consecutivos (kg)	8,20	10,15	9,31	9,49	8,04
Período médio de lactação (dias)	29,30	29,94	29,63	29,10	29,00
Intervalo desmame-cio (dias)	5,15 ^{ai}	4,94	4,78 ^t	5,99 ^{ab}	10,76 ⁱ
Consumo de ração na lactação (kg/dia)	7,71	8,01	7,74	7,80	7,95
Variáveis avaliadas na leitegada					
N ^o de leitões vivos/parto	12,60	11,63	12,42	11,19	11,35
N ^o de natimortos/parto	0,80	0,89	0,42	0,84	0,80
Peso médio ao nascer (kg)	1,52	1,56	1,41	1,53	1,50
Peso da leitegada ao nascer (kg)	19,22	17,98	17,50	17,00	17,08
N ^o de leitões aos 21 dias	10,90	10,47	10,84	9,64	10,52
Peso médio aos 21 dias (kg)	5,17	5,19	5,23	5,17	5,35
Peso da leitegada aos 21 dias (kg)	55,20	53,58	56,99	49,05	56,05

^aLetras sobrescritas diferentes em cada linha representam a diferença significativa ($p < 0,01$).

Fonte: Ries & Nicolajewsky (1990a, 1990b).

O uso da raiz transformada

A utilização racional dos produtos e subprodutos da industrialização da raiz na alimentação de monogástricos apresenta uma elevada complexidade, em função da variabilidade nos diferentes processamentos da mandioca. Para a alimentação de monogástricos, principalmente suínos e aves nos sistemas intensivos de produção, é exigida precisão em termos de composição nutricional das rações. A ausência de padronização dos subprodutos resultantes da industrialização da raiz gera insegurança quanto à composição nutricional e quanto à obtenção de um desempenho animal economicamente viável.

Existe uma grande variação nas denominações dadas aos subprodutos oriundos do processamento da raiz de mandioca. Isso decorre fundamentalmente devido às diferenças entre processamentos (tradicional ou modernos, manuais ou mecânicos), que geram diferentes resíduos para um mesmo produto final, diferenças regionais nas denominações e, finalmente, devido à denominação errônea dos subprodutos gerados, o que é resultante da falta de padronização da nomenclatura ou uso descuidado da nomenclatura existente.

A primeira observação a fazer é sobre o nome que normalmente é dado aos subprodutos, sendo necessário fazer uma distinção entre farinha e farelo. De forma simplificada, porém prática, poder-se-ia definir farinha como um dos subprodutos da raiz de mandioca que é seco na consistência e fino na granulometria, normalmente destinado à alimentação humana, que passa pela peneira em processo industrial de peneiração e que adicionalmente sofre um processo controlado de desidratação denominado de torração. O farelo, que também sempre é um subproduto da raiz, poderia ser definido como a parte grosseira, normalmente, destinada à alimentação animal, retida na peneira durante o processo industrial de peneiração e que é desidratado (sofre secagem) para conservação. Por exemplo: os termos farelo de mandioca integral ou farinha de mandioca integral não deveriam ser utilizados para representar a raiz inteira seca e moída, porque farelo e farinha são, por definição, sempre uma parte extraída de um todo. De forma análoga, no caso do milho, o farelo de milho ou a farinha de milho não representam o grão de milho moído.

A segunda observação corresponde ao emprego dos termos raspa e aparta. De forma tradicional (Scholz, 1971), os termos são designados para uma das formas (lasca, aparta ou raspa) adotadas na desidratação da raiz da mandioca integral. Porém, atualmente, o termo raspa também é usado em vários artigos científicos para designar uma das partes da raiz que se origina após o descascamento manual, correspondendo a parte da casca mais uma porção não diferenciada da polpa e que, normalmente, se descarta para alimentação animal no posterior processamento industrial da raiz descascada manualmente. E o termo aparta, atualmente, tem sido utilizado para designar as pontas da raiz descartadas na comercialização que, ao serem desidratadas e trituradas, geram um produto denominado de farinha de aparta de mandioca, conforme definição usada por Cruz et al. (2004).

Considerando o destino dado à raiz inteira, usualmente os três principais processamentos que são realizados correspondem à: 1) desidratação; 2) produção de farinhas; e 3) produção de fécula.

A descrição desses processos é um dos requisitos para a adequada caracterização dos subprodutos e resíduos gerados. Na forma desidratada, a mandioca é usada mediante inclusão na alimentação animal e humana ou para obtenção de produtos derivados (geralmente da fécula), com finalidades diversas que extrapolam a alimentação. Segundo Cardoso et al. (2001), no Brasil o segmento de processamento da cadeia produtiva da mandioca está diretamente relacionado com a produção de farinha ou fécula que geram, respectivamente, uma receita equivalente a 600 milhões e 150 milhões de dólares. Em menor escala, existem produções regionais de raspa de mandioca (segundo descrição no item “Processos de desidratação da raiz de mandioca”) que, posteriormente, dão origem à farinha de raspa de mandioca utilizada na alimentação humana.

Na produção de farinha as escalas vão desde o processamento artesanal até unidades com produções de 300 sacas de farinha ao dia.

A produção industrial da fécula no Brasil é estimada em 300 mil toneladas anuais e o processamento médio por fecularia situa-se em torno de 150 toneladas de mandioca ao dia. A fécula pode seguir um dos três segmentos de utilização: sob forma in natura (tapioca, sagú, goma etc.), fermentada (polvilho) ou modificada (pré-gelatinizados, dextrina, glicose etc.). Ao nível mundial, segundo Vetten (2004),

aproximadamente 60% da produção de fécula são destinados para fins alimentares e 40% são usados na produção de papel e outras especialidades industriais.

Processos de desidratação da raiz de mandioca

A raiz desidratada, destinada à alimentação animal, apresenta duas vantagens principais que são a conservação via secagem e a concentração dos nutrientes, visando maior economia no seu transporte e maior facilidade na manipulação. Dessa forma, a raiz de mandioca deixa de ser um ingrediente de circulação restrita, em função do elevado teor de água e conseqüente perecibilidade, para tornar-se um ingrediente com potencial de mercado, sendo destinada para fábricas de rações e podendo ser usada em qualquer tipo de formulação. Porém, a incorporação dos produtos desidratados de mandioca na fábrica de ração gera problemas operacionais, envolvendo algumas características inadequadas, tais como a baixa densidade, a pulverulência e a forma física dos produtos. Na Tabela 48 estão apresentados os valores de cubagem, representando o volume médio necessário por tonelada de produto derivado da mandioca. É necessário cerca de 50% a 120% mais espaço para os produtos desidratados da mandioca do que para os cereais. Nos processos de descarga, moagem e mistura são necessários procedimentos técnicos que reduzam os efeitos adversos gerados pelas características negativas.

Tabela 48. Cubagem por tonelada da raiz de mandioca e alguns produtos desidratados.

Ingrediente	Volume (m³/t)
Raízes frescas	2,00 a 2,20
Produtos desidratados via processamento	
Lascas	2,90 a 3,50
Aparas normais	2,20 a 2,60
Aparas quebradas	2,00 a 2,10
Raspas	2,20 a 2,50

Fonte: Adaptado de Scholz (1971).

A peletização dos produtos da mandioca (pellet com 0,5 a 0,8 cm de diâmetro e 2 cm de comprimento) reduz em 25% a 40% o volume. O processamento também é recomendado para as rações de frangos de corte e suínos no pós-desmame, na fase inicial e no período de crescimento, com inclusões de produtos desidratados de mandioca em nível superior a 40%, visando contornar a baixa densidade que limita o volume de ingestão diária de nutrientes necessários para igual desenvolvimento, quando comparado à dietas com cereais.

Na Tabela 49 estão apresentadas as características tecnológicas de alguns ingredientes comumente usados, ou potenciais substitutos, na alimentação de suínos e aves. O efeito imediato que ocorre com a inclusão de raspa integral de mandioca na dieta de aves e suínos, para substituir o milho, é que aumenta o volume que deverá estar disponível para que as aves e os suínos possam ingerir a mesma quantidade de energia metabolizável, e isto ocorre por dois motivos: pela inclusão do ingrediente alternativo e pela necessidade de aumentar a proporção de farelo de soja na dieta. A raiz de mandioca desidratada apresenta o mesmo potencial de qualidade do pellet do que o milho, porém tem menor possibilidade de compressão e apresenta maior resistência de passagem no cilindro na câmara de peletização, o que pode resultar em maior gasto de energia no processo de peletização, dependendo da combinação de ingredientes que é realizada. Os parâmetros tecnológicos para os ingredientes que se referem à qualidade de pellet, capacidade de compressão e resistência de passagem são avaliados mediante um índice que varia de 0 a 10. Qualidade de pellet acima de 7 pode significar que, em algumas circunstâncias, a dureza do pellet pode ser excessiva e influenciar o desempenho dos animais jovens (pintos até 14 dias e leitões recém-desmamados).

Seguindo a descrição dada por Scholz (1971), na forma de raiz integral desidratada distinguem-se basicamente três denominações que se referenciam em função do formato, do processamento e da diferença na cubagem. Esses três produtos desidratados, descritos a seguir, podem ser divididos em subtipos considerando a retirada ou não da pele ou da casca e, dessa forma, existem os subtipos sem pele com casca e sem casca. Em cada caso apresentam pequenas diferenças na sua composição. Os três produtos são:

Tabela 49. Características nutricionais e fatores tecnológicos de ingredientes para rações de aves e suínos.

	Milho moído	Trigo moído	Raiz de mandioca	Farelo de arroz	Farelo de algodão	Farelo de soja	Soja integral
Componentes nutricionais							
Proteína bruta (%)	8,7	11,9	2,4	12,9	43,6	44,9	35,6
Extrato etéreo (%)	3,8	1,7	0,4	13,0	3,0	1,8	18,9
Fibra bruta (%)	2,1	2,3	4,3	11,0	11,8	5,3	5,3
Amido (%)	58,5	55,5	65,5	20,0	8,0	8,0	9,0
Fatores tecnológicos							
Densidade (kg/m ³)	610	540	640	320	610	500	480
Densidade (cm ³ /Mcal ave) ⁽¹⁾	488	593	667	1.487	706	896	631
Densidade (cm ³ /Mcal suíno) ⁽¹⁾	479	561	576	1.097	600	620	575
Qualidade do pellet ⁽²⁾	5	8	5	2	8	4	4
Capacidade de compressão	7	6	3	3	6	5	8
Resistência de passagem ⁽²⁾	6	3	7	6	7	4	3

⁽¹⁾ Calculada pelos autores utilizando dados do NRC (1984, 1988).⁽²⁾ Índices de 0 a 10.

a) **Lasca de mandioca** – É o produto seco, obtido de forma rústica ou caseira mediante secagem ao sol em terreiros, oriundo da raiz cortada em fragmentos irregulares relativamente grandes, com mais ou menos 5 a 10 cm de comprimento e 2 a 5 cm de espessura. Os fragmentos são espalhados em camadas de 10 a 20 kg por m², permanecendo em secagem de 4 a 8 dias, com reviramento constante do material. O rendimento na produção da lasca com e sem casca situa-se ao redor de 36,5% e 33,0%, respectivamente, para raízes com 65,0% de água.

b) **Apara de mandioca** – É o produto seco, obtido de forma rústica ou caseira mediante secagem ao sol em terreiros, oriundo da raiz cortada de forma manual em fatias (rodelas) de mais ou menos 0,5 a 1,0 cm de espessura e em média com 4 cm de diâmetro. O produto gerado é apto à transformação em farinha e extração de fécula e apresenta um tempo médio de secagem de 2 a 4 dias.

c) **Raspa de mandioca** – É o produto seco, normalmente processado para uso na industrialização e posterior alimentação humana, oriundo da mandioca descascada que é desidratada em fragmentos relativamente pequenos, secos artificialmente, com processamento mecanizado em todos os seus aspectos. Uma prensagem é realizada com a finalidade de acelerar o processo de secagem, o qual deve ser realizado com temperaturas não superiores a 55°C, para evitar a gelatinização, e também não deve ser muito lento para evitar o processo de dextrinização da fécula. Na prensagem retira-se até 30% de água, perdendo entre 5% a 10% de fécula e até 30% das proteínas. O resíduo líquido gerado, que contém esses nutrientes, é denominado manipueira. Ao nível de propriedade rural, a produção de raspa pode ser realizada de modo rústico, sendo o produto destinado preferencialmente à alimentação animal. Nesse caso, não é realizada a retirada da casca e a prensagem torna-se opcional em função das condições ambientais que determinam a forma mais econômica de realizar a secagem. Quando a secagem da raiz integral desintegrada é realizada sem a prensagem e, portanto, sem a perda de nutrientes, o produto pode ser denominado de raiz de mandioca integral desidratada moída.

A secagem da raiz de mandioca sob forma de raspa, lascas, moída ou triturada tem influência sobre os níveis remanescentes de glicosídeos cianogênicos e de ácido cianídrico nos produtos gerados. Nesse aspecto, são importantes a forma de processamento com a presença ou não da

entrecasca e casca, o tipo e a temperatura de secagem, o tamanho dos fragmentos da raiz e a efetiva velocidade de desidratação, que tem efeito sobre a taxa de retenção de glicosídeos cianogênicos. Nambisan & Sundaresan (1985) avaliaram para raízes de um ano a porcentagem de retenção de fatores tóxicos em função da variedade, método de secagem, temperatura aplicada e espessura dos fragmentos. Os resultados médios estão apresentados na Tabela 50.

Tabela 50. Concentração e taxa de retenção dos fatores tóxicos em raiz de mandioca em função da classificação, forma e temperatura de secagem e tamanho dos fragmentos.

Classificação	Venenosa		Moderadamente venenosa		Não venenosa	
	CFT ⁽¹⁾	TR ⁽²⁾	CFT	TR	CFT	TR
Ao natural	140,0	-	85,0	-	45,0	-
Secagem ao sol						
Fragmentos de 3 mm	75,0	53,1	44,2	52,0	26,3	58,4
Fragmentos de 10 mm	39,0	27,8	26,7	31,4	14,7	32,6
Secagem em estufa a 50°C						
Fragmentos de 3 mm	89,5	64,2	53,2	62,3	27,2	60,0
Fragmentos de 10 mm	65,0	46,4	43,0	50,5	22,0	48,8
Secagem em estufa a 70°C						
Fragmentos de 3 mm	104,0	74,2	68,2	80,0	35,8	79,7
Fragmentos de 10 mm	84,5	60,0	45,8	53,8	24,7	55,0

¹CFT = concentração de fatores tóxicos (mg de HCN/kg).

²TR = taxa de retenção (%).

Fonte: Nambisan & Sundaresan (1985).

A concentração final de glicosídeos cianogênicos expressa em equivalentes mg de HCN por kg, e a taxa de retenção em porcentagem indicam que, independente da forma e temperatura de secagem, nos fragmentos de 10 mm os valores de concentração residual dos fatores tóxicos são menores e isto se deve principalmente à menor velocidade de desidratação e maior tempo com umidade maior, o que facilita a ação de hidrólise da enzima linamarase. No comparativo entre formas de secagem pode ser observada a vantagem da secagem mais lenta ao sol, que possibilita maior umidade, temperatura menor e velocidade de desidratação mais lenta, permitindo da mesma forma uma atividade enzimática mais intensa. De forma coerente, quando da secagem em estufa, quanto menor a temperatura de secagem aplicada, menor a concentração residual dos fatores tóxicos. Segundo os autores, a linamarase sofre apenas inativação parcial em temperaturas elevadas.

Segundo Panigrahi et al. (1996), baixas velocidades de desidratação das raízes de mandioca oriundas de variedades com alta concentração de compostos cianogênicos produzem mandioca integral desidratada com baixos níveis de fatores antinutricionais, que é menos tóxica para as aves. A mandioca integral desidratada, com baixo teor de compostos cianogênicos, pode ser incorporada em dietas nutricionalmente balanceadas para aves na ordem de 50% a 60%, sem redução no ganho de peso ou na produção de ovos.

Enquanto níveis acima de 100 mg de HCN equivalentes/kg de ração afetam negativamente o desempenho de frangos de corte, as poedeiras já apresentam redução na postura com níveis de até 25 mg de HCN equivalentes/kg de ração. A suplementação de metionina em dietas com alta inclusão de mandioca integral desidratada, contendo elevados teores de compostos cianogênicos, aumenta a produção de carne e ovos, porém não é eficaz para neutralizar a toxidez.

Em aves, os compostos cianogênicos da mandioca produzem um aumento na excreção de bile e excretas mais úmidas, sendo que ambos os efeitos são minimizados pela suplementação de metionina na ração. Gomez e Noma (1986), em ensaios experimentais com frangos de corte, avaliaram efeitos de níveis crescentes (0%, 10%, 20% e 30%) de inclusão de raiz de mandioca desidratada que continha 300 mg de equivalentes HCN/kg na forma de glicosídeos cianogênicos. Mesmo no nível mais elevado avaliado não foi detectado efeito negativo sobre o ganho de peso, conversão alimentar e taxa de mortalidade. Ao analisar os efeitos hematológicos, não foram detectadas alterações, porém os níveis crescentes de cianatos na dieta proporcionados pela mandioca foram associados com o aumento na concentração dos níveis de tiocianatos no soro sanguíneo.

Alimentação de suínos e aves com raiz de mandioca seca

Utilização da farinha/raspa integral na alimentação de suínos

Na avaliação do uso da raiz de mandioca integral desidratada (por definição, neste texto, farinha/raspa integral), as abordagens relacionam-se, em primeira instância, à substituição da fonte energética, sendo possíveis as situações em que os cereais de verão (milho,

principalmente, e também sorgo) são a principal fonte a ser substituída; porém, em outras circunstâncias, também cereais de inverno podem ser substituídos. Essa situação já é suficiente para que, basicamente, respostas diferentes sejam observadas em função de cada circunstância particular, que se refere ao propósito experimental especificamente proposto. Porém, de forma adicional, existem pelo menos duas situações nos planejamentos experimentais que necessitam ser interpretados de forma mais precisa: a proposição ou não de dietas isoenergéticas e a questão da quantidade e qualidade da proteína que deve ser utilizada, para que exista desempenho compatível com um referencial pré-definido.

Estudos realizados no Ciat (CIAT, 1970) demonstraram que a digestibilidade da matéria seca e da fração energética da farinha de mandioca para suínos é semelhante à do milho e farelo de soja. Não obstante, quando utilizada como principal fonte de energia para suínos em crescimento e terminação, houve redução significativa na taxa de crescimento (CIAT, 1970, 1978; Maner, 1973; Gutierrez, 1974). No Brasil, Curtarelli et al. (1986) também observaram redução no desempenho com o aumento dos níveis de farinha ou raspa integral de mandioca na dieta de suínos em crescimento e terminação, em níveis que variaram de 0% a 100% de substituição do milho da dieta. Os principais motivos para a piora no desempenho se refletem como consequência da substituição do milho que tem valor de energia digestível e metabolizável (3.476 e 3.331 kcal/kg, respectivamente), segundo Rostagno et al. (2000), que é superior aos valores de energia digestível (2.780 kcal/kg) e de energia metabolizável (2.714 kcal/kg) determinados por Fialho et al. (1992). Essa redução na energia da dieta, quando acompanhada de menor consumo de ração, pode resultar em reduções significativas no desempenho.

Resultados mais favoráveis no desempenho dos suínos em crescimento e terminação foram obtidos por outros pesquisadores. Utilizando-se a farinha integral de mandioca como única fonte de energia para suínos em crescimento e terminação, resultou em desempenho igual (Nicolaiewsky et al., 1989a) ou superior ao obtido com rações baseadas em milho. Suínos em crescimento-terminação, alimentados com dietas contendo 23,8% de farinha de raspa integral de mandioca, tiveram desempenho semelhante aos alimentados com

dietas baseadas em cevada (Walker, 1985). Níveis mais elevados de farinha de raspa na dieta (45%) provocaram redução no desempenho, mas a adição de 5% ou 10% de sebo melhorou o desempenho, retornando aos níveis normais. Nesse aspecto, deve ser considerado que os valores de energia digestível e metabolizável da cevada (3.050 e 2.910 kcal/kg, respectivamente, segundo NRC, 1998) são mais próximos aos da raspa integral de mandioca que os valores do milho.

Da mesma forma, a inclusão de raspa integral de mandioca em níveis de até 64% na ração (Carvalho et al., 1992), com 100% de substituição do milho (Carvalho et al., 1993), associado à suplementação com caldo de cana (Alvarenga et al., 1988; Alvarenga et al., 1990) ou com sebo (Figueiredo et al., 1990), não afetou significativamente o desempenho de suínos em crescimento e terminação. A substituição de 100% do milho na dieta de suínos em crescimento (20 a 50 kg) por raspa integral de mandioca foi relatada por Carvalho et al. (1999), que aplicaram dietas isoprotéicas e não observaram efeito significativo sobre o desempenho dos animais. Os valores de desempenho estão apresentados na Tabela 51.

Tabela 51. Desempenho de suínos em crescimento em função de níveis de substituição do milho por raspa integral de mandioca, mantendo as dietas isoprotéicas.

Ingredientes (%)	Níveis de substituição do milho na dieta (%)				
	0	25	50	75	100
Milho	73,29	54,67	36,55	18,68	-
Farelo de soja	24,40	26,80	29,00	31,00	33,65
Raspa integral de mandioca	-	16,00	32,00	48,00	64,00
DL-metionina	-	-	-	-	0,02
Valores calculados para a dieta					
Proteína bruta (%)	16,80	16,80	16,80	16,80	16,90
Energia digestível (kcal/kg)	3.377	3.256	3.145	3.036	2.922
Lisina (%)	0,82	0,86	0,89	0,91	0,95
Metionina + cistina (%)	0,50	0,48	0,44	0,42	0,41
Triptofano (%)	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26
Desempenho⁽¹⁾					
Ganho de peso (g/dia)	747	724	756	689	679
Consumo de ração (g/dia)	2.006	1.926	2.015	1.921	1.926
Conversão alimentar	2,61	2,66	2,66	2,79	2,69

⁽¹⁾Efeitos não significativos ($p \geq 0,05$) no desempenho.

Fonte: Carvalho et al. (1999).

Na Tabela 52 está apresentado o resultado obtido por Figueiredo et al. (1990) para suínos em crescimento e terminação, com o emprego de sebo bovino para manter os níveis das dietas isoenergéticas, quando do emprego de raspa integral de mandioca. Os autores, ao manter as dietas isoprotéicas (16% no crescimento e 14% na terminação), obtiveram nesse experimento um alto desempenho que caracteriza o potencial que a raspa integral de mandioca possui para manter elevados níveis de ganho de peso comuns com as dietas tradicionais à base de milho e farelo de soja. Nas condições experimentais os autores concluíram que a substituição total do milho era viável.

Tabela 52. Efeito da substituição do milho pela raspa integral de mandioca associada com sebo, em dietas isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação.

Nível de substituição do milho por raspa integral de mandioca e sebo (%)	Ganho de peso ⁽¹⁾ (g/dia)	Consumo de ração ⁽¹⁾ (g/dia)	Conversão alimentar ⁽¹⁾
0	859	2.673	3,12
25	796	2.418	3,03
50	931	2.821	3,05
75	800	2.370	2,96
100	805	2.404	2,95

⁽¹⁾ Efeito não significativo.

Fonte: Figueiredo et al. (1990).

Pinheiro et al. (1999) avaliaram o efeito de níveis de substituição do milho por raspa integral de mandioca, suplementados com sebo bovino, na ração de suínos em crescimento e terminação sobre o desempenho, características de carcaça e viabilidade econômica. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de substituição do milho por raspa integral de mandioca (0%, 16%, 32% e 48%), em rações à base de milho e farelo de soja, suplementadas com sebo bovino. As rações experimentais foram mantidas isocalóricas, contendo 3.300 kcal/kg de energia digestível, e isoprotéicas, com 16% e 14% de proteína bruta, para as fases de crescimento e terminação, respectivamente.

Os valores referentes ao desempenho estão apresentados na Tabela 53. Houve efeito significativo sobre o consumo de ração, nas fases de terminação e total, porém os níveis de substituição de milho por raspa integral de mandioca não influenciaram ($p \geq 0,05$) o consumo, ganho de peso, conversão alimentar e os dias em experimentação na

Tabela 53. Efeito de níveis de substituição do milho por raspa integral de mandioca suplementados com sebo bovino na ração isoprotéica e isoenergética de suínos em crescimento e terminação.

Desempenho	Níveis de substituição do milho (%)			
	0	16	32	48
Fase de crescimento				
Consumo de ração (g/dia)	1.867	1.664	1.665	1.606
Ganho de peso (g/dia)	712	634	605	566
Conversão alimentar (g/dia)	2,65	2,63	2,77	2,85
Duração do período experimental (dias)	32,2	36,0	33,8	37,8
Fase de terminação				
Consumo de ração ¹ (g/dia)	2.341	2.010	1.895	2.046
Ganho de peso (g/dia)	832	782	783	805
Conversão alimentar (g/dia)	2,93	2,55	2,43	2,55
Duração do período experimental (dias)	51,6	51,0	56,0	55,4
Período total				
Consumo de ração ¹ (g/dia)	2.204	1.858	1.807	1.852
Ganho de peso (g/dia)	734	718	716	703
Conversão alimentar (g/dia)	2,83	2,53	2,53	2,63
Duração do período experimental (dias)	83,8	87,0	89,8	93,2
Avaliação das carcaças				
Rendimento de carcaça (%)	75,6	74,9	75,3	74,9
Porcentagem de pernil (%)	32,0	31,3	32,5	32,1
Comprimento de carcaça (cm)	97,8	98,8	98,0	99,9
Espessura de toicinho (mm)	22,8	24,4	24,3	23,0
Área de olho de lombo (cm ²)	42,4	38,2	39,5	44,9

¹Foto quadrático (p<0,05).
Fonte: Pinheiro et al. (1999).

fase de crescimento. Na fase de terminação foi observado efeito quadrático nos níveis de substituição do milho por raspa integral de mandioca, sobre o consumo de ração pelos suínos, porém não houve efeito significativo para o ganho de peso, conversão alimentar e dias na fase de crescimento terminação. Não houve efeito significativo para o ganho de peso, conversão alimentar e dias em arraçamento no período total; entretanto, o consumo de ração apresentou efeito quadrático quando o milho foi substituído nas dietas. Apesar de ter havido diminuição do consumo de ração nas fases de terminação e total, os níveis avaliados de substituição do milho por raspa integral de mandioca, suplementados com sebo bovino, não interferiram no desempenho produtivo e características de carcaça dos animais. A substituição do milho por raspa integral de mandioca, suplementada com sebo bovino, foi economicamente viável até o nível máximo

estudado (48%), quando usada nas rações de suínos nas fases de crescimento e terminação. A inclusão de pellets de farinha de mandioca em dietas de suínos em crescimento, substituindo trigo e cevada, não prejudicou o desempenho dos animais até o nível de 30% da dieta (Taylor & Partridge, 1987). Com níveis mais elevados (45% da dieta), os autores observaram uma tendência na redução do consumo diário de ração e isto deve ser resultante da densidade específica expressa em termos de volume por unidade de energia, que é bastante alterada com a inclusão da mandioca nas dietas. Foi sugerido que a exigência de metionina + cistina dos suínos alimentados com dietas compostas por farinha de mandioca (42,1 ppm de ácido cianídrico) e farelo de soja seria superior aos requerimentos de metionina recomendados para suínos alimentados com dietas de milho-farelo de soja (Balogun et al., 1983). Foi observada uma melhora no desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com dietas contendo farinha integral de mandioca com a adição de metionina (Zoby et al., 1971) ou sebo isoladamente (CIAT, 1970) ou melaço (10% a 20%) (Maner, 1973; Gutierrez, 1974; CIAT, 1978). A utilização de outras fontes de enxofre, como tiosulfato de sódio (0,79%) e enxofre elementar (0,20%) produziram resultados ligeiramente inferiores ao uso da metionina (CIAT, 1975). No entanto, a farinha ou raspa integral de mandioca adequadamente processada e, portanto, com baixos níveis de ácido cianídrico (30 a 60 ppm), pode ser utilizada como a principal fonte de energia para suínos em crescimento-terminação e, neste caso, a suplementação com metionina além dos requerimentos normais não melhora o desempenho, mostrando-se desnecessária (Gomez et al., 1984). A aparente contradição entre os resultados e as recomendações de Balogun et al. (1983) e Gomez et al. (1984) pode ser devida ao fato de que Balogun et al. (1983) baseou-se nos resultados de trabalhos anteriores, para comparação das necessidades de metionina entre suínos alimentados com dietas de milho-farelo de soja ou farinha de mandioca-farelo de soja, onde os níveis ou a disponibilidade dos aminoácidos sulfurados do farelo de soja poderiam estar subestimados.

Observa-se que a correção dos níveis de energia e/ou redução da pulverulência das dietas contendo raspa integral de mandioca, por meio da suplementação com gordura, melaço ou caldo de cana, melhoram o desempenho dessas dietas a níveis comparáveis com as

dietas convencionais. Além de corrigir o nível de energia da dieta, o uso de óleo ou sebo melhora também a aceitabilidade das dietas que contêm farinha de mandioca, devido à característica pulverulenta deste ingrediente, viabilizando o seu uso como principal fonte energética nas rações de suínos.

A utilização de uma mistura composta por 60% de raspa integral de mandioca e 40% de farelo de arroz foi avaliada para alimentação de suínos em crescimento-terminação (Figuerola et al., 1992). Essa proporção resulta em nível de proteína bruta (e também de energia) muito similar à do milho em grão. Os autores observaram que a extrusão ou peletização da mistura de farinha de mandioca-farelo de arroz proporcionou melhor desempenho do que o fornecimento na forma farelada sem processamento. Entre outros fatores, a peletização reduz o volume e a pulverulência das dietas, os quais são problemas comuns em dietas contendo raspa de mandioca e/ou farelo de arroz.

Normalmente, o uso da mandioca na alimentação animal é realizado com as mesmas variedades utilizadas comumente para alimentação humana. Isso significa que, mais rotineiramente, serão utilizadas variedades consideradas doces, para alimentação animal. A farinha de mandioca amarga também foi estudada como fonte de energia para suínos em crescimento e terminação. Alguns resultados demonstraram que a mesma poderia ser utilizada como principal fonte de energia para suínos nessa fase, desde que adequadamente suplementada com proteína e 0,2% de metionina (CIAT, 1974, 1975). No entanto, em outras avaliações conduzidas na fase de crescimento e terminação, a farinha de mandioca amarga proporcionou desempenho semelhante ao da testemunha, somente até o nível de 20% da dieta, independente da suplementação ou não com metionina (IAPAR, 1982), e quando utilizada como única fonte de energia provocou redução na taxa de crescimento, no consumo e na eficiência alimentar (CIAT, 1975).

Taylor & Partridge (1987) e Carvalho et al. (1993) observaram que as características de carcaça não foram afetadas com a inclusão de até 45% e 64% de raspa integral de mandioca na dieta de suínos em crescimento e terminação, respectivamente, enquanto que Carvalho et al. (1992) observaram aumento linear na área de olho de lombo com os mesmos níveis. Ao contrário, Curtarelli et al. (1986) verificaram

que houve redução linear na área de olho de lombo e efeito quadrático sobre a espessura de toucinho com a inclusão de até 30% de raspa integral de mandioca na dieta. Altas taxas de inclusão (71,25%) de farinha de mandioca em substituição ao farelo de cevada na dieta provocaram o aumento da espessura de toucinho, enquanto que níveis mais baixos não afetaram a composição da carcaça (Walker, 1985). Os efeitos observados na espessura de toucinho e na área de olho de lombo nos estudos citados acima são, muito provavelmente, causados por problemas de balanceamento das dietas experimentais, em virtude da falta de conhecimento ou da variabilidade no conteúdo e disponibilidade da energia e dos aminoácidos dos ingredientes utilizados nas dietas, e não devido a possíveis efeitos causados pela raspa de mandioca em particular.

A raspa integral de mandioca adequadamente processada, com baixos níveis de glicosídeos cianogênicos (entre 30 e 60 ppm de HCN) e com níveis adequados de metionina, pode ser utilizada como principal fonte de energia para porcas em gestação e lactação (Gomez et al., 1984). Por outro lado, Maner (1973) observou que, para porcas em lactação, uma dieta com raspa integral de mandioca substituindo totalmente o milho e suplementada com 10% de melaço proporcionou ligeiro aumento no consumo de ração e aumento de 6% na mortalidade dos leitões. Dessa forma, novos estudos são necessários para elucidar os efeitos da inclusão da raspa integral de mandioca na dieta de porcas em gestação e lactação.

Utilização da farinha/raspa integral na alimentação de aves

Frangos de corte – Fonseca et al. (2000) determinaram o valor energético da farinha (raspa) integral de raiz de mandioca com e sem a adição de enzimas, utilizando galos e frangos de corte machos na determinação da energia metabolizável aparente – EMA e corrigida – EMAn. Os valores determinados em frangos de corte para EMA e EMAn foram 3.307 e 3.306 kcal/kg, respectivamente, e em galos, o valor obtido foi 2.995 kcal/kg.

A raspa integral de mandioca, por suas características nutricionais, tem sido pesquisada como fonte de energia para substituir o milho nas rações, podendo constituir-se em uma alternativa para reduzir o custo

das mesmas, em épocas de escassez de milho. A substituição total do milho por farinha (raspa) integral de mandioca quando se aplicaram dietas isocalóricas e isoprotéicas para frangos de corte durante o verão foi viável, segundo Brum et al (1986). No entanto, quando se aplicaram dietas heterocalóricas (sem adição de óleo), somente foi possível substituir até 33,33% do milho por farinha (raspa) integral de mandioca. A substituição total do milho por raspa integral de mandioca numa dieta para frangos de corte durante os primeiros 21 dias não comprometeu o desempenho das aves, conforme demonstraram Coelho et al. (1993). Porém, na fase subsequente (22 a 42 dias), os melhores resultados de ganho de peso e de conversão alimentar foram obtidos com os níveis de 75% e 50%, respectivamente, de substituição do milho. Aqueles autores indicaram que a substituição total do milho por raspa integral de mandioca promoveu um decréscimo de 9,38% no custo da ração, em relação ao tratamento testemunha.

Brum et al. (1990) verificaram a influência da substituição do milho por farinha (raspa) integral de mandioca no desempenho produtivo de frangos de corte criados até os 42 dias de idade, e obtiveram bom desempenho das aves quando se utilizou 66,66% do produto em dietas isocalóricas e isoprotéicas. Os autores observaram que, à medida que se aumentava a inclusão de farinha integral de mandioca nas rações, o volume se elevava na mesma proporção, reduzindo, como consequência, o consumo. A farinha integral de mandioca foi obtida após a mandioca ter sido lavada, ralada e aquecida em forno aberto, provido de pás, a 80°C, obtendo-se um produto com 12% de umidade.

Miranda et al. (1989) avaliaram o potencial de substituição do milho pela raspa integral de mandioca em dietas isoenergéticas e isoprotéicas para frangos de corte até a idade de abate de 49 dias. Os autores estabeleceram um nível ótimo de substituição de 15%, considerando a conversão alimentar como parâmetro de referência. O consumo mesmo com redução de 7% para o nível mais elevado não teve diferença significativa. Ao realizar a análise do período de 1 a 21 dias, Miranda et al. (1990) concluíram ser viável a substituição do milho por farinha de raiz de mandioca ao nível de 45% para frangos de corte na fase inicial, mas na fase subsequente (21 a 49 dias) o nível ótimo cai para 15% (Tabela 54).

Tabela 54. Efeito da substituição do milho pela raspa integral de mandioca em dietas isoenergéticas e isoprotéicas para frangos de corte no período de 1 a 49 dias.

Substituição do milho (%)	Ganho de peso no período (g)	Consumo de ração ¹⁾ (g)	Conversão alimentar no período (g/g)
0	2.308	5.256	2,28
15	2.239	4.999	2,23
30	2.211	5.110	2,31
45	2.042	4.906	2,40
	2323,7 - 0,5117X		2,27 - 0,0039X + 0,000156X ²

¹⁾ Efeito não significativo.
Fonte: Miranda et al. (1989).

Três níveis de farinha integral de mandioca, contendo 9,15% de PB, 9,73% de FB e 2.454 kcal/kg EMV, foram empregados num estudo desenvolvido por Diaz et al. (1997), com frangos de corte de 1 a 28 dias de idade, substituindo a fonte energética da ração nos níveis de 15%, 30% e 45%. A inclusão do maior nível de farinha integral de mandioca na dieta resultou em ganhos de peso baixos e pior eficiência alimentar. Os autores concluíram ser o nível de 30% o valor limite para substituição nas dietas das aves, sem haver comprometimento do desempenho.

Costa et al. (2004) avaliaram o efeito de níveis de inclusão de raspa de mandioca (raiz integral desidratada e moída) sobre o desempenho de frangos de corte no período de 36 a 42 dias de idade. Nas dietas foram realizados os ajustes entre nível de milho e farelo de soja, visando a inclusão da raspa integral de mandioca, mantendo os níveis nutricionais. Em todas as dietas foi adicionado um complexo enzimático ao nível de 0,05%. Os resultados obtidos em função dos níveis de inclusão de raspa de mandioca na dieta estão apresentados na Tabela 55.

Os autores concluíram que não houve melhora no desempenho dos frangos de corte com a inclusão da raspa de mandioca na dieta.

Assim como em suínos, o balanceamento do nível de energia das dietas contendo farinha/raspa integral de mandioca, pelo uso de gordura, e ainda a suplementação com aminoácidos melhoram o desempenho de frangos de corte alimentados com essas dietas. Em

Tabela 55. Efeito dos níveis de inclusão de raspa de mandioca sobre o desempenho de frangos de corte Ross, machos, no período de 36 a 42 dias de idade.

Níveis de inclusão de raspa de mandioca (%)	Peso final aos 42 dias (kg)	Consumo de ração (kg)	Ganho de peso (kg)	Conversão alimentar
0	2,104	1,157	0,511	2,276
5	2,037	1,198	0,444	2,710
10	1,979	1,188	0,386	3,152
15	2,000	1,113	0,407	2,753
20	2,027	1,164	0,434	2,752
25	2,039	1,136	0,446	2,571
Média	2,031	1,596	0,438	2,702
Regressão	NA ¹	NS	Q	Q
Equação	-	-	GP ²	CA ³

¹NA = não analisado; NS = não significativo; Q = efeito quadrático; GP = ganho de peso; CA = conversão alimentar.

²GP = $0,562 - 0,015 X + 0,0005 X^2$ ($R^2 = 0,88$).

³CA = $2,328 + 0,0933 X - 0,0035 X^2$ ($R^2 = 0,74$).

Fonte: Costa et al. (2004).

dietas com altos níveis de inclusão da farinha/raspa integral de mandioca pode se fazer necessária a inclusão de pigmentantes na dieta, para atender mercados específicos que exigem uma pigmentação intensa das carcaças. Na Tabela 56 são apresentadas algumas fórmulas de rações com a inclusão de farinha integral de mandioca para programas de alimentação de frangos de corte em três fases (Mazzuco e Bertol, 2000).

Poedeiras – Monteiro et al. (1975a) empregaram raspa integral de mandioca em 50% ou 100% de substituição do milho, numa dieta suplementada com metionina e gordura, concluindo que o produto é uma fonte energética satisfatória para poedeiras em produção.

Curtarelli et al. (1983a) verificaram a viabilidade da substituição do milho pela raspa integral de mandioca em rações isoprotéicas e isocalóricas na alimentação de poedeiras com 24 semanas de idade. Os diferentes níveis de substituição do milho pela raspa (25%, 50% e 75%) não afetaram a produção nem o peso dos ovos, conversão alimentar, consumo, espessura da casca e Unidade Haugh. Para a coloração da gema, as diferenças foram marcantes, indicando que a raspa integral de mandioca é uma fonte deficitária de pigmentos carotenóides, havendo diminuição sensível

Tabela 56. Fórmulas de rações para frangos de corte em programa de alimentação de três fases, incluindo farinha integral de mandioca⁽¹⁾ numa dieta milho-soja.

Ingredientes (%)	Fase inicial (1-21 dias)	Fase de crescimento (22-35 dias)	Fase final (36-42 dias)
Milho (7,81% de PB)	10,00	10,00	8,50
Farelo de soja (48% de PB)	30,00	28,00	26,45
Farinha integral mandioca	48,12	49,39	51,26
Farinha de carne e ossos (50% de PB)	8,57	7,61	7,13
Óleo de soja	2,29	3,87	5,70
DL-Metionina	0,22	0,27	0,23
L Lisina	0,08	0,10	
L Treonina	-	0,06	0,04
Sal	0,44	0,44	0,44
Colina (70%)	0,11	0,11	0,10
Premix vitamínico	0,12	0,10	0,10
Premix mineral	0,05	0,05	0,05
Total	100,00	100,00	100,00
Valores calculados (%)			
Proteína bruta,	20,5	19,2	18,0
EM (kcal/kg)	3,000	3,100	3,200
Cálcio	1,00	0,90	0,85
Fósforo total	0,66	0,60	0,56
Fósforo disponível	0,52	0,47	0,44
Metionina	0,49	0,53	0,47
Metionina + Cistina	0,80	0,82	0,75
Lisina	1,21	1,15	1,00
Triptofano	0,38	0,36	0,34

¹Farinha integral de mandioca com 3,09% de PB, 3.138 kcal/kg de EMA.

Fonte: Mazzucchi e Bertol (2000).

na cor da gema com o aumento do nível de substituição. No entanto, com 25% de raspa na ração, os ovos apresentaram-se com uma coloração aceitável para comercialização. Resultado similar foi obtido num estudo apresentado por Curtarelli et al. (1983b), quando o milho foi substituído integralmente (55%) por raspa integral de mandioca, obtendo-se gemas de baixa coloração.

A substituição parcial do milho por subprodutos da indústria de farinha integral de mandioca, sobre o desempenho de poedeiras leves, foi avaliado por Monteiro et al. (1988). Com base nos resultados, não foram observadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos para viabilidade, produção e peso dos ovos. A pigmentação da gema foi inferior ao tratamento contendo integralmente o milho. Os autores concluíram que foi viável a

substituição ao nível de 50%, considerando, no entanto, a suplementação da ração com uma fonte de pigmentos.

Cruz et al. (2004) avaliaram na alimentação de poedeiras Lohmann LSL, com idade entre 46 e 66 semanas, o efeito da substituição do milho pela farinha de apra de mandioca, em clima tropical. Em cinco períodos de 28 dias foram avaliados os parâmetros de desempenho e de qualidade do ovo, em níveis de substituição de 0, 25%, 50%, 75% e 100% do milho nas dietas. Os autores definiram farinha da apra de mandioca como as pontas descartadas durante a comercialização da raiz, submetidas à secagem em estufa a 36°C em ar forçado durante três dias, seguida de moagem do material desidratado. A composição desse ingrediente é de 87,77% de matéria seca, 2,43% de proteína bruta, 0,35% de extrato etéreo, 4,91% de fibra bruta e 2,03% de matéria mineral. Para obter o equilíbrio energético e de pigmentação foi utilizado o óleo de dendê. As dietas experimentais foram calculadas para 2.750 kcal de energia metabolizável, 17% de proteína bruta, 4,2% de cálcio e 0,45% de fósforo disponível, além de níveis semelhantes de minerais, vitaminas e xantofilas. Os resultados de desempenho e de qualidade do ovo estão apresentados na Tabela 57 e a análise estatística está apresentada na Tabela 58.

Os autores concluíram que é possível substituir em 100% o milho da dieta sem afetar a produção e a conversão alimentar. O uso da farinha de apra de mandioca dependerá da relação de preços entre os demais ingredientes da ração.

Conforme Fonseca et al. (1998), a fécula da farinha de mandioca é de elevada digestibilidade e sua inclusão (11,60%) em dietas peletizadas para poedeiras semi-pesadas (24 a 38 semanas de idade) não afetou a produção e nem a massa de ovos.

Tabela 57. Efeito da substituição do milho pela farinha da apra da mandioca em rações de poedeiras comerciais.

Desempenho	0	25	50	75	100	C.V.
Produção de ovos(%)	82,83	81,72	82,82	81,61	77,68	4,48
Consumo de ração (g/ave) ¹²	100,67	101,00	100,72	99,42	99,70	0,65
Conversão alimentar						
Ingestão por massa de ovo	1,92	1,97	1,89	1,92	1,97	5,18
Ingestão (kg) por dúzia	1,51	1,50	1,53	1,46	1,54	3,86
Qualidade de ovo						
Peso de ovo (g)	63,35	62,72	65,41	63,38	65,15	2,39
Massa de ovo (g)	52,41	51,25	53,37	51,72	50,61	4,88
Gema (%)	27,36	27,97	27,79	27,85	26,62	3,61
Clara (%) ¹¹	58,51	59,51	60,51	60,31	60,74	1,64
Casca (%) ¹¹	12,93	12,53	11,67	12,18	12,64	5,01
Espessura da casca (mm x 100) ¹	0,1886	0,1682	0,1592	0,1448	0,1640	6,13
Gravidade específica ¹¹	1,081	1,080	1,079	1,081	1,084	0,08
Coloração da gema ¹¹	7,83	7,52	7,35	5,32	5,12	2,60

¹Efeitos linear e quadráticos significativos ($p \leq 0,05$).

Fonte: Cruz et al. (2004).

Tabela 58. Efeito da substituição do milho pela farinha da apara da mandioca em rações de poedeiras comerciais.

Variáveis significativas	Equação ¹⁾	Equação	R ²
Consumo de ração (g/ave)	Quadrática	$100,6 + 0,259X - 0,108X^2$	0,77
Clara (%)	Quadrática	$57,17 + 1,529X - 0,167X^2$	0,95
Casca (%)	Quadrática	$14,21 - 1,420X + 0,221X^2$	0,83
Espessura da casca (mm x 100)	Quadrática	$0,22 - 0,037X + 0,004X^2$	0,92
Gravidade específica	Quadrática	$1,084 - 4,014X + 0,785X^2$	0,97
Coloração da gema, escala Roche	Linear	$8,91 - 0,076X$	0,86

¹⁾ Efeitos linear e quadráticos significativos (p<0,05).
Fonte: Cruz et al. (2004).

Produção de farinhas

Produtos para consumo humano

Na industrialização da raiz da mandioca nas tradicionais casas de farinha ou nas modernas indústrias farinhas são vislumbrados três produtos principais que se destinam ao consumo humano: 1) farinha de mesa, como produto principal oriundo da industrialização da raiz da mandioca; 2) farinha de raspas ou de raízes secas, como produto da industrialização das raízes previamente processadas e desidratadas, conforme descrito no item “Processos de desidratação da raiz de mandioca”; e 3) fécula, como subproduto nas casas de farinha. Nesse caso, tradicionalmente a fécula é gerada apenas como um subproduto da fabricação de farinha ou de raspa de mandioca, sendo obtida em pequena porcentagem (em torno de 2% sobre o processamento da raiz in natura) a partir do caldo escoado da prensagem (da manipueira, no caso da produção de farinha de mesa). A farinha de mesa não se presta à extração de fécula porque esta, ao ser submetida ao calor durante a fabricação da farinha, sofre o processo de desnaturação, gelatinização e reação das suas moléculas com fibras e proteínas. Porém, mesmo nas casas de farinha, a massa de mandioca ralada às vezes é lavada para extrair a goma (fécula), que pode ser transformada em tapioca (fécula tostada, é uma fécula não desnaturada, de fabricação rústica) ou carimã (fécula desnaturada e azeda, de fabricação rústica).

Conforme variações nos processos de obtenção, as farinhas de mandioca têm uma classificação oficial: 1) farinha de mesa; 2) farinha d'água; e 3) farinha de raízes secas.

a) Farinha de mesa – O processo da fabricação da farinha nas casas de farinha tradicionais pode ser descrito de forma resumida nas seguintes etapas: 1) as raízes são lavadas; 2) livres das partes lenhosas e descascadas manualmente; 3) a mandioca assim obtida é passada em ralo mais ou menos fino, visando o processo de fracionamento; 4) a massa é então prensada em prensas de madeira, para perder o excesso de água; e 5) finalmente, peneirada sobre o forno de pedra ou da chapa de ferro com fogo mais ou menos direto. A farinha de mesa tradicional tem rendimento médio de 36%.

b) Farinha d'água – Surge como uma variante na fabricação da farinha tradicional. Nesse processo, as raízes inteiras são imersas em água para fermentação, durante um período mínimo de três dias, mediante a presença natural de leveduras dos gêneros *Aspergillus*, *Pichia*, *Bacillus* e *Pseudomonas*. Após esse período inicial, com o amolecimento da massa e desprendimento da casca, esta é removida e a massa fermentada é esfarelada, levemente espremida para retirada parcial da água, em seguida é realizada a separação do material fibroso e após é colocada para secar. A última etapa após a secagem é a moagem.

c) Farinha de raspa ou farinha de raízes secas – Utilizada como sucedâneo parcial da farinha de trigo na produção de pão e massas alimentícias, é o produto da simples transformação de raízes secas em farinha por meio de trituração e peneiração. As raízes desidratadas podem ser sob forma de lasca, aparas ou raspa (conforme definido por Scholz, 1971) e descrito no item “Processos de desidratação da raiz de mandioca”. No uso para alimentação humana, as raízes desidratadas sofrem a retirada prévia da casca. Na fabricação da farinha de raspa, devido ao peneiramento, surge o chamado farelo de raspa que é utilizado na alimentação animal.

A farinha de raspa, em algumas circunstâncias, também é denominada de farinha integral de mandioca, quando as raspas são obtidas da raiz sem a retirada da casca e secas (ao sol ou mediante outro processo), sem nenhuma prensagem prévia e, portanto, sem ocorrência de perdas de nutrientes. A geração dessa farinha ocorre mediante a simples moagem da raiz da mandioca desidratada. Esse é um produto que é processado nas propriedades rurais, visando a obtenção de ingrediente para alimentação animal e, por definição, deveria ser denominado de raiz de mandioca desidratada moída.

Subprodutos gerados e destinados à alimentação animal

Farelo de farinha de mesa – Na produção de farinha de mesa a partir da mandioca de casca branca, nos processos iniciais a raiz passa pelo lavador-descascador e pelo ralador. Em seguida, é realizada a prensagem da massa ralada, para retirar água na proporção de 20% a 30% e, dessa forma, facilitar a torração. No processo é implementada uma segunda ralação, cujo ralador é conhecido como esfareladeira, visando maior rendimento. Na seqüência, a massa ralada vai para as peneiras, com a finalidade de eliminar e retornar no processo pedaços de casca e de raiz que escapam na etapa de ralação. A peneiragem do produto final obtido é opcional e, quando realizada, gera um resíduo grosseiro que, após secagem, é denominado de farelo de farinha de mesa, o qual é destinado à alimentação animal. Esse farelo é gerado nas casas de farinha tradicionais, na proporção de 20% sobre a quantidade de raiz in natura industrializada. Quando existe o interesse em classificar a farinha em grossa, média e fina, o material triturado passa por diversas peneiras de modo a ajustar o produto ao padrão especificado, gerando diferentes resíduos aptos à alimentação animal.

No processamento da raiz de cor branca, a retirada da película externa é feita de forma mecânica; porém, em alguns casos, quando é feita a retirada da casca de forma manual (geralmente quando a variedade de mandioca apresenta raiz de cor rosa ou avermelhada), existe a geração de uma maior proporção de resíduo (casca e parte da raiz e mais as raízes menores que foram descartadas e não descascadas) que compõe o farelo da farinha de mesa da mandioca. Dessa forma, diferentes formas de processamento vão gerar diferentes farelos, que terão diferentes composições nutricionais.

Farelo de varredura e do lavador – O farelo de varredura e do lavador é o material perdido no chão, o qual é juntado ao resíduo do lavador para a secagem e moagem, segundo a definição de Melotti (1972). A farinha de varredura, segundo Caldas Neto et al. (2000) e Zeoula et al. (2002), corresponde ao resíduo de limpeza das farinheiras. É composto principalmente da farinha suja perdida no chão, pó e fibra, apresentando elevados teores de fécula (80%) e de matéria seca (90%). A composição nutricional destes dois subprodutos, conforme descrito por Mellotti (1972) está apresentada na Tabela 59.

Tabela 59. Composição nutricional de alguns subprodutos resultantes da fabricação da farinha de mesa.

Componente (%)	Farelo do lavador ⁽¹⁾	Farelo de varredura ⁽²⁾	Média
Matéria seca	93,72	92,58	93,15
Proteína bruta	2,96	3,11	3,04
Extrato etéreo	0,70	0,93	0,81
Fibra bruta	4,84	7,57	6,20
Matéria mineral	38,23	2,74	20,48
Extrato não nitrogenado	47,00	78,22	62,61
Cálcio	0,40	0,36	0,38
Fósforo	0,02	0,04	0,03
Celulose	5,18	7,76	6,47
Cinza solúvel	2,15	2,14	2,14
Sílica	36,08	0,62	18,35

⁽¹⁾Média de duas amostras.

⁽²⁾Média de quatro amostras.

Fonte: Melloni (1972).

Farelo de raspas como subproduto da produção da farinha de raspas – Na produção da farinha de raspas é realizada a lavagem, o descascamento da raiz e o corte do material em raspas para posterior prensagem, visando facilitar a secagem com a retirada de um terço da umidade. A secagem é realizada em secadores, estufas ou ao sol. Após a moagem e peneiragem obtém-se um resíduo grosseiro, o material que fica retido na peneira, que é o farelo de raspas. Este subproduto apresenta 70% de carboidratos amiláceos e 20% de carboidratos celulósicos e, em termos médios, apresenta 12% de fibra bruta (podendo alcançar até 30%) e deve conter, no máximo, 12% de umidade. A porcentagem de farelo sobre a produção de farinha de raspa pode ser calculada à base de 16%, com oscilações entre 5% e 20%, dependendo do grau de retirada da fibra no processo de obtenção da farinha de raspa. Isso representa em torno de 6% sobre o peso da raiz de mandioca in natura, dependendo da relação fécula:fibra da raiz, da intensidade de moagem e peneiragem.

Subprodutos gerados na produção de amido

Farelo de fécula, farelo de bagaço ou farelo residual de mandioca – Na produção de fécula, a mandioca passa pelo lavador-

descascador, porém, no processo de retirada da casca, mantém-se a entrecasca branca, a qual é aproveitada para um maior rendimento de fécula. Sequencialmente é realizada a ralação da matéria-prima e, para melhor eficiência e manutenção da qualidade, é usado um filete contínuo de água na execução do processo. Em seguida, o produto ralado passa por um conjunto de peneiras em série, visando a máxima extração de amido. Nesse processo, resulta um resíduo grosseiro retido na peneira, o qual é submetido à secagem e constitui-se no farelo de fécula ou farelo de bagaço. Portanto, esse subproduto é obtido a partir da massa ralada, lavada e desprovida da maior parte da fécula e é destinado à alimentação animal. O rendimento médio desse farelo é de 30% sobre o peso da raiz de mandioca in natura. Nesse farelo também se adicionam eventuais materiais grosseiros oriundos das sucessivas lavagens do amido que tem como objetivo a sua purificação. Na fase final de obtenção da fécula é realizada a secagem, moagem, peneiramento e armazenamento.

Na Tabela 60 estão apresentados os valores de composição nutricional de alguns subprodutos gerados na industrialização da raiz da mandioca.

Utilização da raspa residual na alimentação de suínos

A utilização da raspa residual de mandioca na alimentação de suínos em crescimento e terminação tem sido avaliada em alguns estudos. Nicolaiewsky et al. (1986a) avaliaram a substituição de 15% a 60% de inclusão de raspa residual de mandioca na alimentação de suínos em crescimento-terminação e observaram redução no desempenho a partir do nível de 30% de inclusão, embora as diferenças tenham sido provadas significativas somente a partir de 45%. Porém, em outro estudo, Nicolaiewsky et al. (1986b) verificaram que, a inclusão de níveis crescentes (7,5% a 30,0%) de raspa residual de mandioca na dieta de suínos em crescimento-terminação, resultou em redução do ganho diário de peso e aumento da espessura de toucinho a partir de 7,5% de inclusão, e redução do comprimento da carcaça a partir de 15% de inclusão. Resultados semelhantes foram obtidos por Bertol & Lima (1999), com níveis crescentes (6,67 a 20,00%) de resíduo industrial de fecularia da mandioca em dietas isocalóricas e isoprotéicas para suínos em crescimento,

Tabela 60. Composição nutricional de alguns subprodutos resultantes do processamento e transformação da raiz da mandioca.

Componente (%)	Farelo de bagaço			Farelo de farinha de mesa (cruera)			Farelo de raspas		
	Média	CV ⁽¹⁾	EPM ⁽²⁾	Média	CV	EPM	Média	CV	EPM
Matéria Seca	89,85	1,82	0,53	90,95	1,39	0,38	92,88	1,50	0,28
Proteína bruta	1,64	5,58	0,17	3,71	7,59	0,32	3,89	11,95	0,34
Extrato etéreo	0,48	22,74	0,36	0,86	18,32	0,36	1,36	17,45	0,29
Fibra bruta	9,70	5,18	0,38	6,92	25,50	1,44	8,69	21,00	0,88
Matéria mineral	1,48	12,25	0,35	1,85	14,97	0,44	2,30	14,24	0,31
Extrativo não nitrogenado	76,56	1,52	0,38	77,62	4,37	1,02	76,03	8,74	1,36
Cálcio	0,42	10,22	0,16	0,32	15,84	0,19	0,38	13,07	0,12
Fósforo	0,02	9,52	0,03	0,02	19,32	0,06	0,03	9,34	0,02
Celulose	9,82	3,61	0,27	6,46	24,40	1,33	7,99	18,01	0,73
Cinza solúvel	1,04	10,44	0,25	1,57	18,08	0,48	1,93	14,41	0,28
Sílica	0,43	54,12	0,75	0,28	19,19	0,22	0,36	28,31	0,24
Subproduto da obtenção de:		Fécula			Farinha de mesa			Farinha de raspas	

¹ CV - coeficiente de variação (%).² EPM - erro padrão da média.

Fonte: Melutti (1972).

onde o desempenho dos animais foi reduzido a partir do menor nível de inclusão. A queda no desempenho foi causada por uma forte redução no consumo, com conseqüente redução no ganho de peso. Por outro lado, a inclusão de até 30% do resíduo industrial de fecularia da mandioca (níveis de 10% a 30%), em dietas isocalóricas e isoprotéicas, não afetou o desempenho de suínos na fase de terminação (Bertol & Lima, 1999).

Como pode ser observado nos estudos relatados acima, há uma controvérsia com relação aos efeitos da raspa residual de mandioca no desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. Em parte, a diferença do efeito da raspa residual entre as fases de crescimento e de terminação pode estar relacionada com o alto conteúdo de fibra desse subproduto, pois, como se sabe, os suínos em terminação aproveitam melhor a fração fibra dos alimentos. Dessa forma, o nível de energia estimado (2.621 kcal de energia metabolizável/kg para resíduo industrial de fecularia da mandioca) poderia estar superestimado para suínos em crescimento, mas não para suínos em terminação. Além disso, as diferenças entre os resultados obtidos por diferentes autores pode estar relacionada com diferenças nos subprodutos utilizados, bem como no balanceamento das dietas dos experimentos. Como regra geral, poder-se-ia recomendar o nível máximo de 10% de inclusão da raspa residual de mandioca para suínos em crescimento e 30% para suínos em terminação, em dietas adequadamente balanceadas com relação aos níveis de aminoácidos e energia.

Utilização da raspa residual e farelo de farinha de mesa na alimentação de aves

Farelo de farinha de mesa e raspa residual para frangos de corte – O farelo de farinha de mesa de mandioca é um subproduto da fabricação da farinha de mesa, que apresenta grande potencial para alimentação animal, podendo ser incluído na ração das aves como substituto parcial do milho. Conforme Brum et al. (1992), a raspa residual de mandioca pode ser incluída em até 8% na alimentação de frangos de corte de forma viável no período final (dos 29 aos 42 dias de idade), em rações heterocalóricas. Já em dietas isocalóricas, foi possível a substituição em até 3% na fase inicial e em até 9% na fase final, sem prejuízo ao desempenho das aves.

Farelo de farinha de mesa e raspa residual para poedeiras – Albino et al. (1986) obtiveram os valores energéticos da raspa residual de mandioca mensurados nas diferentes categorias de aves (Tabela 61), e concluíram que não houve influência das categorias sobre os valores resultantes. No entanto, o nível de proteína é bastante baixo, aproximadamente 2,5% na base da matéria seca.

Tabela 61. Valores energéticos (EMn/kg de MS) da raspa residual de mandioca – RM em diferentes categorias de aves.

Categoria de aves	RM 1 ⁰¹	RM 2 ⁰¹
Frangos de corte (21 dias de idade)	2.340	2.340
Frangos de corte (42 dias de idade)	2.550	2.490
Galos	2.560	2.430
Poedeiras	2.360	2.420

1 e 2 – classificação do produto dada pelos autores.

Fonte: Albino et al. (1986).

Em estudo com poedeiras, Cruz & Ueno (1991) não obtiveram resultados favoráveis com a inclusão de raspa residual de mandioca a um nível de 57% em substituição ao milho, em dietas isoprotéicas e isocalóricas, em 45 semanas de idade. Os autores mostraram que a conversão alimentar (kg ração/dúzia de ovos) e a produção total de ovos não foram satisfatórias quando comparadas às dietas à base de milho e concentrado comercial. Garcia et al. (1994) observaram efeitos significativos sobre a viabilidade, percentagem de postura por ave alojada e peso médio e massa dos ovos de poedeiras vermelhas comerciais com 48 semanas de idade, submetidas a dietas contendo até 30% de farelo de farinha de mesa (2,92% de proteína bruta e 10,06% de fibra bruta), por 12 semanas. Observou-se uma redução significativa da percentagem e espessura da casca e da cor da gema, devendo-se adotar, portanto, a correção do nível de cálcio e pigmentantes na ração quando se utilizam esses níveis de farelo de farinha de mesa na dieta.

Apesar do pequeno número de resultados disponíveis, pode-se concluir que o farelo de farinha de mesa pode ser incluído em até 3% e 9% nas dietas de frangos de corte nas fases inicial e final, respectivamente, desde que corrigidos os níveis de energia.

PARTE AÉREA DA MANDIOCA

Rendimento por hectare e composição nutricional

Nas situações normais de manejo da cultura, segundo Carvalho e Kato (1987), para uma densidade de 20.000 plantas por hectare e uma produção de 0,44 kg de matéria verde no terço superior por planta (o equivalente a 0,1 kg de feno), estima-se uma produção de 9.000 kg de matéria verde (ou 2.000 kg de feno) representando um potencial de produção de 400 kg de proteína bruta por hectare. Essa estimativa refere-se a uma média de 10 variedades, cuja parte aérea foi colhida 12 meses após o plantio, conforme avaliado por Carvalho et al. (1985) em Minas Gerais e descrito na Tabela 62, onde também estão apresentados os valores médios das variáveis avaliadas nos fenos dos dois terços da parte inferior e da planta inteira.

Porém, na prática, ao avaliar o rendimento dessas 10 variedades em 5 diferentes épocas de colheita, as autoras estabeleceram um valor médio de apenas 5,0 toneladas de matéria verde por hectare (equivalente a 1.500 kg de feno), conforme apresentado na Tabela 63. Esse rendimento tem forte relação com o ciclo de vida da planta, o qual é condicionado pela variedade, fertilidade do solo e clima da região onde é plantada e, dessa forma, sofre influência do estágio de crescimento da planta e da época de colheita dentro de cada ecossistema. Costa & Perim (1983) descreveram os resultados obtidos na região dos cerrados, utilizando variedades resistentes à bacteriose. Para colheita em 12 meses, obtiveram entre 18 e 22 toneladas de matéria verde por hectare.

Diferentes variedades apresentam distintas arquiteturas das plantas, cuja estrutura também depende da densidade de plantio adotada. A capacidade das variedades em reter as folhas na porção que abrange os dois terços da posição inferior da parte aérea da planta, por longos períodos durante a fase de crescimento, é uma característica genética que tem correlação com o potencial produtivo. Para aquelas variedades que apresentam um índice de colheita, isto é, a relação entre a biomassa das raízes dividida pela biomassa total (raízes e parte aérea) acima de 0,50, existe correlação positiva entre a retenção das folhas aos 5, 6 e 7 meses de idade da planta com a capacidade produtiva e as características da raiz na época da colheita ao final do primeiro ano.

Tabela 62. Médias e desvio padrão de características produtivas e de composição nutricional de fenos obtidos com o terço superior, os dois terços na posição inferior e a parte aérea total de 10 variedades de mandioca colhidas aos 12 meses.

Variáveis avaliadas	Porção da parte aérea					
	Terço superior		Dois terços inferiores		Inteira	
	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.
Produção de matéria verde (kg/planta)	0,44	0,12	0,45	0,12	0,89	0,23
Rendimento em feno (%)	22,84	3,22	27,86	2,02	25,32	2,18
Umidade (%)	13,61	1,36	12,57	0,60	13,07	0,78
Fibra bruta (% no feno)	25,20	1,79	29,98	2,23	27,62	1,17
Amido (% no feno)	5,77	1,34	16,35	1,95	11,07	1,36
Proteína bruta (% no feno)	20,22	1,81	7,28	0,99	14,03	1,02
Produção de amido (g/planta)	5,76	1,96	20,31	5,58	24,83	6,77
Produção de proteína bruta (g/planta)	19,97	4,45	9,09	3,18	31,16	8,41

Fonte: Calculado a partir de dados apresentados por Carvalho et al. (1985).

Tabela 63. Médias para os parâmetros produtivos e de composição nutricional de fenos obtidos com o terço superior de 10 variedades de mandioca colhidas em diferentes meses pós-plantio.

Variáveis de produção	Meses após o plantio					Média ⁽²⁾
	08 ⁽¹⁾	12	16	20	22	
Produção de matéria verde (kg/planta)	0,21	0,45	0,29	0,15	0,14	0,25
Rendimento em feno (%)	26,11	22,27	36,92	41,42	34,82	30,08
Umidade (% no feno)	10,19	13,67	12,68	10,26	11,64	12,11
Fibra bruta (% no feno)	22,93	24,98	23,74	26,37	25,37	24,36
Amido (% no feno)	11,67	5,97	7,77	14,88	10,41	8,86
Proteína bruta (% no feno)	10,22	20,69	17,68	6,66	14,03	15,64
Produção de proteína bruta (g/planta)	5,59	20,73	18,93	4,14	6,84	11,25

⁽¹⁾Cada valor representa a média de 10 variedades plantadas em Lavras, MG.

⁽²⁾Média geral ponderada em função da produção em cada mês avaliado.

Fonte: Calculado a partir de dados apresentados por Carvalho et al. (1985).

Em alguns bancos de germoplasma (CIAT, 2001) os genótipos que têm menor propensão à abscisão das folhas nos dois terços inferiores apresentam aumento em até 25% na produção de raízes, incremento na matéria seca das raízes em 7%, maior rendimento de matéria seca por hectare e aumento do índice de colheita em 7%. Embora a característica seja altamente herdável, efeitos de interação entre genótipo e ambiente são observados.

Para calcular o rendimento por hectare, os valores médios determinados vão depender da densidade de plantio, que é escolhida em função do objetivo principal da lavoura: a produção de raízes ou de massa verde. Segundo Ravindran (1993), quando o cultivo da mandioca destina-se exclusivamente para a produção massal da parte aérea para feno, a colheita pode ser realizada a partir de três meses em ciclos de 60 a 75 dias. Com adequada irrigação e fertilização, as plantas mantêm a produção por vários anos e, potencialmente, a quantidade anual de matéria seca com a parte aérea que pode ser obtida é de 21 toneladas por hectare, segundo a estimativa de Montaldo (1977), correspondendo a cerca de 4 toneladas de proteína. Montilla (1976) reportou, para idênticas condições, uma produção de 34 toneladas de matéria seca ao ano, correspondendo a 6 toneladas de proteína por hectare.

Os resultados de Bruijin (1973), ao caracterizar a concentração de glicosídeos cianogênicos (em equivalentes HCN) em folhas e pecíolos, conforme apresentado na Tabela 7, determinaram uma redução nos teores de HCN para os tecidos mais velhos e, dessa maneira, folhas e pecíolos velhos são menos tóxicas que os novos. Da mesma forma, Tiesenhausen (1987) relatou resultados obtidos por diferentes pesquisadores, em que a concentração de equivalentes HCN em nove diferentes variedades de mandioca apresentou, para a parte aérea in natura, redução na concentração entre 4,5 meses (256 ± 55 mg/kg) até 12 meses de idade (117 ± 36 mg/kg). A correlação calculada entre os dois estádios de crescimento das plantas, considerando as diferentes variedades, foi de 0,44.

Existem três formas práticas de realizar o manejo da parte aérea da mandioca como matéria-prima para a alimentação de monogástricos, envolvendo o fornecimento ao natural, a formação de silagem e o preparo de feno.

Folhas e terço superior da planta in natura

Ao utilizar o terço superior da planta ou folhas ao natural, as recomendações expressas para o uso da planta de mandioca descritas no item “A planta de mandioca em ponto de murcha” devem ser observadas, em função do teor de fatores antinutricionais tóxicos.

A umidade do terço superior da planta varia em função da umidade do ar, umidade do solo e do estágio de crescimento da planta, alcançando valores entre 72,0% e 80,8%, estando também na dependência do índice foliar. Na planta jovem, a umidade é alta em função do elevado teor de água nos talos e pecíolos, e o valor máximo de umidade é determinado quando da máxima produção de massa verde por planta. Porém, à medida que a planta envelhece, com a ocorrência de maior proporção de tecidos lignificados e perda parcial das folhas via abscisão natural, ou ocasionada por períodos de seca, a umidade assume valores mais baixos. Na Tabela 64 estão apresentados os valores relatados por Hervas Moreno (1982) sobre a composição da parte aérea da mandioca aos três meses pós-plantio.

Tabela 64. Proporção e composição em nutrientes da parte aérea da planta de mandioca ao natural, aos três meses pós-plantio.

Variáveis avaliadas	Porção da parte aérea			
	Folhas	Pecíolos	Talos	Parte aérea total
Porcentagem da parte aérea	52,00	15,00	33,00	100,00
Umidade (%)	71,00	82,00	84,30	77,04
Proteína bruta (%)	8,12	2,03	1,73	5,10
Fibra bruta (%)	2,61	3,94	3,96	3,25
Cinzas (%)	2,35	1,53	1,22	1,86
Carboidratos (%)	11,48	7,92	6,75	9,39

Fonte: Modificado a partir de Moore (1976), citado por Hervas Moreno (1982).

Montaldo (1977), na avaliação da distribuição percentual das diferentes frações da parte aérea de 11 variedades de mandioca, determinou, em plantas com 12 meses, um valor médio de 81% para caules e ramificações, 7% para lâminas foliares e 12% para hastes e pecíolos. A alteração dessa proporção tem reflexos sobre a concentração de nutrientes e de fatores antinutricionais (fibras, taninos e glicosídeos cianogênicos). Os valores de proteína e de fibra bruta são os mais variáveis, de acordo com dados de Montaldo (1977), apresentados na Tabela 65.

Tabela 65. Concentração média de proteína bruta e fibra bruta nas folhas e parte aérea da mandioca e feno de alfafa.

Ingrediente	Proteína bruta (%)	Fibra bruta (%)
Folhas frescas de mandioca	7,1	1,4
Folhas secas de mandioca	25,0	13,3
Forragem seca da parte aérea de mandioca	17,2	23,5
Feno de alfafa	17,2	30,4

Fonte: Montaldo (1977).

Folhas e terço superior da parte aérea ensilada

O teor de matéria seca da ensilagem da parte aérea é semelhante ao da parte aérea ao natural, o que faz com que a concentração dos outros componentes e nutrientes também apresentem pouca diferença em comparação com a parte aérea in natura. Oliveira et al. (1984a, 1984b) determinaram um pH final de 4,40 para a silagem de parte aérea da mandioca com 27,06 g de ácido acético, 181,93 g de ácido lático e 451,0 miliequivalentes de ácidos graxos voláteis por kg de matéria seca. Na Tabela 66 estão apresentados os valores específicos para a parte aérea total da mandioca (que inclui inclusive a maniva), em condição de reduzida área foliar e maior proporção de talos e manivas. Esses resultados dão a indicação da possível variabilidade em termos de qualidade nutricional quando é feita referência à parte aérea da planta indistintamente.

O processamento sofrido pela parte aérea durante a ensilagem é mais eficiente do que a secagem para a eliminação dos glicosídeos cianogênicos (Tabela 67). Quase 100% dos glicosídeos cianogênicos são eliminados nesse processo.

Tabela 66. Concentrações de nutrientes, pH e taninos nas silagens da parte aérea total e do terço superior da mandioca.

Variáveis	Parte aérea total	Terço superior
Matéria seca (%)	24,91	24,15
Proteína bruta (% na matéria natural)	2,60	3,00
Proteína bruta (% na M.S.)	10,44	12,42
Fibra bruta (% na M.S.)	36,52	33,26
Carboidratos solúveis (% na M.S.)	14,92	14,82
Cálcio (% na M.S.)	0,79	0,87
Fósforo (% na M.S.)	0,13	0,13
Energia bruta (kcal/kg de M.S.)	4.640,0	4.540,0
Acidez, unidades de pH	4,04	4,11
Teor de tanino solúvel em água (mg/100g M.S.)	1.103,3	3.640,5
Teor de taninos totais (mg/100g M.S.)	1.132,6	3.835,1

Fonte: Oliveira et al. (1984a, 1984b).

Tabela 67. Efeito dos procedimentos de secagem ou ensilagem da folha de mandioca sobre o teor de HCN.

Método de processamento	HCN (mg/kg M. S.)	Taxa de eliminação (%)
Ao natural	863	-
Secagem à sombra por 2 dias	274	68,2
Secagem ao sol por 4 horas	261	69,8
Secagem completa ao sol	80	90,7
Ensilagem	33	96,2

Fonte: Calculado a partir de Khajareem & Khajareem (1991).

Folhas e terço superior da mandioca sob forma desidratada

Composição e valor nutricional

Segundo Ravindran (1993), as folhas desidratadas de mandioca contêm, em média, 21% de proteína bruta, porém valores variando entre 16,7% a 39,9% foram relatados. Cerca de 85% da proteína bruta encontrada nas folhas desidratadas é proteína verdadeira (Eggum, 1970). Conforme Carvalho (1986), as folhas contêm aproximadamente 30% de proteína, com um bom perfil de aminoácidos essenciais, porém deficiente em metionina. A parte aérea da mandioca (folhas e talos) pode ser utilizada para a produção de farinha de folhas de mandioca ou farinha da parte aérea da mandioca, também denominada “feno da parte aérea da mandioca”.

Conforme Silva et al. (1998), a farinha de folhas de mandioca é constituída por talos primários, secundários e folhas ricas em proteína (17,8% a 34,8%), havendo limitação apenas com relação aos altos níveis de ácido cianídrico. A parte aérea da mandioca contém também altos teores de cálcio e baixos teores de fósforo, quando comparada com a do milho e do sorgo, e pode ser utilizada como pigmentante em rações por ser rica em xantofilas. Na Tabela 68 podem ser encontradas a distribuição de alguns nutrientes conforme sua localização na parte aérea da mandioca.

Tabela 68. Constituintes da parte aérea da mandioca (hastes, pecíolos e folhas) e valor nutritivo.

Constituintes (%)	Partes da planta		
	Hastes	Pecíolos	Folhas
Porcentagem da parte aérea total	42,72	22,08	35,18
Proteína bruta	4,32	8,41	27,49
Extrato etéreo	0,91	1,59	6,70
Fibra em detergente neutro	63,62	50,52	32,98
Cinzas	0,05	0,07	0,09
Cálcio	0,57	1,47	0,82
Fósforo	0,10	0,15	0,27

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (1984), citado por Carvalho (1986)

A farinha da parte aérea da mandioca possui um teor considerável de proteína, porém o teor de fibra também é elevado, o que faz com que seu conteúdo de energia seja baixo. É necessário considerar também que o conteúdo de fibra e proteína é muito variável nesse produto, com isto variando também o teor de energia, dependendo principalmente do estágio de maturação da planta ou da época do ano em que for feita a colheita, pois a proporção entre folhas e caule depende do estágio de maturação da planta.

As folhas da mandioca também apresentam taninos (3% a 5% na matéria seca), os quais reduzem a digestibilidade dos aminoácidos (Kumar & Singh, 1984), em especial a metionina (Nelson et al., 1975). A adição de metionina à dieta aumenta o valor biológico da proteína da farinha da parte aérea de 49% para 80% (Eggum, 1970). O conteúdo de tanino varia de acordo com a variedade, mas além disso aumenta com o estágio de crescimento da planta. A Tabela 69 apresenta os teores de macro e microminerais nas folhas de mandioca.

Tabela 69. Teor de macro e microminerais nas folhas de mandioca.

Forma de apresentação Concentração Valores	Feno das folhas na base natural	Folhas na matéria seca ^(b)		
	Média	Mínima	Máxima	Média
Cálcio (%)	1,35	0,63	3,20	1,38
Fósforo (%)	0,45	0,23	0,76	0,39
Magnésio (%)	0,42	0,26	1,13	0,47
Potássio (%)	1,28	0,87	2,30	1,51
Enxofre (%)	-	0,24	0,52	0,33
Sódio (mg/kg)	20,00	10,27	113,00	29,47
Ferro (mg/kg)	259	120,63	950,00	281,61
Manganês (mg/kg)	52	18,67	200,00	61,39
Cobre (mg/kg)	12	2,81	12,36	7,39
Zinco (mg/kg)	149	15,14	150,47	47,53

^(a)Valores oriundos de 411 genótipos de mandioca.

Fonte:

Ravindran (1990);

CIAT (2001).

Outros fatores responsáveis pela variabilidade da composição da farinha da parte aérea são a variedade e as condições de cultivo relacionadas com clima e fertilidade do solo. Durante a secagem deve-se ter o cuidado com a perda de folhas, as quais contêm alto teor de proteína. A composição média da farinha de folhas da mandioca é mostrada na Tabela 70.

O conteúdo e a digestibilidade dos aminoácidos da farinha da parte aérea tendem a declinar com o amadurecimento das folhas. Comparativamente ao farelo de soja, que é a principal fonte proteica utilizada nas rações para suínos e aves, a proteína da farinha da parte aérea é mais rica em lisina, treonina, cistina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina e triptofano em base total (Tabela 71). Porém, faltam dados sobre a disponibilidade dos aminoácidos, o que torna difícil uma comparação mais detalhada desses dois produtos. De acordo com Eggum (1970), a disponibilidade biológica da metionina da farinha da parte aérea da mandioca para ratos é de 59%, enquanto que Nwokofo (1987) indicou um valor de 85,3%, o qual é semelhante ao coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina do farelo de soja com 44% de proteína bruta (86%) segundo NRC (1998). Dessa forma, mesmo considerando a menor disponibilidade da metionina na farinha da parte aérea da mandioca, o conteúdo de metionina digestível na proteína bruta deste alimento (1,22% a 1,42%) ainda é superior ao da proteína bruta do farelo de soja (0,89%), não havendo deficiência de metionina na farinha da parte aérea, ao contrário do que afirmam outros pesquisadores.

Tabela 70. Composição e valor energético da farinha de folhas da mandioca, de acordo com diferentes fontes.

Matéria seca (%)	Proteína bruta (%)	Fibra bruta (%)	Cálcio (%)	Fósforo (%)	EM suínos (kcal/kg)	EM aves (kcal/kg)	Carotenóides totais (mg/kg)
- ⁽¹⁾	22,00	19,99	1,57	0,29	-	1.300	160,0
90,12 ⁽²⁾	19,46	15,74	1,01	0,38	-	1.736	-
93,00 ⁽³⁾	21,00	20,00	1,45	0,45	2.160	1.800	-
90,91 ⁽⁴⁾	21,00	17,26	-	-	-	1.696	-

Fonte: ¹ César (1981); ² EMBRAPA (1991); ³ Raviadrán (1993); ⁴ Silva et al. (2006).

Tabela 71. Conteúdo de proteína bruta e de aminoácidos e disponibilidade dos aminoácidos da farinha da parte aérea da mandioca – FPAM, feno de mandioca e do farelo de soja, de acordo com diferentes autores.

Nutrientes	FPAM ⁽¹⁾		FPAM ⁽²⁾		Feno de mandioca ⁽³⁾		Farelo de soja ⁽³⁾		
	% da proteína	%	% da proteína	Disponibilidade (%)	%	% da proteína	%	% da proteína	Digestibilidade (%) ⁽⁴⁾
Proteína bruta	100,00	21,39	100,00	-	19,46	100,00	44,84	100,00	-
Lisina	6,45	1,28	5,98	75,6	1,52	7,81	2,65	5,91	85
Arginina	5,50	1,20	5,61	75,7	0,32	1,64	3,27	7,29	91
Histidina	2,47	0,92	4,30	75,8	-	-	1,27	2,83	86
Treonina	4,69	0,88	4,11	77,5	1,59	8,17	1,60	3,57	78
Cistina	1,55	0,11	0,51	88,1	0,36	1,85	0,62	1,38	77
Valina	6,23	1,09	5,10	77,7	1,63	8,38	1,91	4,26	81
Metionina	2,07	0,34	1,59	85,3	0,47	2,41	0,46	1,03	86
Isoleucina	4,86	0,88	4,11	75,7	1,40	7,19	1,86	4,15	84
Leucina	8,82	1,75	8,18	75,5	2,26	11,61	3,17	7,07	84
Fenilalanina	5,49	1,03	4,82	76,9	1,45	7,45	1,86	4,15	85
Tirosina	3,95	0,79	3,69	74,9	-	-	1,57	3,50	86
Triptofano	2,23	-	-	-	0,38	1,95	0,74	1,65	80
Triptofano disp. (aves)	-	-	-	-	0,19	0,98	0,63	1,40	-

Fonte: ¹ Adaptado de Egnam (1972); ² Adaptado de Nwokolo (1987); ³ Limbrapa (1991); ⁴ NRC (1998), digestibilidade iléal aparente.

Utilização do feno/farinha da parte aérea na alimentação de suínos

A substituição de até 30% do milho por farinha da parte aérea da mandioca na dieta para suínos em crescimento e terminação não afetou o desempenho nem as características de carcaça (Coll et al., 1987). Por outro lado, Alhassan & Odoi (1982) observaram uma redução do ganho de peso e da eficiência alimentar em suínos em crescimento e terminação, que receberam dietas com a seqüência 10%-20 ou 20%-30% de inclusão de farinha de folhas de mandioca. Os autores atribuíram o mau desempenho aos efeitos cumulativos do ácido cianídrico; porém, não houve um suplemento adicional de metionina e aparentemente as dietas não foram corrigidas quanto ao nível de energia, sendo esta também uma provável causa do baixo desempenho. Da mesma forma, o ganho de peso e a eficiência alimentar de suínos em crescimento foram reduzidos linearmente com o aumento dos níveis de farinha da parte aérea da mandioca até 30% da dieta (Ravindran, 1990, citado por Ravindran, 1993). Porém, estes mesmos autores observaram que a suplementação com 1,5% de óleo de coco e 0,2% de metionina nas dietas contendo farinha da parte aérea melhorou o desempenho dos suínos, igualando-se à dieta testemunha de milho e farelo de soja. Pode-se concluir que é viável a inclusão de até 20% de farinha da parte aérea da mandioca, obtida de variedades mansas, na dieta de suínos em crescimento e terminação, e de até 30% da dieta para porcas em gestação, desde que se suplemente essas dietas com óleo para manter níveis adequados de energia e com metionina para auxiliar na eliminação dos resíduos tóxicos. Aproximadamente 0,2% de metionina adicional é suficiente para normalizar o desempenho de suínos em crescimento-terminação e para porcas em gestação, alimentados com dietas contendo de 10% a 20% de farinha da parte aérea. No caso das porcas em gestação, ao invés da suplementação com óleo para corrigir o nível de energia, pode-se aumentar a quantidade de alimento fornecida, já que a capacidade de ingestão de alimento é alta comparada com as necessidades dos suínos nessa categoria. Dessa forma, a farinha da parte aérea pode servir como fonte de fibra, aumentando a sensação de saciedade das porcas.

Utilização de produtos desidratados da parte aérea na alimentação de aves

Farinha de folhas da parte aérea para frangos de corte – Utilizando farinha de folhas de mandioca contendo 21,5% de PB e 92 ppm de HCN, Ravindran et al. (1984-1985) substituíram a principal fonte protéica da ração para frangos de corte nos níveis de 10%, 20% e 30%. O melhor desempenho foi apresentado nos tratamentos contendo 10% de farinha de folhas, o que os autores atribuíram ao balanço adequado de aminoácidos. Contudo, os níveis mais altos de farinha de folhas resultaram em piora no ganho de peso, consumo e eficiência alimentar, o que foi atribuído ao maior volume proporcionado pela inclusão da farinha e à presença de fatores antinutricionais como o HCN e taninos. Oliveira et al. (1998) concluíram que a farinha de folhas de mandioca pode substituir os principais ingredientes numa dieta para frangos baseada em milho e farelo de soja (21% de proteína bruta e 3.042 kcal/kg), ao nível de 5,17% da dieta. Da mesma forma, Silva et al. (2000) também concluíram que a farinha de folhas de mandioca pode ser utilizada ao nível de 5,17%, numa dieta baseada em milho e soja, para frangos de corte com 1 a 21 dias de idade. Os autores indicaram que a adição de um complexo multienzimático, para redução dos efeitos antinutritivos dos polissacarídeos não-amiláceos, não melhorou o valor nutritivo da farinha de folhas. No estudo, a farinha foi obtida mediante secagem ao sol durante 48 horas, com a temperatura ambiente variando de 26 a 30°C e a umidade relativa do ar de 65% a 70%, sendo as folhas posteriormente trituradas em máquina forrageira.

Farinha de folhas da parte aérea para poedeiras – Num estudo utilizando poedeiras com 40 semanas de idade, submetidas a dietas contendo três níveis (0%, 4% e 8%) de farinha de folhas de mandioca e suplementação enzimática, Schmidt et al. (2000) concluíram que a inclusão da farinha de folhas e o nível enzimático da dieta não afetaram o peso dos ovos nem a conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos.

Feno da parte aérea para frangos de corte – A substituição parcial do milho por feno da parte aérea da mandioca e por farelo de raiz integral de mandioca em rações para frangos de corte (1 a 54 dias de idade) foi estudada por Izel et al. (1987). Níveis crescentes de feno

da parte aérea da mandioca concorreram para redução do ganho de peso e piora na conversão alimentar, enquanto a substituição do milho pelo farelo de raiz integral foi viável até o nível de 45%. Miranda et al. (1991) verificaram o efeito da adição de 3% de feno da parte aérea da mandioca como pigmentante natural para frangos de corte submetidos a uma dieta contendo 30% de farinha de raiz de mandioca. A pigmentação das canelas, avaliada por meio de leque colorimétrico, foi superior para as aves que receberam o feno da parte aérea da mandioca, quando comparado ao feno de alfafa, incorporado à dieta no mesmo nível.

Feno da parte aérea para poedeiras – A avaliação do feno da parte aérea da mandioca para poedeiras limitou-se a sua utilização como pigmentante. O feno da parte aérea, empregado ao nível de 1,5% na dieta de poedeiras com 27 semanas de idade, proporcionou uma coloração aceitável à gema do ovo (César, 1981). Níveis mais elevados (3% a 4,5%) proporcionalmente condicionaram a maior intensidade na cor.

De acordo com os resultados relatados acima, a farinha de folhas de mandioca pode ser utilizada em níveis de 5% a 10% na dieta de frangos de corte e de poedeiras, desde que os níveis de energia das dietas sejam adequadamente corrigidos e o balanço de aminoácidos seja adequado. O feno da parte aérea deverá ser utilizado apenas como pigmentante, em níveis de até 5% da dieta, tanto para frangos de corte como para poedeiras.

REFERÊNCIAS

AKINFALA, E. O.; ADERIBIGBE, A. O., MATANMI, O. Evaluation of the nutritive value of whole cassava plant as replacement for maize in the starter diets for broiler chicken. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 14, n. 6, on line version, 2002. Disponível em: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/6/akin146.html>.

AKINFALA, E. O.; TEWE, O. O. Utilization of whole cassava plant in the diets of growing pigs in the tropics. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 13, n. 5, on line version, 2001. Disponível em: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/akin135.html>

ALBINO, L. F. T.; COELHO, M. G. R.; RUTZ, F.; BRUM, P. A. R. Valores energéticos de alguns alimentos determinados com aves jovens de adultas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1986, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 1986. p.70.

ALHASSAN, W. S.; ODOI, F. Use of cassava leaf meal in diets for pigs in the humid tropics. **Tropical Animal Health Production**, Boston, v. 14, n. 3, p. 216-218, 1982.

ALLEM, A. C. The origins and taxonomy of cassava. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELOTTI, A. C. **Cassava: biology, production and utilization. Part 1: Origin, distribution and economic importance.** Wallingford: CAB International Publishing, 2002. cap. 1, p. 1-16.

ALVARENGA, J. C.; LOPES, D. C.; DONZELE, J. L. Emprego simultâneo da raspa de mandioca e caldo de cana na alimentação de suínos em fase de terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., 1988, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1988. p. 11.

ALVARENGA, J. C.; LOPES, D. C.; DONZELE, J. L. Utilização da raspa de mandioca e caldo de cana-de-açúcar em substituição ao milho na alimentação de leitões em fase de crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990. p. 11.

ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELOTTI, A. C. **Cassava: biology, production and utilization. Part 2: Botany, crop physiology and agronomy.** Wallingford: CAB International Publishing, 2002. cap. 5, p.67-89.

ANDRADE, A. M. S.; ROCHA, B. V.; CORREA, H. Armazenamento da raízes de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 5, n. 59/60, p. 94-96, 1979.

BALOGUN, O. O.; FETUGA, B. L.; OYENUGA, V. A. The response of the muscles of weanling Large White x Landrace pigs to methionine and palm-oil supplementation to cassava flour-soya-bean meal diet. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 101, n. 3, p. 757-762, 1983.

BARRIOS, E. A.; BRESSANI, R. Composición química de la raíz e de las hojas de algunas variedades de yuca manihot. **Turrialba**, San Jose, v. 17, n. 3, p. 314-320, 1967.

BERRY, S.; D'MELLO, J. P. F. A comparison of *Leucaena leucocephala* and grass meals as sources of yolk pigments in diets for laying hens. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 6, n. 2, p. 167-173, 1981.

BERTOL, T. M. Como utilizar a raiz da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na alimentação dos suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1998. 3 p. (Embrapa Suínos e Aves. Instrução Técnica para o Suinocultor, 6).

BERTOL, T. M.; LIMA, G. J. M. M. Níveis crescentes de resíduo industrial de fécula da mandioca na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 2, p. 243-248, 1999.

BOITTEUX, M. E. N. F.; CARVALHO, L. J. C. B. Biochemical diversity of carotenoids accumulation in cassava storage root. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING OF THE CASSAVA BIOTECHNOLOGY NETWORK, 5., 2003, St Louis. **Proceedings...** St. Louis: Donald Danforth Plant Science Center, 2003. p. S6-04.

BRUIJIN, G. H. **The cyanogenic character of cassava**. Ottawa: International Development Research Center, 1973. p. 43-48.

BRUM, P. A. R.; ALBINO, L. F. T.; COELHO, M. G. R.; GUIDONI, A. L. Substituição do milho por farinha integral de mandioca para frangos de corte no verão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1986, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 1986. p. 71.

BRUM, P. A. R.; ALBINO, L. F. T.; GUIDONI, A. L. Raspa residual de mandioca na alimentação de frangos de corte - rações heterocalóricas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 335.

BRUM, P. A. R.; GUIDONI, A. L.; ALBINO, L. F. T.; CÉSAR, J. S. Farinha integral de mandioca em rações para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 10, p. 1367-1373, 1990.

BUITRAGO, J. A. *La yuca en la alimentacion animal*. Cali: Ciat, 1990. 446 p. (Ciat, 85).

BURGSTALLER, G. Ernährung. In: SCHMITTEN, F.; BURGSTALLER, G.; HAMMER, K.; MATZKE, P.; MITTRACH, B.; SCHMID, W. (Ed.). **Handbuch Schweineproduktion**. 3.ed. Frankfurt: DLG-Verlag, 1989. cap. 4, p. 122-200.

CAFÉ, M. B., STRINGHINI, J. H., MOGYCA, N. S., FRANÇA, A. F. S., ROCHA, F. R. T. Milheto grão (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) como substituto do milho em rações para poedeiras comerciais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 51, n. 2, p. 171-176, 1999.

CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2099-2108, 2000.

CARDOSO, C. E. L.; VIEIRA, R. C. M. T.; LIMA FILHO, J. R.; LOPES, M. R. Eficiência econômica e fatores que afetam a competitividade da cadeia agroindustrial da mandioca. In: VIEIRA, R. C. M. T.; TEIXEIRA FILHO, A. R.; OLIVEIRA, A. J.; LOPES, M. R. (Ed.). **Cadeias produtivas no Brasil: análise de competitividade**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 12, p. 285-317.

CARVALHO, J. L. H. A parte aérea (da mandioca) na alimentação animal. **Agricultura de Hoje**, São Paulo, v. 67, n. 116, p. 10-13, 1986.

CARVALHO, L. E.; COELHO, L. S. S.; GADELHA, J. A.; BASTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, S. M. P. Raspa integral de mandioca seca ao sol na alimentação de suínos em crescimento e terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBZ, 1993. p. 335.

CARVALHO, L. E.; COELHO, L. S. S.; GADELHA, J. A.; BASTOS, F. J. S. Raspa integral de mandioca seca ao sol na alimentação de suínos em crescimento e terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 382.

CARVALHO, L. E.; GADELHA, J. A.; PINHEIRO, M. J. P.; ESPINDOLA, G. B. Efeitos da utilização de raspa integral de mandioca seca ao sol no desempenho de suínos em crescimento. **Revista Científica de Produção Animal**, Fortaleza, v. 1, n. 2, p. 139-146, 1999.

CARVALHO, L. J. C. B.; CABRAL, G. B.; ROCHA, T. L.; SOUZA, C. R. B.; BOTTEUX, M. E. N. F.; DALUTO, E. R. A compartmentalization tissue model of the cassava storage. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING OF THE CASSAVA BIOTECHNOLOGY NETWORK, 5., 2003, St Louis. **Proceedings...** St. Louis: Donald Danforth Plant Science Center, 2003. p. S5-05.

CARVALHO, V. D.; PAULA, M. B.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Efeito da época de colheita no rendimento e composição química de fenos da parte aérea de dez cultivares de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 4, n. 1, p. 43-49, 1985.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M., JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Armazenamento pós-colheita de mandioca: II - Efeito das alterações no grau de deterioração fisiológica na composição físico-química e química de seis cultivares de mandioca. **Revista Brasileira da Mandioca**, Cruz das Almas, v.1, n. 1, p. 25-34, 1982.

CARVALHO, V. D.; KATO, M. S. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p.23-28, 1987.

CEREDA, M. P. **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia, 1994. 174 p.

CÉSAR, J. S. Efeitos da utilização dos fenos de confrei e de rama de mandioca sobre o desempenho de poedeiras e na coloração da gema do ovo. 1981. 42 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1981.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D., JUSTE JÚNIOR, E.S.G. Armazenamento pós-colheita de mandioca: III - Efeito das alterações físico-químicas e químicas sobre a resistência de cultivares de mandioca à deterioração microbiológica. **Revista Brasileira da Mandioca**, Cruz das Almas, v. 1, n. 1, p. 35-42, 1982.

CIAT (Cali, Colômbia). **Annual Report Project IP 3 Improving cassava for the developing world**. Output 2 – Genetic stocks and improved gene pools developed and transferred to national programs. Cali, 2001. p. 13-80, http://www.ciat.cgiar.org/yuca/pdf/annualrep_2001_output2.pdf.

CIAT (Cali, Colômbia). **Annual Report Project IP3 Genetic base of cassava and related *Manihot* species evaluated and available for cassava improvement**. Cali, 2001. p. 5-12. Disponível em: http://www.ciat.cgiar.org/yuca/pdf/annualrep_2001_output1.pdf.

CIAT (Cali, Colômbia). Ganado porcino. In: CIAT (Cali, Colômbia). **Informe anual**. Cali, 1969. p. 21-26.

CIAT (Cali, Colômbia). Sistemas de produccion de ganado porcino. In: CIAT (Cali, Colômbia). **Informe anual**. Cali, 1974. p. 163-212.

CIAT (Cali, Colômbia). Sistemas de produccion de ganado porcino. In: CIAT (Cali, Colômbia), **Informe anual**. Cali, 1975. p. D1-D23.

CIAT (Cali, Colômbia). Unidad de porcinos. In: CIAT (Cali, Colômbia). **Informe anual**. Cali, 1978. p. E1-E20.

CIAT (Cali, Colombia). Sistemas de produccion de ganado porcino. In: CIAT (Cali, Colômbia). **Informe anual**. Cali, 1970. p. 25-34.

COELHO, M. G. R.; FUENTES, M. F.; SOUZA, F. M. Efeito da raspa de mandioca integral na performance e nas características de carcaça de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBZ, 1993. p. 386.

COLDEBELLA, A.; ÁVILA, V. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; BELLAVER, C.; BRUM, P. A. R. Análise de curvas de crescimento através de modelos mistos: uma opção para comparar sistemas de alimentação para frangos de corte coloniais. In: REUNIÃO ANUAL DA RBRAS, 48., 2003, Lavras. **Resumos Expandidos...** Lavras: RBRAS, 2003. 1 CD-ROM.

COLL, J. F. C.; CRESPI, M. P. A. L.; ITAGIBA, M. G. O. R.; DONATTI, F. C. Feno da parte aérea da mandioca na alimentação de suínos em crescimento-terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1987, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1987. p. 2.

CORRÊA, H. Raspa de mandioca em nível de fazenda. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 58-60, 1987.

COSTA, F. G. P.; NASCIMENTO, G. A. G.; BARROS, L.R., BRANDÃO, P.A., JÚNIOR, V.S.A., SILVA, J.H.V., COSTA, J.S. Níveis de inclusão de raspa de mandioca em rações de frango de corte no período de 36 a 42 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

COSTA, I. R. S.; PERIM, S. **Varietades de mandioca brava, resistentes à bacteriose, para a região geo-econômica de Brasília.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1983. 6 p. (Embrapa-CPAC, Comunicado Técnico, 31).

CRUZ, F. G. G.; PEREIRA FILHO, M.; CHAVES, F. A. L. Efeito da substituição do milho pela farinha de apra da mandioca em rações de poedeiras comerciais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

CRUZ, J. M. C.; UENO, E. T. Substituição parcial do milho pela raspa residual de mandioca em rações para poedeiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 1991. p. 344.

CURTARELLI, S. M.; ARIKI, J.; CURTARELLI, A.; SOUZA, P. A. Raspa integral de mandioca em rações de poedeiras. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AVICULTURA, 8., 1983, Balneário Camboriú. *Anais...* Balneário Camboriú: UBA, 1983a. v. 1, p. 87-95.

CURTARELLI, S. M.; ARIKI, J.; PANOBIANCO, M. A.; SILVEIRA, J. J. N. Citranaxantina como fonte de xantofilas em rações à base de raspa de mandioca integral para poedeiras. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AVICULTURA, 8., 1983, Balneário Camboriú. *Anais...* Balneário Camboriú: UBA, 1983b. v. 1, p. 105-111.

CURTARELLI, S. M.; LAVORENTI, A.; KRONKA, R. N.; CURTARELLI, A. Aproveitamento da raspa de mandioca e farelo de arroz integrais na alimentação de suínos em crescimento e acabamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1986, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 1986. p. 51.

DIAZ, J. B.; SALDANHA, A. L.; MONDRAGON, C. C.; MOLINA, R. C.; GONZALEZ, E. A. Elaboración de una harina integral de yuca (*M. esculenta* Crantz) para alimentación de pollitos de engorde. II Evaluación de una harina integral de yuca en pollitos de engorde. *Archivos Lationamericanos de Nutricion*, Caracas, v. 47, n. 4, p. 387-390, 1997.

EGGUM, O. L. The protein quality of cassava leaves. *British Journal Nutrition*, London, v. 24, n. 4, p. 761-769, 1970.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Concórdia-SC). *Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves*. 3. ed. Concórdia, 1991. 97 p. (Embrapa-CNPSA. Documentos, 19).

ERUVBETINE, D.; IDOWU, O. M. O.; ODUWEFO, A. Effect of cassava based diets on cholesterol content of table eggs. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING OF THE CASSAVA BIOTECHNOLOGY NETWORK, 6., 2004, Cali. *Proceedings...*, Cali: Ciat, 2004, p. 8.

FERREIRA, A. S.; GOMES, P. C.; FIALHO, E. T.; ALBINO, L. F. T.; SOBESTIANSKY, J. Mandioca "in natura" na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 11, n. 4, p. 695-705, 1982.

FIALHO, E. T.; BARBOSA, H. P.; ALBINO, L. F. T. Composição química e valores de digestibilidade da proteína e energia de alimentos para suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 379.

FIGUEIREDO, A. V.; LOPES, J. B.; ABREU, M. L. T.; LIMA, M. T. Raspa integral de mandioca suplementada com sebo na alimentação de suínos em crescimento/terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990. p. 186.

FIGUEROA, J. L.; HERNANDEZ, I. T.; MIYASAKA, A. S. S. Efecto del procesamiento de yucarroz sobre la respuesta productiva de cerdos en crecimiento-finalizacion. **Tecnica Pecuária en México**, Yucatan, v. 30, n. 2, p. 176-180, 1992.

FLEDDERUS, J.; BIKKER, P.; WEURDING, R. E. In vitro assay to estimate kinetics of starch digestion in the small intestine of pigs. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 9., 2003, Banff. **Proceedings...** Banff: EAAP, 2003. v. 2, p. 4-6.

FONSECA, R. A.; BARBERA, J. B.; OLLÉ, M. F.; PÉREZ-VENDRELL, A. M.; GARCIA, E. E. Determinação do valor energético da farinha de raiz de mandioca, com e sem adição de carboidratases, em dietas de aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p. 270.

FONSECA, R. A.; BARBERA, J. B.; OLLÉ, M. F. Farinha de raiz de mandioca em dietas fareladas e peletizadas de poedeiras semi-pesadas, com adição de enzimas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. v. 4, p. 150-151.

- FREIRE, J. B.; PEINIAU, J.; LEBRETON, Y. L.; AUMAITRE, A. Determination of ileal digestibility by shunt technique in the early-weaned pig: Methodological aspects and utilization of starch rich diets. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 233-247, 1988.
- GARCIA, E. A.; MENDES, A. A.; GONZALES, E.; POIATTI, M. L.; PINTO, M. C. L. Utilização de resíduo da produção de farinha de mandioca na alimentação de poedeiras. **Revista Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 6, p. 123-129, 1994.
- GARCIA, M.; DALE, N. Cassava root meal for poultry. **Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v. 8, n. 1, p. 132-137, 1999.
- GERHARD, L. F. **Aproveitamento integral da Mandioca na alimentação dos suínos**. Porto Alegre: Emater/RS, 1986. 32 p.
- GOMES, A. P. G.; ROCHA, T. L.; CARVALHO, L. J. C. B. Protein polymorfism in starch granules of storage roots of cassava clones with different genetic backgrounds. In: **INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING OF THE CASSAVA BIOTECHNOLOGY NETWORK**, 5., 2003, St Louis. **Proceedings...** St. Louis: Donald Danforth Plant Science Center, 2003. p. 55-11.
- GOMEZ, G. Cassava as a swine feed. **World Animal Review**, Rome, v. 29, n.1, p. 3-20, 1979.
- GOMEZ, G. G.; VALDIVIESO, M. The effects of ensiling cassava whole-root chips on cyanide elimination. **Nutrition Report International**, Fayetteville, v. 37, n. 6, p. 1161-1166, 1988.
- GOMEZ, G.; NOMA, A. T. The aminoacid composition of cassava leaves, foliage, root tissues and whole root chips. **Nutrition Report International**, Fayetteville, v. 33, n. 2, p. 595-602, 1986.
- GOMEZ, G.; SANTOS, J.; VALDIVIESO, M. Evaluation of methionine supplementation to diets containing cassava meal for swine. **Journal Animal Science**, Albany, v. 58, n. 4, p. 812-820, 1984.
- GRAHAM, H. The physical and chemical constitution of foods: Effects on carbohydrate digestion. In: FULLER, M. F. (Ed.). **In vitro digestion for pigs and poultry**. Aberdeen: CAB International, 1993. cap. 3, p. 35-44.

GUTIERREZ, N. **La yuca en la alimentación de cerdos**. Cali: Ciat, 1974. 25 p. (Ciat. Serie ES, 7).

HANG, D. T. Digestibility and nitrogen retention in fattening pigs fed different levels of ensiled cassava leaves as a protein source and ensiled cassava root as energy source. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 10, n. 3, on line version, 1998. Disponível em: www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/3/hang1.htm.

HERVAS MORENO, E. H.; BURATO, R. C.; FEDALTO, L. M.; MARCOLINA, L. Níveis de proteína mais mandioca fresca no crescimento e terminação de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1980, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1980d. p. 284.

HERVAS MORENO, E. H.; STRAPASSON, C. R.; MARCOLINA, L. A. Mandioca na terminação de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1980, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1980b. p.282.

HERVAS MORENO, E. **Mandioca, potencial energético na alimentação do suíno**. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1982. 53 p. (Iapar. Circular, 27).

HERVAS MORENO, E.; STRAPASSON, C. R.; MARCOLINA, L. A. Mandioca no crescimento e terminação de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1980, Fortaleza. 1980a. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1980a. p. 281.

HERVAS MORENO, H.; AZEVEDO, J. P.; MARCOLINA, L. A. mandioca como principal fonte energética no crescimento e terminação de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1980, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1980c. p. 283.

HORNSEY, H. C. The colour of cooked cured pork. II. Estimation of the stability to light. **Journal of Science Food Agriculture**, Chichester, v. 8, n. 2, p. 547-552, 1957.

HOWELER, R. H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELOTTI, A. C. **Cassava: biology, production and utilization. Part 2: Botany, crop physiology and agronomy.** Wallingford: CAB International Publishing, 2002. cap. 7, p.115-147.

IAPAR (Londrina, PR). Programa suínos. In: IAPAR (Londrina, PR). **Relatório técnico anual.** Londrina, 1982. p. 261-276.

INRA - INSTITUTE NATIONAL DE RECHERCHE AGRONOMIQUE. (Paris, France) **Alimentação dos animais monogástricos; suínos, coelhos e aves.** 2. ed. São Paulo: Roca, 1999. 245 p.

IZEL, A. C. U.; SOUSA, J. N.; LIMA, P. S. C.; MORAES, E. Utilização do farelo integral de mandioca e do feno de rama de mandioca na alimentação de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1987, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1987. p. 33.

JENNINGS, D. L.; IGLESIAS, C. Breeding for crop improvement. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELOTTI, A. C. **Cassava: biology, Production and Utilization. Part 3: Genetics and crop improvement.** Wallingford: CAB International Publishing, 2002. cap. 8, p.149-166.

KATO, M. S. A.; SOUZA, S. M. C. Mandioca: conservação de raízes após a colheita. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 8-16, 1987.

KHAJARERN, S.; KHAJARERN, J. M. **Roots and tubers as cereals substitutes.** Roma: FAO, 1986. p. 79-88. (FAO. Animal Production and Health Paper, 63).

KHAJARERN, S.; KHAJARERN, J.M. Use of cassava production poultry feeding. In: MACHIN, D., NYVOLD, S. (Ed.). **Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding.** Rome: FAO, 1991. p. 141-156. (FAO. Animal Production and Health Paper, 95). Disponível em: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/AHPP95/95-141.pdf>.

KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Columbus, v. 32, n. 2, p. 447-458, 1984.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. 2. ed. Guelph: University Books, 1997. 350 p.

LIMON, R.L. Ensilage of cassava products and their use as animal feed. In: MACHIN, D., SPEEDY, A. W. (Ed.). **Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding**. Rome: FAO, 1992. p. 99-110. (FAO Animal Production and Health Paper, 95).

LOW, A. G.; LONGLAND, A. C. Carbohydrate and dietary fibre digestion in the pig and the possible influence of feed enzymes. **Feed Compounder**, Derbyshire, v. 10, n. 1, p. 5-10, 1990.

MADSEN, A.; OSTERBALLE, R.; MORTENSEN, H. P., BEJERHOLM, C., BARTON, P. **The influence of feeds on meat quality of growing pigs: tapioca meal, dried skimmed milk, peas, rapeseed cake, rapeseed, conventional oats and naked oats**. Denmark: Foulum, 1990. 75 p.

MANER, J. H. **Cassava in swine feeding**. Cali: Ciat, 1973. 24 p. (Ciat. Bulletin, RB-2).

MAZZUCO, H. Alimentação das aves para produção de carne e ovos em sistemas agroecológicos. In: INCRA; EMBRAPA SUÍNOS E AVES (Org.). **Curso sobre produção agroecológica de frangos de corte e galinhas de postura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. cap. 7, p. 102-110.

MAZZUCO, H.; BERTOL, T. M. **Mandioca e seus subprodutos na alimentação de aves e suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 37 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 25).

MELOTTI, L. Contribuição para o estudo da composição química e valor nutritivo dos resíduos da industrialização da mandioca no Estado de São Paulo. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 29, n. 2, p. 339-374, 1972.

MIRANDA, C. M. S.; MAIER, J. C.; JIMENEZ, L. M. Fontes de pigmentação para frangos de corte em dietas contendo farinha de raiz de mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 1991. p. 337.

MIRANDA, C. M. S.; MAIER, J. C.; JIMENEZ, L. M. Substituição do milho pela farinha de raiz de mandioca em rações para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 26., 1989, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, 1989. p. 207.

MIRANDA, C. M.; MAIER, J. C.; JIMENEZ, L. M. Efeito da substituição parcial do milho por farinha de raiz de mandioca sobre as carcaças de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. *Anais...* Campinas: SBZ, 1990. p. 121.

MOGYCA, N. S. M.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; FRANÇA, A. F. S.; COSTA, C. P.; BORGES, S. A. Utilização de diversos pigmentantes em rações contendo milheto (*Pennisetum americanum*) para poedeiras comerciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 23., 1994, Recife. *Anais...* Recife: SPEMVE, 1994. p. 619.

MONTALDO, A. Whole plant utilization of cassava for animal feed. In: NESTEL, B.; GRAHAM, M. (Ed.). *Cassava as animal feed*. Ottawa: IDRC, 1977. p. 95-106.

MONTEIRO, E. S.; SANTANA, O. P.; SOARES, L. M. Raspa de mandioca como substituto ao milho em rações para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 12., 1975, Brasília, DF. *Anais...* Brasília, DF: SBZ, 1975b. p. 96-97.

MONTEIRO, E. S.; SOARES, L. M.; SANTANA, O. P. Raspa de mandioca integral como substituto do milho em rações para poedeiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 12., 1975, Brasília, DF. *Anais...* Brasília, DF: SBZ, 1975a. p. 109.

MONTEIRO, J. M. L.; DOAS, P. G. O.; CURVELLO, F. A.; GOMES, A. V. C.; MENDES, E. A.; ARAKI, S. Efeitos da utilização do farelo residual de mandioca sobre o desempenho de poedeiras leves II. Produção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., 1988, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1988. p. 39.

MONTILLA, J. J. Utilization of whole cassava plant in animal feed. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FEED COMPOSITION, ANIMAL NUTRIENT REQUIREMENTS AND COMPUTERIZATION OF DIETS, 1., 1976, Logan. **Proceedings...** Logan: EAAP, 1976. p. 98-104.

NAMBISAN, B., SUNDARESAN, S. Effect of processing on the cyanoglucoside content of cassava. **Journal of Science and Food Agriculture**, Chichester, v. 36, n.1, p. 197-203, 1985.

NELSON, T. S.; STEPHENSON, E. L.; BURGOS, A.; FLOYD, J.; YORK, J. O. Effect of tannin content and dry matter digestion on energy utilisation and average amino acid availability of hybrid sorghum grains. **Poultry Science**, Champaign, v. 54, n. 11, p. 1620-1623, 1975.

NICOLAIEWSKY, S.; BERTOL, T. M.; D'AGOSTIN, J.; CAETANO, L. A. P. Raiz de mandioca conservada (silagem) na alimentação de suínos entre 20 e 35 kg de peso vivo. Experimento I. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, n. 4, p. 340-345, 1989a.

NICOLAIEWSKY, S.; BERTOL, T. M.; D'AGOSTIN, J.; CAETANO, L. A. P. Raiz de mandioca conservada (silagem) na alimentação de suínos entre 20 e 35 kg de peso vivo. Experimento II. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, n. 4, p. 346-351, 1989b.

NICOLAIEWSKY, S.; D'AGOSTIN, J.; CAETANO, L. A. P. Níveis crescentes de resíduos de mandioca (raspa) na alimentação de suínos em crescimento e terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 1986b. p. 49.

NICOLAIEWSKY, S.; D'AGOSTIN, J.; CAETANO, L. A. P. Resíduo de mandioca (raspa) na alimentação de suínos em crescimento e terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 1986a. p. 48.

NICOLAIEWSKY, S.; PENZ JUNIOR, A. M.; BERTOL, T. M. Utilização da raiz de mandioca "in natura", raiz de mandioca conservada (silagem) e batata-doce na alimentação de porcas gestantes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 359-365, 1992.

NICOLAIEWSKY, S.; PRATES, E.R. **Alimentos e alimentação de suínos**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 60 p. (UFRGS. Série Livro Texto, 26).

NOBRE, A.; CONSTANTINO, E.; NUNES, W. Seleção de variedades e clones de mandioca visando um melhoramento protéico. **Boletim Técnico do Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 15-21, 1973.

NOVUS. **Raw material compendium**. Brussels: Novus International, 1994. p. 327.

NRC. Committee on Animal Nutrition (Washington, EUA). **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1998. 189 p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals, 2).

NRC. Committee on Animal Nutrition (Washington, EUA). **Nutrient requirements of poultry**. 8.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1984. 71 p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals, 2).

NRC. Committee on Animal Nutrition (Washington, EUA). **Nutrient requirements of swine**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1988. 93 p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals, 2).

NRC. Committee on Animal Nutrition (Washington, EUA). **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155 p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals, 2).

NWOKOLO, E. Leaf meals of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and siam weed (*Eupatorium odoratum* L.) as nutrient sources in poultry diets. **Nutrition Report International**, Fayetteville, v. 36, n. 4, p. 819-826, 1987.

OGBONNA, J. U.; MCCRACKEN, K. J.; LILLEY, J.; MCALLISTER, A. Effect of processing and enzyme supplementation of cassava root meal on performance of broiler chicks. **Nigerian Journal of Animal Production**, Niger, v. 23, n. 1/2, p. 111-115, 1996.

OKE, O. L. Cassava meal. In: THACKER, P. A.; KIRKWOOD, R. N. (Ed.). **Nontraditional feed sources for use in swine production**. London: Butterworths, 1990. cap. 11, p. 103-112.

OKE, O.L. Problems in the use of cassava as animal feed. **Animal Feed Science Technology**, v. 3, n.3, p. 375-380 , 1978.

OKEKE, G. C.; OBIOHA, P. C.; UDEAGU, A. E. Processing of cassava. **Nutrition Report International**, Fayetteville, v. 32, n. 2, p. 139-145, 1985.

OLIVEIRA, H. S.; FONSECA, R. A.; GUEDES, R. S. Farinha de folhas de mandioca em dietas de frangos de corte com adição de enzimas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. v. 4, p. 267-269.

OLIVEIRA, J. P.; TIESENHAUSEN, I. M. E. V.; FALCO, J. E.; CORRÊA, H.; ROCHA, G.P.; MENDONÇA, J. F. B. Digestibilidade aparente, índice de valor nutritivo e balanço de nitrogênio em carneiros do feno e da silagem da parte aérea da mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBZ, 1984a. p. 302.

OLIVEIRA, J. P.; TIESENHAUSEN, I. M. E. V.; FALCO, J. E.; CORRÊA, H.; MUNIZ, J. A.; CARVALHO, V.D. Composição química e consumo voluntário do feno e da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 203-213, 1984b.

PANIGRAHI, S.; KURUP, G. T.; PALANISWAMI, M. S., POTTY, V. P.; PADJAMA, G.; PILLAI, S. V. A review of the potential for using cassava root meal in poultry diets. In: KURUP, G.T.; PALANISWAMI, M.S.; POTTY, V.P.; PADMAJA, G.; KABEERATHUMMA, S. (Ed.). **Tropical tuber crops: problems, prospects and future strategies**. Lebanon: Science Publishers, Inc., 1996. p. 416-428.

PASCUAL-REAS, B. A comparative study on the digestibility of cassava, maize, sorghum and barley in various segments of the digestive tract of growing pigs. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 9, n. 5, on line version, 1997. Disponível em: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/5/phil95.htm>.

PHUC, B. H. N.; LAI, N. V.; PRESTON, T. R.; OGLE, B.; LINDBERG, J. E. Replacing soya bean meal with cassava leaf meal in cassava root diets for growing pigs. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 7, n. 3, p. 56-60, 1995.

PHUC, B. H. N.; OGLE, B.; LINDBERG, J. E.; PRESTON, T. R. The nutritive value of sun-dried and ensiled cassava leaves for growing pigs. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 8, n. 3, p. 26-33, 1996. Disponível em: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd8/3/bui.htm>

PINHEIRO, M. J. P.; MESQUITA, M. Z.; ESPÍNDOLA, G. B.; FUENTES, M. F. F.; BASTOS, F. J. S.; EVANGELISTA, J. N. Níveis de substituição do milho por raspa integral de mandioca suplementados com sebo bovino na ração de suínos em crescimento e terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

PRESTON, T. R.; RODRIGUEZ, L. Production and utilization of cassava foliage for livestock in farming systems. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 16, n. 5, on line edition, 2004. Disponível em: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/5/pres.htm>.

RAVINDRAN, V. Cassava leaf meal. In: THACKER, P.A.; KIRKWOOD, R. N. (Ed.). **Nontraditional feed sources for use in swine production**. London: Butterworths, 1990. cap. 10, p. 91 - 102.

RAVINDRAN, V. Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. **Journal Science Food Agriculture**, Davis, v. 61, n. 2, p. 141-150, 1993.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E. T.; POTTER, L. M.; RAJAGURU, A. S. B. Cassava leaf meal as a protein source in broiler diets. **Virginia Agricultural Experiment Station**, Blacksburg, v. 4, n. 2, p. 97-100, 1984-1985.

RESENDE, J. A. A.; ROSTAGNO, H. S.; BRAGA, D. F.; PURGER, J. V.; SILVA, J. M. F. Utilização de raspa de mandioca em rações para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBZ, 1984. p. 232.

RIES, J. E.; NICOLAIEWSKY, S. Níveis crescentes de utilização de raiz de mandioca conservada (silagem) na alimentação de fêmeas suínas gestantes. I - Respostas medidas nas leitegadas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais....** Campinas: SBZ, 1990a. p. 180.

RIES, J. E.; NICOLAIEWSKY, S. Níveis crescentes de utilização de raiz de mandioca conservada (silagem) na alimentação de fêmeas suínas gestantes. II - Respostas medidas nas fêmeas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990b. p. 181.

ROSTAGNO, H. S. Carboidratos. In: FACTA. Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas (Campinas, SP). **Fisiologia da digestão e absorção das aves**. Campinas, 1994. p. 43-58.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV-Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

SAMARASINGHE, K.; WENK, C. Role of supplemental enzymes at low and conventional levels of protein in broiler diets based on cassava and maize. In: WENK, C., BOESSINGER, M. (Ed.). SYMPOSIUM ENZYMES IN ANIMAL NUTRITION, 1., 1993, Kartause Ittingen. **Proceedings...** Zurique: ETH-Zentrum, 1993. p. 78- 81.

SCHMIDT, M.; FONSECA, R. A.; HELMICH, P. R.; CRIS, E. P. Farinha de folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em dietas de poedeiras semipesadas com adição de protease, amilase e xilanase. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p. 297.

SCHOLZ, H. K. B. **Aspectos da cultura e da indústria da mandioca.** Fortaleza: BNB, 1967. 289 p.

SCHOLZ, H. K. B. **Aspectos industriais da mandioca no Nordeste.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil-Etene, 1971. 203 p.

SCOTT, G. J.; ROSEGRANT, M. W.; RINGLER C. **Roots and tubers for the 21st century: trends, projections and policy options.** Washington: International Food Policy Research Institute, 2000. p. 1-71. (IFPRI. Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper, 31). Disponível em: <http://www.ifpri.org/2020/dp/2020dp31.pdf>.

SILVA, H. O.; FONSECA, R. A.; GUEDES FILHO, R. S. Características produtivas e digestibilidade da farinha de folhas de mandioca em dietas de frangos de corte com e sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 823-829, 2000.

SILVA, H. O.; FONSECA, R. A.; SOUZA, R. G. Digestibilidade da farinha de folhas de mandioca com adição de enzimas em dietas de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 270-272.

SIRITUNGA, D.; ARIAS-GARCON, D.; SAYRE, R. Production of safer cassava food products having accelerated cyanogenesis. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING OF THE CASSAVA BIOTECHNOLOGY NETWORK, 6., 2004, Cali. **Proceedings...** Cali: Ciat, 2004. p. 208.

TAYLOR, J. A.; PARTRIDGE, I. G. A note on the performance of growing pigs given diets containing manioc. **Animal Production**, Edinburgh, v. 44, n. 3, p. 457-459, 1987.

TELES, F. F. Técnicas de liberação do HCN e toxidez cianogênica das mandiocas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 18-22, 1987.

TEWE, O. O. Detoxification of cassava products and effects of residual toxins on consuming Animals. In: MACHIN, D.; NYVOLD, S. (Ed.). **Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding**. Rome: FAO, 1991. p 81-98. (FAO. Animal Production and Health Paper, 95). Disponível em: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/AHPP95/95-81.pdf>.

TEWE, O. O.; MANER, J. H. Performance and pathophysiological changes in pregnant pigs fed cassava diets containing different levels of cyanide. **Research in Veterinary Science**, Athens, v. 30, n. 1, p. 147-151, 1981.

TIESENHAUSEN, I. M. E. V. O feno e a silagem da rama de mandioca na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 42-46, 1987.

UKPABI, U. J.; FOLORUNSHO, A. O. Quantification of the rate of hydrocyanic acid (HCN) emission from the leaves of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING OF THE CASSAVA BIOTECHNOLOGY NETWORK, 5., 2003, St Louis. **Proceedings...** St. Louis: Donald Danforth Plant Science Center, 2003. p. S6-28.

VETTEN, N. Added value of amylopectin cassava starch. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING OF THE CASSAVA BIOTECHNOLOGY NETWORK, 6., 2004, Cali. **Proceedings...** Cali: Ciat, 2004. p. 114.

VILLELA, E. R., FERREIRA, M. E. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 69-74, 1987.

WALKER, N. Cassava and tallow in diets for growing pigs. **Animal Production**, Edinburg, v. 40, n. 2, p. 345-350, 1985.

WHEATLEY, C. C.; ORREGO, J. I.; SANCHEZ, T.; GRANADOS, E. Quality evaluation of the cassava core collection at CIAT. In: THRO, A.M., ROCA, W. INTERNATIONAL SCIENTIFIC MEETING, 1., Cali, 1992. **Proceedings...** Cali: Ciat, 1992. p. 255-267.

WHEATLEY, C.C.; CHUZEL, G. Cassava: the nature of the tuber and use as raw material. In: McRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J. **Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition**. San Diego: Academic Press, 1993. p. 734-743.

ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R.; LIMA, G. J. M. M. Determinação de valores de composição química e de energia metabolizável de alimentos para aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Curitiba. **Trabalhos de Pesquisa...** Campinas: FACTA, 1995. p. 65-66.

ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F.; FERRIANI, B. A.; PRADO, I. N.; ORTEGA, D. A.; KASSIES, M.; FREGADOLLI, F. L. Mandioca e resíduos de farinhas na alimentação de ruminantes: pH, concentração de N-NH₃ e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, suplemento, p. 1582-1593, 2002.

ZOBY, J. L. F.; CAMPOS, J.; MAYROSE, V.; COSTA, P. M. A. Raspa de mandioca com suplementação de gordura e metionina, na alimentação de suínos, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 18, n. 97, p. 195-200, 1971.

Capítulo 9

MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

Fernando César Ferraz Lopes

Pedro Braga Arcuri

Jailton da Costa Carneiro

Introdução	445
Potencial, limitações e formas de uso da mandioca na alimentação de ruminantes	448
Planta integral (raízes e parte aérea)	453
Planta integral fornecida picada	453
Planta integral ensilada	454
Raízes tuberosas	454
Raiz integral fresca fornecida picada	456
Raiz integral ensilada	459
Raiz desidratada (sob a forma de raspa de mandioca ou de farelo de raspa) ..	461
Raiz peletizada	469
Parte aérea da mandioca	471
Parte aérea fresca fornecida sob a forma de verde picado	474
Parte aérea ensilada	482
Parte aérea fornecida sob a forma desidratada (feno ou farelos)	485
Parte aérea peletizada	492
Subprodutos do processamento das raízes de mandioca	492
Farinha de varredura	493
Casca de mandioca	496
Farelo de mandioca	498
Conclusões	499
Referências bibliográficas	499

INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2003b), em 2002 o Brasil possuía o segundo maior rebanho de bovinos do Mundo, com um efetivo de 176 milhões de cabeças, sendo também o segundo maior produtor mundial de mandioca, com 23,1 milhões de toneladas de raízes colhidas. No entanto, a despeito desse enorme potencial, o uso de produtos e subprodutos da mandioca como alimentos componentes de dietas para ruminantes não tem sido suficientemente explorado e aproveitado.

Considerável volume de novos resultados de pesquisas sobre o uso da mandioca na alimentação animal tem sido publicado no Brasil (Camarão et al., 1993), bem como na Colômbia (Gil Ll. & Buitrago A., 2002), ou em “workshops” promovidos por países da Ásia, especialmente Camboja, Tailândia e Vietnã (<http://www.mekarn.org/proc/contents.htm>; http://www.ciat.cgiar.org/asia_cassava/workshop.htm), e da África (<http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458E/x5458E00.htm>). Esses resultados são oportunos, apresentando atualmente particular interesse para o setor agrícola brasileiro, em especial os agronegócios pecuários, na medida em que projetam a mandioca como alternativa viável para alimentação de rebanhos de pequenas propriedades, notadamente aquelas de característica familiar. O uso de tecnologias que integrem as atividades pecuárias com a produção agrícola de alimentos na propriedade é uma das premissas para sistemas produtivos sustentáveis. Essa sustentabilidade é garantida pela economicidade (baixo custo de produção de alimentos, aumentando a renda do produtor) e pela preservação de recursos naturais (reciclagem de nutrientes dos dejetos animais, que retornam aos campos de cultivo do alimento).

Em termos comparativos, a mandioca distingue-se de outras forrageiras por ser uma cultura que pode ser manejada com o duplo propósito de produção de carboidratos solúveis (amido), principal componente das raízes tuberosas, e/ou de proteína, presente em elevadas concentrações nas folhas (Preston, 2001). Segundo Onabowale (1988), a cultura da mandioca produz cerca de 250.000 cal/ha/dia, em comparação com o milho (200.000 cal/ha/dia), arroz (176.600 cal/ha/dia), sorgo (114.000 cal/ha/dia) e trigo (110.000 cal/ha/dia). Quanto à proteína bruta – PB, de acordo com a FAO (2003a) é possível obter acima de 6 t/ha/ano, com práticas agrônômicas específicas visando a

produção de parte aérea de mandioca. Além disso, subprodutos da indústria de processamento de raízes de mandioca podem constituir-se em alternativa econômica para inclusão em dietas de ruminantes, nas regiões produtoras desses resíduos. Na Tabela 1 são apresentados dados comparativos de composição bromatológica de diferentes produtos agrícolas utilizados na alimentação de ruminantes, em relação a alguns obtidos da mandioca.

Tabela 1. Composição bromatológica comparativa de diferentes produtos agrícolas utilizados na alimentação de ruminantes.

Alimento	Matéria seca (%)	Energia (Mcal/kg)		Proteína (g/kg)
		Digestível	Metabolizável	
Raiz fresca de mandioca	35	1,30	1,20	12
Raiz seca de mandioca	90	3,40	3,10	34
Folha fresca de mandioca	28	0,36	0,34	65
Folha desidratada de mandioca	90	1,20	1,10	220
Grãos de sorgo	90	3,30	3,25	87
Grãos de milho	90	3,45	3,40	95

Fonte Adaptado de Gil LI. & Buitrago A. (2002).

O elevado teor de carboidratos, notadamente sob a forma de amido, nas raízes da mandioca e nos variados subprodutos de sua industrialização (Marques et al., 2000), caracteriza tais alimentos como alternativas economicamente viáveis como sucedâneos energéticos do milho e de outros grãos ou suplementos concentrados de uso comum na alimentação de ruminantes.

Dietas formuladas com concentrados energéticos à base de produtos e subprodutos de raízes da mandioca, desde que devidamente corrigidas para os nutrientes limitantes, principalmente em relação à proteína, permitem obter rendimentos na performance de ruminantes, comparáveis àqueles obtidos de dietas baseadas em cereais (Zinn & DePeters, 1991; DePeters & Zinn, 1992) e, adicionalmente, sob menor custo (Sanda & Methu, 1988; Wanapat & Petlum, 2001). O uso de fontes de nitrogênio não protéico, atrativas do ponto de vista econômico (exemplo: uréia), de volumosos amonizados ou de forrageiras tropicais (leguminosas, folhas de mandioca, pastagens de gramíneas etc.) produzidas de modo sustentável na propriedade, são alternativas recomendadas para viabilizar o uso das raízes da mandioca e dos subprodutos da sua industrialização em dietas de ruminantes.

Em face dos elevados teores de PB, a parte aérea da mandioca pode ser eficientemente usada como suplemento protéico em dietas de ruminantes, não só nos períodos de escassez de forragem, mas durante todo o ano, contribuindo para redução nos gastos com alimentos concentrados. A adoção de procedimentos específicos de manejo da mandioca como cultura perene constitui-se em meio extremamente eficiente de fixação da energia solar sob a forma de biomassa da parte aérea, permitindo produções de até 4 t/ha/ano de PB (Preston, 2001), contribuindo para a sustentabilidade de sistemas integrados de produção agropecuária.

Além disso, a mandioca, como planta nativa e tradicionalmente cultivada na maior parte do Brasil, apresenta características favoráveis de rusticidade e de adaptabilidade a diferentes ecossistemas, de menor demanda por insumos de produção, destacando-se como alimento energético e protéico alternativo e atrativo do ponto de vista econômico, para os períodos de escassez de forragem. No entanto, maior adoção de tecnologias disponibilizadas pela pesquisa faz-se necessária, visando ao incremento dos níveis de produção dessa cultura, historicamente baixos em nosso País.

A principal limitação no uso da mandioca como alimento para ruminantes refere-se ao problema da toxicidade do ácido cianídrico – HCN. No entanto, técnicas simples de processamento, tais como secagem ao sol e ensilagem, combinadas com o fornecimento de adequados níveis dietéticos de enxofre, efetivamente protegem os ruminantes da toxicidade por HCN (Sanda & Methu, 1988). Outra limitação relacionada ao uso da mandioca na alimentação de ruminantes refere-se às dificuldades relativas à conservação pós-colheita de suas raízes. Algumas alternativas tecnológicas aplicáveis na escala de produção do pequeno empreendimento agropecuário têm sido disponibilizadas pela pesquisa (Corrêa & Kato, 1987; Kato & Souza, 1987).

Alguns trabalhos têm sugerido que vacas e búfalos alimentados com dietas à base de forragem da parte aérea da mandioca apresentaram, comparativamente, menor contagem de ovos de nematódeos gastrintestinais, efeito este atribuído à presença de taninos atuando como agentes anti-helmínticos naturais (Netpana et al., 2001; Wanapat, 2001). Outros estudos vislumbraram um efeito colateral

benéfico para aumento da vida de prateleira do leite, atribuído à presença do tiocianato, metabólito resultante do processo de destoxificação do HCN no trato gastrintestinal de vacas (Wanapat, 2001; Wanapat et al., 2001). Esses dois últimos aspectos, relacionados ao uso de dietas baseadas em mandioca são, evidentemente, de grande interesse em sistemas de produção menos tecnificados, de característica familiar.

Neste capítulo são apresentados resultados de pesquisas realizadas no Brasil e no exterior, relacionados ao uso da mandioca na alimentação de ruminantes, em especial dos bovinos. Em específico, procurou-se discutir o potencial e eventuais limitações concernentes ao uso de diversos produtos e subprodutos derivados da mandioca na formulação de dietas para ruminantes, além de apresentar alternativas para incrementar a performance desses animais, principalmente quando manejados em sistemas de produção menos tecnificados.

POTENCIAL, LIMITAÇÕES E FORMAS DE USO DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

O valor nutritivo de qualquer alimento e a resposta animal a ele associada dependem de inúmeros fatores, tais como: composição química e disponibilidade de nutrientes; espécie, idade e estágio fisiológico do animal que irá consumi-lo; e efeitos associativos com outros ingredientes dietéticos (Smith, 1988). Portanto, características nutricionais inerentes às diversas formas de uso da mandioca na alimentação de ruminantes devem ser extensivamente conhecidas, para eventual introdução de alterações no manejo alimentar diário, bem como sua adequada suplementação em termos quantitativos e qualitativos com nutrientes específicos, visando a maior eficiência no uso dos fatores de produção e, concomitantemente, otimização da performance animal.

Podem constituir-se em componentes da dieta dos ruminantes não somente as raízes tuberosas da mandioca, fornecidas in natura (picadas), desidratadas, peletizadas ou ensiladas (Carvalho, 1983; Gil Ll. & Buitrago A., 2002), mas também sua parte aérea (limbo foliar, pecíolos e hastes), utilizada sob a forma de material verde picado, ou ainda conservada por procedimentos de fenação, peletização ou

ensilagem (Carvalho, 1984; Von Tiesenhausen, 1987; Chedly & Lee, 1999; Ty et al., 2001). A planta integral da mandioca também é utilizada in natura ou ensilada em dietas de ruminantes (Sampaio & Ferreira Filho, 1995; García Lopez & Herrera, 1998), bem como os resíduos originados do processamento das raízes na obtenção de produtos para alimentação humana ou destinados para fins industriais (Vilela & Ferreira, 1987).

A despeito de variações inerentes à variedade utilizada e às influências das condições de solo e ambiente no crescimento da cultura, de modo geral, observa-se na planta madura de mandioca aproximadamente 50% de raízes tuherosas, 40% de hastes e pecíolos, e 10% de folhas (Gil Ll. & Buitrago A., 2002). Esta relação pode, no entanto, ser modificada, pela utilização de técnicas específicas de manejo da cultura orientadas para incrementar a produção de parte aérea (Pezo et al., 1984; Gil Ll. & Buitrago A., 2002).

As raízes da mandioca apresentam aproximadamente 34% a 38% de matéria seca – MS e são alimentos essencialmente energéticos, em face do elevado teor de amido (60% a 80% na MS), que contém, aproximadamente, 70% de amilopectina e 20% de amilose. Além disso, as raízes da mandioca apresentam baixas concentrações de proteína (em torno de 2,5% na MS), de aminoácidos, de extrato etéreo – EE e de minerais e vitaminas. Em torno de 50% da PB da raiz são constituídos de proteína verdadeira, com o restante sendo composto pelos aminoácidos livres aspartato e glutamato, além de nitritos, nitratos e compostos cianogênicos (Gil Ll. & Buitrago A., 2002).

A parte mais importante da raiz da mandioca é a polpa ou parênquima, formado pelos vasos do xilema, distribuídos em forma de estrias, nas quais se concentra o amido. No centro da raiz encontram-se os vasos xilogêneos e as fibras, e na periferia localiza-se o córtex (ou casca), constituído por capas sobrepostas de tecidos, fibras esclerenquimatosas, vasos com látex e câmbio (Kato & Souza, 1987). Segundo Buitrago A. (1990), a casca ou córtex representa entre 15% a 20% do peso total da raiz da mandioca, enquanto a polpa equivale a aproximadamente 80% a 85%. A maior proporção de PB, EE, fibras e minerais na raiz está localizada na casca.

A parte aérea da planta de mandioca é a matéria vegetal que fica acima da superfície do solo, formada por hastes e folhas (limbo e

pecíolo). A rama destaca-se como um subproduto que corresponde à parte superior herbácea da planta, considerada de melhor valor nutritivo e preferencialmente recomendada para uso na alimentação de ruminantes. As percentagens de hastes e de folhas variam conforme a variedade, estágio de crescimento da cultura e de que partes da planta são provenientes (rama ou parte aérea). Na rama de sete variedades de mandioca colhidas com um ano, a maior porcentagem correspondeu ao limbo foliar, seguida de haste e de pecíolo, respectivamente, de 46,7%, 33,8% e 19,5% (Camarão et al., 1993).

Segundo vários autores (Carvalho, 1984; Kato & Souza, 1987; Buitrago A., 1990; Camarão et al., 1993; Gil Ll. & Buitrago A., 2002), as composições bromatológicas da parte aérea da mandioca variam de acordo com a proporção entre folhas (limbos e pecíolos) e hastes, e em função da variedade utilizada, do manejo dispensado à cultura, do estágio de crescimento, da época de colheita e de outros fatores bióticos (incidência de pragas e doenças) e abióticos (deficiências nutricionais no solo). Camarão et al. (1993), citando Batista et al. (1986), apresentaram dados médios de composição química percentual da MS da rama de sete variedades de mandioca colhidas aos seis meses. Os respectivos valores apresentados para PB, fibra bruta – FB, EE, cinzas e extrato não-nitrogenado – ENN, foram de 19,6%, 22,6%, 4,4%, 4,4% e 49,1%. Segundo Buitrago A. (1990), uma folhagem de mandioca de boa qualidade deve apresentar os nutrientes nas seguintes faixas de concentração na MS: PB, 18% a 22%; FB, 15% a 20%; EE, 4% a 6%; cinzas, 8% a 12%; e ENN, 40% a 50%. Esse autor discutiu que a parte aérea da mandioca, apresentando tais concentrações de nutrientes, pode ser classificada como produto de excelente qualidade para uso na alimentação de ruminantes, comparável com a maioria das leguminosas forrageiras utilizadas em dietas para bovinos de leite e de corte.

A PB da parte aérea da mandioca é de boa qualidade e o perfil de aminoácidos é comparável ao do farelo de soja (Khajaren et al., 1977, citado por Smith, 1988). Apresenta alto teor de lisina (7,2 g/100 g de PB), mas baixa concentração em aminoácidos sulfurados, como a metionina (1,7 g/100 g de PB), cujas concentrações encontram-se abaixo dos requerimentos nutricionais dos ruminantes. Em relação aos outros aminoácidos essenciais, exceto arginina e leucina, os demais

apresentam-se na parte aérea da mandioca, em concentrações semelhantes ou superiores às verificadas em leguminosas (Buitrago A., 1990). Além da excelente aceitabilidade pelos animais, a parte aérea da mandioca apresenta quatro vezes mais vitamina C que o limão e o dobro da vitamina A da alfafa (Carvalho, 1997).

O principal componente energético na parte aérea da mandioca é o amido, apresentando em torno de 19% a 24% de amilose (Buitrago A., 1990). As concentrações de amido no terço superior (rama) e nos 2/3 inferiores da parte aérea de 11 variedades de mandioca, colhidas aos 12 meses após o plantio, variaram de 4,73% a 9,71% e de 12,16% a 19,23% da MS, respectivamente (Carvalho et al., 1985, citado por Carvalho & Kato, 1987). Tal informação reveste-se de importância na definição da altura de corte da parte aérea da mandioca destinada à confecção de silagem, visando a otimização nos níveis de fermentação láctica (Carvalho et al., 1983, citado por Carvalho, 1984).

As folhas da mandioca apresentam, segundo Buitrago A. (1990), nível relativamente alto de EE (5% a 7% da MS), que, além de aporte energético *per se* relativo ao seu consumo, apresenta relevantes quantidades de ácidos graxos essenciais, xantofilas e pigmentos em sua composição. Quanto aos minerais, a contribuição mais importante da parte aérea de mandioca refere-se às concentrações de cálcio e fósforo.

A composição nutricional dos diversos subprodutos residuais originados da industrialização e da transformação da mandioca é muito variável, haja vista os diferentes processos usados na sua obtenção. Por essa razão, procurar-se-á nesse capítulo fornecer informações nutricionais detalhadas apenas dos principais subprodutos, por sua importância em volume de produção e custo de oportunidade de utilização, por seu potencial de inclusão em programas de alimentação de ruminantes e por sua composição química mais homogênea.

Conforme já relatado, a principal limitação no uso da mandioca como alimento para ruminantes refere-se ao problema da toxicidade do HCN, também denominado de ácido prússico. Esta substância origina-se da hidrólise dos glicosídeos cianogênicos linamarina e lotaustralina por enzimas (líases) endógenas, como a linamarase, liberadas por eventos relacionados à ruptura e danificação dos tecidos vegetais por ocasião da colheita e do processamento das raízes e da

parte aérea da mandioca (Teles, 1987; Smith, 1988). O HCN inibe grande número de enzimas, particularmente a oxidase terminal da cadeia respiratória. O consumo de alimentos que contêm grande quantidade de glicosídeos cianogênicos não só tem resultado em morte ou efeitos neurológicos crônicos, mas também tem sido associado à ocorrência de bócio tireoidiano (Teles, 1987).

As concentrações de HCN variam em função da variedade, das condições de crescimento e de manejo da cultura, do estágio de crescimento e da parte da planta (Teles, 1987; Smith, 1988; Camarão et al., 1993; FAO, 2003a). O nível de HCN que causa toxicidade em animais não é precisamente definido, embora seja aceito que concentrações abaixo de 50 mg/kg sejam seguras (não-tóxicas), conforme apresentado por Smith (1988) e Buitrago A. (1990). Eventuais baixas performances de ruminantes alimentados com produtos à base de mandioca têm sido atribuídas à toxicidade crônica por HCN, embora fatores agravantes como deficiência dietética de nitrogênio poderiam ser co-responsáveis (Sanda & Methu, 1988; Smith, 1988).

Existem evidências de que os ruminantes possam usar substâncias doadoras de enxofre (aminoácidos sulfurados) e mesmo o enxofre elementar para destoxificar o HCN de origem dietética (Sanda & Methu, 1988). Segundo Blakley & Coop (1949), citados por Sanda & Methu (1988), requerem-se 1,2 g de enxofre para destoxificar 1,0 g de HCN. Segundo Onwuka et al. (1992), um nível dietético de 0,5% de enxofre elementar na mistura de concentrados assegurou adequada destoxificação do HCN em ovinos e caprinos recebendo diariamente 0,3 kg de feno de *Cynodon* e 0,8 kg de concentrado à base de farelo de mandioca e uréia. Na reação de destoxificação, que ocorre em nível ruminal (Onwuka et al., 1992), os íons cianeto – CN reagem com os grupos sulfidríla – -SH dos aminoácidos sulfurados (metionina, cistina e cisteína), formando o metabólito tiocianato – HSCN (Buitrago A., 1990), que, após alcançar a corrente sanguínea, é lentamente filtrado do plasma pelos rins, sendo excretado via urinária (Onwuka et al., 1992). Dessa forma, a toxicidade por HCN não deveria constituir em limitação para uso de produtos e subprodutos de mandioca em dietas de ruminantes, haja vista que simples técnicas de processamento, tais como secagem ao sol e ensilagem, combinadas com o fornecimento de

adequados níveis dietéticos de enxofre, efetivamente protegem os ruminantes da toxicidade por HCN (Sanda & Methu, 1988).

Outra limitação relacionada ao uso da mandioca na alimentação de ruminantes refere-se às dificuldades relativas à conservação pós-colheita de suas raízes, em face do rápido processo de deterioração, que se manifesta com perda de qualidade e quantidade, sendo resultado de danos mecânicos, fisiológicos e patológicos (Kato & Souza, 1987). Segundo Buitrago A. (1990), transcorridos três dias após a colheita, a deterioração das raízes faz com que os animais diminuam seu consumo, estando sujeitos, ainda, à ocorrência de distúrbios digestivos.

Existem diversas alternativas tecnológicas visando a minimização ou retardamento dos processos de deterioração das raízes da mandioca. Dentre muitas, destacam-se: seleção de variedades mais resistentes; armazenamento em silos de campo, em serragem úmida e em sacos de polietileno; utilização de parafina, de refrigeração e de congelamento; tratamento com produtos químicos (Kato & Souza, 1987; Buitrago A., 1990; Sánchez & Alonso, 2002); e poda da parte aérea a 20-30 cm acima do nível do solo, duas a três semanas antes do arranquio das raízes (Corrêa & Kato, 1987). A decisão pelo uso dessas tecnologias deve ser baseada não somente em critérios técnicos, mas econômicos, operacionais e naqueles associados ao tempo de armazenamento em relação à durabilidade e também às eventuais mudanças na composição química do material final a ser fornecido aos animais. Entretanto, segundo Sampaio & Ferreira Filho (1995), a conservação das raízes de mandioca por processos de desidratação (raspa) ou de ensilagem são bastante eficientes, pois permitem a concomitante preservação dos princípios nutritivos e facilidade de armazenamento.

Planta integral (raízes e parte aérea)

Planta integral fornecida picada

É o modo mais simples de fornecer raízes e parte aérea da mandioca aos animais. Deve-se triturá-las e fazer um pré-murchamento (condições de ambiente) por um período de 24 horas, e somente depois oferecer aos animais.

Garcia Lopez & Herrera (1998) avaliaram o potencial da planta integral da mandioca (26% de MS; 14,4% de PB; 0,66% de Ca e 0,22% de P), fornecida fresca picada (15 kg/vaca/dia), na suplementação de pastagem não-irrigada e não-fertilizada de capim-bermuda (*Cynodon dactylon*), para produção de leite de vacas da raça Holandesa. As vacas tiveram acesso à pastagem (7,5% de PB) apenas no final da tarde até o início da manhã do dia seguinte. A produção média de leite com 3,5% de gordura e 11,7% de sólidos totais foi de 9,7 kg/vaca/dia, evidenciando o potencial de uso da planta integral da mandioca como suplemento na alimentação de vacas leiteiras sob pastejo em forrageira tropical.

Planta integral ensilada

Segundo a FAO (2003a), a planta integral de mandioca, picada e conservada em silos subterrâneos, constitui-se em alimento relativamente bem balanceado para ruminantes, com grande potencial para uso em nível de pequena propriedade, na estação seca do ano.

Raízes tuberosas

Segundo Smith (1988), existem suficientes dados experimentais para sugerir que os ruminantes respondem favoravelmente quando alimentados com raízes de mandioca, e que efeitos associativos com outros alimentos constituintes da dieta são importantes na natureza da resposta animal obtida. Esse autor concluiu que o baixo teor de nitrogênio e a rápida degradabilidade ruminal dos carboidratos são características peculiares em dietas à base de raízes de mandioca, que devem ser consideradas para obtenção de máxima resposta de ruminantes. A suplementação com fontes nitrogenadas, em especial nitrogênio não-protéico, e o parcelamento no fornecimento das refeições, são procedimentos de manejo nutricional que irão assegurar uma eficiente utilização de dietas à base de raízes de mandioca para ruminantes.

Segundo IITA/ILCA (1988a, 1988b), pelas características de rápida fermentação ruminal, a mandioca é melhor utilizada em combinação com fontes de nitrogênio não-protéico de baixo custo

(exemplo: uréia, cama-de-aviário) ou em dietas contendo leguminosas forrageiras (exemplo: leucena) consumidas antes do fornecimento da mandioca. Carvalho (1983) sugeriu, como adequados para serem misturados com os produtos da raiz de mandioca na alimentação animal, vários alimentos concentrados e volumosos. Dentre muitos podem-se destacar os farelos de soja, de algodão, de trigo, de babaçu e de grãos de guandu, os grãos de soja, a uréia e a parte aérea da mandioca, além de várias leguminosas (exemplo: soja perene, guandu, leucena, estilosantes, alfafa, lab-lab, kudzu tropical e algaroba).

As considerações e recomendações feitas nesses últimos dois parágrafos são, de modo geral, válidas para dietas baseadas no uso de raízes de mandioca, quer utilizadas sob a forma fresca, ensilada ou desidratada, bem como dos subprodutos obtidos de sua industrialização. Elas fundamentam-se na sincronização das taxas de degradação ruminal das frações constituídas pelos carboidratos e proteínas dos alimentos integrantes da dieta.

Os microrganismos do ecossistema ruminal podem ser divididos em dois grupos: aqueles que fermentam carboidratos estruturais (celulose e hemicelulose), apresentam crescimento lento e utilizam amônia como fonte de nitrogênio para o processo de síntese de proteína microbiana; e os que fermentam carboidratos não-estruturais (amido, pectina e açúcares), têm crescimento rápido, utilizam tanto amônia quanto peptídeos e aminoácidos como fonte de nitrogênio e podem produzir amônia (Russel et al., 1992; Fox et al., 2000).

Visando incrementos ao crescimento microbiano e, por conseguinte, à performance animal, dietas contendo, como fonte energética, o amido proveniente de raízes de mandioca, com elevada (91%, segundo Zinn & DePeters, 1991; e 62,7%, segundo Zeoula et al., 1999) e rápida (6,7%/h para o amido, segundo Zeoula et al., 1999; 10%/h para MS, segundo Martins et al., 1999) degradação ruminal, devem ser formuladas com suplementos contendo componentes nitrogenados de similar taxa de degradação no rúmen. Fontes de nitrogênio não-protéico como volumosos amonizados, uréia adicionada às forrageiras ou aos suplementos concentrados e minerais (Devendra, 1977; Sampaio & Ferreira Filho, 1995; Cavalcanti & Guimarães Filho, 1997; Wanapat & Petlum, 2001; Gil Ll. & Buitrago A., 2002), ou alimentos com elevadas concentrações de proteína rapidamente

degradável no rúmen, têm um grande potencial para inclusão em dietas baseadas no uso de raízes de mandioca. Por outro lado, em função de menores taxas de degradação ruminal da fração protéica de um específico ingrediente dietético (exemplo: forragens de leguminosas), alterações no horário e na frequência de fornecimento, como as sugeridas anteriormente (IITA/ILCA, 1988a, 1988b; Smith, 1988), podem resultar em benefício na sincronização com a liberação da energia do amido das raízes da mandioca. Aragón Vásquez (2002) demonstrou que o pico de produção de gases da farinha de mandioca (0,23% de PB e 81,22% de carboidratos não-estruturais) ocorreu por volta das 12 horas decorridas da sua incubação *in vitro*, decrescendo a partir daí. Após 36 horas, o aporte de substrato fermentável proveniente desse alimento foi mínimo.

Raiz integral fresca fornecida picada

O fornecimento direto das raízes picadas consiste na alternativa mais elementar e econômica de utilização da mandioca na alimentação de ruminantes (Gil Ll. & Buitrago A., 2002). No entanto, além da picagem propriamente dita, outros cuidados devem ser observados, como a prévia lavagem das raízes para eliminar resíduos e partículas aderidas de solo, visando assegurar a manutenção da qualidade nutricional da raiz fresca, bem como melhores condições para sua conservação (Carvalho, 1983). Além disso, os gastos com mão-de-obra para colheita, preparo e administração diária das raízes frescas de mandioca devem ser permanentemente avaliados, e sua inclusão em programas de alimentação de ruminantes depende, em grande parte, da disponibilidade do produto e de seu custo em relação a componentes alternativos para arraçoamento (Buitrago A., 1990).

Variedades de mandioca conhecidas como não venenosas ou “mansas” apresentam baixas concentrações de HCN (< 50 mg/kg de polpa fresca), enquanto que as variedades de mandioca com elevadas concentrações (> 100 mg/kg de polpa fresca) são consideradas venenosas, “bravas” ou “amargas”. As variedades com concentrações entre 50 e 100 mg de HCN/kg de polpa fresca são consideradas moderadamente venenosas (Brujin, 1973). As variedades “mansas” podem ser colhidas, lavadas, picadas e fornecidas imediatamente aos

animais, enquanto que as “bravas” não devem ser fornecidas em estado fresco, devendo ser previamente submetidas a processos de desidratação ou de ensilagem (Carvalho, 1983, 1984). Semelhante cautela deve ser adotada com as variedades moderadamente venenosas.

A composição bromatológica das raízes de mandioca fornecidas frescas aos ruminantes varia de acordo com a variedade utilizada, estágio de crescimento, condições de solo e de clima, nível de fertilização, manejo dispensado à cultura, bem como os sistemas de colheita e de processamento empregados. Não obstante, as limitações de ordem nutricional mais importantes, quando do uso das raízes frescas de mandioca na alimentação animal, são: a elevada umidade (60% a 70%), a baixa concentração de proteína (0,5% a 2,0%) e o nível apenas mediano de energia metabolizável (1,20 a 1,40 Mcal/kg) (Gil Ll. & Buitrago A., 2002).

Na Tabela 2 é apresentada uma compilação de resultados da literatura concernentes à composição química da raiz integral de mandioca.

Segundo Buitrago A. (1990), as raízes de mandioca frescas apresentam restrições para uso como alimento de bezerros lactentes, em face de limitações fisiológicas e do incompleto desenvolvimento do aparato enzimático para digestão do amido. No entanto, são amplamente recomendadas para inclusão em dietas de bovinos em crescimento ou em terminação, bem como de vacas após as primeiras semanas de lactação. Chedly & Lee (1999) sugeriram que raízes de mandioca frescas podem ser incluídas em dietas de vacas leiteiras, à razão de 5 a 15 kg/dia.

A consideração inicial para o correto balanceamento do suplemento dietético baseia-se nos requerimentos nutricionais da espécie/categoria animal. O uso de raízes frescas de mandioca pressupõe a inclusão dietética de suplementos para cobrir as deficiências de PB, vitaminas e minerais. Em sistemas de produção de leite, em que pastagens atendem até 50% dos requerimentos de PB e nutrientes digestíveis totais – NDT de vacas produzindo de 15 a 20 kg de leite/dia, Buitrago A. (1990) recomendou a suplementação com forragem picada, como capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e/ou kudzu, e/ou com silagem (sorgo), associada ao consumo das raízes frescas de mandioca e de um suplemento concentrado (40% de PB). Estes mesmos suplementos foram sugeridos em dietas baseadas em pastagens para bovinos de corte em crescimento ou terminação, em função do ganho de peso diário esperado.

Tabela 2. Composição química da raiz integral da mandioca.

MS ⁽¹⁾ (%)	Concentração do nutriente (% da MS)							Fonte ⁽²⁾
	PB	FB	EE	ENN	Cinzas	Ca	P	
35,00	3,10	3,10	1,30	90,50	1,90	0,33	0,44	(1)
36,00	1,30	1,70	0,40	-	1,40	0,10	0,06	(1) ³
-	1,89-4,94	1,40-7,68	0,38-1,21	85,72-94,49	0,92-2,08	0,05-0,09	0,05-0,29	(2)
28,50-36,20	1,70-3,90	0,40-4,90	0,50-1,00	85,40-94,10	2,40-5,20	0,10-0,14	0,02-0,04	(3)

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; ENN = extrato não nitrogenado; Ca = cálcio; P = fósforo.

⁽¹⁾ Adaptado de Buitrago A. (1990); ⁽²⁾ adaptado de Camarão et al. (1993); resultados originados de 11 variedades de mandioca; ⁽³⁾ FAO (2003a); coletânea de resultados de trabalhos de vários países.

³ Nutrientes digestíveis totais - NDT = 32,0%; energia digestível e metabolizável (substratos), respectivamente, de 1,31 e 1,15 vb/Mcal/kg.

Em programas de alimentação em que a pastagem atende de 25% a 75% dos requerimentos de PB e NDT de vacas em lactação (15-20 kg de leite/dia) e de bovinos em crescimento (0,6-0,8 kg de ganho de peso/dia) e terminação (0,8-1,0 kg de ganho de peso/dia), Buitrago A. (1990) fez sugestões de níveis de suplementação com raízes frescas de mandioca e com suplemento protéico (40% de PB), em função da categoria animal.

A raiz integral de mandioca pode ser alternativamente usada como aditivo (20%) na ensilagem de capim-elefante com sacharina (80%:20% - base úmida), permitindo a obtenção (silos experimentais) de silagem com pH de 3,92 e teores de MS, PB e de fibra em detergente neutro - FDN, respectivamente, de 33,28%; 11,09% e 55,84% (Teixeira et al., 2003).

Raiz integral ensilada

A silagem de raízes de mandioca apresenta umidade mais variável em relação ao observado nas raízes frescas, sendo ainda dependente do tempo de armazenamento no silo. As principais limitações para seu uso referem-se à baixa concentração de energia, à pouca palatabilidade e às dificuldades operacionais para mistura com outros ingredientes dietéticos (Gil Ll. & Buitrago A., 2002).

Ademais, o processo e o tempo de ensilagem reduzem as concentrações de HCN, característica esta particularmente importante quando se trabalha com variedades de mandioca “amargas” ou “bravas” (CIAT, 1981, citado por Carvalho, 1987; Buitrago A., 1990). Resultados de composição química de silagem de raízes de mandioca são apresentados na Tabela 3.

Segundo Buitrago A. (1990), para bovinos em sistemas de produção de leite e de carne baseados em pastagens e no uso de forragens fornecidas picadas verdes (exemplo: capim-elefante) ou conservadas (exemplo: silagem de sorgo), a suplementação diária com silagem de raízes de mandioca deve ser feita em quantidade inferior à recomendada para raízes frescas, em face da diferença em umidade. A inclusão dietética de suplemento concentrado protéico (40% de PB), consumido de forma restrita por vacas leiteiras ou bovinos de corte, faz-se recomendável nesses programas de alimentação.

Tabela 3. Composição química da silagem de raízes de mandioca.

MS ⁽¹⁾ (%)	Energia - ruminantes (Mcal/kg)		Concentração do nutriente (% da MS)								Fonte ⁽²⁾
	Digestível	Metabolizável	NDT	PB	FB	EE	ENN	Cinzas	Ca	P	
55,00	-	-	-	1,61	1,86	0,37	39,60	1,84	-	-	(1)
38,00	1,38	1,19	32,0	1,40	1,80	0,40	-	1,50	0,11	0,06	(2)

¹MS = matéria seca; NDT = nutrientes digestíveis totais; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; ENN = extrato não nitrogenado; Ca = cálcio; P = fósforo.

(1) Adaptado de Buitrago A. (1978), citado por Buitrago A. (1992); (2) adaptado de Buitrago A. (1992).

Buitrago A. (1990) e Carvalho (1997) fizeram diversas recomendações operacionais visando a obtenção de uma boa silagem de raízes de mandioca. Inicialmente, as raízes sadias e recém-colhidas devem ser lavadas e selecionadas, eliminando-se aquelas com coloração escura. Em seguida, devem ser amontoadas limpas próximas à picadeira e imediatamente picadas em fragmentos de, no máximo, 2 cm, para facilitar a compactação e melhor conservação do produto ensilado. Camadas de 20 a 40 cm do material picado devem ser colocadas no silo e compactadas com o caminhar de homens ou de animais, com o rolamento de um tambor cheio de água ou com auxílio de um trator. No fechamento do silo, dar-lhe no topo uma forma abaulada e cobrir com lona de plástico, sobrepondo camada de terra com, no mínimo, 15 cm. Fazer uma canaleta para proteger o silo contra entrada de águas pluviais. O enchimento do silo deve ser feito no menor tempo possível. Assim, recomenda-se trabalhar com silos pequenos ou colocar divisórias nos grandes. Carvalho (1997) recomendou a abertura dos silos após 30 dias de armazenamento e que a retirada diária da silagem seja feita de maneira rápida, evitando-se exposição excessiva ao ar, do material que permanece no silo.

Segundo Buitrago A. (1990), uma boa silagem de raízes de mandioca deve apresentar pH em torno de 3,5 a 4,0. Esse mesmo autor discutiu que eventuais perdas no valor nutritivo da silagem de raízes de mandioca, decorrentes do armazenamento, estão associadas à qualidade do produto inicial e ao sistema de ensilagem, e não devem representar mais do que 5% a 10% da MS ensilada.

Raiz desidratada (sob a forma de raspa de mandioca ou de farelo de raspa)

As raízes de mandioca recém-colhidas possuem umidade em torno de 63% a 68% e, conseqüentemente, apresentam elevada perecibilidade. A deterioração pós-colheita reduz a aceitação desse alimento pelos animais, além de provocar redução na quantidade e qualidade dos principais nutrientes (Silva, 1983). Assim, a utilização de raízes de mandioca na alimentação de ruminantes, após decorridos dois ou três dias de seu arranquio do solo, está associada à adoção de tecnologias que permitam a conservação e concentração de suas

propriedades nutricionais e, concomitantemente, facilitem o armazenamento por períodos mais prolongados, bem como o manuseio, visando a misturas com outros ingredientes no preparo de rações ou de suplementos concentrados. Adicionalmente, a desidratação por calor permite eliminar a maior parte do HCN e de outros componentes voláteis presentes na raiz fresca da mandioca (Buitrago A., 1990). A secagem ao sol para obtenção das raspas de mandioca, por processar-se lentamente e a uma temperatura mais baixa, foi superior na eliminação do HCN, em relação à secagem artificial (Nambisan & Sundaresan, 1985, citados por Carvalho, 1987).

A picagem manual ou mecânica da raiz integral da mandioca e a subsequente desidratação ao sol, para a obtenção da rassa de mandioca, constitui-se em tecnologia tradicional no meio rural brasileiro e de uso acessível em sistemas de produção menos tecnificados, fundamentados em base familiar (Carvalho, 1997; Sampaio et al., 1997).

A composição química das raspas de mandioca (Tabela 4) está sujeita a variações relacionadas à variedade, ao tipo de solo, às condições climáticas e aos processos utilizados na sua obtenção (Corrêa, 1987; Oguntimein, 1988; Buitrago A., 1990; Gil Ll. & Buitrago A., 2002). Segundo Gómez & Best (1983), citados por Vilela (1987), os principais fatores determinantes de variações em umidade, amido, cinzas e FB na rassa de mandioca são, respectivamente, secagem, variedade e estágio de crescimento das plantas, limpeza das raízes e ausência de material estranho.

A rassa de mandioca pode ser produzida em nível de fazenda, a partir das raízes recém-colhidas, lavadas (Carvalho, 1997) ou não (Corrêa, 1987), trituradas em picadeiras convencionais de forragens ou cortadas em pedaços (4 a 5 cm de comprimento x 1 cm de largura) com uso de equipamentos apropriados para obtenção de um produto de melhor qualidade (Corrêa, 1987). Em terreiros de cimento ou sobre uma lona plástica, as raspas devem ser uniformemente espalhadas em camadas de 8-10 kg/m², e submetidas à secagem natural, pela exposição ao sol. A utilização de bandejas inclinadas, comportando 10 a 16 kg de raspas/m², permite acelerar o processo de desidratação (Carvalho, 1997).

Segundo Vilela (1987), a secagem natural depende de variáveis ambientais não-controláveis (exemplos: temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento e ocorrência de chuvas),

Tabela 4. Composição química da raspa e do farelo de raspa da mandioca.

Concentração do nutriente (% da MS) ⁽¹⁾										Fonte ⁽²⁾
PB	CD	FDN	FDA	FB	EE	ENN	Cinzas	Ca	P	
1,70	-	-	-	3,20	0,80	92,10	2,20	0,091	0,121	(1)
1,60	-	-	-	4,25	0,38	-	4,45	-	-	(2)
2,66	-	-	-	3,07	-	-	2,68	0,250	0,070	(3)
4,03	-	-	-	1,83	-	-	1,95	0,220	0,070	(4)
3,05	83,80	6,01	4,85	-	1,04	-	2,45	-	-	(5)
1,56	92,40	3,40	1,95	-	0,88	-	2,00	-	-	(6)
2,50	-	-	-	4,50	0,70	-	2,90	0,150	0,080	(7) ³
3,60	-	8,50	5,70	-	-	-	3,60	-	-	(8) ⁴
1,16	-	3,51	2,34	-	2,29	-	-	-	-	(9)
2,64-2,67	-	-	-	3,93-3,94	0,73-0,77	-	3,32-3,39	-	-	(10)
2,56	-	18,52	8,44	-	0,42	-	3,65	-	-	(11) ⁵
3,28	-	8,12	-	-	-	3,95	-	-	-	(12) ⁶

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; CD = carboidratos disponíveis; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; ENN = extrato não-nitrogenado; Ca = cálcio; P = fósforo.

(1) Adaptado de Desendra (1977); raspa de mandioca; (2) Batista (1981); raspa de mandioca; (3) adaptado de Corrêa (1987); raspa de mandioca obtida em picadela de capim; (4) adaptado de Corrêa (1987); raspa de mandioca obtida em máquina de produção de raspa; (5) adaptado de Agudô (1979), citado por Buitrago A. (1990); raspa de raiz de mandioca com casca; (6) adaptado de Agudô (1979), citado por Buitrago A. (1990); raspa de raiz de mandioca sem casca; (7) adaptado de Buitrago A. (1990); farelo de raspa de mandioca; (8) adaptado de Marques et al. (2003); raspa de mandioca; (9) adaptado de Khang & W.Gunston (2001); farelo de raspa de mandioca; (10) adaptado de Gal I.I. & Buitrago A. (2002); raspa de duas variedades de mandioca; (11) adaptado de Iondoño-Hernández et al. (2002); raspa de mandioca; (12) adaptado de Zooula et al. (2002); raspa de mandioca.

³Nutrientes digestíveis totais - NDT¹ = 74,6%, energia digerível e metabolizável (ruminares), respectivamente, de 3,32 e 2,94 Mcal/kg.

⁴Energia bruta = 4,0 Mcal/kg; amido = 82,5%.

⁵Carboidratos totais = 93,37%; carboidratos não-fibrosos = 80,68%; FDN indigestível = 2,75%; lignina = 1,72%; celulose = 3,37%; proteína insolúvel em detergente ácido = 17,82% da PB; nitrogênio não-proteico = 16,97% da PB.

⁶Amido = 76,26%; cinza insolúvel em ácido = 1,42%.

que podem retardar o processo de obtenção das raspas ou mesmo levar o produto à deterioração. Com relação ao produto, as variáveis que influenciam na secagem das raspas são, principalmente, a umidade inicial, a geometria dos pedaços e a quantidade de raspas frescas por área de terreiro. No entanto, o uso de secadores artificiais estará sempre condicionado à relação benefício:custo da tecnologia, considerando sua aplicação em escala de menor produção.

Para obter uma secagem uniforme, as raspas devem ser reviradas a intervalos de duas horas ou menos, ou de seis a oito vezes ao dia, usando-se rastelos próprios (Vilela, 1987). A verificação do término do processo de secagem (material com 14% de umidade) pode ser feita por um método prático, qual seja, quando um pedaço de raspa riscar o piso cimentado como se fosse um giz escolar. Calcula-se que, a 23°C de temperatura ambiente e 70% de umidade relativa do ar, o material seque em 1 a 2 dias (Carvalho, 1997). O rendimento das raspas secas em relação às frescas varia, normalmente, de 30% a 40% (Vilela, 1987).

A raspa de mandioca deve ser ensacada e/ou armazenada a granel em ambiente seco e arejado, sobre estrados de madeira. Nessas condições, conserva seu valor nutritivo por mais ou menos um ano. Pode ser transformada, pela moagem, em farelo de raspas (Carvalho, 1997), que, segundo a FAO (2003a), não é atacado por insetos, o mesmo sendo válido para alimentos concentrados contendo 15% desse produto. No entanto, segundo Ospina P. et al. (2002), aproximadamente 38 espécies de insetos foram encontradas nas raspas de mandioca, embora somente duas espécies (*Araecerus fasciculatus* e *Lasioderma serricornis*) sejam consideradas como apresentando importância associada ao nível de dano econômico.

A alta relação carboidratos:nitrogênio do farelo de raspas de mandioca, associada a condições favoráveis de temperatura ambiental (> 25°C) e umidade do substrato (> 18%) durante período prolongado de tempo, favorecem o desenvolvimento de fungos patogênicos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Fusarium* e, por conseguinte, a produção de metabólitos tóxicos (micotoxinas) que, em concentrações superiores a 20 µg de aflatoxina/kg de farelo de raspas, oferecem perigo à saúde dos animais. Nesse caso, faz-se recomendável o tratamento do farelo de raspa com produtos à base de ácido propiônico ou outros compostos fúngicos (Buitrago A., 1990).

Trabalhos sobre o uso de raízes de mandioca e dos subprodutos de sua industrialização na alimentação de ruminantes são freqüentes na literatura (Devendra, 1977; Silva, 1983; Pereira, 1987; Smith, 1988; Buitrago A., 1990; Camarão et al., 1993) e discorrem sobre trabalhos conduzidos principalmente nas décadas de 60 a 80. De modo geral, apresentam resultados de experimentos planejados para avaliar a performance de ruminantes em resposta ao uso de raízes de mandioca e dos subprodutos de sua industrialização na suplementação de forragens ou de seu uso em substituição a outros componentes da dieta, identificando o grande potencial das raízes de mandioca e dos subprodutos de sua industrialização na alimentação de ruminantes, em termos de performance animal ou de retornos econômicos relativos ao seu uso, em detrimento ao de outros alimentos.

Segundo a FAO (2003a), raízes desidratadas de mandioca têm demonstrado bons resultados como fonte energética para nutrição de gado de leite e para inclusão em dietas visando a terminação de gado de corte ou para ovinos em crescimento, podendo substituir quase todo o grão da dieta, com pouca redução na performance desses animais. No entanto, níveis baixos de inclusão de raspa ou de farelo de mandioca foram recomendados para dietas de bezerras com menos de um mês de vida, pelas limitações fisiológicas e enzimáticas dessa categoria animal (Sampaio & Ferreira Filho, 1995; Gil Ll. & Buitrago A., 2002).

Buitrago A. (1990) formulou concentrados alternativos para bezerras (< 3 meses de idade) de raças leiteiras, com níveis de inclusão de farelo de raspas da ordem de 60%, e de 45% a 54% para vacas em lactação. Os farelos de soja e/ou de algodão foram incluídos nesses suplementos para balancear as conhecidas deficiências de proteína do farelo de raspas. Esse autor sugeriu o uso desses concentrados para suplementação de pastagens, bem como de forragens fornecidas sob as formas fresca picada, ensilada ou desidratada para animais em confinamento. Nunes (1998) recomendou que o farelo de raspa de mandioca pode ser incluído em até 50% dos concentrados para bovinos de leite.

Carvalho (1983) apresentou diversas sugestões para inclusão do farelo de raspas de mandioca na dieta de bovinos alimentados com volumosos. Para novilhos de corte, foi sugerido o uso de suplementos formulados à base de 45% a 50% de farelo de raspas de mandioca,

fornecidos à razão de 1,0 a 3,5 kg por animal por dia, em função da idade dos novilhos, do peso e do volumoso oferecido (capim-elefante, milho, palhada). Para vacas em lactação, com produção superior a 5 kg de leite/dia, suplementos contendo de 20% a 50% de farelo de raspa de mandioca foram sugeridos ser fornecidos na base de 0,3 kg para cada litro de leite produzido. Além do farelo de raspa, os suplementos apresentavam em sua composição diversos outros alimentos concentrados.

A adição de 20% de melaço de cana-de-açúcar (78% de MS; 72% de NDT e 3,00 Mcal/kg) para dietas de bovinos adultos com elevada inclusão de farelo de raspa de mandioca foi sugerida por Gil Ll. & Buitrago A. (2002), visando melhorias nas características físicas (diminuição da pulverulência) e na palatabilidade da ração. Entretanto, com a mesma finalidade, Sanda & Methu (1988) sugeriram suplementos concentrados formulados com 2% de melaço.

Sanda & Methu (1988) concluíram que, para vacas mantidas em pastagem de capim-de-Rhodes (*Chloris gayana*) e produzindo em torno de 12 kg de leite/dia, o farelo de raspa de mandioca pode substituir totalmente o fubá de milho, constituindo até 57% da MS do suplemento concentrado consumido diariamente com base na produção (400 g/kg de leite).

Em experimento conduzido na Tailândia com vacas da raça Holandesa ($390 \pm 27,5$ kg), produzindo 9,2 kg de leite/dia corrigido para 3,5% de gordura, e recebendo feno de *Brachiaria ruziziensis* (6,1% de PB e 81,4% de FDN), Wachirapakorn et al. (2001) recomendaram nível de 55% de inclusão de raspa de mandioca no suplemento concentrado (20,7% de PB), correspondendo a 38% na dieta total (relação volumoso:concentrado = 30:70). O consumo médio das dietas experimentais foi de 3,02% do peso vivo (% PV) e o pH ruminal, de 6,69, foi acima do recomendado para ótima atividade das bactérias celulolíticas (Fox et al., 2000).

Gil Ll. & Buitrago A. (2002) discutiram que a elevada concentração de energia digestível do farelo de raspa favorece sua utilização em dietas para vacas no estágio inicial da lactação (primeiros 60 dias). Nesse sentido, Wanapat & Petlum (2001) relataram produção de 10,9 kg de leite/dia com 4,05% de gordura, de vacas da raça Holandesa nos três primeiros meses da lactação. Os animais receberam

palhada de arroz tratada com uréia (7,6% de PB e 80,5% de FDN), além de suplemento concentrado (12,1% de PB), contendo 85% de raspa de mandioca e consumido com base na produção (1 kg por 2 kg DE leite). No mês anterior ao parto, o concentrado foi fornecido à razão de 1,5% PV das vacas.

Scoton et al. (2003) observaram que, em dieta à base de silagem de milho, a substituição total do fubá de milho por raspa de mandioca (11,57% da dieta total) mais polpa cítrica peletizada não alterou ($p \geq 0,05\%$) a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (respectivamente de 16,83 e 16,98 kg/dia), de vacas da raça Holandesa no terço final da lactação.

Níveis de inclusão de 55% a 75% de farelo de raspas em suplementos concentrados (12% de PB), contendo como fontes nitrogenadas uréia e farelos de soja ou de algodão, foram sugeridos para terminação de bovinos de corte mantidos em pastagens ou recebendo forragens no cocho (Buitrago A., 1990). Sampaio & Ferreira Filho (1995) formularam suplemento concentrado (12% de PB e 76% de NDT) com 60% de raspa de mandioca, 28% de feno de parte aérea de mandioca, 8% de farelo de soja, 2% de melaço, 1% de uréia e 1% de minerais, para novilhos (300 kg de peso vivo) em pastagem de *Brachiaria* sp., com ganho diário esperado de 1,3 kg. Carvalho (1983) sugeriu o uso de mistura concentrada com 90% de farelo de raspas e 10% de uréia. No entanto, recomendou que esta mistura deve ser bem homogênea e alertou que seu fornecimento aos animais deve ser gradativo, devendo ser observado período de adaptação de aproximadamente 20 dias.

Suplemento à base de raspas de mandioca tratadas com 2% da mistura uréia:sulfato de amônio (9:1), contendo em média 8,6% de PB, armazenado por 2 a 3 dias ou imediatamente fornecido na quantidade de 1%PV para bovinos e cabras foi sugerido por Cavalcanti & Guimarães Filho (1997). Silva et al. (1998) sugeriram o potencial do uso de raspas de mandioca acrescidas de 1,5% de uréia, como suplemento de feno de capim-elefante fornecido a cabras na estação seca do ano.

Ramalho et al. (2003a) avaliaram níveis de 0%, 33%, 67% e 100% de substituição do farelo de soja por raspa de mandioca corrigida com uréia em dietas baseadas em palma forrageira (44%) e silagem de

sorgo (38%) para vacas Holandês x Zebu no terço inicial da lactação. A raspa de mandioca e a uréia foram incluídas nas dietas experimentais nos níveis de 0% a 13,5% e de 0% a 3,0%, respectivamente. Houve efeito linear negativo ($R^2 = 0,86$; $p \leq 0,013$) no consumo de MS com o aumento do nível de substituição do farelo de soja pela raspa de mandioca mais uréia.

Em outro estudo, Ramalho et al. (2003b) avaliaram níveis de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição do fubá de milho pela raspa de mandioca corrigida com uréia em dietas baseadas em palma forrageira (29%) e silagem de sorgo (26%), para vacas da raça Holandesa nos dois meses iniciais da lactação. A raspa de mandioca e a uréia foram incluídas nas dietas experimentais nos níveis de 0% a 22,56% e de 0,27% a 0,766%, respectivamente. Houve efeito linear negativo ($R^2 = 0,82$; $p \leq 0,014$) na produção de leite corrigida para 3,5% de gordura com o aumento do nível de substituição do fubá de milho pela raspa de mandioca mais uréia. Não houve efeito ($p \geq 0,05$) do nível de substituição no consumo de MS, que variou de 3,59% a 3,73% PV das vacas.

O farelo de raspa de mandioca pode ser, alternativamente, usado como aditivo na ensilagem de capim-elefante, permitindo a obtenção de valores de pH (3,93 a 4,23) e teores de MS (31,44% a 33,33%) dentro das recomendações que caracterizam silagem de boa qualidade (Coelho et al., 2003). Em outro estudo, a raspa de mandioca foi usada como aditivo (20%) na ensilagem de capim-elefante com sacharina (80%:20% – base úmida), permitindo a obtenção de silagem com pH de 3,99 e teores de MS, PB e de FDN, respectivamente, de 33,76%, 8,28% e 61,47% (Teixeira et al., 2003).

Segundo Freitas et al. (2002), a dieta composta de silagem de milho (51,49%) suplementada com raspa de mandioca ensilada com polpa cítrica (39,36%), farelo de soja (7,64%) e uréia (1,51%) permitiu consumo total de MS por novilhos mestiços semelhante ($p \geq 0,05$) ao obtido em dieta à base de silagem de milho (87,10%) e farelo de soja (12,90%), respectivamente, de 1,88% e 2,47% PV. Os autores discutiram que o processo de ensilagem minimizou os problemas de pulverulência, normalmente associados a dietas contendo farelo de raspa de mandioca. A digestibilidade aparente da MS da dieta com silagem de raspa de mandioca e polpa cítrica (65,08%) foi superior ($p \leq 0,05$) à da dieta à base de silagem de milho (56,40%). Assim, os

autores recomendaram a silagem de raspa de mandioca e polpa cítrica como alternativa para alimentação de ruminantes, lembrando da necessidade de manejo adequado para retirada e fornecimento aos animais, em face da sua rápida deterioração após abertura do silo.

No estudo de Silveira et al. (2002), a dieta com silagem de raspa de mandioca e polpa cítrica (MS = 31,12%, PB = 5,87%, FDN = 27,14%, amido = 27,68% e pH = 3,82) fornecida a novilhos mestiços Holandês x Zebu apresentou maior degradação ruminal efetiva (taxa de passagem no rúmen de 5%/h) da MS (48,4%) e da FDN (45,8%), quando comparada com a dieta à base de silagem de milho, respectivamente, 45,5% e 23,8%. Os resultados também indicaram não ter havido diferenças entre os tratamentos quanto ao pH e concentrações de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos voláteis no rúmen.

Raiz peletizada

O objetivo da peletização está relacionado à obtenção de um produto mais uniforme, com decréscimos de 25% a 40% no volume, facilitando o transporte, armazenamento e manuseio e eliminando a pulverulência peculiar no farelo de raspas de mandioca. Além disso, a peletização aumenta a densidade de nutrientes, a durabilidade e qualidade do produto. Aproximadamente 2,5 a 3,0 t de raízes frescas são necessárias para produzir 1 t de péletes, sob taxa de conversão de 33% a 40% (Müller, 1977; Oguntimein, 1988; Buitrago A., 1990).

O processo de peletização inicia-se com o aumento na umidade da raspa ou do farelo de raspa para cerca de 16% a 18%, por meio de aspersão com água ou com adição de vapor. A massa produzida é forçada a passar por pequenos orifícios, ocasionando incrementos na temperatura por fricção. Após a prensagem, os péletes são esfriados, atingindo umidade próxima a 14%, podendo ser armazenados (Oguntimein, 1988).

A qualidade final do pélete depende, principalmente, da natureza e composição do material que será processado, das características da máquina peletizadora e das condições físicas do processamento, principalmente a temperatura (Buitrago A., 1990). Resultados de composição química de raízes de mandioca peletizadas são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Composição química de raízes de mandioca peletizadas.

MS ⁽¹⁾ (%)	Concentração do nutriente (% da MS)							Fonte ⁽²⁾	
	Amido	PB	FDN	FDA	EE	Cinzas	Ca		P
90,30	72,90	2,13	-	9,00	0,82	5,22	0,04	0,10	(1)
89,13	70,37	2,50	10,38	8,44	0,71	5,50	0,26	0,08	(2)
79,80	-	3,07	14,90	14,60	0,70	8,90	0,27	0,20	(3)

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; EE = extrato etéreo; Ca = cálcio; P = fósforo.

(1) Adaptado de Zinn & DePeters (1991); (2) adaptado de DePeters & Zinn (1992); (3) adaptado de Holzner et al. (1997).

Em vacas da raça Holandesa (14 semanas de lactação), DePeters & Zinn (1992) avaliaram três níveis de inclusão (0%, 6% e 12%) de péletes de raiz de mandioca em substituição ao grão de milho triturado, em dietas com 16,63% a 17,06% de PB, baseadas em feno de alfafa (50%), polpa de beterraba (10%) e melação (9%). Farelo de algodão foi incluído em níveis crescentes para corrigir a deficiência protéica dos péletes de raiz de mandioca. Não houve diferença ($p \geq 0,05$) nos parâmetros de composição, bem como na produção de leite corrigida para 4% de gordura, em média de 27,3 kg/dia. Concluiu-se que os péletes de raiz de mandioca substituíram com sucesso o grão de milho triturado.

Níveis dietéticos crescentes (0%, 15% e 30%) de péletes de raiz de mandioca e de farelo de amendoim (0%, 2,5% e 5%), em substituição ao grão de milho floculado a vapor (75,32%, 57,82% e 40,32%) foram avaliados por DePeters & Zinn (1992). Usaram-se novilhos em crescimento (294 kg) consumindo dieta com 12,5% de PB, baseada em fenos de alfafa (6%) e de capim Sudão (6%). Concluiu-se que os péletes de raiz de mandioca podem ser incluídos em nível de até 30% na dieta, sem efeito adverso no ganho de peso diário ou no consumo de MS. Entretanto, Holzer et al. (1997) concluíram que os péletes de raiz de mandioca podem ser incluídos em até 40% em dietas de bovinos em crescimento.

Parte aérea da mandioca

Segundo Leng & Preston (1976), citados por Smith (1988), sistemas de alimentação de ruminantes baseados em forragens tropicais de baixa qualidade, resíduos ou subprodutos agroindustriais, apresentam o teor de PB como primeiro fator limitante à produção animal e demandam proteína e forragem suplementar para a manutenção de um eficiente ecossistema ruminal, que estimule o consumo de nutrientes e promova melhorias na performance produtiva.

Assim, o uso de alimentos volumosos ricos em proteína, como leguminosas tropicais, e, paralelamente, de suplementos concentrados protéicos, de baixo custo e boa disponibilidade regional, deve ser preconizado, em alternativa a outros de uso tradicional em dietas de ruminantes, embora menos atraentes do ponto de vista econômico.

A parte aérea da mandioca é, de modo geral, considerada subproduto obtido após a colheita das raízes destinadas ao consumo humano, à alimentação animal ou ao processamento industrial visando a extração do amido (Carvalho, 1984). Mas, a despeito de apresentar teores de FB normalmente inferiores e de PB próximos ou superiores aos observados em muitas forrageiras de uso comum na alimentação de ruminantes (Tabela 6), seu aproveitamento como fonte de proteína de baixo custo para produção animal tem sido reduzido. Isso foi atribuído, principalmente, à falta de conhecimento dos produtores e dos agentes de extensão rural acerca dos critérios técnicos inerentes à sua utilização (Carvalho, 1983).

Tabela 6. Porcentagem de proteína bruta e de fibra bruta das folhas e da parte aérea da mandioca e de outras forrageiras utilizadas no Brasil.

	Proteína bruta (%)	Fibra bruta (%)
Folhas frescas		
Mandioca (valor médio obtido em três trabalhos)	7,1	1,4
<i>Desmodium barbatum</i>	7,8	13,7
<i>Stylosanthes ingrata</i>	4,4	6,8
<i>Pueraria phaseoloides</i>	4,3	8,4
Folhas secas		
Mandioca (valor médio obtido em sete trabalhos)	25,0	13,3
Forragem seca		
Mandioca (valor médio obtido em oito trabalhos)	17,2	23,5
<i>Desmodium barbatum</i>	8,5	29,5
<i>Stylosanthes ingrata</i>	17,6	21,7
<i>Pueraria phaseoloides</i>	4,0	23,8
<i>Pennisetum purpureum</i>	11,0	26,0
<i>Panicum maximum</i>	7,0	38,0
<i>Brachiaria brizantha</i>	10,0	27,0
<i>Digitaria decumbens</i>	10,8	34,4
<i>Medicago sativa</i> (valor médio em cinco trabalhos)	17,2	30,4

Fonte: Adaptado de Montaldo (1977), citando diversos autores.

Sensíveis às vantagens e oportunidades implícitas em um sistema integrado de produção agrícola e pecuária, pesquisadores em várias partes tropicais do Mundo têm disponibilizado considerável quantidade de informações técnicas, visando incrementar o uso da parte aérea da mandioca na alimentação animal.

Considerada cultura com propósitos alternativos de produção (Preston, 2001), sistemas de manejo diferenciados para o cultivo de mandioca são recomendados. Em plantios destinados à produção convencional de raízes, a parte aérea assume importância secundária, sendo obtida ao final do ciclo de crescimento da cultura (Carvalho, 1984) ou, no máximo, em um ou dois cortes durante seu desenvolvimento (Preston, 2001). Segundo Gil Ll. & Buitrago A. (2002), cortes na parte aérea antes dos 4 ou 5 meses de idade das plantas estão associados a reduções na produtividade das raízes. Além disso, para evitar-se eventuais limitações de ordem qualitativa ou quantitativa na produção de raízes, especial atenção deve ser dedicada aos aspectos relacionados ao clima, à variedade, à densidade de plantio e à frequência dos cortes (Pezo et al., 1984; Ospina P. & Cadavid, 2002).

Ademais, quando a máxima produção de proteína é o objetivo principal da cultura, a parte aérea deve ser cortada a cerca de 50 a 70 cm acima do solo, em intervalos de 2 a 3 meses, possibilitando obter-se até 4 t/ha/ano de PB. Sob tal manejo, as raízes exercem a função de reserva de nutrientes para a rebrota da parte aérea. Esse manejo da mandioca como cultura perene foi conduzido no Camboja e, conforme Preston (2001), pode prolongar-se por dois a três anos se os nutrientes do solo, exportados para a parte aérea, forem reciclados sob a forma de pesada fertilização orgânica. Segundo Ospina P. & Cadavid (2002), em sistemas visando a produção de raízes foi observada extração de 4,42 kg de nitrogênio por tonelada colhida de raízes frescas (incluindo parte aérea), enquanto em sistema de três cortes da parte aérea, em um período de nove meses, foi detectada uma extração de 9,26 kg de N por tonelada de parte aérea fresca colhida.

Na Fig. 1 é apresentada sugestão para manejo semiperene da cultura da mandioca (Wanapat et al., 1997), baseado em um primeiro corte da parte aérea (15 cm acima do solo) aos três meses após o plantio, seguido de mais dois em intervalos de três meses. Na estação seca do ano, faz-se o quarto corte da parte aérea e, concomitantemente, o arranquio das raízes. Sob este manejo, Wanapat et al. (1997) relataram produtividade total da parte aérea de 40.820 kg/ha (forragem in natura) ou 20.400 kg/ha (feno) ou 5.102 kg/ha de PB. Segundo Wanapat (2002), nesse sistema de manejo pode-se ainda conduzir a cultura da

mandioca em consórcio com leguminosas tropicais, que, além dos benefícios à fertilidade do solo, contribuem com grãos para alimentação humana (exemplo: *Vigna unguiculata*) ou forragem adicional para ruminantes (exemplo: *Leucaena leucocephala*).

As diferenças nos manejos propostos para máxima produção de parte aérea na cultura da mandioca (Wanapat et al., 1997; Wanapat, 2002; FAO, 2003a) podem estar relacionadas à altura e ao intervalo de corte, podendo ser parcialmente atribuídas à variedade utilizada, bem como às condições edafoclimáticas vigentes para o desenvolvimento da cultura, ou ao plano de alimentação proposto.

← Estação seca do ano →				← Estação chuvosa do ano →				← Estação seca do ano →			
jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
		2º corte			3º corte			Plantio			1º corte
								4º corte e colheita das raízes			

Fig. 1. Manejo semiperene da cultura de mandioca visando à produção de parte aérea, para as condições climáticas da Tailândia.

Fonte: Adaptado de Wanapat et al. (1997).

Segundo Smith (1988), a identificação de variedades mais adequadas visando altas produtividades de parte aérea, além de estudos agrônômicos para definição de aspectos relativos à densidade populacional de plantas, intervalos de cortes e práticas de fertilização são necessários para melhor explorar o potencial nutritivo das folhas de mandioca em dietas para ruminantes.

A parte aérea da mandioca é, de modo geral, bem aceita pelos ruminantes, podendo ser fornecida como material verde picado ou ainda consumida sob a forma de feno, silagem ou péletes (Carvalho, 1984).

Parte aérea fresca fornecida sob a forma de verde picado

Este é o modo mais simples de fornecimento da parte aérea da mandioca aos animais. Em se tratando de variedades “mansas”, após a colheita a parte aérea é picada e imediatamente colocada nos cochos de alimentação dos ruminantes, haja vista não oferecer perigo de toxidez. Mas, para variedades “bravas”, recomenda-se que, após a

picagem da parte aérea, seja feita uma murcha em condições ambiente, por um período mínimo de 24 horas, e que a forragem assim obtida, quando destinada a ruminantes, seja misturada com 50% de outros volumosos (Carvalho, 1983). A introdução dessa forragem na dieta deve ser feita de modo gradativo.

Na Tabela 7 são apresentados resultados de composição química da parte aérea ou de folhas da mandioca, fornecidas frescas. Segundo Camarão et al. (1993) e Gil Ll. & Buitrago A. (2002), a qualidade nutricional da parte aérea da mandioca depende da variedade utilizada, do estágio fisiológico da planta, de fatores relacionados ao solo e da relação proporcional entre folhas e hastes. Gil Ll. & Buitrago A. (2002) recomendaram usar, na alimentação de ruminantes, a fração da parte aérea constituída pelas folhas, pecíolos e hastes mais tenras, evitando-se as partes lenhosas da planta (Tabela 8). Em termos práticos, utiliza-se apenas o terço superior da parte aérea, mais enfolhado e, conseqüentemente, mais rico do ponto de vista nutricional (Carvalho & Kato, 1987; Sampaio & Ferreira Filho, 1995), o qual alguns autores denominam de rama (Camarão et al., 1993). A utilização dos dois terços superiores da parte aérea para alimentação de animais foi, no entanto, recomendada por Carvalho (1984).

Avaliações da degradabilidade ruminal *in situ* da PB (Rodriguez et al., 1996), da FDN e da FDA (Velooso et al., 2000) de folhas de mandioca (Tabela 9) demonstraram elevadas taxas (c) e potenciais de degradação no rúmen (A). Segundo Martins et al. (1999), estes são os dois parâmetros de degradação ruminal mais importantes na qualificação de alimentos para ruminantes. Os valores observados para degradabilidade efetiva da FDN das folhas de mandioca sugerem bons níveis de consumo para essa forragem. Camarão et al. (1993), citando diversos autores, apresentaram dados elevados de consumo de MS de parte aérea de mandioca por bubalinos e bovinos (3,60% a 3,90% PV). Trabalhando com novilhos Zebu (220 kg de peso vivo), Ffoulkes et al. (1977) relataram consumo médio de 2,00% PV de MS de parte aérea total da mandioca, fornecida picada fresca (21,0% de MS), cortada a 30 cm acima do nível do solo e composta de folhas, pecíolos e hastes. Nesse mesmo trabalho foi relatado ainda que a digestibilidade aparente da MS da parte aérea da mandioca, que foi fornecida como alimento exclusivo aos novilhos, foi de 66,5%.

Tabela 7. Composição química da parte aérea fresca ou de folhas da mandioca.

MS ⁽¹⁾ (%)	Concentração do nutriente (% da MS)									Fonte ⁽²⁾
	PB	FB	FDN	FDA	ENN	EE	Cinzas	Ca	P	
Parte aérea da mandioca										
28,0	24,0	20,6	-	-	37,7	6,5	6,2	1,50	0,27	(1)
21,3 a 23,8	18,1 a	-	23,7 a	-	-	-	-	-	-	(2)
	22,2		26,7							
14,5 a 18,5	22,8 a	15,2 a	-	-	39,9 a	5,0 a 7,0	7,6 a 8,6	0,98 a	0,52 a	(3)
	29,0	26,0			45,0			1,41	0,73	
Folhas de mandioca										
-	23,20	21,90	-	-	42,20	4,80	7,80	0,972	0,576	(4)
-	37,63	-	43,74	30,04	-	5,86	6,86	-	-	(5) ⁽³⁾
-	23,9 a	9,7 a	-	-	31,7 a	13,3 a	5,0 a 7,9	-	-	(6)
	34,7	14,6			45,5	15,6				
16,5	23,6	15,3	-	-	-	-	6,78	-	-	(7)

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; ENN = extrato não-nitrogenado; EE = extrato etéreo; Ca = cálcio; P = fósforo.

⁽¹⁾ Adaptado de Buitrago A. (1990): folhas e bastos tenras; ⁽²⁾ adaptado de Ty & Rodriguez (2001): último metro da parte aérea; ⁽³⁾ adaptado de FAO (2003a), citando Holm (1971): amostras de folhas frescas; ⁽⁴⁾ adaptado de Devendra (1977): amostras de folhas; ⁽⁵⁾ adaptado de Vileoso et al. (2000): folhas de mandioca; ⁽⁶⁾ adaptado de Phuc et al. (2001): amostras de folhas de seis variedades de mandioca; ⁽⁷⁾ adaptado de Quang Do et al. (2002): amostras de folhas e pecíolos.

⁽³⁾ Nitrogênio insolúvel em detergente ácido = 9,58 % do N total ou 3,60% da PB; carboidratos não-estruturais = 9,51%.

Tabela 8. Composição química de farelos de diferentes constituintes da parte aérea da mandioca.

Componentes da parte aérea da mandioca	MS ⁽¹⁾ (%)	Concentração do nutriente (% da MS)					
		PB	FB	EE	Cinzas	Ca	P
Folhas	92,2	22,70	11,00	6,30	10,90	1,68	0,29
Folhas + pecíolos	91,0	21,60	11,60	6,30	9,80	1,70	0,24
Folhas + pecíolos + hastes	92,4	20,20	15,20	5,30	8,50	1,68	0,28

⁽¹⁾MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; Ca = cálcio; P = fósforo.

Fonte: Adaptado de Gil L.L. & Buitrago A. (2002), citando Frans van Poppel (2001).

Tabela 9. Parâmetros de degradação ruminal in situ de nutrientes de produtos da mandioca.

Produto	Nutriente ⁽¹⁾	A ⁽²⁾ (%)	c (%/h)	DE (%)	Fonte ⁽³⁾
Folhas de mandioca	PB	95,52	9,30	71,65	(1)
Folhas de mandioca	FDN	77,62	9,70	51,22	(2)
Folhas de mandioca	FDA	69,44	10,20	46,60	(2)
Raspa de mandioca	MS	93,50	10,00	75,00	(3)
Raspa de mandioca	PB	84,00	12,80	71,70	(3)
Raspa de mandioca	Amido	99,30	6,70	79,1 (62,7) ⁴	(4)
Feno de parte aérea da mandioca	MS	56,76	6,99	35,53	(5)
Feno de folhas de mandioca	PB	70,00	1,60	47,00 ⁵	(6)
Feno de pecíolos de mandioca	PB	77,80	0,40	28,00 ⁵	(6)
Feno de hastes de mandioca	PB	44,80	0,20	56,90 ⁵	(6)
Feno de parte aérea total de mandioca	PB	47,90	3,70	48,80 ⁵	(6)

PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; MS = matéria seca.

²A = potencial de degradação; c = taxa de degradação; DE = degradabilidade efetiva calculada a uma taxa de passagem ruminal de 5%/h.

³(1) adaptado de Rodríguez et al. (1996); (2) adaptado de Veloso et al. (2003); (3) adaptado de Martins et al. (1999); (4) adaptado de Zecula et al. (1999); (5) adaptado de Carvalho et al. (2002); (6) adaptado de Wanapat et al. (1997); parte aérea cortada a 15 cm do solo (manejo perene da cultura para produção de forragem).

⁴Entre parênteses: DE corrigida para perdas de partículas no tempo zero.

⁵Taxa de passagem no rimen não informada.

A folha de mandioca apresentou alta porcentagem de proteína efetivamente degradada no rúmen (66,20%), caracterizando-a como forrageira que oferece rápida e abundante disponibilidade de compostos nitrogenados para os microrganismos ruminais. Da fração da PB que escapou da degradação ruminal (28,35%), cerca de 59% foi digestível no intestino (Rodriguez et al., 1996).

Segundo Buitrago A. (1990), as categorias de bovinos que melhor respondem a um programa de alimentação à base de forragem de parte aérea da mandioca fornecida fresca são aquelas com maiores requerimentos nutricionais, como vacas de alta produção e novilhos em terminação. Na Tabela 10 são apresentadas sugestões feitas por Buitrago A. (1990) para inclusão da parte aérea da mandioca fornecida fresca, em dietas de vacas em lactação e de novilhos em terminação.

Quang Do et al. (2002) avaliaram o consumo, a digestibilidade e a retenção de nitrogênio por caprinos (11,8 kg de peso vivo) alimentados *ad libitum* com dieta à base de palhada de arroz tratada com 4% de uréia (9,6% de PB e 26,9% de FB), suplementada com forragem da parte aérea da mandioca (folhas e pecíolos), fornecida fresca, em níveis crescentes de substituição ao capim *Brachiaria mutica* (12% de PB e 28,6% de FB). Ocorreram efeitos positivos em todos os parâmetros avaliados (Tabela 11), em resposta ao incremento na inclusão da parte aérea da mandioca na dieta dos caprinos. Foi observado que os animais ingeriram primeiro a parte aérea da mandioca e, em seguida, o capim, o que pode ser considerado indicício de boa palatabilidade daquela forragem.

Trabalhando com bovinos (114 kg de peso vivo) recebendo dieta à base de palhada de arroz (2,5% a 4,0% de PB) e suplemento (330 g/animal/dia) com 13% de uréia, Seng et al. (2001) alegaram que o fornecimento de 30 g/kg de peso vivo, de forragem (fresca, picada) de parte aérea da mandioca (18% a 22% de PB), permitiu maior ($p \leq 0,01$) ganho diário de peso e menor conversão alimentar, principalmente sob efeito sinérgico de óleo de cozinha incluído na dieta à razão de 5 ml/kg de peso vivo. A forragem da parte aérea da mandioca (folhas, pecíolos e hastes) foi obtida sob manejo perene da cultura, com intervalos de 50 a 80 dias entre cortes da planta, feitos a 70 cm acima do nível do solo.

Manejando a cultura da mandioca de forma perene, conforme descrito por Seng et al. (2001), Sokerya & Rodriguez (2001) alegaram

Tabela 10. Sugestões para inclusão de parte aérea de mandioca fornecida fresca em dietas de vacas em lactação e de novilhos em terminação.

Alimento	Vacas em lactação				Novilhos em terminação			
	Nível de produção de leite (kg/vaca/dia)				Ganho de peso esperado (kg/animal/dia)			
	15 a 20		10 a 15		0,8 a 1,0		0,6 a 0,8	
	----- Quantidade de alimento (kg/animal/dia, matéria natural) -----							
Parte aérea da mandioca	22	30	15	20	8	10	7	10
Silagem de milho	25	-	20	-	19	-	14	-
Capim-elefante picado	-	35	-	30	-	16	-	16
Melaço	-	-	-	-	-	3	-	1
Mistura mineral								

Fonte: Adaptado de Buitrago A. (1993).

Tabela 11. Valores médios de consumo, digestibilidade aparente e retenção de nitrogênio (N) de caprinos alimentados com dieta à base de palhada de arroz tratada com 4% de uréia, suplementada com forragem da parte aérea da mandioca (folhas e pecíolos), fornecida fresca, em níveis crescentes de substituição ao capim *Brachiaria mutica*.

Parâmetro avaliado	Proporções (%) de capim (C) e forragem da parte aérea da mandioca (FM) ¹⁾ na matéria seca do suplemento volumoso					
	100 C	75 C + 25 FM	50 C + 50 FM	25 C + 75 FM	100 FM	EPM ²⁾
Consumo (g/dia de matéria seca)						
Palhada de arroz amonizada	75,8	93,9	97,3	130,0	157,0	-
Forragem da parte aérea da mandioca	0,0	35,0	71,3	104,0	138,0	-
	(0,0) ³⁾	(14,8)	(29,3)	(38,5)	(46,6)	-
Capim <i>B. mutica</i>	139,0	108,0	74,6	36,2	0,0	-
Total	215,0	237,0	243,0	270,0	296,0	0,01
Digestibilidade aparente (%)						
Matéria seca	36,4	45,0	46,0	51,4	56,5	1,64
Matéria orgânica	42,3	51,0	51,5	57,3	62,0	1,38
Fibra bruta	50,7	57,5	58,5	61,0	63,2	1,90
Retenção de N (g/dia)	0,06	2,54	3,41	4,21	5,27	0,0186

Suplementos oferecidos à razão de 10 kg de matéria natural/100 kg de peso vivo dos caprinos.

EPM = erro padrão da média. A análise de variância indicou significância ($P < 0,001$), mas não foi apresentado teste de médias.

³⁾ Entre parênteses, proporção (%) da forragem da parte aérea da mandioca na matéria seca da dieta total.

Fonte: Adaptado de Quang Do et al. (2002).

que caprinos (9 a 16 kg de peso vivo), consumindo dieta à base de grãos de cervejaria ensilados, fornecidos *ad libitum* e suplementados com forragem da parte aérea da mandioca (10 kg de matéria natural/100 kg de peso vivo), apresentaram maior ($P < 0,001$) consumo total de MS e de MS proveniente da forrageira, e maior ($p \leq 0,01$) ganho diário de peso (44,9 g/dia), em comparação com animais que receberam outros volumosos (folhas frescas de banana, folhas das leguminosas arbustivas *Flemingia macrophylla* ou *Desmanthus virgatum* e pastagem natural). O consumo médio de 933 g/animal/dia, de forragem fresca da parte aérea da mandioca, correspondeu a 60% da MS total ingerida. Adicionalmente, foi verificada menor contagem de ovos de nematódeos intestinais nos caprinos que consumiram a forragem da parte aérea de mandioca. A menor capacidade de hospedar larvas infestantes de nematódeos e a eventual presença de compostos secundários com atividade antihelmíntica foram aspectos considerados pelos autores para explicar esse último resultado, que se evidencia importante para aplicação em sistemas sustentáveis de produção moldados na agricultura familiar.

Parte aérea ensilada

Segundo Carvallio (1984), o processo de ensilagem em relação ao da fenação da parte aérea da mandioca, além de não depender de fatores climáticos, mantém melhor o valor nutritivo da forragem e evita a perda excessiva de follias. Além disso, Ty & Rodriguez (2001) alegaram que houve redução linear ($P < 0,001$) na concentração de HCN em função do tempo de ensilagem da parte aérea da mandioca. Aos 56 dias de ensilagem, a concentração de HCN foi reduzida de 86,6 mg/kg para aproximadamente 20 mg/kg de material fresco, estando esse valor na faixa de utilização segura.

O segredo na preparação de uma boa silagem está na rapidez da colheita, da picagem e do acondicionamento do material a ser armazenado. Carvalho (1997) recomendou aproveitar toda a parte aérea da mandioca, haja vista que as hastes contêm cerca de 18% a 22% de carboidratos solúveis, que, nas reações da fase inicial do processo fermentativo, exercem papel importante para rápida redução do pH, inibindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e preservando as características nutritivas do material ensilado. Deve-se

picar a parte aérea em fragmentos de 1 a 2 cm, diretamente dentro do silo. A compactação deve ser feita a cada camada de 10 a 20 cm de forragem colocada no silo. Os demais passos do processo de ensilagem são semelhantes aos descritos no item Raiz desidratada (sob a forma de raspa de mandioca ou de farelo de raspa). Carvalho (1997) também recomendou que a abertura dos silos seja feita somente após 30 dias de armazenamento.

A parte aérea da mandioca é uma forragem com qualidade nutritiva superior à da maioria das gramíneas empregadas na ensilagem. Segundo Carvalho (1997), na ensilagem do capim-elefante com 25% de parte aérea de mandioca houve sensível melhora tanto no valor nutritivo, quanto na qualidade do ensilado final. Von Tiesenhausen (1987) discutiu que, quando associada a gramíneas para ensilagem, a parte aérea da mandioca melhora a fermentação no silo, além de aumentar o teor protéico da silagem resultante.

Trabalhando com ovinos (36,25 kg de peso vivo) recebendo exclusivamente feno de capim *Brachiaria dictyonoura*, Gomes et al. (2003) relataram incrementos nos consumos de feno e total, quando silagem de parte aérea de mandioca foi incluída na dieta, na proporção (base seca) de 70:30 (feno:silagem). A digestibilidade aparente da silagem de parte aérea de mandioca foi de 64,67%.

Na Tabela 12 são apresentados resultados de composição química da silagem da parte aérea da mandioca. Fatores relacionados ao processo e tempo de ensilagem (Faustino et al., 2003), local de amostragem no perfil do silo (Ítavo et al., 2002; Modesto et al., 2003c) e fração da parte aérea utilizada (Oliveira et al., 1984, citados por von Tiesenhausen, 1987) influenciaram na composição bromatológica da silagem.

Considerando o fornecimento diário de 0,75% PV de MS, von Tiesenhausen (1987) calculou, para diferentes categorias de bovinos, as estimativas de consumo de silagem da parte aérea da mandioca, apresentadas na Tabela 13.

Modesto et al. (2003a, 2003b) avaliaram o consumo, a digestibilidade aparente, a produção e a composição do leite de vacas da raça Holandesa (100 ± 20 dias em lactação) alimentadas com dieta à base de 50% de concentrado e 50% de volumoso constituído por níveis crescentes de substituição (0%, 20%, 40% e 60%) da silagem de milho por silagem da parte aérea da mandioca. Como não foram observadas

Tabela 12. Composição química da silagem da parte aérea da mandioca.

MS ⁽¹⁾ (%)	Concentração do nutriente (% da MS)									pH	Fonte ⁽²⁾
	PB	FB	FDN	FDA	Lignina	EE	Cinzas	Ca	P		
24,19	10,29	36,52	-	-	-	-	-	0,79	0,13	4,04	(1) ⁽³⁾
24,15	12,15	33,26	-	-	-	-	-	0,87	0,13	4,11	(1) ⁽⁴⁾
29,34 a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,96 a	(2)
30,40										4,13	
21,02 a	18,35 a	-	38,00 a	29,04 a	8,37 a	3,20 a	-	-	-	-	(3) ⁽⁴⁾
26,92	22,72	-	41,20	30,51	9,51	5,03	-	-	-	-	
25,20	19,46	-	50,75	40,86	12,43	4,25	7,42	-	-	-	(4)

⁽¹⁾MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; EE = extrato etéreo; Ca = cálcio; P = fósforo.

⁽²⁾(1) Adaptado de Oliveira et al. (1984), citados por von Tiesenhausen (1987); (2) adaptado de Ítavo et al. (2002); (3) adaptado de Faustino et al. (2003); (4) adaptado de Modesto et al. (2003c).

⁽³⁾Silagem da parte aérea total.

⁽⁴⁾Silagem do terço superior da parte aérea.

Tabela 13. Estimativas de consumo de feno e de silagem da parte aérea da mandioca por diferentes categorias de bovinos.

Categorias	Parte aérea da mandioca (kg/dia de matéria natural)	
	Feno (com 86% de MS)	Silagem (com 25% de MS)
Touro	4,60	15,75
Vaca	3,70	12,60
Bovinos de 0 a 1 ano ¹⁾	0,90	3,15
Bovinos de 1 a 2 anos	1,85	6,10
Bovinos de 2 a 3 anos	2,80	9,45
Animais de tração	4,60	15,75

¹⁾Fornecer silagem apenas para animais com idade acima de três meses.
Fonte: Adaptado de von Tiesenhausen (1987).

diferenças ($p \geq 0,05$) para a maioria dos parâmetros avaliados, os autores sugeriram que a silagem da parte aérea da mandioca pode substituir em até 60% a silagem de milho, correspondendo a 20% de inclusão na dieta total. As médias observadas para consumo de MS e produção de leite corrigida para 4% de gordura foram, respectivamente, de 2,63% PV e 24,54 kg/vaca/dia.

Parte aérea fornecida sob a forma desidratada (feno ou farelos)

O processo de desidratação da parte aérea da mandioca apresenta três objetivos principais, a saber: reduções na umidade; diminuição nas concentrações de HCN para níveis não-tóxicos; e facilitar a incorporação do produto final em rações balanceadas (Buitrago A., 1990). A secagem ao sol eliminou acima de 90% do HCN presente na parte aérea fresca da mandioca, além de aumentar a palatabilidade da forragem e o tempo de armazenagem (Wanapat, 2001).

Segundo Carvalho (1997), durante o processo de desidratação natural (secagem ao sol) da parte aérea da mandioca, condições ambiente de alta umidade e ocorrência de chuvas podem prejudicar a qualidade do produto final obtido. Além disso, a perda de folhas (28% a 32% de PB) secas, decorrente do manuseio do feno, deve ser evitada. Este autor recomendou corte da parte aérea da mandioca à altura de 40 cm, visando a maior concentração de folhas e, por conseguinte, de PB. Após a colheita, deve-se triturar a forragem em picadeira, em fragmentos menores que 2 cm. O material assim obtido deve ser exposto ao sol (15 kg/m²) sobre

terreiro cimentado ou lona plástica. No primeiro dia, procurar revirar a forragem picada de duas em duas horas e, no segundo dia, duas vezes. Após completamente seco (12% de MS), o que se verifica, normalmente, no terceiro dia, o feno da parte aérea da mandioca deve ser ensacado e armazenado em ambiente seco e arejado. Nessas condições, conserva seu valor nutritivo por mais ou menos um ano. Alternativamente, pode ser transformado, por moagem, em farelo da parte aérea da mandioca, o que favorece o manuseio, a conservação e a mistura com outros ingredientes da ração.

Wanapat et al. (1997), nas condições climáticas da Tailândia, relataram a obtenção de feno de parte aérea da mandioca, cortada 15 cm acima do nível do solo, a partir da secagem ao sol por 3 a 5 dias. Segundo eles, um curto período de secagem (2 a 3 dias) é essencial para evitar o desprendimento das folhas. Entretanto, um período maior (4 a 6 dias) é necessário para a secagem das hastes e pecíolos, que apresentam maiores concentrações de água. O recolhimento do feno no campo é feito em feixes e seu armazenamento em fardos.

O método de desidratação da parte aérea da mandioca afeta a qualidade e a quantidade de nutrientes no produto final. Além da redução na eficiência de eliminação do HCN, altas temperaturas de secagem, associadas à presença de umidade, predispõem a ocorrência das reações de Maillard entre aminoácidos e açúcares redutores, originando complexos indigestíveis para os animais. No caso de folhas de mandioca, o teor de lisina é especialmente afetado. A secagem ao sol não oferece perigo à disponibilidade de lisina, mas pode reduzir o conteúdo de caroteno da parte aérea (Gil Ll. & Buitrago A., 2002).

Segundo Buitrago A. (1990), o farelo de parte aérea da mandioca com alta proporção de folhas deve apresentar a seguinte composição bromatológica: 90% de MS; 20,0% de PB; 18,5% de FB; 65% de NDT; 2,70 Mcal/kg de matéria seca de energia digestível (ruminantes); 1,20% de Ca e 0,30% de P.

Na Tabela 14 são apresentados resultados de composição química do feno e do farelo da parte aérea da mandioca. De modo geral, todas as frações que compõem a parte aérea da mandioca (24,9% de PB) apresentam concentrações elevadas de PB, a saber, folhas, hastes e ramos, respectivamente, com 32,3%, 14,6% e 8,9% de PB. Além disso, os teores de FDN, FDA e lignina do feno da parte aérea da mandioca são relativamente baixos (Wanapat et al., 1997).

Tabela 14. Composição química do feno e do farelo da parte aérea da mandioca.

MS ⁽¹⁾ (%)	Concentração do nutriente (% da MS)					Cinzas	Taninos condensados (g/kg)	Fonte ⁽²⁾
	PB	FDN	FDA	Lignina	EE			
84,55	16,12	-	-	-	2,55	11,00	-	(1)
93,40	24,90	34,40	27,00	3,80	-	6,60	-	(2)
93,00	14,05	74,82	45,38	15,92	-	-	-	(3)
91,70	22,50	25,60	18,80	-	7,57	-	-	(4)
92,00	23,50	55,20	31,40	-	-	4,20	32,6	(5)
91,80 a	20,60 a	57,60 a	31,00 a	-	-	6,80 a	38,0 a 42,0	(6)
92,10	22,00	58,80	32,00	-	-	7,10	-	(7)
92,30	19,20	58,80	31,00	-	-	7,40	30,7	(7)
92,30	23,40	50,40	45,00	-	-	13,50	30,5	(8)
92,43	14,24	48,25	34,48	-	3,14	8,79	-	(9) ^v

¹MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; EE = extrato etéreo.

²(1) Adaptado de Batista (1981); farelo de parte aérea; (2) adaptado de Wanapat et al. (1997); feno de parte aérea (cortada a 15 cm do solo, manejo perene da cultura visando a produção de torragem); (3) adaptado de Queiroz et al. (1998); feno de parte aérea obtido por secagem artificial; (4) adaptado de Khang & Wiktorsson (2001); farelo de folhas; (5) adaptado de Nerpina et al. (2001); feno de parte aérea; (6) adaptado de Pongthompu et al. (2004); feno de parte aérea cortada a 10-15 cm do solo (manejo perene da cultura); (7) adaptado de Yuangklang et al. (2001); feno de parte aérea; (8) adaptado de Wanapat et al. (2004); feno de parte aérea; (9) adaptado de Tavares et al. (2003); farelo de parte aérea.

^vDigestibilidade in vitro da MS = 54,14%.

Fatores relacionados à variedade, local de produção do feno (Limsila et al., 2002), fração da parte aérea utilizada (Wanapat et al., 1997), método de plantio e nível de fertilização orgânica (Poungchompu et al., 2001), e orientação do manejo da cultura visando a produção preferencial de raízes ou de parte aérea (Limsila et al., 2002), são conhecidos por influenciar na composição bromatológica do feno da parte aérea da mandioca.

Segundo comparação feita por Wanapat et al. (1997), o feno da parte aérea da mandioca apresenta maior teor de PB e menores concentrações de FDN, FDA e lignina em relação ao feno de alfafa (Tabela 15), caracterizando-o, portanto, como de elevado valor nutricional. Isto foi confirmado pelos elevados valores de consumos de MS (3,20% PV ou 11,2 kg/dia) e de digestibilidade aparente da MS (71%) de feno da parte aérea fornecido como alimento exclusivo a novilhos (350 kg de peso vivo) da raça Holandesa. O pH ruminal desses animais manteve-se em níveis elevados, de 6,95 a 7,11 (Wanapat et al., 1997).

Segundo Wanapat (2001, 2002), o feno da parte aérea da mandioca contém de 2% a 4% de taninos condensados. Principalmente sob pH ruminal alcalino (Wanapat, 2001), característico de dietas à base de feno de parte aérea de mandioca (Wanapat et al., 1997; Yuangklang et al., 2001), os taninos formam complexos com a proteína, reduzindo sua degradação ruminal e permitindo seu escape para digestão em nível intestinal (Reed, 1995; Wanapat, 2001). Entretanto, Reed (1995) alegou que os taninos condensados poderiam afetar negativamente o consumo, por reduzir a palatabilidade ou afetar a digestão. Barry & Duncan (1984) relataram depressão no consumo e na digestibilidade aparente da matéria orgânica em ovinos recebendo forragem de leguminosa (*Lotus pedunculatus*) contendo 6,2% de taninos condensados. No momento da colheita das raízes, as folhas adultas de mandioca fornecidas frescas apresentam cerca de 6% de taninos condensados (Wanapat, 2002). Além disso, os taninos condensados do feno da parte aérea da mandioca (Tabela 14) atuam como agentes anti-helmínticos naturais, reduzindo a contagem de ovos de nematódeos gastrintestinais nas fezes de búfalos e vacas, pastejando *B. ruziziensis* suplementada com palhada de arroz tratada com uréia (Netpana et al., 2001).

Tabela 15. Comparação entre fenos de parte aérea da mandioca (cultura com três meses, estágio vegetativo jovem) e de alfafa (estádio vegetativo de floração parcial).

Tipo de feno	Parâmetro bromatológico					
	MS ⁽¹⁾	PB	FDN	FDA	Cinzas	Lignina (H ₂ SO ₄)
	(%)	(% da MS)				
Parte aérea da mandioca	93,4	24,9	34,4	27,0	6,6	3,8
Alfafa	90,0	17,0	46,0	35,0	9,1	9,0

⁽¹⁾ MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido.

Fonte: Adaptado de Wanapat et al. (1997).

Wanapat (2002) alegou que a suplementação com 1 a 2 kg/dia, de feno de parte aérea da mandioca para vacas em lactação, reduz as necessidades de suplementos concentrados e promove melhorias nas variáveis de produção e composição do leite, além de incremento na vida de prateleira desse alimento, possivelmente pelo aumento na concentração do tiocianato, metabólito originado da destoxificação do HCN. Segundo Claesson (1994) citado por Wanapat (2001), o tiocianato é requerido no sistema lactoperoxidase, mas suas concentrações não deveriam exceder de 20 ppm no leite. Vacas em lactação, recebendo feno de parte aérea da mandioca como suplemento, apresentaram teor de 19,5 ppm de tiocianato no leite (Wanapat, 2001).

O feno da parte aérea da mandioca apresenta maior concentração de nutrientes em relação à forragem fresca, podendo ser usado na preparação de suplementos concentrados protéicos para categorias de bovinos nas fases de maior requerimento nutricional, tais como vacas em lactação, bezerras lactentes ou em crescimento e novilhos em terminação (Gil Ll. & Buitrago A., 2002).

Considerando o fornecimento diário de 0,75% PV de MS, von Tiesenhausen (1987) calculou, para diferentes categorias de bovinos, as estimativas de consumo de feno da parte aérea da mandioca, já apresentadas na Tabela 13.

Carvalho (1983) apresentou diversas sugestões para inclusão do feno da parte aérea da mandioca na dieta de bovinos alimentados com volumosos. Para novilhos de corte foi sugerido uso de suplemento formulado à base de 50% de farelo de raspa da mandioca, 20% de farelo da parte aérea e 30% de farelo de algodão. Para vacas em lactação, com produção superior a 5 kg de leite/dia, suplementos contendo de 30% a 35% de farelo da parte aérea da mandioca, além de outros alimentos concentrados, foram formulados para serem fornecidos na base de 0,3 kg para cada litro de leite produzido. Segundo a FAO (2003a), o farelo da parte aérea da mandioca pode compor até 35% do concentrado para vacas leiteiras. Buitrago A. (1990) fez sugestões para formulação de suplementos contendo, principalmente, farelo de raspas de mandioca, sorgo, melaço e farelo de soja, além de farelo da parte aérea da mandioca incluído nos concentrados nas proporções de 20% a 25% para vacas em lactação; de 15% a 30% para novilhas em crescimento; e de 11% a 30% para terminação de bovinos de corte.

Wanapat et al. (2001), trabalhando com vacas no terço médio da lactação, alimentadas *ad libitum* com palhada de arroz tratada com 5% de uréia (12% de PB e 80,5% de FDN), além de concentrado com 85% de raspa de mandioca (12,1% de PB) consumido com base na produção de leite, avaliaram quatro níveis de fornecimento (0; 0,6; 1,2; 1,8 kg/vaca/dia) de feno da parte aérea da mandioca. Os autores argumentaram que a melhor performance foi obtida nas vacas recebendo 1,2 kg de feno da parte aérea/dia e consumindo 1 kg de concentrado por 3 kg de leite produzido. O consumo médio total das dietas variou de 2,6% a 3,0% PV. Nesse estudo, os autores relataram efeito colateral benéfico para aumento da vida de prateleira do leite, atribuído à presença do tiocianato.

Batista (1981) relatou ganhos de peso de 669 g/dia para búfalos (10 meses de idade) em pastagem de *B. humidicola* manejada em sistema rotativo e suplementada com 1 kg/dia, de concentrado formulado com 0,7 kg de raspa de mandioca mais 0,3 kg de farelo da parte aérea.

Khang & Wiktorsson (2001) trabalharam com novilhos (230 kg de peso vivo) alimentados *ad libitum* com palhada de arroz amonizada (9,67% de PB), suplementada com concentrado à base de farelo de raspa da mandioca (1 kg/animal/dia) e níveis crescentes de fornecimento de farelo de folhas da mandioca (0; 500; 1000 e 1500 g/animal/dia ou 0%, 10%, 17% e 18% de inclusão na dieta, respectivamente). Houve incrementos ($P < 0,02$) no consumo de MS total e de palhada de arroz à medida que mais farelo de folhas de mandioca foi incluído na dieta.

O consumo total de MS foi aumentado ($p \leq 0,05$) quando palhada de milho adicionada de uréia foi suplementada com 20% de feno de rama de mandioca – FRM ou com 20% de FRM mais 5% de farelo de algodão. Os consumos observados em novilhos mestiços Holandês x Zebu (290 kg de peso vivo) foram, respectivamente de 1,70%, 1,94% e 2,10% PV. Não houve efeito da suplementação da palhada de milho sobre a taxa de passagem ruminal. Entretanto, foi verificada tendência de incremento na degradação da MS e da FDN e na taxa de degradação da MS da palhada de milho com a inclusão dos suplementos na dieta (Queiroz et al., 1998). Os autores atribuíram, parcialmente, o baixo consumo das dietas ao reduzido conteúdo energético e às elevadas concentrações de nitrogênio insolúvel em detergente ácido na palhada

de milho e no FRM (31,03% do nitrogênio total), este último em função das temperaturas (60°C a 80°C) usadas na secagem artificial para obtenção do feno.

Trabalhando com vacas da raça Holandesa, Koakhunthod et al. (2001) relataram incremento no consumo de MS (2,82%PV), na digestibilidade aparente da MS (51,1%) e na produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (9,36 kg/vaca/dia), com o uso de mistura proteínada (33,2% de PB) formulada a partir do melaço (42%) e feno da parte aérea da mandioca (30%), usada como suplemento em dieta baseada em palhada de arroz consumida *ad libitum* e concentrado (1 kg por kg de leite produzido).

O farelo da parte aérea da mandioca pode ser usado como aditivo na ensilagem de capim-elefante. Segundo Carvalho (1997), a adição de 5% de farelo da parte aérea da mandioca, distribuído no silo à medida que se colocam camadas de 20 cm de capim-elefante picado, melhora tanto o valor nutritivo quanto a qualidade do ensilado final.

Parte aérea peletizada

A parte aérea da mandioca contém proteína e energia em elevadas quantidade e qualidade. No entanto, a raiz possui alto teor de energia, sendo pobre em proteína. A mistura peletizada do farelo da parte aérea com o farelo de raspas da mandioca, que tem propriedades aglutinantes, resulta em um alimento rico em energia. Esse processo, embora não muito difundido, pode-se transformar em prática promissora de aproveitamento da mandioca na alimentação animal. Todavia, sob o ponto de vista econômico, está fora da realidade do pequeno e do médio pecuaristas, por exigir equipamentos de custo elevado (Carvalho, 1984).

Subprodutos do processamento das raízes de mandioca

A composição nutricional dos diversos subprodutos residuais originados da industrialização e transformação das raízes da mandioca é muito variável, haja vista os diferentes processos usados na sua obtenção. Sua utilização em programas de alimentação de ruminantes está diretamente associada à disponibilidade no mercado, custo

competitivo em relação a outros alimentos, características nutricionais favoráveis e composição química homogênea.

Assim, dentre vários subprodutos com potencial de inclusão em dietas de ruminantes, destacam-se a farinha de varredura, a casca de mandioca e o farelo de mandioca. Na Tabela 16 são apresentados resultados de composição química desses subprodutos.

Farinha de varredura

Segundo Jorge et al. (2002a), a farinha de varredura é o resíduo da limpeza das farinheiras, sendo composto, principalmente, de farinha suja (imprópria para consumo humano). Por ser constituída, basicamente, por polpa de raiz, apresenta baixas concentrações de FDN e de FDA e elevado teor de amido (Marques et al., 2000). O uso desse subproduto tem sido relatado em dietas para diferentes categorias de bovinos.

Trabalhando com novilhas mestiças Nelore x Aberdeen Angus ou Simental (24 meses de idade e 365 kg de peso vivo), recebendo dieta à base de silagem de milho (40%), Marques et al. (2000) alegaram que a inclusão da farinha de varredura de mandioca (43,0%), em substituição total ao milho em suplemento concentrado contendo ainda 17,0% de farelo de soja, não alterou ($p \geq 0,05$) o ganho de peso médio, o rendimento de carcaça e a conversão alimentar da MS. O consumo de MS foi menor ($p \leq 0,05$) na dieta com farinha de varredura (2,1% PV), em relação àquela contendo milho (2,7% PV). Os autores atribuíram esse último resultado à menor palatabilidade e à pulverulência desse subproduto da mandioca. Segundo eles, ao entrar em contato com a saliva dos animais, a farinha de varredura formava uma substância pastosa, dificultando seu consumo. Da mesma forma, Jorge et al. (2002a) relataram prejuízo na deglutição da farinha de varredura, desencorajando seu consumo por bezerros da raça Holandesa, e atribuíram sua menor palatabilidade ao baixo teor de extrato etéreo.

Usando dietas semelhantes às estudadas por Marques et al. (2000), Zeoula et al. (2002) não verificaram alteração no pH do rúmen de novilhos da raça Holandesa (270 kg de peso vivo), a despeito das diferenças na degradabilidade ruminal in situ dos grânulos de amido

Tabela 16. Composição química de subprodutos do processamento das raízes de mandioca.

Subproduto	MS ⁽¹⁾ (%)	Concentração do nutriente (% da MS)								Fonte ⁽²⁾
		PB	FDN	FDA	FB	Amido	ENN	EE	Cinzas	
Farinha de varredura	91,30	1,20	7,30	5,5	-	84,80	-	-	1,30	(1)
Farinha de varredura	90,70	1,80	10,40	-	2,70	85,70	-	0,10	-	(2)
Farinha de varredura	91,12	1,98	8,75	-	-	79,50	-	-	1,23	(3)
Casca de mandioca ⁽³⁾	86,40	6,25	34,30	23,9	-	-	-	-	-	(4)
Casca de mandioca ⁽⁵⁾	-	5,60	-	-	12,90	-	72,50	2,10	6,10	(5)
Casca de mandioca ⁽⁶⁾	-	6,50	-	-	18,66	-	-	2,06	9,32	(6)
Casca de mandioca ⁽⁷⁾	89,20	3,70	28,60	20,4	-	48,00	-	-	2,20	(1)
Casca de mandioca ⁽³⁾	89,69	3,59	33,18	-	-	58,26	-	-	11,59	(3)
Casca de mandioca ⁽⁴⁾	88,68	3,37	28,63	-	-	58,10	-	-	4,00	(7)
Casca de mandioca ⁽⁴⁾	28,00	1,60	-	-	3,40	-	21,70	0,60	1,80	(5)
Farelo de mandioca desidratado	81,45	2,00	-	-	14,77	76,90	-	0,30	1,36	(8)

⁽¹⁾MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; FB = fibra bruta; ENN = extrato não-nitrogenado; EE = extrato etéreo.

⁽²⁾(1) Adaptado de Marques et al. (2000); (2) adaptado de Jorge et al. (2002b); (3) adaptado de Zeoula et al. (2002); (4) adaptado de Ifut (1988); (5) adaptado de Buitrago A. (1990); (6) Camarilo et al. (1993); (7) adaptado de Fregadelli et al. (2001); (8) adaptado de Ferrari Júnior & Lavezzi (2000).

⁽³⁾Casca de mandioca desidratada.

⁽⁴⁾Casca de mandioca fresca: as concentrações de nutrientes estão expressas com base na matéria natural.

da mandioca e do milho (Zeoula et al., 1999). No entanto, na dieta com farinha de varredura, houve possivelmente melhor sincronização na degradação das frações nitrogenadas do farelo de soja e de carboidratos (amido) da farinha de varredura, reduzindo a perda de nitrogênio sob a forma de amônia ruminal e aumentando a eficiência microbiana (Zeoula et al., 2002).

Jorge et al. (2002a) concluíram que a farinha de varredura pode ser utilizada em substituição total ou parcial (25% a 75%) ao milho triturado, na alimentação de bezerros da raça Holandesa, do desaleitamento até os 180 dias de idade, com ganhos de peso considerados satisfatórios. Os autores argumentaram que a elevação dos níveis de substituição ocasionou resposta linear decrescente ($p \leq 0,01$) no consumo total de MS de concentrado, variando de 2,40% a 2,18% PV e, por conseguinte, no ganho médio de peso dos animais (1,03 a 0,90 kg/dia).

Jorge et al. (2002b) trabalharam com bezerros da raça Holandesa, com 145 dias de idade, recebendo 20% de feno de capim Tifton 85 (8,8% de PB e 76,3% de FDN) e 80% de concentrado com níveis crescentes de substituição (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) do milho triturado por farinha de varredura de mandioca. Os consumos de MS não diferiram ($p \geq 0,05$) entre os níveis de substituição, sendo, em média, de 2,7% PV. Houve efeito linear crescente para digestibilidade aparente da MS ($p \leq 0,01$), PB ($p \leq 0,05$) e amido ($p \leq 0,01$), à medida que se aumentou o nível de substituição, com valores estimados variando de 69,8% a 77,8%; 62,0% a 70,0%; e 89,3% a 99,3%, respectivamente. Segundo os autores, o uso crescente de uréia nos concentrados com níveis mais elevados de substituição do milho pela farinha de varredura, associado à alta degradabilidade ruminal do amido da mandioca, favoreceu o aumento observado na digestibilidade aparente da PB.

Trabalhando com cabras da raça Saanem em lactação (2 kg de leite/dia), recebendo 40% de feno de alfafa e 60% de concentrado com níveis crescentes de substituição do milho por farinha de varredura (0%, 33%, 67% e 100%), Mouro et al. (2002) não observaram diferença ($p \geq 0,05$) no consumo e na digestibilidade da MS, na produção ou na composição do leite. Assim, os autores recomendaram a substituição total do milho pela farinha de varredura nos suplementos de cabras em lactação.

Casca de mandioca

A casca de mandioca é o subproduto resultante do processo de descascamento da raiz para produção da farinha de mandioca, sendo composto, principalmente, de cascas e pontas (Zeoula et al., 2002). Por ser formada, principalmente, por elementos estruturais da raiz da mandioca, apresenta altos teores de FDN e de FDA e baixa concentração de amido (Marques et al., 2000). Freitas et al. (2002) argumentaram que, em função do nível tecnológico da indústria de processamento das raízes, a casca de mandioca está sujeita a maior contaminação por terra, prejudicando sua qualidade nutricional.

Nos tecidos mais superficiais da raiz de mandioca e, principalmente, na casca, concentram-se os compostos cianogênicos e o HCN livre. Este aspecto exige precauções quando a variedade de mandioca possui elevada concentração de glicosídeos cianogênicos e quando os níveis de inclusão desse subproduto sob a forma fresca na ração são altos (Gil Ll. & Buitrago A., 2002). A secagem desse subproduto ao sol por 3 a 4 dias foi procedimento adotado por Ifut (1988) para facilitar a conservação, aumentar a concentração de suas propriedades nutricionais e, concomitantemente, permitir o armazenamento por períodos mais prolongados. Além disso, favorece a mistura com outros ingredientes no preparo de rações ou de suplementos concentrados, além de eliminar a maior parte do HCN e de outros componentes voláteis presentes na casca fresca da mandioca.

Na Tabela 17 são apresentadas sugestões feitas por Buitrago A. (1990) para inclusão da casca de mandioca fornecida fresca, em dietas de vacas em lactação e de novilhos em terminação, usando ingredientes normalmente disponíveis em sistemas de produção moldados na agricultura familiar.

Trabalhando com novilhas mestiças Nelore x Aberdeen Angus ou Simental (24 meses de idade e 365 kg de peso vivo), recebendo dieta à base de silagem de milho (40%) e concentrado (60%) formulado com farelo de soja (12%) e casca de mandioca desidratada em substituição parcial ao milho, Marques et al. (2000) relataram ganho de peso médio de 1,5 kg/dia e consumo total de MS de 2,5% PV. A casca de mandioca e o milho constituíram 24% da MS do suplemento concentrado. Em relação à dieta baseada em silagem de milho (46,5%)

Tabela 17. Sugestões para inclusão de casca de mandioca fornecida fresca em dietas de vacas em lactação e de novilhos em terminação.

Alimento	Vacas em lactação				Novilhos em terminação			
	Nível de produção de leite (kg/vaca/dia)				Ganho de peso esperado (kg/animal/dia)			
	15 a 20		10 a 15		0,8 a 1,0		0,6 a 0,8	
	---- Quantidade de alimento (kg/animal/dia, matéria natural) ----							
Casca de mandioca fresca	20,00	24,00	15,00	20,00	15,00	15,00	12,0	12,00
Silagem de milho	20,00	-	15,00	-	15,00	-	10,0	-
Capim-elefante picado	-	34,00	-	20,00	-	20,00	-	15,00
Concentrado com 40% de proteína bruta	2,60	2,50	1,80	1,70	0,60	0,80	0,6	0,50
Mistura mineral	<i>Ad libitum</i> , à disposição dos animais							

Fonte: A. Laptado de Buitrago A. (1990).

mais suplemento composto exclusivamente por milho (44,3%) e farelo de soja (9,3%), não houve diferença ($p \geq 0,05$) no ganho de peso diário e no consumo de MS. Usando dietas semelhantes, fornecidas a novilhos da raça Holandesa, Zeoula et al. (2002) não verificaram alteração no pH do rúmen, a despeito das diferenças na degradabilidade ruminal in situ dos grânulos de amido da mandioca e do milho (Zeoula et al., 1999).

Lakpini et al. (1997) alegaram que não houve diferença ($p \geq 0,05$) no ganho de peso de cabras (143 a 171 g/dia) no primeiro trimestre de gestação, mantidas em pastagem natural e recebendo suplemento concentrado (1,5% PV/dia) com níveis crescentes de substituição do milho pela casca de mandioca desidratada (0% a 74,0% de inclusão na MS do suplemento).

Dieta exclusiva de casca de mandioca desidratada foi demonstrada ser inadequada para caprinos com idade de 6 a 9 meses, pesando 5 a 10 kg (Ifut, 1988). Houve perda de peso dos animais (-54,8 g/dia) em função do baixo consumo de MS e da reduzida concentração de PB da casca de mandioca. Três combinações dietéticas de *Gliricidia sepium*:*Panicum maximum*:casca de mandioca desidratada (35:35:30; 70:0:30 e 0:70:30 asseguraram balanço de nutrientes mais adequado para o crescimento dos caprinos, que, consumindo tais dietas, ganharam, em média, 66,3; 54,2 e 41,5 g/dia ($p \leq 0,05$), respectivamente.

Freitas et al. (2002) relataram inclusão de silagem de casca de mandioca adicionada de polpa cítrica peletizada (39,39%) em dieta à base de silagem de milho (51,52%), farelo de soja (7,65%) e uréia (1,44%) para novilhos mestiços. O consumo diário de MS desta dieta foi de 2,12% PV, com digestibilidade aparente de 46,53%.

Farelo de mandioca

É um subproduto da produção de fécula. Refere-se ao material descartado nos planos ou canais de deposição do leite de amido, proveniente da lavagem da mandioca triturada (Ferrari Júnior & Lavezzo, 2000). Esses autores avaliaram o efeito de níveis crescentes (0%, 2%, 4%, 8% e 12% da matéria natural) de inclusão do farelo de mandioca na ensilagem do capim-elefante com 70 dias de idade. A adição de 12% de farelo de mandioca foi mais eficiente que o

emurhecimento em aumentar o teor de MS da silagem ($p \leq 0,05$). Houve acréscimo linear ($p \leq 0,05$) nos teores de MS e de carboidratos solúveis à medida que o farelo de mandioca foi incluído como aditivo na ensilagem do capim-elefante. Entretanto, o pH das silagens obtidas usando farelo de mandioca como aditivo variou de 4,22 a 4,45 e, segundo os autores, houve fermentações indesejáveis, associadas à presença de ácido butírico e ao aumento na concentração de nitrogênio amoniacal.

CONCLUSÕES

Das considerações feitas nesse capítulo, depreende-se o enorme potencial e oportunidade para inclusão estratégica dos produtos e subprodutos da mandioca na alimentação de bovinos, principalmente em sistemas sustentáveis de produção, baseados na agricultura familiar.

A seleção de componentes dietéticos suplementares, adequados em qualidade e quantidade, para o balanceamento das deficiências nutricionais das dietas baseadas em produtos e subprodutos da mandioca permitirá a otimização da performance dos bovinos e o incremento na lucratividade do empreendimento agropecuário.

REFERÊNCIAS

ARAGÓN VÁSQUEZ, E. A. Suplementação com carboidratos não-estruturais para novilhas mestiças Holandês-Zebu em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça. 2002. 112 f. Tese (Doutorado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

BARRY, T. N.; DUNCAN, S. J. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. **British Journal of Nutrition**, London, v. 51, p. 485-491, 1984.

BATISTA, H. A. M. Suplementação alimentar de bubalinos na fase de crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 18., 1981, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 1981. p. 371-372.

BRUIJIN, G. H. **The cyanogenic character of cassava**. Ottawa: International Development Research Center, 1973. p. 43-48.

BUITRAGO A., J. A. **La yuca en la alimentación animal**. Cali: CIAT, 1990. 446 p.

CAMARÃO, A. P.; BATISTA, H. A. M.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; CARDOSO, E. M. R. **Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes na Amazônia**. Belém, PA: Embrapa-CPATU, 1993. 40 p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 73).

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; SANTOS, G. S.; SILVA, F. F. da.; VELOSO, C. M.; CEZÁRIO, A. S.; PEIXOTO, C. A. de. M.; FERREIRA, H. F. Degradabilidade ruminal do capim-elefante, da palma, do guandu, e da parte aérea da mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

CARVALHO, J. L. H. de. **A mandioca: raiz e parte aérea da mandioca na alimentação animal**. Brasília, DF: Embrapa:Embrater, 1983. 44 p. (Embrater. Articulação Pesquisa e Extensão, 2).

CARVALHO, J. L. H. de. **A mandioca: raiz e parte aérea da mandioca na alimentação animal**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1997. 11 p.

CARVALHO, J. L. H. de. A parte aérea da mandioca na alimentação animal. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, p. 28-36, 1984.

CARVALHO, V. D. de. O ácido cianídrico em produtos de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 88-91, 1987.

CARVALHO, V. D. de.; KATO, M. do. S. A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 23-28, 1987.

CAVALCANTI, J.; GUIMARÃES FILHO, C. **Utilização da uréia com raspas de mandioca na alimentação de ruminantes**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1997. 4 p. (Embrapa-CPATSA. Comunicado Técnico, 69).

CHEDLY, K.; LEE, S. Silage from by-products or smallholders. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, 1999, **Proceedings...** FAO, 1999. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/gp/SILAGE/PDF/Paper6.pdf>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

COELHO, E. M.; ÍTAVO, L. C. V.; MIGLIANO, L. C. B.; DIAS, A. M.; GOMES, R. da. C. Uso de aditivos absorventes para confecção de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. Cv. Napier). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

CORRÊA, H. Raspa de mandioca em nível de fazenda. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 58-60, 1987.

CORRÊA, H.; KATO, M. S. A. Efeito da poda na conservação e qualidade de raízes de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 17-18, 1987.

DePETERS, E. J.; ZINN, R. A. Tapioca pellets as a partial replacement for maize in the diet of lactating dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 125-134, 1992.

DEVENDRA, C. Cassava as a feed source for ruminants. In: NESTEL, B.; GRAHAM, M. **Cassava as animal feed**. Ottawa: International Development Research Centre:University of Guelph, 1977. p. 107-119.

FAUSTINO, J. C.; SANTOS, G. T. S.; MODESTO, E. C.; SILVA, D. C. da.; ZAMBOM, M. A.; JOBIM, C. C.; SAKAGUTI, E. S.; MARQUES, J. de. A. Determinação das frações protéicas e de carboidratos da silagem do terço superior da rama de mandioca: tipo de processamento e tempo de armazenamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1424-1431, 2000.

FFOULKES, D.; DONE, F.; PRESTON, T. R. Cassava forage as a cattle feed: apparent digestibility and consumption of the whole forage. **Tropical Animal Production**, Merida, v. 3, n. 3, p. 234-236, 1977.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Animal feed resources information system. *Manihot esculenta***. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afri/535.HTM>>. Acesso em: 4 ago. 2003a.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Faostat agriculture data**. Disponível em: <<http://apps.fao.org/page/collections?subsect=agriculture>>. Acesso em: 12 ago. 2003b.

FOX, D. G.; TYLUTIK, T. P.; VAN AMBURGH, M. E.; CHASE, L. E.; PELL, A. N.; OVERTON, T. R.; TEDESCHI, L. O.; RASMUSSEN, C. N.; DURBAL, V. M. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. CNCPS version 4.0. Ithaca: Cornell University, 2000. 236 p.

FREGADOLLI, F. L.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; BRANCO, A. F.; CALDAS NETO, S. F.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, A. O. Efeito das fontes de amido e nitrogênio de diferentes degradabilidades ruminais. 1. Digestibilidades parcial e total. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 858-869, 2001.

FREITAS, D.; BERCHIELLI, T. T.; SILVEIRA, R. N.; SOARES, J. P. G.; PIRES, A. V.; ANDRADE, P. de. Consumo e digestibilidade aparente total e parcial de rações com cana-de-açúcar, casca e raspa de mandioca ensiladas com polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1531-1542, 2002.

GARCIA LOPEZ, R.; HERRERA, J. Milk production from pastures and cassava (*Manihot esculenta*) or sweet potato (*Ipomea batata*) integral forage plant supplementation. **Cuban Journal of Agricultural Science**, La Habana, v. 32, p. 2932, 1998.

GIL LL., J. L.; BUITRAGO A., J. A. La yuca en la alimentación animal. In: OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (Comp.). **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT:CLAYUCA:Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural:FENAVI, 2002. p. 527-569. (Publicación CIAT, n. 327).

GOMES, R. C.; ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; MORAIS, M. da. G.; COELHO, E. M.; SILVA, M. J. da.; DIAS, A. M.; SOLFA JÚNIOR, A. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca de silagem de parte aérea da mandioca e de feno de *Brachiaria dictyoneura* em ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

HOLZER, Z.; AHARONI, Y.; BROS, A. The feasibility of replacement of grain by tapioca in diets for growing-fattening cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 64, p. 133-141, 1997.

IFUT, O. J. The potential of cassava peel for feeding goats in Nigeria. In: WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA, 1988, Ibadan. **Proceedings...** Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture:International Livestock Centre for Africa, 1988. Disponível em: < <http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458E/x5458e0a.htm> > . Acesso em: 4 ago. 2003.

IITA/ILCA. Report of working groups. In: WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA, 1988, Ibadan. **Proceedings...** Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture:International Livestock Centre for Africa, 1988a. Disponível em: < <http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458E/x5458e0j.htm#reports%20of%20working%20groups> > . Acesso em: 4 ago. 2003.

IITA/ILCA. Workshop summary and recommendations. In: WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA, 1988, Ibadan. **Proceedings...** Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture:International Livestock Centre for Africa, 1988b. Disponível em: <<http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458E/x5458e0k.htm#workshop%20summary%20and%20recommendations>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; COELHO, E. M.; SILVA, M. J. da.; GOMES, R. da. C.; DIAS, A. M.; DONATTI NETO, R.; MENEZES, J. T. Parâmetros fermentativos de silagens da parte aérea de mandioca e de bagaço de laranja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

JORGE, J. R. V.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; GERON, L. J. V. Substituição do milho pela farinha de varredura (*Manihot esculenta*, Crantz) na ração de bezerros holandeses. 1. Desempenho e parâmetros sanguíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 192-204, 2002a.

JORGE, J. R. V.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; GERON, L. J. V. Substituição do milho pela farinha de varredura (*Manihot esculenta*, Crantz) na ração de bezerros holandeses. 2. Digestibilidade e valor energético. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 205-212, 2002b.

KATO, M. S. A.; SOUZA, S. M. C. Conservação de raízes após a colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 9-16, 1987.

KHANG, D. N.; WIKTORSSON, H. Effects of cassava leaf meal on the rumen environment of local yellow cattle fed urea-treated rice straw. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/khan.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

KOAKHUNTHOD, S.; WANAPAT, M.; WACHIRAPAKORN, C.; NONTASO, N.; RAWLINSON, P.; SORNSUNGNERN, N. Effect of cassava hay and high-quality feed block supplementation on milk production in dairy cows. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/Koak.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

LAKPINI, C. A. M.; BALOGUN, B. I.; ALAWA, J. P.; ONIFADE, O S.; OTARU, S. M. Effects of graded levels of sun-dried cassava peels in supplement diets fed to Red Sokoto goats in first trimester of pregnancy. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 197-204, 1997.

LIMSILA, A.; TUNGSAKUL, S.; WATTANANONI, W. Cassava leaf production research in Thailand. In: ASIAN CASSAVA RESEARCH WORKSHOP, 7., 2002, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: The Nippon Foundation:DOA:CIAT:DOAE:KU, 2002. p. 15. Disponível em: <http://www.ciat.cgiar.org/asia_cassava/workshop.htm>. Acesso em: 4 ago. 2003.

LONDOÑO HERNANDEZ, F. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; MANCIO, A. B.; CECON, P. R.; LANA, R. de P.; MAGALHÃES, K. A.; REIS, S. L. R. Avaliação da composição de vários alimentos e determinação da cinética ruminal da proteína, utilizando o método de produção de gás e amônia *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 243-255, 2002.

MARQUES, J. A.; PRADO, I. N.; ZEOULA, L. M.; ALCALDE, C. R.; NASCIMENTO, W. G. do. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1528-1536, 2000.

MARTINS, A. S.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; MARTINS, E. N.; LOYOLA, V. R. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 1109-1117, 1999.

MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T. dos.; SILVA, D. C.; ZAMBOM, M. A.; DETMANN, E.; RAMOS, C. E. C. O.; VILELA, D.; JOBIM, C. C.; MOURA, A. de. A. A. Substituição da silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003b. 1 CD-ROM.

MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T. dos.; VILELA, D.; SILVA, D. C. da.; FAUSTINO, J.; DAMASCENO, J. C.; DETMANN, E.; JOBIM, C. C. Caracterização da silagem do terço superior da rama de mandioca *Manihot esculenta* Crantz In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003c. 1 CD-ROM.

MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; FAUSTINO, J. O.; SILVA, D. C. da.; ZAMBOM, M. A.; DAMASCENO, J. C.; VILELA, D.; GONÇALVES, G. D.; MOURA, A. de. A. A. Substituição da silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras: produção e qualidade do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003a. 1 CD-ROM.

MONTALDO, A. Whole plant utilization of cassava for animal feed. In: WORKSHOP HELD AT THE UNIVERSITY OF GUELPH, 1977, Ottawa. **Cassava as a animal feed: proceedings**. Ottawa: International Development Research Centre:University of Guelph, 1977. p. 95-106.

MOURO, G. F.; BRANCO, A. F.; MACEDO, F. A. F. de.; RIGOLON, R. P.; MAIA, F. J.; GUIMARÃES, K. C.; DAMASCENO, J. C.; SANTOS, G. T. dos. Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura em dietas de cabras em lactação: produção e composição do leite e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 475-483, 2002. (Suplemento).

MÜLLER, Z. Improving the quality of cassava root and leaf product technology. In: **WORKSHOP HELD AT THE UNIVERSITY OF GUELPH, 1977, Ottawa. Cassava as a animal feed: proceedings.** Ottawa: International Development Research Centre:University of Guelph, 1977. p. 120-126.

NETPANA, N.; WANAPAT, M.; POUNGCHOMPU, O.; TOBURAN, W. Effect of condensed tannins in cassava hay on fecal parasitic egg counts in swamp buffaloes and cattle. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/netp.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

NUNES, I. J. **Cálculo e avaliação de rações e suplementos.** Belo Horizonte: FEP-MVZ Editora, 1998. 185 p.

OGUNTIMEIN, G. B. Processing cassava for animal feeds. In: **WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA, 1988, Ibadan. Proceedings...** Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture:International Livestock Centre for Africa, 1988. Disponível em: <<http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458E/x5458e0d.htm#processing%20cassava%20for%20animal%20feeds>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

ONABOWALE, S. O. Constraints and projections for processing and utilization of cassava. In: **WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA**, 1988, Ibadan. **Proceedings...** Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture:International Livestock Centre for Africa, 1988. Disponível em: <<http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458E/x5458e0e.htm#processing%20cassava%20for%20animal%20feeds>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

ONWUKA, C. F. I.; AKINSOYINU, A. O.; TEWE, O. O. Role of sulphur in cyanide detoxification in ruminants. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 8, p. 277-284, 1992.

OSPINA P., B.; BEST, R.; ALONSO, L. Tecnologías para el manejo de la yuca en poscosecha. Tecnología 1 – Secado de trozos de yuca en patios de concreto. In: OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (Comp.). **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT:CLAYUCA:Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural:FENAVI, 2002. p. 409-426. (Publicación CIAT, n. 327).

OSPINA P., B.; CADAVID, L. V. Cassava leaf production research in Colombia. In: **ASIAN CASSAVA RESEARCH WORKSHOP**, 7., 2002, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: The Nippon Foundation:DOA:CIAT:DOAE:KU, 2002. p. 16. Disponível em: <http://www.ciat.cgiar.org/asia_cassava/workshop.htm>. Acesso em: 4 ago. 2003.

PEREIRA, J. P. Utilização de raspa e resíduos industriais da mandioca na alimentação bovina. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 28-42, 1987.

PEZO, D.; BENAVIDES, J.; RUIZ, A. Producción de follaje y raíces de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) bajo diferentes densidades de plantación y frecuencia de poda. **Producción Animal Tropical**, Santo Domingo, v. 9, p. 251-262, 1984.

PHUC, B. H. N.; OGLE, B.; LINDBERG, J. E. Nutritive value of cassava leaves for monogastric animals. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/phuc.htm>> . Acesso em: 4 ago. 2003.

POUNGCHOMPU, O.; WANAPAT, S.; POLTHANEE, A.; WACHIRAPAKORN, C.; WANAPAT, M. Effects of planting method and fertilization on cassava hay yield and chemical composition. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/poun.htm>> . Acesso em: 4 ago. 2003.

PRESTON, T. R. Potential of cassava in integrated farming systems. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/pres.htm>> . Acesso em: 4 ago. 2003.

QUANG DO, H.; VANSON, V.; THU HANG, B. P.; CHAN TRI, V.; PRESTON, T. R. Effect of supplementation of ammoniated rice straw with cassava leaves or grass on intake, digestibility and N retention by goats. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 14, n.3, 2002. Disponível em <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/3/do143b.htm>> . Acesso em 4 ago. 2003.

QUEIROZ, A. C.; BARBOSA, M. A.; RESENDE, F. D. de.; PEREIRA, J. C.; DUTRA, A. R. Suplementação da palhada de milho na alimentação de bovinos. 1. Consumo, taxa de passagem da matéria seca, degradação in situ da matéria seca e da fibra em detergente neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 381-389, 1998.

RAMALHO, R. P.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, D. C. dos.; BATISTA, A. M. V.; CAVALCANTI, C. V. de.; CRUZ, M. C. S.; VILELA, M. da. S.; MEDEIROS, G. R. de.; SANTORO, K. R. Substituição do farelo de soja por mandioca e uréia em dietas à base de palma forrageira para vacas mestiças em lactação. 2 - Consumo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003a. 1 CD-ROM.

RAMALHO, R. P.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. H.; LIMA, L. E. de.; MIRANDA, K. F.; MELO, A. A. S. de.; SILVA, A. E. V. N.; LIRA, M. de. A. Substituição do milho por mandioca em dietas à base de palma forrageira para vacas primíparas lactantes da raça Holandesa. 1 - Desempenho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003b. 1 CD-ROM.

REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 1516-1528, 1995.

RODRIGUEZ, N. M.; VELOSO, C. M.; MOURÃO, G. B.; BERNARDINO, M. de. L. A.; GONÇALVES, L. C. Degradabilidade ruminal da proteína de folíolos de leucena, guandu e soja perene e de folhas de rami e mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p. 449-451.

RUSSEL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.3551-3561, 1992.

SAMPAIO, A. O.; FERREIRA FILHO, J. R. **Como utilizar a mandioca integral na alimentação animal**. Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1995. 5 p. (Embrapa-CNPMPF. Pesquisa em Andamento, 33).

SAMPAIO, A. O.; OLIVEIRA, J. S. e.; COSTA, J. L. da.; RESENDE, H. Conservação de forrageiras e pastagens. Produzir raspa de mandioca. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite. **Trabalhador na bovinocultura de leite: manual técnico**. Belo Horizonte: SENAR-AR/MG:Embrapa-CNPGL, 1997. p. 97-100.

SÁNCHEZ, T.; ALONSO, L. Conservación y acondicionamiento de las raíces frescas. In: OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (Comp.) **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT:CLAYUCA:Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural:FENAVI, 2002. p. 503-526. (Publicación CIAT, n. 327).

SANDA, I. A.; METHU, J. N. Evaluation of cassava energy source in dairy cow concentrate feeds in Kenya. In: **WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA, 1988**, Ibadan. **Proceedings...** Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture:International Livestock Centre for Africa, 1988. Disponível em: <<http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458E/x5458e0g.htm#evaluation%20of%20cassava%20energy%20source%20in%20dairy%20cow%20concentrate%20feeds%20in%20kenya>>. Acesso em: 11 ago. 2003.

SCOTON, R. A.; SANTOS, F. A. P.; IMAIZUMI, H.; CARMO, C. de. A.; VOLTOLINI, T. V.; CLARINDO, R. L. Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada e/ou raspa de mandioca na dieta de vacas leiteiras em final de lactação. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40.**, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

SENG, M.; PRESTON, T. R.; LENG, R. A.; MEULEN, U. Effect of a single drench of cooking oil on the rumen ecosystem and performance of young local "yellow" cattle fed rice straw and cassava foliage. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 13, n. 4, 2001. Disponível em <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/4/seng134.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

SILVA, J. F. C. Uso de raízes da mandioca na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 3., 1983, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Mandioca, 1983. p. 87-106.

SILVA, J. H. V.; SANTOS, V. J.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N.; MARTINS, T. D. D.; RIBEIRO, M. L. G. Suplementação do feno de capim-elefante Napier com raiz integral de mandioca e uréia na alimentação de cabras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, R. N.; BERCHIELLI, T. T.; FREITAS, D.; SALMAN, A. K. D.; ANDRADE, P. de.; PIRES, A. V.; FERNANDES, J. J. de R. Fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 793-801, 2002.

SMITH, O. B. A review of ruminant responses to cassava-based diets. In: WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA, 1988, Ibadan. **Proceedings...** Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture:International Livestock Centre for Africa, 1988. Disponível em: < <http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5458E/x5458e07.htm#a%20review%20of%20ruminant%20responses%20to%20cassava%20based%20diets> > . Acesso em: 4 ago. 2003.

SOKERYA, S.; RODRÍGUEZ, L. Foliage from cassava, *Flemingia macrophylla* and bananas compared with grasses as forage sources for goats: effects on growth rate and intestinal nematodes. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 13, n. 2, 2001. Disponível em < <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/2/soke132.htm> > . Acesso em: 4 ago. 2003.

TAVARES, C. P.; SALES, R. O.; CARNEIRO, M. S. S.; ALVES, A. A. Utilização da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em dietas para terminação de ovinos em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

TEIXEIRA, J. C.; INÁCIO NETO, A.; EVANGELISTA, A. C.; PÉREZ, J. R. A.; DERESZ, F.; SIQUEIRA, G. R.; RODRIGUES, V. C.; SANTOS, R. V.; MUNIZ, J. A.; GONÇALVES, C. C. Avaliação da saccharina com várias fontes de amido aditivando silagem de capim-elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

TELES, F. F. Técnicas de liberação do HCN e toxidez cianogênica das mandiocas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 18-22, 1987.

TY, C.; LY, J.; RODRIGUEZ, L. An approach to ensiling conditions for preservation of cassava foliage in Cambodia. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 13, n. 2, 2001. Disponível em <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/2/chha132.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

VELOSO, C. M.; RODRIGUEZ, N. M.; SAMPAIO, I. B. M.; GONÇALVES, L. C.; MOURÃO, G. B. pH e amônia ruminais, relação folhas:hastes e degradabilidade ruminal da fibra de forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 871-879, 2000.

VILELA, E. R. Tecnologia de produção de raspas de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 53-57, 1987.

VILELA, E. R.; FERREIRA, M. A. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 69-74, 1987.

VON TIESENHAUSEN, I. M. E. V. O feno e a silagem da rama de mandioca na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 42-47, 1987.

WACHIRAPAKORN, C.; WANAPAT, M.; SORNSUNGNERN, N.; KOWSUWAN, S. Optimum cassava root chip levels in lactating cow diets. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/wach.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

WANAPAT, M. Role of cassava hay as animal feed in the tropics. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/wana3.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

WANAPAT, M. The role of cassava hay as animal feed. In: ASIAN CASSAVA RESEARCH WORKSHOP, 7., 2002, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: The Nippon Foundation:DOA:Ciat:DOAE:KU, 2002. p. 21. Disponível em: <http://www.ciat.cgiar.org/asia_cassava/workshop.htm>. Acesso em: 4 ago. 2003.

WANAPAT, M.; PETLUM, A. Feeding cassava chip-based rations to lactating dairy cows. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/wana2.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

WANAPAT, M.; PETLUM, A.; POUNGCHOMPU, O.; RAWLINSON, P.; TOBURAN, W. Effect of level of cassava hay supplementation and concentrate use on milk yield and composition. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/wana1.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

WANAPAT, M.; PIMPA, O.; PETLUM, A.; BOONTAO, U. Cassava hay: a new strategic feed for ruminant during the dry season. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 9, n. 2, 1997. Disponível em <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/2/metha92.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

YUANGKLANG, C.; WORA-ANU, S.; WANAPAT, M.; NONTASO, N.; WACHIRAPAKORN, C. Effects of roughage source on rumen microbes, feed intake and digestibility in swamp buffaloes. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: Khon Kaen University:SIDA-SAREC, 2001. Disponível em: <<http://www.mekarn.org/procKK/wach.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2003.

ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N. do.; DALPONTE, A. O.; KASSIES, M.; FREGADOLLI, F. L. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: pH, concentração de N-NH₃ e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1582-1593, 2002. (Suplemento).

ZEOULA, L. M.; MARTINS, A. S.; PRADO, I. N. DO.; ALCALDE, C. R.; BRANCO, A. F.; SANTOS, G. T. dos. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 898-905, 1999.

ZINN, R. A.; DePETERS, E. J. Comparative feeding value of tapioca pellets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 4726-4733, 1991.

Capítulo 10

MANDIOCA E SEUS SUBPRODUTOS NA ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS

Marco Aurélio Delmondes Bomfim

Introdução	517
Toxicidade	517
Parte aérea da mandioca na alimentação de caprinos e ovinos	519
Valor nutritivo da parte aérea na alimentação de caprinos e ovinos ...	520
Silagem da parte aérea da mandioca	523
Parte aérea como aditivo de silagem	524
Feno da parte aérea da mandioca	524
Parte aérea com raízes (mandioca integral)	528
Raspa de mandioca na alimentação de caprinos e ovinos	529
Preparação das raspas de mandioca para utilização na alimentação animal	530
Valor nutritivo da raspa de mandioca na alimentação de caprinos e ovinos	531
Raspas de mandioca e uréia	536
Raspa de mandioca como aditivo para silagens	538
Farinha de varredura na alimentação de caprinos e ovinos	539
Casca de mandioca na alimentação de caprinos e ovinos	541
Considerações finais	542
Referências bibliográficas	543

INTRODUÇÃO

A mandioca é uma das culturas mais tradicionais e uma das poucas de origem brasileira. Dentre suas características mais importantes, destacam-se a tolerância à seca e a solos marginais com baixa fertilidade e elevada acidez. Geralmente é cultivada para exploração das raízes para uso na alimentação humana, sendo a parte aérea aproveitada na alimentação animal. Entretanto, em função do alto valor nutritivo, especialmente no seu conteúdo de energia, as raízes também são utilizadas para a alimentação animal.

Dentre os subprodutos potencialmente utilizáveis na alimentação de pequenos ruminantes, oriundos da exploração da mandioca, destacam-se: a parte aérea (fenada ou ensilada); as raspas ou raízes integrais desidratadas; as cascas de mandioca e a farinha de varredura.

TOXICIDADE

Antes da discussão sobre o valor nutritivo da mandioca e de seus produtos na alimentação de pequenos ruminantes é importante discutir sobre os princípios tóxicos presentes nesses materiais. A mandioca e demais espécies do gênero *Manihot* apresentam glicosídeos cianogênicos, que podem, por meio de processos enzimáticos, gerar ácido cianídrico – HCN, que é um elemento tóxico ao organismo animal.

Existem cerca de 2.000 espécies de plantas capazes de produzir HCN, mas em nenhuma delas esse ácido é sintetizado de forma direta ou armazenado na planta, independentemente do seu estágio de desenvolvimento. O HCN é produzido a partir de reações químicas entre um glicosídeo cianogênico, presente nos vacúolos, mediadas por enzimas localizadas na parede celular. Na mandioca, o principal glicosídeo identificado é a linamarina, cuja fórmula estrutural é $C_{10}H_{17}O_6N$. A liberação do HCN se dá após a hidrólise ácida desse composto dentro do trato digestivo ou devido à ação de enzimas endógenas, como a linamarase, quando há danos no tecido vegetal durante a colheita ou no processamento tecnológico e industrial da mandioca (Teles, 1987).

Os cianetos estão entre os venenos mais potentes que se conhece. Embora não seja um veneno específico, inibindo cerca de 40 enzimas

no organismo, a citocromo oxidase é a enzima mais afetada, inibindo a transferência de elétrons para o oxigênio no último estágio do sistema citocromo. Dessa forma, os tecidos não conseguem absorver o oxigênio do sangue e a circulação torna-se completamente oxidada, de forma semelhante ao sangue arterial (Bartík, 1981).

A linamarina possui uma ligação b-glicosídica, ligando uma molécula de b-D-glicose a outra de 2-hidroxiisobutironitrila (acetona cianoidrina). Essa ligação é hidrolizada pela ação de uma b-glicosidase endógena (linamarase) gerando os dois compostos separados. Em um passo seguinte o 2-hidroxiisobutironitrila se dissocia para formar acetona e HCN. Essa última reação é catalizada por uma enzima hidroxinitrilo liase (Teles, 1987).

O processo de formação do ácido cianídrico ocorre em todas as espécies do gênero *Manihot*, inclusive nas variedades consideradas “mansas”. As variedades mais tóxicas diferem das menos tóxicas pela quantidade de princípio tóxico na polpa das raízes. A trituração e desidratação lenta, além da conservação na forma de silagem, são importantes no processo de utilização segura desses alimentos pelos animais. Esse processamento permite que haja a formação e liberação do HCN para a atmosfera, reduzindo a toxicidade a níveis seguros, mesmo nas variedades mais tóxicas.

Ovinos consumindo grande quantidade de glicosídeos cianogênicos por longo período são capazes de liberar de 0,5 a 3,5 mg de HCN por kg de peso corporal. Embora uma pequena quantidade de HCN possa ser eliminada através dos pulmões, da urina e das fezes de forma inalterada, a maior parte é transformada, principalmente no fígado, em sulfocianato (tiocianato), um composto pouco tóxico, cuja via de eliminação é a urina. A conversão de cianeto em sulfocianato é catalizada por uma enzima chamada rodanase (trans-sulfonase) e pode ser limitada por um insuficiente aporte de compostos sulfurados. O cianeto pode ser também detoxificado pela interação com aminoácidos sulfurados como a cistina, produzindo o ácido carboxílico 2-amino-4-tiazolidina, que é excretado via bile (Bartík, 1981). Segundo Olumide (1994), animais alimentados com mandioca têm necessidade de suplementação de enxofre, além de iodo, zinco, cobre e selênio, cujas deficiências podem ser agravadas pela presença de cianetos.

PARTE AÉREA DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS

Para utilização segura da parte aérea da mandioca na alimentação de animais ruminantes, deve-se triturar e fornecer após um período de murcha de 12 a 24 horas. Esse procedimento permite a redução da toxicidade e do nível de tanino livre do material, mesmo nas variedades consideradas “mansas”, pois é pequena a diferença no grau de toxicidade entre a parte aérea das variedades. A trituração permite ainda o maior consumo das hastes pelos animais (Ravindran, 1993). O período de tempo entre a colheita e o fornecimento aos animais depende do nível de toxicidade das variedades utilizadas, da espécie e da idade do animal. Segundo Cavalcanti & Araújo (2000), a trituração e a exposição da parte aérea da mandioca ao ambiente por 24 horas torna esse material seguro para utilização na alimentação de ruminantes, mesmo naquelas espécies com maior potencial de produção HCN. A parte aérea da mandioca pode ser utilizada na forma conservada como feno ou silagem, além de poder ser adicionada à silagem de outras culturas, para enriquecer e melhorar a fermentação.

O cultivo da mandioca pode ser direcionado para a produção de raízes ou para a maximização da produção de parte aérea. Na exploração da cultura para a produção de parte aérea, embora tenham citações de rendimento de até 160 t/ha/ano, na maior parte das informações os valores situam-se entre 15 e 30 t/ha/ano. Para que se alcance essa produtividade é necessária a adoção de sistemas de produção com alta densidade de plantio (30.000 até 120.000 plantas/ha), a utilização de variedades especializadas em produção de parte aérea e a adubação e manejo de corte adequados, no qual o primeiro corte não deve ocorrer antes dos três meses de idade e nem os intervalos devem ser superiores a três meses, pois isso implicaria em aumento no custo de produção em função da reprodução vegetativa. A umidade do solo deve ser satisfatória durante todo o cultivo para permitir vários cortes, o que constitui uma dificuldade em sistemas de produção em sequeiro. Dessa forma, o mais racional é a exploração econômica das raízes tuberosas e o aproveitamento racional da parte aérea (Almeida et al., 1988).

A colheita da parte aérea deve ser feita num período máximo de 15 dias antes da colheita da raiz. Período maior que esse pode resultar

em rebrotação da parte aérea e redução do teor de fécula das raízes. A poda e a adubação podem influenciar na produção e qualidade da parte aérea (Almeida et al., 1988).

Valor nutritivo da parte aérea na alimentação de caprinos e ovinos

O valor nutritivo da parte aérea está diretamente relacionado ao grau de enfolhamento, idade da planta e época do corte. Dentre as frações da parte aérea da mandioca, a folha é aquela que apresenta maior concentração de nutrientes não estruturais e menor proporção de fibra (Tabela 1). A partir dessas informações, é importante orientar o manejo para a colheita do material quando ainda existir boa quantidade de folhas, apesar do menor rendimento em matéria seca. Se o interesse for obter um material de melhor qualidade, a utilização deve restringir-se ao terço superior da parte aérea da planta (Tabelas 2 e 3). Vale ressaltar que o manejo da lavoura não é direcionado para a produção da parte aérea e a colheita ocorre, normalmente, quando a planta já está desfolhada e, nessa condição, o valor nutritivo é muito baixo, com percentagem de proteína bruta inferior a 6% no feno (Carvalho, 1984).

Tabela 1. Teor de matéria seca (%) e composição bromatológica (% na matéria seca) de diferentes frações da parte aérea da mandioca colhida aos 14 meses.

Nutrientes	Frações da parte aérea da planta		
	Hastes	Pecíolos	Folhas
Matéria seca	32,30	16,72	26,62
Proteína bruta	4,32	8,41	27,49
Fibra em detergente neutro	63,62	50,52	32,39
Extrato etéreo	0,91	1,59	6,70
Cálcio	0,57	1,47	0,82
Fósforo	0,10	0,15	0,27

Fonte: Carvalho (1984).

Tabela 2. Teores de matéria seca – MS, proteína bruta – PB, fibra bruta – FB, dos terços inferior (Ti), médio (Tm) e superior (Ts) da parte aérea da mandioca, colhida aos 14 meses na Zona da Mata Mineira.

Variedades	MS (t/ha)			PB (%)			FB (%)		
	Ti	Tm	Ts	Ti	Tm	Ts	Ti	Tm	Ts
Guajiru	0,9	0,6	0,7	5,0	5,1	16,6	35,1	33,2	21,8
Passarinha	2,1	1,4	1,8	5,0	4,6	17,4	29,8	27,8	20,2
Milagrosa	1,3	0,9	0,9	3,6	4,6	18,7	34,0	31,7	19,5
Chifre de Boi	1,7	1,2	0,9	4,9	4,9	18,0	35,0	31,5	20,3
Branca	2,0	1,2	1,0	5,0	4,2	16,2	31,9	30,0	21,1
Pacaru	2,0	1,5	1,0	4,6	4,3	14,0	34,2	30,9	20,0
Média	1,7	1,1	1,0	4,7	4,6	16,8	33,3	30,8	20,3

Fonte: Fernandes et al. (1974).

Tabela 3. Produção - PA, percentual de folhas e composição nutricional da parte aérea da mandioca em diferentes sistemas de corte (meses).

Sistema de corte (meses)	PA ⁽¹⁾ (t/ha)	Folhas (%)	MS (%)	% na matéria seca			
				PB	Ca	P	DIVMO
4 - 15	23,4	65,1	18,9	16,3	1,00	0,18	52,4
5 - 16	28,0	61,8	21,0	16,4	1,04	0,19	50,1
6 - 17	30,8	49,8	23,4	12,9	1,17	0,14	49,2
7 - 18	29,4	37,2	23,3	10,4	1,08	0,10	48,1
8 - 19	31,8	0,0	25,1	6,4	0,63	0,08	46,6

¹PA - produção; MS - matéria seca; PB - proteína bruta; Ca - cálcio; P - fósforo e DIVMO - digestibilidade in vitro da matéria orgânica.
Fonte: Almeida et al. (1993).

Nas condições de semi-árido, a mandioca é colhida de 15 a 18 meses após o plantio. Nessa idade e à proporção que a cultura permanece mais tempo no campo, aumenta a perda de folhas provocada pela ausência das chuvas, pelo ataque de ácaros e o fim do ciclo. Logo, visando uma parte aérea com maior biomassa forrageira e de melhor valor nutritivo, recomenda-se fazer a colheita antes do início da queda das folhas, embora possa, do ponto de vista agrônômico, reduzir o rendimento das raízes.

Silagem da parte aérea da mandioca

A produção de silagem da parte aérea da mandioca deve ser feita seguindo as recomendações usuais para o processo, ou seja, trituração do material, compactação e fechamento do silo, de forma a impedir o contato com o ar. Além de conservar o material, a ensilagem pode reduzir em até 63% o teor de HCN da planta, sendo, portanto, tão eficiente quanto a fenação na destoxificação da parte aérea da mandioca (Cavalcanti & Araújo, 2000).

Poucas são as informações disponíveis sobre parte aérea da mandioca ensilada; entretanto, é um alimento que apresenta alto potencial forrageiro. Estima-se que, no Brasil, somente a parte aérea da mandioca poderia gerar 14,3 milhões de toneladas de matéria seca aproveitáveis para a alimentação animal, que poderia ser conservada na forma de feno ou silagem. Modesto et al. (2002) avaliaram a composição nutricional da silagem do terço superior da rama de mandioca e concluíram que, apesar de haver variação dependendo da região do silo coletado, esse alimento apresenta bom valor nutritivo. A composição bromatológica, assim como o fracionamento da proteína bruta e dos carboidratos totais estão apresentados na Tabela 4.

Como pode ser observado na Tabela 4, a partir dos dados de Modesto et al. (2002), o baixo teor de matéria seca sugere que uma pré-murcha ou a utilização de aditivos para aumentar o teor de matéria seca do material ensilado são recomendadas e que o baixo teor de matéria seca talvez tenha sido a razão para a alta concentração das frações A + B₁ de proteína, sugerindo um aumento da degradação protéica. Apesar disso, a ensilagem da parte aérea apresenta elevado teor de proteína bruta, com níveis razoáveis de fibra em detergente neutro – FDN. Deve-se considerar, ademais, que 25,48% da proteína encontra-se ligada à fração de fibra em detergente ácido – FDA e, portanto, indisponível à digestão.

Tabela 4. Composição nutricional da silagem do terço superior da mandioca.

Item	Unidade	Média
Matéria seca	%	25,20
Proteína bruta	%	19,46
FDN ¹	%	50,75
CNF	%	21,53
Lignina	%	12,43
Fracionamento protéico⁽²⁾		
A+B ₁	% da PB	37,73
B ₂	% da PB	10,21
B ₃	% da PB	26,84
C	% da PB	25,48
Fracionamento de carboidratos⁽³⁾		
A+B ₁	% CT	25,03
B ₂	% CT	31,95
C	% CT	43,01

¹FDN – fibra em detergente neutro; CNF – carboidratos não fibrosos.

²A – nitrogênio não protéico; B₁ – peptídeos e oligopeptídeos; B₂ – proteína verdadeira; B₃ – nitrogênio ligado à fibra em detergente neutro; C – nitrogênio insolúvel em detergente ácido (indisponível); e PB – proteína bruta.

³A – açúcares solúveis; B₁ – amido e pectina; B₂ – parede celular potencialmente degradável; C – fração não digerível; e CT – carboidratos totais.

Fonte: Modesto et al. (2002).

Parte aérea como aditivo de silagem

Além da utilização como material para ensilagem, a parte aérea da mandioca pode ser usada como aditivo para melhorar as condições de fermentação de outros materiais ensilados. Carvalho et al. (1983) demonstraram vantagens na adição de 5% do farelo da parte aérea da mandioca em silagem de capim elefante. Nesse trabalho, a parte aérea da mandioca aumentou em 20% a matéria seca e em 10% a proteína bruta, além de reduzir a fermentação acética e aumentar a fermentação láctica. O farelo da parte aérea de cultura com 16 a 18 meses de idade, apresentou 89,0% de MS; 13,9% de PB; 58,3% de FDN; 2,4% de extrato etéreo; 0,81% de Ca e 0,17% de P.

Feno da parte aérea da mandioca

A parte aérea da mandioca deve ser previamente triturada para um melhor processo de desidratação. Após a trituração, o material deve ser espalhado em áreas cimentadas ou sobre lona plástica, na quantidade

de 5 kg/m² de área. A duração do processo de fenação é variável, a depender das condições climáticas. Entretanto, de maneira geral, um período médio de dois dias é suficiente para que o material atinja o ponto de feno. A secagem à sombra resulta em um feno de melhor qualidade, quando comparado àquele produzido ao sol, devido à menor perda de nutrientes; todavia, tal procedimento só é recomendado quando se dispõe de uma área coberta.

Carvalho et al. (2002) determinaram a degradabilidade ruminal da matéria seca do feno da parte aérea da mandioca, cujos resultados são apresentados na Tabela 5. Como pode ser observado, o feno da parte aérea demonstrou valor de fração solúvel semelhante ao capim-elefante e ao guandu e, para a fração potencialmente degradável, valores semelhantes ao feno de capim-elefante. As taxas de degradação foram maiores para o feno da parte aérea em comparação com o capim-elefante. Embora nesse trabalho não tenha sido citada a composição bromatológica dos alimentos utilizados, nem a idade da gramínea, o feno da parte aérea, apesar de ser um alimento volumoso, demonstra uma rápida digestão (6,6%/h), com razoável digestão total no rúmen (35% do total da matéria seca) (Tabela 5).

Tabela 5. Fração solúvel - A, degradação potencial - DP, taxa de degradação ruminal - c e degradação efetiva - DE da matéria seca - MS do feno da parte aérea da mandioca, do capim-elefante, da palma e do guandu.

Alimentos	Variáveis			
	A (% da MS)	DP (% da MS)	c (%/hora)	DE (5%/hora) ¹⁾
Capim-elefante	7,85	56,14	4,27	31,17
Palma	14,09	80,52	10,34	58,89
Guandu	5,68	42,95	5,35	25,36
Parte aérea da mandioca	5,38	56,76	6,99	35,53

¹⁾Degradação efetiva da matéria seca, com taxa de passagem ruminal de 5% por hora.

Fonte: Carvalho et al. (2002).

Com relação à proteína do feno da parte aérea, Rodriguez et al. (1996), estudando o perfil cinético da proteína das folhas da mandioca, concluíram que esse material apresenta um alto potencial de degradação, com bom conteúdo de proteína verdadeira (fração B) e rápido desaparecimento, em função de sua taxa de degradação (c) que se mostrou superior à da leucena (Tabela 6). Em função dessas características cinéticas, as folhas da mandioca apresentam-se como

Tabela 6. Fração solúvel - S, potencialmente degradável - B, taxa de digestão - c e degradação efetiva - DE da proteína bruta - PB e teores de proteína degradável no rúmen - PDR, proteína não degradável no rúmen - PNDR e proteína não degradável no rúmen digestível - PNDRd do feno das folhas da mandioca.

Alimentos	Parâmetros				Perfil protéico (%PB) ⁽¹⁾		
	S (% da PB)	B (% da PB)	c (% da PB/hora)	DE (5%/hora) ⁽²⁾	PDR	PNDR	PNDRd
Soja perene	29,98	63,65	15,50	78,11	72,11	21,89	13,86
Leucena	15,29	77,91	6,90	60,46	57,40	39,54	28,73
Folha de mandioca	27,24	68,28	9,30	71,65	66,20	28,35	16,85

¹ Percentual da proteína bruta total.

² Degradação efetiva da matéria seca, com taxa de passagem ruminal de 5% por hora.

Fonte: Rodriguez et al. (1996).

um alimento alternativo que oferece rápida e abundante disponibilidade de proteína para o ambiente ruminal, caracterizando-se como uma fonte de proteína degradável no rúmen. Nesse trabalho a folha de mandioca utilizada possuía 37,63% de PB; 43,74% de FDN e 9,58% de nitrogênio insolúvel em detergente neutro – NIDA (% do N total).

Segundo trabalho de Veloso et al. (2000), cujos dados estão apresentados na Tabela 7, a fibra (FDN) da parte aérea da mandioca também apresenta elevado potencial de degradação, sendo superior à leucena e comparável à fibra do rami.

Tabela 7. Degradação potencial – DP e degradação efetiva – DE e taxa de degradação da fibra em detergente neutro – c das folhas de mandioca.

Alimentos	Parâmetros		
	DP (%)	DE (‰/hora)	c (‰/hora)
Folhas de mandioca	77,62	51,22	9,70
Leucena	81,00	47,80	7,20
Rami	86,72	57,62	9,90

¹⁰Degradação efetiva da matéria seca, com taxa de passagem ruminal de 5% por hora.
Fonte: Veloso et al. (2000).

Para utilização na alimentação de caprinos e ovinos, Cavalcanti & Araújo, (2000) sugeriram que a parte aérea da mandioca seja incluída na proporção de 20% a 40% da matéria seca das dietas.

A viabilidade da utilização do feno da parte aérea da mandioca na alimentação de pequenos ruminantes foi demonstrada por Catunda et al. (1989). Estes autores utilizaram ovinos Morada Nova recém-desmamados (120 dias de idade), mantidos em pasto nativo melhorado (enriquecido) para avaliar quatro tratamentos: pastagem nativa durante todo o ano (A); pasto nativo + suplementação na seca com farelo de caju (1.000 g/cab/dia) (B); pasto nativo + suplementação com feno da parte aérea da mandioca (500 g/cab/dia) (C); pasto nativo + suplementação com mistura de feno de mandioca e farinha de caju (750 g/cab/dia) (D). A quantidade de proteína ofertada foi a mesma para todos os tratamentos. O ganho de peso dos animais foi maior nos tratamentos que tinham o feno da parte aérea de mandioca (Tabela 8), levando os autores a concluírem que é tecnicamente viável a recria de ovinos em pastejo com suplemento de feno de rama de mandioca, reduzindo a idade de abate quando comparada ao farelo de caju e ao pasto nativo.

Tabela 8. Suplementação de ovinos em recría com feno da parte aérea da mandioca e farelo de caju.

Tratamentos ⁽¹⁾	GMD ⁽²⁾ (g/dia)	Peso aos 12 meses	CMS ⁽³⁾ (g/dia)
A	40,70b ⁴	26,20	não suplementados
B	40,70b	25,60	320,00
C	70,70a	32,20	398,00
D	60,10a	29,40	503,00

⁽¹⁾A - pastagem nativa durante todo o ano; B - pasto nativo + suplementação na seca com farelo de caju (1.000 g/cab/dia); C - pasto nativo + suplementação com feno da parte aérea da mandioca (500 g/cab/dia); e D - pasto nativo + suplementação com mistura de feno de mandioca e farinha de caju (750 g/cab/dia).

⁽²⁾Ganho médio diário.

⁽³⁾Consumo de matéria seca do suplemento.

⁽⁴⁾Faixas iguais na coluna não diferem entre si (p<0,05).

Fonte: Carunda et al. (1989).

Tavares et al. (2003) avaliaram a inclusão do feno da parte aérea cortada a 20 cm do solo na terminação de cordeiros SRD com 20 kg de peso vivo. Os animais receberam dietas com relação volumoso:concentrado de 50:50, tendo como base forrageira o capim-Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e o feno da parte aérea da mandioca (14,24% de PB; 48,25% de FDN) nas proporções de 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 e 60:40. Houve efeito linear significativo para o ganho de peso diário e para o consumo de matéria seca, demonstrando que o feno da parte aérea da mandioca na proporção de 40% do volumoso ou 20% na dieta de ovinos em terminação podem proporcionar ganhos superiores a 200 g/dia (Fig. 1).

Parte aérea com raízes (mandioca integral)

Outra alternativa para a utilização da mandioca é a trituração da parte aérea juntamente com as raízes. Essa prática, muito adotada por produtores, consiste na mistura da parte aérea com a raspa após a secagem dos dois materiais. O produto dessa mistura deve ser triturado antes do armazenamento. Mendes et al. (1974) prepararam uma mistura de 70% de raspas e 30% de feno, cuja análise apresentou 92,88% de MS, 4,28% de PB, 13,78% de FB, obtendo um consumo médio de 49,57 g/kg^{0,75} ou 1,57% do PV, utilizando ovinos adultos.

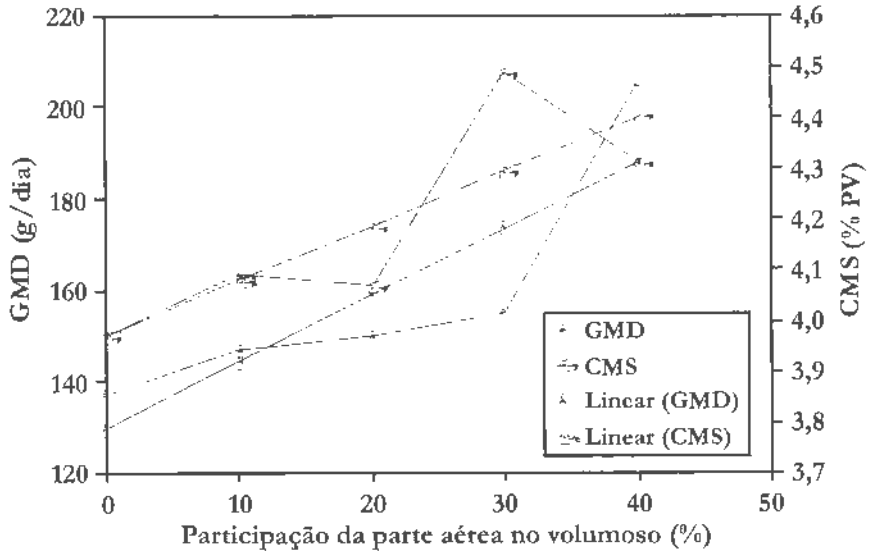


Fig. 1. Efeito da substituição parcial do feno de capim-Tifton por feno da parte aérea da mandioca, no ganho de peso diário – GMD e no consumo de matéria seca – CMS de ovinos em confinamento.

Fonte: Fiores et al. (2005).

Conceição (2004) avaliou dietas com média de 31,83% de feno da parte aérea de mandioca e quatro níveis de substituição da raspa integral de mandioca pelo milho moído, como alimento energético, na engorda de ovinos mestiços da raça Santa Inês em confinamento, com peso vivo inicial de 17 kg. O autor não observou diferenças para o consumo de matéria seca e para o ganho de peso diário, que foi em média de 252,66 g/dia. Esses resultados indicam que, em dietas compostas do feno da parte aérea como alimento volumoso, da raspa de mandioca como alimento energético e do farelo de soja como alimento protéico, além da mistura mineral, é possível obter ganho de peso satisfatório para a terminação em confinamento de ovinos destinados à produção de carne.

RASPA DE MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS

Raspa de mandioca são fragmentos ou pedaços de raízes de mandioca secas, embora em alguns trabalhos as cascas secas resultantes

do descascamento das raízes para a produção de farinha de mesa também sejam referenciadas como raspas de mandioca. O processo de fabricação das raspas consiste basicamente das operações de lavagem, trituração e secagem ao sol.

Preparação das raspas de mandioca para utilização na alimentação animal

Como as raízes de mandioca possuem uma alta umidade (60%), depois de colhidas o processo de deterioração é rápido; dessa forma, a utilização desse alimento por período superior a 48h da colheita pode trazer sérios problemas à saúde dos animais. Portanto, nesses casos, deve-se lançar mão dos processos de conservação, dos quais a desidratação tem sido o mais usual. Esse processo, além de garantir a conservação do material, é importante na redução da toxicidade presente nas raízes.

No processo de secagem natural à sombra ou por exposição ao sol, inicialmente deve ser feita a lavagem das raízes em uma caixa com fundo perfurado ou simplesmente em uma superfície cimentada, onde a água deve ser jogada sob pressão. Durante este processo, deve ser feito o descarte de raízes danificadas. A lavagem retira a maior parte do solo aderido e permite a produção de raspas de melhor qualidade. Após a lavagem é feita a trituração do material, de preferência no final da tarde (16h) ou pela manhã, a partir das 06h.

A secagem é a operação mais importante na produção de raspas, devido à necessidade de reduzir a umidade de 60% a 70% nas raízes para 10% a 14% nas raspas. As raspas podem ser secas em piso cimentado, em bandejas ou em lonas. Para essa operação, o material deve ser espalhado uniformemente sobre a superfície, em uma carga de 5 a 10 kg/m², e revolvidos a intervalos de 2h no primeiro dia. O revolvimento constante acelera a secagem do material. No final da tarde, as raspas devem ser amontoadas e cobertas com lona, para proteção contra chuvas ou orvalho durante a noite. Nas primeiras 24h a umidade deve ser reduzida em 50%, com a finalidade de evitar fermentações indesejáveis. A secagem deve ser conduzida até que o material fique com mais que 89% de matéria seca. As raspas podem ser armazenadas a granel ou em sacos. Em locais com boas condições

de armazenamento, ou seja, sem contato com o piso, em ambiente seco e arejado, as rasas secas podem ser armazenadas por até um ano (Vilela, 1987).

Valor nutritivo da rassa de mandioca na alimentação de caprinos e ovinos

A composição bromatológica da rassa de mandioca é apresentada na Tabela 9. Esse alimento é pobre em proteína bruta, rico em carboidratos não fibrosos – CNF e relativamente pobre em carboidratos fibrosos – FDN, o que o classifica como um alimento rico em energia. Com relação à composição mineral, a rassa de mandioca é deficiente em cálcio e em fósforo.

Cavalcanti & Lopes Filho (2000) consideraram que o valor nutricional da rassa de mandioca corresponde a 80% do valor do milho e 85% do valor do sorgo; portanto, a substituição do milho pela rassa só é viável economicamente quando o seu preço de aquisição ou produção for inferior a 80% do preço do milho.

Apesar de não representar uma fonte rica em compostos nitrogenados, as características cinéticas da proteína da rassa de mandioca, avaliadas por Londoño Hernández et al. (2002), demonstraram alta proporção de fração potencialmente degradável, com elevada taxa de degradação ruminal, resultando em maior proporção de proteína degradável no rúmen – PDR (Tabela 10).

Tabela 9. Níveis médios e desvio-padrão da composição bromatológica da rassa de mandioca desidratada e seus respectivos desvios padrões.

Item	Teor (% MS)
Proteína Bruta	3,27 ± 1,19
Extrato etéreo	0,66 ± 0,67
Matéria mineral	4,60 ± 4,53
Fibra em detergente neutro	10,38 ± 5,50
Carboidratos não fibrosos	80,66
Lignina	1,72
Digestibilidade da matéria seca	74,40
Cálcio	0,17 ± 0,07
Fósforo	0,07 ± 0,03

Tabela 10. Taxa de degradação ruminal da proteína – c, fração da proteína potencialmente degradável no rúmen – B, e proteína não degradável no rúmen – PNDR do farelo de soja, do milho e da raspa de mandioca.

Alimento	Parâmetros		
	c (%/hora)	B (% da PB)	PNDR (% da PB)
Farelo de soja	15,4	84,13	20,83
Milho	2,2	84,57	52,00
Raspa de mandioca	26,9	63,55	9,83

Fonte: Londoño Hernandez et al. (2002).

Martins et al. (1999) fracionaram a raspa de mandioca (3,33% de PB) e observaram alta proporção de fração solúvel, tanto para matéria seca quanto para proteína bruta, demonstrando alta solubilidade e taxa de degradação superior ao milho e ao sorgo, podendo ser caracterizada como alimento de rápida degradação ruminal (Tabela 11).

Apesar dessas propriedades da proteína, a principal característica da raiz da mandioca como alimento é seu alto conteúdo em carboidratos. O conteúdo em amido faz desse alimento uma importante fonte de energia em dietas para animais ruminantes. Na Tabela 12, adaptada de Zeoula & Caldas Neto (2001), pode-se observar que a raspa de mandioca apresenta um percentual de amido superior a todas as outras fontes de energia, como o milho, o sorgo e o trigo.

Quanto às características cinéticas, a raspa de mandioca também apresenta maior degradabilidade efetiva do amido em relação ao milho e ao sorgo (Tabela 13). Esse comportamento deve-se à inexistência de pericarpo, do endosperma córneo e periférico e da matriz protéica e, possivelmente, também devido a uma menor proporção de amilose e lipídios nos grânulos de amido, diminuindo a quantidade de pontes de hidrogênio na molécula de amido e aumentando a capacidade de expansão do amido da mandioca em meio aquoso.

Essas características fazem do amido da mandioca uma fonte de energia prontamente disponível ao ambiente ruminal. Na Tabela 14 são apresentados os valores médios das digestibilidades ruminal, intestinal e total do amido de diversas fontes submetidas a vários

Tabela 11. Fração solúvel – A, fração potencialmente degradável no rúmen – PDR, taxa de degradação ruminal – c e degradação ruminal efetiva – DE da matéria seca – MS e da proteína bruta – PB da raspa de mandioca, do sorgo grão, do farelo de trigo e do milho.

Alimento	Matéria seca				Proteína bruta			
	A ⁽¹⁾	PDR ⁽¹⁾	C (%/hora)	DE ⁽²⁾ (5%/hora)	A ⁽³⁾	PDR ⁽³⁾	c (%/hora)	DE ⁽²⁾ (5%/hora)
Raspa de mandioca	61,51	28,73	11,7	80,44	23,64	34,65	15,5	89,30
Sorgo grão	49,26	50,74	0,6	54,27	37,84	45,46	5,0	42,73
Farelo de trigo	55,63	37,92	10,0	75,03	42,50	40,53	12,8	71,67
Milho	32,88	67,11	0,4	37,63	38,02	61,98	0,2	40,24

⁽¹⁾ Em percentual da matéria seca.

⁽²⁾ Degradação efetiva da matéria seca, com taxa de passagem ruminal de 5% por hora.

⁽³⁾ Em percentual da proteína bruta.

Fonte: Martins et al. (1997).

Tabela 12. Teores médios de amido de diversos alimentos (% MS).

Fonte de amido	Teores médios e desvio padrão
Milho	72,1 ± 6,4
Sorgo	70,0 ± 9,1
Cevada	59,3 ± 5,3
Triticale	69,0 ± 3,9
Trigo	64,8 ± 5,5
Aveia	47,9 ± 7,2
Raspa de mandioca ¹	79,3 ± 7,8
Farinha de varredura de mandioca	82,4 ± 2,4
Casca de mandioca	54,5 ± 7,0
Polpa cítrica	8,40
Farelo de algodão	4,79 ± 1,0
Farelo de canola	4,80
Farelo de soja	3,69 ± 0,3
Feno de capim elefante	3,91
Silagem de milho	23,0 ± 4,3
Silagem de sorgo	16,11

¹Raspa de mandioca – mandioca integral picada e seca ao sol.

Fonte: Adaptado de Zecoula & Caldas Neto (2001).

Tabela 13. Fração solúvel – a, potencialmente degradável – b, taxa de degradação da fração b – c e degradabilidade efetiva – DE do amido das principais fontes.

Fonte de amido	a (%)	b (%)	c (%/h)	DE (5%/h)
Milho moído	29,3	73,30	5,6	57,6 ± 3,1
Milho moído	13,1	-	-	55,0
Milho amassado ¹⁾	8,8	91,2	1,3	34,5
Sorgo moído	52,1	38,1	3,4	54,5 ± 11,6
Sorgo moído	10,7	-	-	39,5
Sorgo amassado	12,7	87,3	2,7	47,7
Cevada moída	-	-	-	95,4 ± 3,2
Cevada amassada	12,7	86,1	7,1	65,4
Triticale moído	84,6	15,1	5,1	91,2 ± 11,2
Triticale moído	20,8	-	-	91,9
Triticale amassado	18,8	76,9	18,2	80,5
Trigo moído	-	-	-	97,4 ± 3,5
Trigo moído	0,7	-	-	90,3
Trigo amassado	11,9	86,4	33,2	87,4
Aveia moída	-	-	5,0	96,4 ± 2,2
Aveia amassada	25,8	66,4	5,1	63,3
Mandioca moída	51,9	47,5	7,0	80,2 ± 5,1
Mandioca moída	14,0	-	-	62,7
Mandioca amassada	23,1	76,9	7,3	66,3

¹⁾Os grãos inteiros e a mandioca integral picada e seca foram amassados em cilindro de preparar massas.

Fonte: Adaptado de Zecoula & Caldas Neto (2001).

Tabela 14. Médias e desvio padrão da digestibilidade ruminal, intestinal e total do amido de diferentes fontes submetidas a vários processamentos.

Fonte	Processamento	Digestibilidade			
		Ruminal	Pós-ruminal		Total
		% ingerido	% ingerido	% fluxo ⁽¹⁾	%
Milho	“Dry-rolled”	75,4±8,3	17,2±5,8	80,0±19,2	92,2±4,3
	“Steam-flaked”	83,8±5,2	15,1±4,6	92,6±5,4	98,9±2,1
	“Steam-rolled”	73,1±4,2	19,5±3,6	69,4±3,4	93,2±3,2
	Silagem de grão úmido	89,9	6,3	67,8	95,3
	Moído	50,4±3,6	40,0±9,4	86,5±8,5	90,0±8,7
Sorgo	“Dry-rolled”	50,8±8,2	38,1±6,4	62,5±8,2	88,0±5,1
	“Steam-flaked”	78,4±3,7	19,6±4,8	89,9±8,2	98,0±3,5
	Moído	70,0	15,4	51,0	86,0
Cevada	“Dry-rolled”	81,7±3,4	16,7±3,9	75,2±5,8	96,3±2,4
	“Steam-rolled”	85,8±3,2	14,6±3,1	88,0±6,2	98,2±3,4
Trigo	“Dry-rolled”	88,3±2,8	9,9±4,2	85,4±4,3	98,2±3,1
	“Steam-rolled”	88,1	10,0	88,2	98,6
Aveia	“Dry-rolled”	92,7	5,8	78,3	98,3
	“Steam-rolled”	94,0	4,5	78,8	98,8
Raspa de mandioca ⁽²⁾	Moída	83,0	14,0	71,1	98,0±2,1
Casca de mandioca	Moída	70,0	17,0	56,3	87,0±3,2
Farinha de varredura ⁽³⁾	Moída	88,0	2,8	40,1	93,6±3,6

⁽¹⁾% do fluxo que chega ao intestino delgado. ⁽²⁾Raspa de mandioca - mandioca integral picada e seca ao sol. ⁽³⁾Farinha de varredura de mandioca - farinha, pó e material fibroso resultante da varredura do chão das farinhas.

Fonte: Adaptado de Zeoula & Caldas Neto (2001).

processamentos. De forma geral, o amido da mandioca apresenta uma maior digestibilidade ruminal, intestinal e total em relação ao amido do sorgo e do milho, concordando com as características da estrutura química e física dos grânulos de amido da mandioca em relação ao do milho, que interferem na digestibilidade dos grãos, propiciando maior aproveitamento pelos microrganismos ruminais.

Esses dados são confirmados por Fregadolli et al. (2001), que observaram in vivo maior digestibilidade aparente e ruminal do amido da mandioca em relação ao milho em animais ruminantes (Tabela 15).

Tabela 15. Digestibilidade aparente - DAAm e ruminal - DRAm do amido da mandioca e do milho.

Alimento	Variável	
	DAAm (%)	DRAm (% do digerido)
Milho	85,85	72,60
Mandioca	96,25	91,65

Fonte: Fregadolli et al. (2001).

Rasps de mandioca e uréia

Para corrigir a baixa concentração de nitrogênio (Tabela 9) e, em função da rápida taxa de degradação do amido (Tabela 13), a utilização da raspa de mandioca associada à uréia pode ser indicada. Nesse caso, deve-se atentar para os cuidados na utilização do nitrogênio não protéico.

Cavalcanti & Guimarães Filho (1991) lembraram que deve ser feito um período de adaptação e que o consumo não deve ultrapassar o limite máximo de 40 g de uréia para cada 100 kg de peso vivo. No período de adaptação (15 dias), deve-se restringir o consumo à metade, ou seja, 20 g/100 kg de peso vivo. De maneira geral, para fornecer 20 g/100 kg de peso vivo deve-se adicionar a uréia na proporção de 2% nas rasps e fornecê-las tratadas na proporção de 1% do peso vivo. A adição de 2% de uréia às rasps eleva a proteína de 3% para um equivalente protéico de 8,6%. Para uma cabra com 40 kg de peso vivo, pode ser oferecido, inicialmente, 0,4 kg de rasps tratadas com 8 g de uréia por dia, podendo, após o período de adaptação, aumentar a quantidade de uréia para até 16 g/dia.

Um outro cuidado é o de adicionar o sulfato de amônio na proporção de 9:1 com a uréia, para fornecer o enxofre necessário à síntese de aminoácidos sulfurados. Para uma distribuição uniforme da uréia com as raspas, dissolve-se uma parte da mistura sulfato de amônio + uréia (9:1) para três a cinco partes de água e aplica-se a solução, com auxílio de regador, nas raspas previamente espalhadas em um terreiro ou diretamente no cocho. Após a aplicação, deve-se revolver todo o material e fornecer aos animais. O tratamento da raspa com uréia e sulfato de amônio deve ser realizado para utilização a curto prazo, em no máximo dois dias.

Silva et al. (1998), utilizando cabras SRD com 20 kg de peso vivo, testaram níveis crescentes de uréia como percentual da raiz de mandioca (0%; 0,5%; 1,0% e 1,5%). Os autores não observaram efeito significativo dos tratamentos sobre o consumo de matéria seca e digestibilidade aparente da matéria seca, sugerindo que até o nível de 1,5% de uréia na raiz de mandioca pode ser utilizado para caprinos sem prejuízo para o consumo ou aproveitamento nutricional da mistura (Tabela 16).

Tabela 16. Efeito do nível de inclusão de uréia sobre o consumo de matéria seca – CMS e digestibilidade aparente da matéria seca – DAMS.

Variável	% de uréia na raiz integral de mandioca			
	0,0	0,5	1,0	1,5
CMS (%PV)	2,80	2,90	3,01	3,20
DAMS (%)	58,57	55,93	61,93	57,56

Fonte: Silva et al. (1998).

Apesar de ser um produto utilizado há bastante tempo na alimentação animal, os dados disponíveis na literatura sobre a utilização da raspa de mandioca para pequenos ruminantes são escassos. Leal (1996) estudou o efeito da suplementação alimentar no período seco no pós-parto sobre o desempenho reprodutivo de cabras SRD (30 kg de peso corporal), mantidas em pastagens nativas (caatinga). Os animais foram distribuídos em três tratamentos: T1 – pastagem nativa; T2 – pastagem nativa + 300 g de raspa de mandioca e 75 g de feno de leucena/dia; T3 – pastagem nativa + 600 g de raspa de mandioca + 150 g de feno de leucena/dia. A suplementação reduziu a perda de peso e elevou a média de escore de condições corporais, que resultou em maior número de cabras entrando em estro até o final do experimento (Tabela 17) (Fig. 2).

Tabela 17. Efeito da suplementação no pós-parto sobre o ganho de peso, escore de condição corporal e percentual de cabras exibindo estro durante o período do experimento (168 dias).

Variável	Manejo alimentar		
	T1 ^a	T2	T3
Ganho de peso (kg)	-4,15 ^{a,2}	-1,99 ^b	-1,81 ^b
Escore de condição	1,86 ^c	2,59 ^b	2,53 ^b
Cabras em estro (%)	37,51 ^c	87,50 ^a	81,25 ^a

^aT1 - pastagem nativa; T2 - pastagem nativa + 300 g de raspa de mandioca e 75 g de feno de leucena/dia; T3 - pastagem nativa + 600 g de raspa de mandioca + 150 g de feno de leucena/dia.

^b Letras diferentes na mesma linha diferem entre si (p<0,05).

Fonte: Leal (1996).

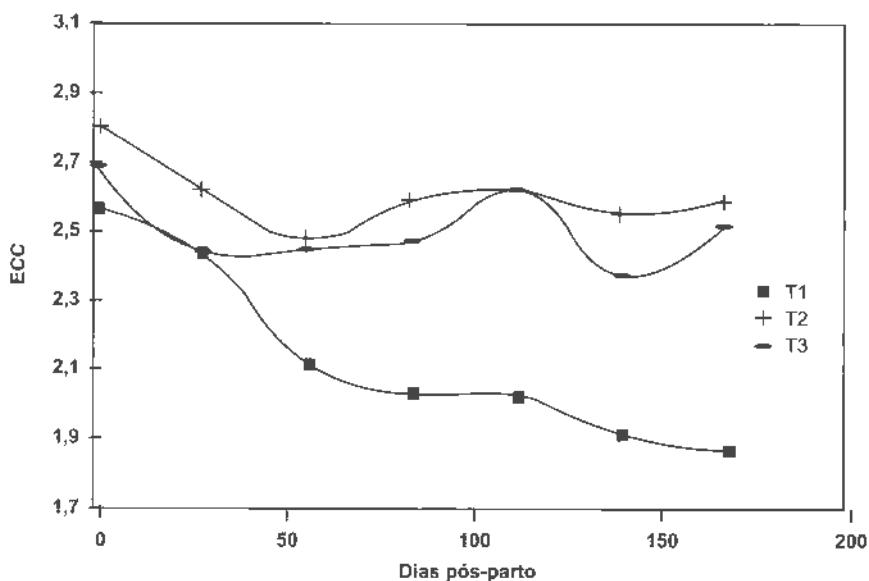


Fig. 2. Evolução do escore de condição corporal – ECC das cabras submetidas a três manejos nutricionais durante 168 dias de experimento. T1 – pastagem nativa; T2 – pastagem nativa + 300 g de raspa de mandioca e 75 g de feno de leucena/dia; T3 – pastagem nativa + 600 g de raspa de mandioca + 150 g de feno de leucena/dia.

Fonte: Leal (1996).

Raspa de mandioca como aditivo para silagens

O farelo de raízes de mandioca pode ser utilizado como aditivo para silagens, aumentando o teor de matéria seca e melhorando o perfil

de fermentação. Ferrari Jr. & Lavezzo (2001) testaram a inclusão crescente de farelo da raiz de mandioca (81,45% de MS; 2% de PB; 14,77% de FDN; 76,90% de amido) nos níveis de 2%; 4%; 8% ou 12% do capim-elefante, ensilado em tambores de 200 L. A adição de farelo de mandioca aumentou o teor de matéria seca, favorecendo a ensilagem e melhorando a qualidade do material. Contudo, os níveis de N-NH₃ e ácido butírico ainda estavam altos, o que indica ainda ter ocorrido fermentações indesejáveis (Tabela 18).

Tabela 18. Raspa de mandioca como aditivo na ensilagem de capim-elefante – CE sobre o teor de matéria seca – MS, pH, nitrogênio amoniacal – N-NH₃ e ácido butírico – BUT.

Tratamentos	Variáveis			
	MS (%)	pH	N-NH ₃	BUT
CE emurchado 8h	26,21	4,32	16,54	0,20
CE in natura	23,49 ^a	4,45	17,52	0,18
CE in natura + 2% raspa	23,93 ^a	4,22	18,99 ^{ab}	0,17
CE in natura + 4% raspa	25,30	4,40	17,76	0,36
CE in natura + 8% raspa	27,37	4,37	18,87 ^{ac}	0,35
CE in natura + 12% raspa	28,91 ^b	4,45	18,97 ^{ab}	0,51

^aDiferem, na mesma coluna, do CE emurchado 8h (p<0,05).

Fonte: Ferrari Jr. & Lavezzo (2001).

FARINHA DE VARREDURA NA ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS

Como descrito anteriormente, a mandioca é um alimento rico em energia e suas raízes são utilizadas especialmente na fabricação de farinha de mesa e fécula. Dentre os subprodutos da indústria farinheira, úteis na alimentação animal, destaca-se a farinha de varredura, que é fruto da limpeza de todo material perdido no chão, constituído de farinha, pó e material fibroso. Alguns trabalhos no Estado do Paraná têm avaliado esse produto para pequenos ruminantes.

Dietas para ovinos, com 50% de volumoso e 50% de concentrado e níveis de substituição de 25%, 50%, 75% e 100% da farinha de varredura por milho foram avaliadas por Geron et al. (2001). Os tratamentos não demonstraram efeito significativo sobre a ingestão de matéria seca, coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e

valor de energia das rações, levando à conclusão que o milho pode ser substituído integralmente pela farinha de varredura em rações de ovinos (Tabela 19).

Tabela 19. Efeito da substituição do milho pela farinha de varredura sobre o consumo de matéria seca – CMS, ingestão de energia líquida de ganho – Elg e digestibilidade aparente da matéria seca – DAMS.

Variável	Níveis de substituição (%)			
	25	50	75	100
CMS (%PV)	2,8	2,9	2,9	2,8
Ingestão de Elg kcal/kg ^{0,75}	78,0	79,3	80,4	75,8
DAMS (%)	68,5	68,3	68,7	66,6

Fonte: Geron et al. (2001).

Mouro et al. (2002) avaliaram a farinha de varredura em substituição ao milho em dietas de cabras leiteiras. Foram utilizadas cabras Saanen com 50 kg de peso vivo em dietas com 40% de feno de alfafa e 60% de concentrado; os tratamentos foram constituídos da substituição do milho pela farinha de varredura em dietas isoprotéicas (16%) e isofibrosas (29,50% de FDN). Os resultados, apresentados na Tabela 20, demonstram que o milho pode ser completamente substituído pela farinha de varredura para cabras em lactação, não alterando parâmetros digestivos ou produtivos.

Tabela 20. Efeito da substituição do milho pela farinha de varredura, sobre o consumo de matéria seca – CMS, digestibilidade aparente da matéria seca – DAMS, digestibilidade do amido – DAm, nutrientes digestíveis totais – NDT, produção de leite – PL, estrato seco total do leite – EST e proteína bruta do leite – PB leite, em cabras em lactação.

Parâmetro	Nível de substituição do milho pela farinha de varredura (%)			
	0	33	67	100
CMS (g/dia)	1.982,77	1.742,17	1.733,88	1.891,87
DAMS (%)	69,00	70,12	68,96	70,36
DAm ¹ (%)	94,83	96,05	98,29	98,28
NDT (%)	71,15	73,20	70,33	71,68
PL (kg)	2,14	2,00	2,06	2,21
EST (%)	11,30	11,00	11,34	11,23
PB leite (%)	3,00	3,09	2,95	2,95

¹Efeito linear (Y = 96,82 + 1,20X).

Fonte: Mouro et al. (2002).

CASCA DE MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS

A casca de mandioca, freqüentemente referenciada como raspa de mandioca, é constituída da ponta da raiz, casca e córtex (entrecasca), obtidas como subproduto durante o processo de fabricação da farinha de mesa. Apresenta menor concentração de amido em relação à raiz integral da mandioca, com níveis intermediários ao da aveia e cevada (Tabela 12) e características de digestão parcial e total semelhantes à mandioca integral (Tabela 14). Essas características fazem desse alimento, apesar de mais pobre em energia, uma boa opção em potencial para alimentação de ruminantes; entretanto, poucos trabalhos avaliando esse alimento para caprinos e ovinos estão disponíveis na literatura.

Menezes et al. (2002a) conduziram um trabalho de pesquisa utilizando fêmeas caprinas da raça Saanen, em recria, com 27 kg de peso corporal e 12 meses de idade para testar níveis de substituição do milho pela casca de mandioca. Nesse trabalho, a casca de mandioca foi desidratada, seca ao sol e moída. O aumento da participação da casca de mandioca reduziu de forma linear a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, assim como o balanço de N. Os autores citam que a concentração de cinzas na casca de mandioca foi de 24%; isto pode indicar que o processo de lavagem para limpeza de terra no material pode não ter sido feito adequadamente, para reduzir o teor de cinzas como sugerido por Cavalcanti & Lopes Filho (2000) e, desta forma, pode ter afetado os resultados.

No mesmo trabalho, Menezes et al. (2002b) observaram um decréscimo linear nos consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína, carboidratos não fibrosos e totais com o aumento nos níveis de casca, que influenciaram diretamente no ganho de peso dos animais (Fig. 3). Esses dados sugerem cautela e atenção na utilização da casca de mandioca para alimentação de pequenos ruminantes, principalmente na preparação do material. Esse detalhe da lavagem das raízes deve ser levado em consideração também na utilização da raspa de mandioca.

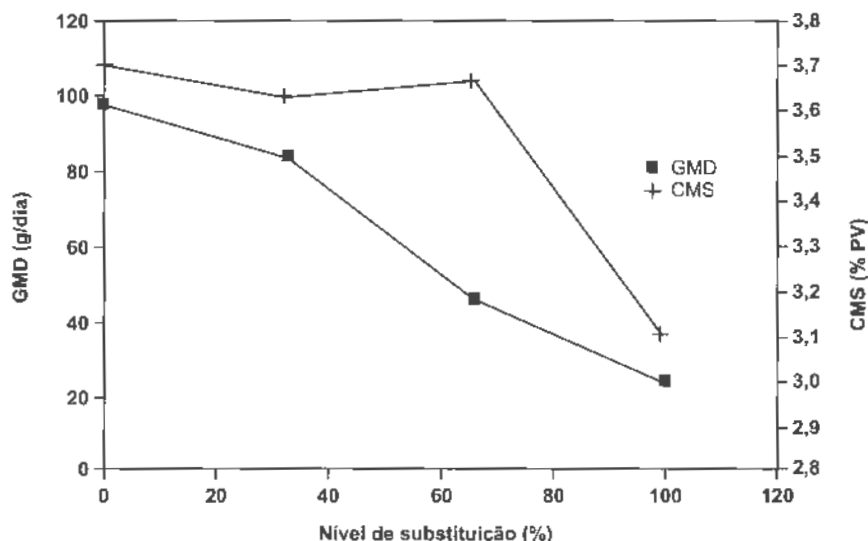


Fig. 3. Ganho médio diário – GMD e consumo de matéria seca – CMS por cabritas Saanen em função do percentual de substituição do milho pela casca de mandioca.

Fonte: Menezes et al. (2002b).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mandioca e seus subprodutos constituem-se em uma alternativa viável para a alimentação de ruminantes; entretanto, é necessário que seja feito o manejo e o processamento, tanto da parte aérea quanto das raízes, para redução da toxicidade desses materiais a níveis seguros, antes da utilização em dietas para animais ruminantes.

A parte aérea da mandioca apresenta bom conteúdo em proteína bruta com elevada degradabilidade; mas, sua qualidade está diretamente relacionada ao percentual de folhas do material, recomendando-se, portanto, a utilização do terço superior ou das próprias folhas na forma de feno ou silagem.

As raízes, na forma integral, picadas e desidratadas, podem substituir o milho em rações para caprinos e ovinos, tendo como vantagem a maior concentração e degradação ruminal do amido.

A farinha de varredura é, sem dúvida, dos subprodutos da mandioca, o de maior valor como concentrado energético, apresentando mais de 80% de amido em sua composição, podendo substituir o milho integralmente em dietas de caprinos e ovinos.

As cascas de mandioca têm menor valor de energia em relação às raspas e devem ser utilizadas com cautela na alimentação de caprinos e ovinos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. X. de; ALGOSTINI, T.; TERNES, M. Aproveitamento da parte aérea da mandioca na alimentação de bovinos. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 30-33, 1990.

ALMEIDA, F. C. G.; ALMEIDA, F. A. G.; LIMA, L. C. F.; TEJONETO, E. M.; SOARES, C. A. M. Efeito de diferentes intensidades de poda em mandioca submetida a regime de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 5., 1988, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBM, 1988. p. 59-63.

BARTÍK, M. Poisoning by hydrogen cyanide and other cyanides. In: BARTÍK, M.; PISKAC, A. (Ed.). *Veterinary toxicology*. Amsterdam: Elsevier, 1981. p. 59-63. (Developments in Animal and Veterinary Sciences, 7).

CARVALHO, G. G. P. de; PIRES, A. J. V.; SANTOS, G. S. S.; SILVA, F. F. da; VELOSO, C. M.; CEZÁRIO, A. S.; PEIXOTO, C. A. de M.; FERREIRA, H. F. Degradabilidade ruminal do capim elefante, da palma, do guandu e da parte aérea da mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

CARVALHO, J. L. H. de. Parte aérea da mandioca na alimentação animal. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, p. 28-36, 1984.

CARVALHO, J. L. H. de; PEREIRA, E. A.; COSTA, I. R. S. Parte aérea da mandioca na alimentação animal. 2. O farelo da parte aérea na silagem de capim elefante. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1983. 5 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 30).

CATUNDA, A. G.; MENEZES, F. A. B. de. Aproveitamento da farinha da polpa de caju e do feno da rama de mandioca na alimentação de ovinos na época seca. Fortaleza: Epace, 1989. 20 p. (Epace. Boletim de Pesquisa, 16).

CAVALCANTI, J.; ARAÚJO, G. G. L. de. **Parte aérea da mandioca na alimentação de ruminantes na região semi-árida**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 21 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 57).

CAVALCANTI, J.; GUIMARÃES FILHO, C. **Utilização da uréia com raspas de mandioca na alimentação de ruminantes**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1991. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado Técnico, 69).

CAVALCANTI, J.; LOPES FILHO, F. **Raspa de mandioca para a alimentação animal no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 3 p. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, 39).

CONCEIÇÃO, W. L. F. **Níveis de inclusão da raspa de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na alimentação de cordeiros em terminação**. 2004. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004.

FERNANDES, A. P. M.; REIS, O. V.; MORENO, J. A.; BESSA, J. M. G.; CORDEIRO, H. V. A. **Produção e composição química da parte aérea de seis cultivares de mandioca**. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 11., 1974, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC-Imprensa Universitária, 1974. p. 324-325.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. **Qualidade da silagem de capim-elefante (*Penisetum purpureum* Schum) emurcbeido ou acrescido de farelo de mandioca**. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1424-1431, 2001.

FREGADOLLI, F. L.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N. do; BRANCO, A. F.; CALDAS NETO, S. F.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, D. O. **Efeito das fontes de amido e nitrogênio de diferentes degradabilidades ruminais. 1. Digestibilidades parcial e total**. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 858-869, 2001.

GERON, L. J. V.; ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F.; PRADO, I. N.; JORGE, J. R. V.; MAEDA, E. M.; FOUNTANINEBELEZE, J. R.; DIAN, P. H. M.; EL-MIMARI NETO, A. C. Substituição do milho pela farinha de varredura *Manihot esculenta* Crantz em rações para ovinos. 1. Ingestão de matéria seca e valor energético. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1219-1220.

LEAL, T. M. **Efeito da complementação alimentar no pós-parto sobre o desempenho reprodutivo de cabras sem raça definida (SRD) e o desenvolvimento das crias, criadas na caatinga não cercada.** 1996. 98 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1996.

LONDOÑO HERNÁNDEZ, F. I.; VALADARES FILHO, S. C.; LANA, R. de P.; CECON, P. R.; MANCIO, A. B.; PAULINO, M. F.; MAGALHÃES, K. A.; REIS, S. L. R. Determinação da cinética ruminal da proteína de vários alimentos utilizando o método dos inibidores *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 232-242, 2002.

MARTINS, A. de S.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; MARTINS, E. L.; LOYOLA, V. R. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta da silagem de milho e sorgo e alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 1109-1117, 1999.

MARTINS, A. de S.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; SANTOS, G. T. dos; MARTINS, E. L.; LOYOLA, V. R.; PINTO, A. A.; WATANABE, M. N. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta de diferentes alimentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 79-81.

MENDES, M. A.; CAMPOS, O. F. de; SILVA, J. C. da. Determinação do valor nutritivo da mandioca, planta integral (*Manihot esculenta* Crantz) "Salangorzinho". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 11., 1974, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC-Imprensa Universitária, 1974. p.25.

MENEZES, M. P. C.; RIBEIRO, M. N.; COSTA R. G.; MEDEIROS, A. N. de. Substituição do milho pela casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em rações completas para caprinos: desempenho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002b. 1 CD-ROM.

MENEZES, M. P. C.; RIBEIRO, M. N.; COSTA R. G.; MEDEIROS, A. N. de. Substituição do milho pela casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em rações completas para caprinos: digestibilidade dos nutrientes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002a. 1 CD-ROM.

MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T. dos; VILELA, D.; SILVA, D. C. da; FAUSTINO, J.; DAMASCENO, J. C.; JOBIM, C. C.; DETMANN, E. Caracterização da silagem do terço superior da rama de mandioca *manihot esculenta* Crantz. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM).

MOURO, G. F.; BRANCO, A. F.; MACEDO, F. A. F. de; RIGOLON, L. P.; MAIA, F. J.; GUITARÃES, K. C.; DAMASCENO, J. C. SANTOS, G. T. dos. Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura em dietas de cabras em lactação: produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 475-483, 2002. Suplemento.

OLUMIDE, T. Indices of cassava safety for livestock feeding. **Acta Horticulturæ**, Ibadan, n. 375, p. 241-249, 1994.

RAVIDRAN, V. Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. **Journal of the Food and Agriculture**, v. 61, n. 2, p. 141-150, 1993.

RODRIGUEZ, N. M.; VELOSO, C. M.; MOURÃO, G. B.; BERNARDINO, L. A.; GONÇALVES, L. C. Degradabilidade ruminal da proteína de folíolos de leucena, guandu, soja perene e folhas de rami e mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.449-451.

SILVA, J. H. V. de; SANTOS, V. J. dos; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N.; MARTINS, T. D. D.; RIBEIRO, L. G. R. Suplementação do feno de capim-elefante napier com raiz integral de mandioca e uréia na alimentação de cabras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998. p. 518-520.

TAVARES, C. P.; SALES, R. de O.; CARNEIRO, M. S. de S.; ALVES, A. A. Utilização da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em dietas para terminação de ovinos em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

TELES, F. F. Técnicas de liberação do HCN e toxidez cianogênica das mandiocas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 18-22, 1987.

VALADARES FILHO, S. de C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** Viçosa: UFV-DZO-DPI, 2001. 297 p.

VELOSO, C. M.; RODRIGUEZ, N. M.; SAMPAIO, I. B. M.; GONÇALVES, L. C.; MOURÃO, G. B. pH e amônia ruminais, relação folha:haste e degradabilidade ruminal da fibra de forrageiras tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 871-879, 2000.

VILELA, E. R. Tecnologia de produção de raspas de mandioca. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 53-57, 1987.

ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F. Recentes avanços em amido na alimentação de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p. 249-284.

Livraria Embrapa

Na Livraria Embrapa, você encontra
livros, fitas de vídeo, DVDs e
CD-ROMs sobre agricultura,
pecuária, negócio agrícola, etc.

Para fazer seu pedido, acesse
www.embrapa.br/liv

ou entre em contato conosco
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
vendas@sct.embrapa.br

Impressão e acabamento
Embrapa Informação Tecnológica

*O papel utilizado nesta publicação foi produzido conforme
a certificação da Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Manejo Florestal.*

Embrapa

Mandioca e Fruticultura



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

ISBN 85-7383-310-6



9 788573 833102

CGPE 5297