

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp) BIOFORTIFICADO PARA A OBTENÇÃO DE FARINHA E PRODUTOS

Data de aceite: 01/03/2022

Data de submissão: 07/02/2022

Lucia Maria Jaeger de Carvalho

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Faculdade de Farmácia
Rio de Janeiro, RJ
<http://lattes.cnpq.br/3226335064324012>

Ana Cláudia Teixeira

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Faculdade de Farmácia
Rio de Janeiro, RJ
<http://lattes.cnpq.br/8707388641016157>

José Luiz Viana de Carvalho

Embrapa Agroindústria de Alimentos
Rio de Janeiro, RJ
<http://lattes.cnpq.br/2025055173757476>

RESUMO: O feijão-caupi é uma leguminosa altamente consumida no Brasil, principalmente nas regiões norte e nordeste por populações menos favorecidas. A biofortificação de feijão-caupi vem sendo aplicada a fim de que se produza grãos com elevados teores de ferro e de zinco. A farinha de feijão-caupi é utilizada em diferentes tipos de preparações e, principalmente, na obtenção do acarajé e outros produtos.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão-caupi, biofortificação, farinha, acarajé, produtos.

EVALUATION OF COWPEA BEAN BIOFORTIFIED CULTIVARS TO OBTAIN FLOUR AND PRODUTOS

ABSTRACT? Cowpea is a legume highly consumed in Brazil, mainly in the north and northeast regions by lowincome populations. Cowpea biofortification has been applied in order to produce grains with high levels of iron and zinc. Cowpea flour is used in different types of preparations and, mainly, in obtaining acarajé and other products.

KEYWORDS: Cowpea, biofortification, flour, acarajé, products.

1 | INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) é uma cultura de origem africana, a qual foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no Estado da Bahia. Classificado como uma planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção *Catyang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata* (Freire Filho, 1988).

O feijão-caupi tem vários nomes populares e os mais usados no País são: feijão-macassa e feijão-de-corda, na região Nordeste; feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, na região Norte; feijão-miúdo, na região Sul. Nos estados de Sergipe, Bahia e Rio

de Janeiro há um tipo de grão que tem o tegumento branco com um grande halo preto, chamado de feijão-fradinho. Este é o tipo utilizado preferencialmente para o preparo do acarajé, comida típica do Estado da Bahia, conhecido em todo o Brasil. (Freire Filho *et al*, 1983).

No Brasil, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) predomina nas regiões Nordeste e Norte e tem se expandindo para a região Centro-Oeste, principalmente para o Estado de Mato Grosso (Freire Filho *et al*, 2011). Porém, por ser uma espécie adaptada às condições tropicais e subtropicais, produz bem em todas as regiões do País. (Singh *et al*, 2006 *apud* Freire Filho, 2011)

Do ponto de vista nutricional, a escolha do feijão-caupi como base alimentar em populações menos favorecidas é uma alternativa excelente graças a sua composição. Em relação aos macronutrientes, é uma fonte rica em proteínas (cerca de 25%) e carboidratos, aliada a um baixo teor de lipídios (Freire Filho *et al*, 2011). Com o aumento do custo e a maior dificuldade de obtenção constante de proteína animal pela população com menos recursos, alimentos de origem vegetal com altos teores de proteína são uma substituição interessante para compor a dieta. Além disso, o valor nutricional protéico do feijão-caupi consegue ser quase o dobro do presente em cereais, por exemplo, demonstrando como ele consegue ser uma opção adequada em diversas comparações (Akinyele e Akinlosotu, 1987). Aliado a quantidade, a qualidade dos nutrientes presentes no feijão-caupi também são fatores de interesse, visto que é um alimento rico em aminoácidos essenciais, como a lisina, aumentando a variedade de consumo (Freire Filho *et al*, 2011).

Assim como outras leguminosas, o feijão-caupi é considerado um alimento com baixo índice glicêmico, que pode proporcionar uma melhora no controle de glicemia de indivíduos e é uma característica cada vez mais interessante, principalmente se tratando de pacientes diabéticos (Brand *et al*, 1991). Isso se relaciona ao seu alto teor de fibras alimentares, que devido a sua estrutura viscosa e fibrosa, auxiliam no controle da liberação de glicose no sangue (Jenkins *et al*, 1982). Além disso, já se relaciona o consumo de leguminosas a efeitos hipocolesterolêmicos, pois sua fermentação geram compostos como as fibras dietéticas, que se ligam aos ácidos biliares, impedindo sua reabsorção no fígado e a síntese de colesterol; e o propionato, que inibe a enzima limitante dessa mesma síntese (Trinidad *et al*, 2010).

Em relação aos minerais, é possível ser encontrado em sua composição cálcio, cobre, magnésio, mas principalmente ferro e zinco. Porém, a presença elevada de ácido fítico, tânico e lectina, conhecidos como fatores antinutricionais, podem reduzir a disponibilidade desses micronutrientes (Almeida *et al*, 2008).

Os fitatos, principais armazenamentos na forma de fósforo, se complexam com o cálcio, ferro, zinco, cobre e magnésio, reduzindo suas biodisponibilidades.

A análise e avaliação da composição nutricional de diversos cultivares de feijão caupi obtidos por melhoramento genético convencional mostram que possuem altos teores

de energia, carboidratos e são boas fontes de fibras, um ótimo conteúdo proteico e baixos teores de lipídeos conforme ilustrado na Tabela 1, concluindo que, no geral, seu consumo é benéfico do ponto de vista nutritivo e funcional.

Cultivar	Valor energético	Carboidratos	Proteínas	Lipídeos	Fibras	Autor/ano
BR17-Gurguéia	351,55	57,64	27,39	1,27	*	Souza e Silva <i>et al.</i> (2002)
BR14 - Mulato	352,05	55,64	29,29	1,37	*	Souza e Silva <i>et al.</i> (2002)
BRS - Milênio	323,4 ± 0,84	51,4±0,63	24,5± 0,47	2,2± 0,02	19,4±1,07	Frota <i>et al.</i> (2008)
BRS - Itaim	334,17	57,69±0,28	21,60±0,39	1,89±0,08	15,26±0,16	Pereira (2013)

Tabela 1. Valor energético kcal(g.100⁻¹) e carboidratos , proteínas, lipídios e fibras (g.100⁻¹) em cultivares de feijão-caupi

Adaptado de Souza e Silva *et al.* (2002), Frota *et al.* (2008) e Pereira (2013).

*contéudo de fibras não avaliado

Técnicas de preparação como cozimento, extrusão, fermentação e germinação podem diminuir os níveis de fitatos (Mensah e Tomkins, 2003). Os taninos condensados, por sua vez, também conseguem formar complexos, porém com as proteínas, tornando-as insolúveis. Sua capacidade quelante também resulta na redução de biodisponibilidade de minerais (Feitosa *et al.*, 2015). Já as hemaglutininas, mais conhecidas como lectinas, se ligam a superfície de receptores específicos presentes nas células do intestino, interferindo na absorção de nutrientes (Vasconcelos e Oliveira, 2004). Também podemos encontrar na composição do feijão-caupi um teor de flavonóides, que apesar de muitas vezes serem vistos como antinutrientes, podem apresentar atividade antioxidante como benefício (Nassourou *et al.*, 2016).

Uma estratégia para melhorar a composição proteica, mineral e diminuir os fatores antinutricionais é o processo de germinação (ou brotação), que deve ser realizada previamente ao cultivo, ainda nas sementes do feijão-caupi. Ele consiste em embeber a semente para germinação gerando modificações no endosperma, decorrente da ação de enzimas, e alterando diversas características físicas e químicas (Edom, 2013). Uma dessas mudanças mais importantes é a liberação das fitases, responsáveis pela degradação dos fitatos, além da solubilização de taninos condensados, aumentando a biodisponibilidade mineral (Owuamanam *et al.*, 2004 e Sokrab *et al.*, 2012).

Apesar de não influenciar diretamente na composição nutricional do feijão-caupi, as condições de cultivo também devem ser minuciosamente estudadas, a fim de garantir um produto final conveniente. Apesar de o grão tolerar bem o déficit hídrico, a época que é cultivado pode influenciar na qualidade tecnológica final em fatores como o tamanho do grão, tempo de cocção, dureza da casca e rendimento. A presença constante de chuvas em todo o processo não é ideal, devido a maiores riscos de contaminação fúngica (Almeida

et al., 2020).

O genótipo do grão de feijão-caupi pode influenciar de forma direta na composição, podendo variar os valores nutricionais do produto final. A produção de sementes com melhoramento genético a fim de progredir e melhorar a qualidade nutricional do feijão-caupi já vem sendo realizada e deve ser incentivada, a fim de aprimorar as falhas já citadas e maximizar os benefícios (Frota *et al.*, 2008).

O fato da produção de leguminosas ser influenciada por diversos fatores pode ser aproveitado como uma vantagem, visto que, a diversificação destas condições pode ser utilizada para melhorar a qualidade das sementes e do processo de cultivo a fim de enriquecer nutricionalmente o produto final. (Trinidad *et al.*, 2009). Entender detalhadamente a estrutura e a genética do feijão-caupi, assim como determinar seus níveis de macro e micronutrientes, além dos fatores antinutricionais em diferentes épocas de semeadura pode ajudar a fornecer novas estratégias para a indústria de pesquisa e desenvolvimento.

2 | FEIJÃO-CAUPI BIOFORTIFICADO

A Biofortificação é uma alternativa de intervenção nutricional que tem como objetivo aumentar o conteúdo de micronutrientes em alimentos com a utilização de práticas agrônomicas e melhoramento de plantas.

A EMBRAPA coordena o Programa de Biofortificação do Brasil (BioFort) , que faz parte de um consórcio de pesquisa que atua na América Latina, África e Ásia, o HarvestPlus e tem como objetivo minimizar a desnutrição com foco no melhoramento de alimentos básicos como o feijão-caupi através do cruzamento convencional entre espécies com teores elevados de micronutrientes como o ferro e o zinco e o beta-caroteno (pró-vitamina A) utilizando mecanismos de distribuição de sementes de cultivares biofortificadas e de integração com os produtores tendo como público alvo as populações menos favorecidas (Nutti *et al.*, 2009).

O fornecimento de micronutrientes em altas concentrações nas partes comestíveis de culturas básicas pode impactar positivamente na saúde humana e contribuir para diminuir a desnutrição nas regiões menos desenvolvidas do país (Mayer, Pfeiffer e Beyer, 2008). No entanto, esta concentração de micronutrientes deve garantir uma biodisponibilidade adequada de minerais e trazer resultados eficazes (Nestel *et al.*, 2010).

Para que o processo de biofortificação seja bem sucedido alguns fatores devem ser considerados e seguem um fluxo dividido em fases que tem início com a identificação da população alvo até a obtenção da melhora do estado nutricional dessa população. (Muluaem, 2015). Segundo Bouis, e Welch, (2010), três fatores são essenciais para um resultado positivo. Primeiramente a combinação de alta densidade de nutrientes com alta produtividade e alta lucratividade para o agricultor. Em seguida comprovação da eficácia, que deve ser demonstrada através avaliação da necessidade de micronutrientes do público-

alvo, e, após o consumo dos cultivares biofortificados ocorrer redução da desnutrição. Por último deve ocorrer a aprovação da cultura biofortificada pelos agricultores e consumidores em regiões-alvo onde as pessoas sofrem de desnutrição por esses micronutrientes.

2.1 Composição centesimal e micronutrientes do feijão-caupi biofortificado

Pereira (2014) avaliou a composição centesimal de cultivares biofortificadas de feijão-caupi (BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique) bem como sua bioacessibilidade encontrando valores promissores de proteínas, lipídios e fibras, conforme Tabela 2, abaixo e, valores de ferro que variaram de 6,3 a 5,1 mg. 100 g⁻¹ e de zinco de 4,5 a 3,5 mg.100 g⁻¹.

Cultivares	Proteínas	Cinzas	Lipídios
BRS Xiquexique	22,4 ^a	3,33 ^a ±0,04	2,67 ^a ±0,44
BRS Tumucumaque	23,7 ^b	3,81 ^a ±0,13	2,57 ^b ±0,10
BRS Aracê	24,8 ^c	4,02 ^b ±0,03	2,77 ^a ±0,16

Tabela 2. Proteínas, cinzas e lipídios em cultivares biofortificadas de feijão-caupi (g.100⁻¹).

Fonte: adaptada de Pereira (2014).

Uma análise comparativa entre os três cultivares de feijão-caupi, BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique, mostrou que a BRS Aracê apresentou maior teor de proteínas e menor de zinco. Por outro lado, a BRS Tumucumaque apresentou tempo de cozimento menor e, a BRS Xiquexique apresentou maior teor de ferro e zinco e maior tempo de cozimento (Tabela 3).

Cultivares	Proteínas (%)	Ferro (mg. Kg ⁻¹)	Zinco (mg. Kg ⁻¹)	Tempo de cozimento (min.)
BRS Aracê	25	61,7	48,6	18'20"
BRS Xiquexique	23,23	77,41	53,66	22"
BRS Tumucumaque	23,53	60,57	51,63	13'23"

Tabela 3. Proteínas, Ferro, Zinco e tempo de cozimento nos cultivares biofortificadas de feijão- caupi.

Fonte: Embrapa, 2009.

Foram analisados 44 genótipos elite de feijão-caupi quanto aos teores de proteínas, ferro e zinco. Os resultados mostraram uma variação de 20,4 % a 28,3 % para o conteúdo de proteínas, 37,29 a 77,41 mg kg⁻¹ de ferro e 30,37 a 62,80 mg kg⁻¹ de zinco. O cultivar BRS-Xiquexique apresentou melhores resultados para o ferro, adaptabilidade e estabilidade para cultivo nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil (Rocha *et al.*, 2008).

Alves (2017) avaliou formas de aplicação de zinco no feijão-caupi na cultura dos genótipos BRS Guariba (mais cultivado no Brasil) e BRS Xiquexique (com alto teor de

zinco) verificando que as concentrações deste mineral nos grãos são determinadas pela especificidade na produtividade de cada cultivar. Nas condições do estudo foram utilizadas quatro formas de aplicação de Zn: não aplicação (controle); aplicação no solo (Zn-S); aplicação na folha (Zn-F) e aplicação no solo e na folha (Zn-S+F). Como resultado sugeriu-se ser mais viável a utilização de cultivares comerciais de alta produtividade como o BRS Guariba e aplicação de zinco no solo ou pulverização foliar, elevando sua concentração e acúmulo nos grãos em razão do cultivar BRS Xiquexique ter uma baixa produtividade mesmo apresentando maiores concentrações de zinco e melhor potencial para biofortificação.

Carvalho *et al.* (2011) identificaram oito genótipos superiores quanto aos teores de ferro, zinco e proteínas de feijão-caupi biofortificado, revelando que o cruzamento do cultivar BRS Xiquexique x TE97-304G-4 foi o mais promissor quanto as concentrações de zinco.

Amostras de grãos verdes de feijão-caupi biofortificadas (BRS Aracê, BRS Tumucumaque, BRS Xiquexique e amostra padrão BRS Guariba) foram analisadas quanto à sua composição química e o efeito do processamento térmico. O teor de umidade variou de 58,32 a 60,66 %, valor energético de 159 a 170 kcal / 100g (base úmida). No grão verde cru o teor de cinzas variou de 1,58% a 1,68%, proteínas de 11,03% a 13,25%, lipídeos 1,31% a 2,23% e carboidratos de 36,11% a 38,13%. Os resultados mostraram que os grãos de feijão-caupi foram afetados pelo processamento térmico, reduzindo os teores de cinzas, proteínas, carboidratos e aumentando o conteúdo de lipídeos, a exceção da BRS Tumucumaque, apresentou aumento em proteínas e redução em lipídeos (Melo *et al.*, 2017).

3 | FARINHA E SEUS PRODUTOS

3.1 Farinha

Visando buscar alimentos com um melhor perfil nutricional, baixo custo de produção e a praticidade, a indústria vem desenvolvendo técnicas para obtenção de uma farinha de feijão-caupi, a fim de melhorar seus aspectos de qualidade, gerando um maior tempo de prateleira, associado a maior rapidez no preparo do acarajé, visto que a obtenção convencional do feijão-caupi, demanda a maior parte do tempo do processo total, seria eliminado com a utilização da farinha já pronta, e, ao mesmo tempo, manteria os aspectos nutricionais desejados.

Um estudo realizado com 262 crianças em idade pré escolar, entre 2 a 5 anos, em creches Municipais de Teresina, no Estado do Piauí, Brasil, teve como objetivo avaliar o impacto nutricional na anemia ferropriva com o consumo de biscoitos a base farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico para um grupo (G1) e biscoitos enriquecidos com farinha de feijão-caupi (*V. unguiculata* (L.) Walp) da BRS-Xiquexique, biofortificada com ferro e zinco para outro grupo (G2). Havia prevalência de anemia nos grupos G1 e G2 antes e após a intervenção nutricional mostrando que o uso de ambos os tipos de formulações de biscoitos diminuiu a prevalência de anemia (G1 e G2) sendo que o G2 revelou uma maior

redução (Landim *et al.*, 2016).

A utilização de farinha de feijão-caupi é viável em outros alimentos além do acarajé. Rios *et al.* (2018) concluíram que todas as farinhas integrais de feijão-caupi demonstraram além de um perfil nutricional excelente, sendo potencialmente adequadas para panificação.

Frota *et al.* (2010) exaltam que, além dos atributos nutricionais (proteínas, minerais, ferro, zinco, magnésio, potássio e vitaminas), a avaliação sensorial para produtos de panificação também apresentou aceitação superior a 70%, demonstrando ser um produto viável a ser utilizado.

Leal *et al.* (2013) demonstraram que as farinhas de feijão-caupi biofortificado apresentaram propriedades físicas, químicas e valor nutricional favoráveis para o desenvolvimento de produtos alimentícios, devido a sua boa estabilidade, elevado conteúdo proteico e de minerais bem como índice de solubilidade em água elevado, sendo este um bom indicativo para produção de alimentos como sopas e mingaus.

Adicionalmente, Cavalcante *et al.* (2016) concluíram que a farinha de feijão-caupi é uma opção válida para o enriquecimento de alimentos assados sem glúten, sendo uma alternativa para inserção do produto no mercado.

3.2 Processamento da farinha de feijão-caupi para produção de acarajé e outros produtos

Tradicionalmente, o preparo da massa de feijão-caupi para a elaboração do acarajé, é realizado pela sua imersão em água (afrouxamento da película), descorticação manual, maceração dos cotilédones, moagem úmida, batimento e, por fim, fritura por imersão em azeite de dendê quente. O processo, apesar de todo o seu contexto histórico é fora dos padrões atuais de preparo para consumo imediato, devido ao longo tempo envolvido em todas as etapas (Moreira *et al.*, 2008). Um produto que apresenta diversos benefícios devido ao ótimo perfil nutricional perde em termos de praticidade, devido ao processo artesanal de produção. Com base nisso, a preparação de uma farinha de feijão-caupi é uma proposta alternativa e rápida, visto que as etapas mais demoradas seriam realizadas de forma industrial, minimizando tempo e mão de obra permitindo que o responsável pelo preparo deveria se encarregar apenas de sua reconstituição em água, sendo similar a forma que a tradicional (Patterson *et al.*, 2004). Adicionalmente, a conversão do produto fresco em farinha pronta proporcionaria aumento do tempo de validade, em condições adequadas de armazenamento com poucas alterações em suas características nutricionais, físicas, químicas e microbiológicas (McWatters *et al.*, 2006).

3.2.1 Descorticação

3.2.1.1. Imersão em água (úmida)

Estudos anteriores reportaram semelhanças em relação ao tempo de imersão e

nível de água utilizado.

Chhinnan *et al.* (1985) avaliaram diferentes tempos de hidratação devido a não haver um consenso, na Nigéria, um dos maiores produtores de feijão-caupi, concluindo que a utilização de água entre 56% e 62%, não revelaram diferenças significativas no tempo de hidratação.

Níveis diferentes de água afetam a viscosidade aparente, importante indicador de desempenho do produto final.

Kethireddipalli *et al.* (2002a) definiram que 15 minutos de imersão seriam suficientes para a reconstituição da farinha, devido a sua característica de um pó fino. Após esse tempo, não haveria mais efeitos significativos sobre a sua gravidade específica, parâmetro de forte influência nas características do produto final. Além disso, também concluíram que o nível de água teria efeito direto nas características da pasta tendo, portanto, uma variação entre 60% e 65%.

McWatters e Chhinnan (1985) concluíram que o nível de água para a hidratação da farinha de feijão-caupi tem influência significativa nas características da pasta formada enquanto o tempo de imersão foi pouco influenciado, assim como a interação nível de água-tempo de hidratação. Essa influência ocorreu de forma diretamente proporcional no teor de gordura bruta e na diferença de matriz, ou seja, foram aumentados conforme o nível de água também aumentou, enquanto a força de cisalhamento foi inversamente proporcional. Tempo de imersão e nível de água não tiveram valores significativos nos atributos sensoriais como cor, textura e sabor, tendo notas de aceitabilidade aceitáveis.

O nível de água de 60% obteve características mais semelhantes ao produto original, sendo considerado ideal. O aumento do nível de água diminuiu a viscosidade das pastas, porém todas as pastas oriundas da farinha eram mais viscosas que as provenientes do produto original.

3.2.1.2. Descorticação a seco

A etapa de descorticação para obtenção de farinha de feijão-caupi é a que mais difere do processo tradicional. Isto porque, tradicionalmente, este processo é todo manual, realizado de forma minuciosa, o que não compactua com a rotina industrial. Portanto, é importante entender o quanto a aplicação de descorticação mecânica poderia influenciar nas qualidades nutricional, física e sensorial do acarajé. O descascamento é importante para a coloração final do produto, pois alguns cultivares de feijão-caupi podem apresentar manchas ou aspectos indesejáveis que influenciam na cor do produto. Enquanto o processo manual é rigoroso, pesado e demorado, o processo mecânico pode ser realizado por uma descascadora que, quanto mais eficiente for, mais consegue agilizar o processo e otimizar o rendimento. No estudo de Akinjayeju e Bisiriyu (2004), a comparação entre os dois métodos de descasque não demonstraram influência significativa nas características físico-

químicas e reológicas, assim como sensoriais. Já quando a comparação é entre produto onde houve remoção dos tegumentos ou não, os produtos que passaram pelo processo de descorticação apresentam valores reduzidos de cinzas totais e proteínas. O mesmo foi visto no estudo de Feitosa *et al.* (2015), que associaram a diminuição de cálcio no feijão-caupi e na pasta tanto do feijão fresco quanto na provinda da farinha, com a remoção da casca no início do processo.

3.2.2 Moagem

A moagem úmida é o processo utilizado no preparo tradicional do acarajé, reduzindo o tamanho de partícula das sementes até formar uma pasta lisa com umidade distribuída. A moagem a seco foi a primeira alternativa viável encontrada para a produção de uma farinha que deveria ser reidratada quando fosse ser utilizada, com o objetivo de reduzir o tempo do processo de horas para cerca de 20 minutos (Singh *et al.*, 2005). Porém, Obasi *et al.* (2014) relataram que a farinha fina não misturada obtida desse tipo de moagem era densa e menos esponjosa, originando um produto seco e duro, com uma crosta dura e não aceito pelo consumidor (McWatters, 1983). Essas características foram associadas ao pequeno tamanho da partícula, que afetava a qualidade do acarajé, e, portanto, que esse fator deveria ser reavaliado, aumentando o tamanho da partícula e gerando um produto de melhor qualidade (Obasi *et al.*, 2014).

O método de moagem afeta diretamente a distribuição do tamanho de partículas, fator determinante para a hidratação de farinhas. Moagem de farinhas mais finas desfavorecem a reconstituição da mesma com água, diminuindo sua viscosidade e sua propriedade de formação de espuma (Singh *et al.*, 2005). Este processo também afeta a estrutura celular e suas fibras, que vão influenciar negativamente na hidratação e no espessamento (Kethireddipalli *et al.*, 2002a). Além disso, quando a estrutura da fibra é modificada, a sua capacidade de aprisionar água dentro da matriz também é afetada, sendo mais um agravante para remodelação do produto final (Cadden, 1987). Tendo conhecimento sobre todas essas condições, um acarajé de qualidade, portanto, deveria obter um tamanho de partículas intermediário entre farinha fina e grãos grossos, e assim o produto teria uma boa qualidade mesmo sendo proveniente de farinha (Phillips *et al.*, 1988).

Singh *et al.* (2005) avaliaram a distribuição do tamanho de partículas em sementes de feijão-caupi moídas a seco, moinho de martelo com peneiras de 1.73-mm e 2.54-mm para a obtenção de farinhas, concluindo que aquela obtida com peneira de 2.54-mm proporcionou um acarajé aceitável para os consumidores e com menor teor de gordura. De acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2005), a farinha de trigo deverá apresentar média de tamanho de partículas igual ou menor que 250 μ m, porém não existe legislação específica para a farinha de feijão-caupi (Rios *et al.*, 2018).

Kethireddipalli *et al.* (2002a) avaliaram as moagens de feijão-caupi a seco e úmida

revelando que a moagem a seco promoveu uma farinha fina que afetou negativamente na capacidade de retenção de água bem como na qualidade do acarajé comparada a moagem úmida.

Olopade *et al.* (2004) avaliaram farinhas de feijão-caupi obtidas por: 1) descascamento e moagem úmidos e secagem (controle); 2) com descascamento úmido e secagem e, 3) descasamento úmido e moagem e secagem em esteira em leito de espuma, para a elaboração de acarajé. Observaram que o acarajé obtido pelo método (2) apresentou melhor qualidade sensorial.

Gomes *et al.* (2012) analisaram o processo de obtenção de farinha de feijão caupi comercial (subclasse fradinho), utilizando diferentes temperaturas de secagem, concluindo que as farinhas obtidas a partir das temperaturas de 50 e 60°C apresentaram maiores índices de solubilidade em água e, portanto, com melhores características para o processamento de produtos de rápido preparo tais como sopas, pudins e mingaus e boa estabilidade microbiológica.

Normalmente, a massa tradicional de acarajé moída úmida tem 64% de suas partículas com 50 mesh a 100 mesh de tamanho, e somente 16% de partículas finas (400 mesh) (Moreira *et al.*,2008).

3.2.3 Extrusão

Apesar de McWatters (1983) relatar que o acarajé feito de farinha de feijão-caupi recebeu classificações aceitáveis, apesar de a textura ser mais densa que o tradicional, foi possível identificar ao longo de todo processo algumas problemáticas envolvendo a utilização da farinha e o produto final.

Armazenamento de feijões em ambientes com alta umidade (> 75%) e temperaturas elevadas (> 30 °C) reduzem valor nutricional e promovem endurecimento do grão (*hard-to-cook*). Uma alternativa seria a adição do processo de extrusão a farinha, onde os feijões endurecidos sofrem alterações físico-químicas causadas pelo calor, umidade e alta pressão, tornando viável a utilização desses grãos. Batista (2010) investigou as alterações causadas pela extrusão nas propriedades bioquímicas e funcionais de farinhas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) das variedades preto e carioca e feijão caupi (*Vigna unguiculata*) endurecidos. Os resultados indicaram que a extrusão afetou apenas o teor de umidade da farinha de feijão caupi, mas não afetou a composição centesimal das demais farinhas. Houve diminuição do conteúdo de ácido fítico e inibidores de tripsina pela inibição da atividade hemaglutinante e inibidores de alfa amilase. No feijão carioca e preto houve aumento da digestibilidade proteica e de amido, mas no feijão caupi apenas a digestibilidade proteica foi melhorada. De acordo com Hashimoto *et al.* (2020), quando submetida a esse processo, a farinha de feijão-caupi apresenta manutenção da viscosidade e baixa tendência a retrogradação do amido, que a torna ideal para utilização como farinha

instantânea, além de ainda ser vantajosa de acordo com os aspectos nutricionais. Além disso, a adição de amido de milho a essa farinha extrusada se mostrou capaz de reduzir em 25% o teor de gordura do akara, mantendo os atributos sensoriais do produto tradicional (Patterson *et al.*, 2004). Além da extrusão, uma proposta que também poderia melhorar a qualidade do produto é a tostagem das sementes de feijão-caupi, com posterior adição a outras farinhas alimentares (Obasi *et al.*, 2014).

Algumas variedades de feijão-caupi possuem como característica o cozimento mais difícil e podem ser usadas para a produção de amido para expandir sua utilização. Em termos de aplicação, o amido de feijão-caupi nativo pode encontrar usos como espessantes e agentes gelificantes em alimentos porque formam géis firmes, enquanto na forma modificada podem ser usados em alimentos que requerem processamento em alta temperatura, como na extrusão e tem potencial para serem usados na formulação de alimentos para fins especiais como no manejo do diabetes por exemplo, devido aos níveis elevados de amido resistente e baixo índice glicêmico. Segundo Oyeyinka *et al.* (2021) estudos futuros são necessários para compreender completamente a estrutura molecular do amido do feijão-caupi cultivado em diferentes condições agronômicas.

3.2.4 Características da pasta

A consistência da pasta obtida através dos processos anteriores será o que definirá a qualidade da massa do acarajé, e fatores como hidratação, viscosidade e a capacidade de formação de espuma são importantes para garantir um produto de excelência.

Para produtos à base do feijão-caupi, pelo método tradicional, esses fatores normalmente tem uma variância baixa, que ocorre principalmente pela diferença entre os cultivares e seus teores nutricionais (Rios *et al.*, 2018).

A pasta proveniente do feijão embebido e decortado gerou um material rico em parede celular e proteína solúvel, tornando-a adequada a fabricação do akara, de acordo com os três fatores citados anteriormente (Kethireddipalli *et al.*, 2002b). Porém, a substituição do produto fresco pela farinha do feijão-caupi afeta esses parâmetros por diversos motivos, podendo comprometer assim o aspecto do produto final.

O pH e a temperatura também influenciam na qualidade da pasta. Mbofung, *et al.* (2002) avaliaram farinhas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) para a elaboração de acarajé (pasta frita) e *koki* (pasta cozida no vapor), muito consumidos em Camarões (África). Concluíram que as condições ideais para uma boa massa-pasta foram de pH de 4-10, concentração de NaCl de 0,5 M e temperatura de cerca de 30 °C revelando-se, as condições utilizadas, com elevada aceitabilidade do produto pelo consumidor.

A pasta obtida pela moagem passará pelo processo de batidura, que irá incorporar ar à essa massa. Segundo Mbofung *et al.* (2002) essa etapa é imprescindível pois

proporciona boas propriedades de dispensação, qualidade de fritura e determina a textura do produto, que deve ser leve e esponjosa (Mbofung *et al.*, 1999). Outros estudos também afirmam que a textura do acarajé é fator essencial a aceitação do produto, justificando a importância do processo de batidura. A hidratação e consequente batidura da pasta a base de farinha gera um produto com partículas de tamanhos variados, e uma adição de farinha adicional é capaz de reduzir o tamanho das partículas (Singh *et al.*, 2005). melhorando as propriedades de hidratação da amostra e a funcionalidade da pasta, resultando numa melhor qualidade para a fabricação de acarajé (Mbofung *et al.*, 1999).

A capacidade de formação de espuma também se apresenta como um critério determinante para a qualidade textural do acarajé (Hung *et al.*, 1988). É considerado um produto com boa capacidade de espumação aquele que possui uma dispersão uniforme de bolhas de gás por toda a pasta (Kethireddipalli *et al.*, 2002b). Um índice que consegue mensurar esse fator é a gravidade específica, onde quanto mais ar for incorporado a pasta, menor ela será. Unido a isso, a pasta oriunda do feijão-caupi pelo método tradicional apresenta alta gravidade específica, além de capacidade de absorção de água adequada (Obasi *et al.*, 2014). Já a pasta proveniente da farinha demonstrou uma fraca capacidade de absorver água, menor gravidade específica e foi mais difícil para dispensar do que a do produto tradicional (Singh *et al.*, 2005). Assim como concluído durante o processo de moagem, isso pode ser atribuído ao seu menor tamanho de partícula, sendo este um fator agravante a qualidade da pasta (McWatters, 1983). Com isso, o produto gerado a partir da farinha é mais denso e menos esponjoso (Obasi *et al.*, 2014).



Fluxograma do Processamento da farinha para produção de Acarajé

3.3 Produtos produzidos com farinha de feijão-caupi biofortificada

3.3.1 Acarajé/Akara

O acarajé é um alimento muito conhecido não apenas pelo sabor singular, mas também pela representação cultural que possui. O ofício das baianas de acarajé é considerado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan, 2004) patrimônio cultural do Brasil, devido a relevância deste prato na história nacional, principalmente associado à cidade de Salvador, na Bahia, mas já amplamente difundido pelo país. Segundo Bitter & Bittar (2012) é definido como um bolinho de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), popularmente conhecido como macassa, de corda ou fradinho, onde esse feijão é moído com a chamada

pedra de acarajé, um tipo de pilão, temperado e frito em azeite de dendê, produzido a partir do fruto da palmeira conhecida como dendezeiro (*Elaeisis guineensis*), originária da África (Borges,2008). Segundo Querino (1988, *apud* Borges, 2008), pelo fato dos comerciantes portugueses destinarem sempre um africano ou africana para o serviço culinário em suas casas possibilitou que usos e costumes vindo da África fossem introduzidos e incorporados na culinária a “moda Reino.

A receita original do acarajé é proveniente da África Ocidental, e chegou ao Brasil através de escravos oriundos dessa região. Na África, inclusive, o prato à base de uma pasta de feijão-caupi frito, conhecido como *akara*, é um dos mais consumidos pela população local até hoje (Brasil, 2004).

O acarajé possui quantidades relevantes de proteínas, minerais e vitaminas, demonstrando ser uma escolha interessante para inserção na dieta alimentar. Quando associado ao fator econômico, a questão amplia seus benefícios, visto que o custo de produção da matéria-prima e do produto final são reduzidos, e o torna um possível substituto da proteína animal em famílias menos favorecidas, já que esta apresenta custo cada vez mais excessivo (Mc Watters e Chinnan, 1985). Uma questão que deve ser levada em consideração, e que já se consolidou em estudos anteriores, é que a composição nutricional do acarajé pode variar dependendo da qualidade dos grãos, seus genótipos, condições de colheita e dos processos utilizados para a produção da pasta (Almeida *et al.*, 2020; Frota *et al.*, 2008).

A produção do acarajé está associada com sua característica histórica, pois o trabalho manual era considerado extremamente essencial, além de ser visto como uma contribuição das produtoras do sexo feminino à população que iria se alimentar de tal iguaria (Bitter & Bitar,2012). Nos tempos atuais, diferentemente do que se observava antigamente, a praticidade tem sido vista como fator crucial para favorecer o consumo de algum produto. Enquanto os pesquisadores da área de ciência e tecnologia de alimentos atuam na inclusão de pratos mais nutritivos na rotina diária da população, as indústrias alimentícias atuam favorecendo a produção com custos reduzidos, tanto de produção quanto do produto final, e praticidade aumentada, prioridades do consumidor atual. Nesse contexto, a utilização de farinha de feijão-caupi vem sendo vista como uma opção para tornar o preparo de acarajé mais funcional, diminuindo o tempo do processo e a necessidade de mão de obra, mas ainda empenhando-se em manter a qualidade nutricional do produto final elevada (Patterson, 2004).

3.3.2 Biscoitos

Em um estudo para avaliar a aceitabilidade de biscoitos tipo *cookies* com farinha de feijão- caupi biofortificada do cultivar BRS Xiquexique foram desenvolvidas três formulações com concentrações diferentes de farinha: uma padrão (F1), 15% (F2) e 30% (F3) e, então,

realizadas as análises microbiológica, físico-química e sensorial. Os cookies desenvolvidos apresentaram aceitação semelhante ao padrão e resultados microbiológicos conforme a legislação. A análise físico-química mostrou diferenças consideráveis entre as formulações nos teores de umidade, proteína, lipídios e fibras. Os teores de ferro e zinco foram mais elevados nas formulações F2 (15%) e F3 (30%) ferro concluindo-se que os biscoitos tipo *cookies* com adição da farinha de feijão caupi biofortificados, possuem fontes de ferro e zinco necessárias para suprir as necessidades recomendadas, sendo uma opção viável para a indústria de produtos alimentícios (Fiorentin *et al.*, 2019)

Foi desenvolvido um biscoito enriquecido com farinha de feijão caupi biofortificado com o cultivar BRS Xiquexique e realizada a determinação da composição química, tanto para a farinha quanto para o biscoito biofortificado e calculou-se o conteúdo dos minerais ferro e zinco dos mesmos. Os resultados mostraram que o biscoito a base de feijão-caupi biofortificado, demonstrou ótimo conteúdo de nutrientes (principalmente ferro e zinco), sendo um produto com grande potencial nutritivo e funcional como opção viável para utilização em intervenções relacionadas a carências nutricionais como anemia ferropriva. (Landim *et al.*,2013)

3.3.3 Baião de Dois

Foram analisadas cinco formulações de baião-de-dois elaboradas a partir de arroz integral e feijão caupi biofortificados com as amostras dos cultivares BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique. Dentre as formulações testadas a combinação com o cultivar BRS Aracê apresentou maior rejeição por ter apresentado maior tempo de cocção (TC), o que pode ter influenciado no cozimento não uniforme e com o cultivar BRS Xiquexique apresentou melhor aceitação podendo ser recomendada para o consumidor de baião-de-dois (Costa *et al.*,2015).

3.3.4 Pão de queijo

Cavalcante *et al.* (2016) desenvolveram pão de queijo enriquecido com farinha integral de feijão-caupi biofortificada e avaliaram sua composição química e aceitação. Duas formulações, F1 e F2, foram preparadas contendo 5,6 e 8% de farinha de feijão-caupi em substituição ao amido, respectivamente e os resultados mostraram modificações na composição química como aumento nos teores de proteínas e carboidratos, bem como cobre, ferro, fósforo, magnésio, manganês e zinco e redução do valor calórico total em relação à formulação padrão. Com estes resultados concluíram que o feijão- caupi pode ser uma opção viável para o enriquecimento de alimentos assados que não contenham glúten, como o pão de queijo.

4 | CONCLUSÕES

O feijão-caupi é uma opção excelente para enriquecimento da dieta, principalmente aliado a seu baixo custo e alta disponibilidade, principalmente no Brasil. O acarajé, produto oriundo do feijão-caupi, é obtido através dos processos de imersão em água, decoração, maceração, moagem, batedura e fritura, e devido ao seu sabor característico, apresenta uma alta aceitação sensorial, além de ótimo valor nutritivo. Devido a demanda de tempo requerida para fabricação do acarajé, uma farinha a base do feijão-caupi seria uma alternativa para otimizar o processo, visto que eliminaria todas as fases iniciais, restando apenas a reidratação e fritura. Porém, devido principalmente ao tamanho muito pequeno dos grãos dessa farinha, a pasta obtida pode apresentar baixa qualidade, com pouca formação de espuma, viscosidade e capacidade de retenção de água inadequadas. Diante dessas condições estudos sugerem que um tamanho de partículas intermediário entre farinha fina e grãos grossos pode ser o ideal para um produto final de qualidade. Além disso, a composição nutricional do acarajé é influenciada pela qualidade dos grãos, seus genótipos, condições de colheita e dos processos utilizados para a produção da pasta.

A farinha de feijão-caupi biofortificada consegue ser aproveitada em outros ramos, pode ser utilizada como matéria-prima em outras formulações com características que permite se obter um produto de excelência sensorial, nutritiva e econômica, sugerindo-se que novos estudos devem ser realizados, a fim de alterar os parâmetros que estão questionáveis.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D.T.; GREINER, R.; FURTUNADO, D.M.N.; TRIGUEIRO, I.N.S.; ARAÚJO, M.P.N. Content of some antinutritional factors in bean cultivars frequently consumed in Brazil. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, n.2, p. 243-249, 2008.

ALMEIDA, F.S.; MINGOTTE, F.L.C.; COELHO, A.P.; LEMOS, L.B.; SANTANA, M.J.; ROCHA, M.M. (2020). Does the sowing period change the grain technological quality of cowpea cultivars? **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.15, n.4, e8677, 2020.

ALVES, L.V.F.V. **Estratégias de adubação com Zinco para Biofortificação agrônômica do feijão caupi**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

AKINJAYEJU, O.; BISIRIYU, K.T. Comparative studies of some properties of undehulled, mechanically dehulled and manually dehulled cowpea (*Vigna unguiculata* Walp. L.) flours. **International Journal of Food Science and Technology**, v.39, n.4, p.355-360, 2004.

AKINYELE, I.O.; AKINLOSOTU, A. Contribution of cowpea (*Vigna unguiculata*) in a mixed diet to the nutrient intake of rural children in Ibadan. **British Journal of Nutrition**, v.58, n.1, p. 31–39, 1987.

- BATISTA, K.A. **Extrusão de farinha de feijão hard-to-cook**: características bioquímicas e propriedades funcionais. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- BITTER, D.; BITAR, N.P. Comida, trabalho e patrimônio: notas sobre o ofício das baianas de acarajé e das tacacazeiras. **Horizontes Antropológicos**, v.18, n.38, p. 213-236, 2012.
- BORGES, F.M. **Acarajé**: Tradição e modernidade. 2008. Dissertação (Mestrado em Estudos Étnicos e Africanos) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.
- BOUIS, H.; WELCH, R.M. Biofortification – A sustainable agriculture strategy for reducing micronutrient malnutrition in the Global South. **Crop Science**, v.50, p. S-20-S-32.
- BRAND, J.C.; COLAGIURI, S.; CROSSMAN, S.; ALLEN, A.; ROBERTS, D.C.K.; TRUSWELL, A.S. Low-Glycemic index foods improve long-term glycemic control in NIDDM. **Diabetes Care**, v. 14, n.2, p. 95-101, 1991.
- BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Instrução normativa n.8, de 03 junho de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 junho de 2005, Seção 1, n. 105, p. 91.
- CADDEN, A.M. Comparative effects of particle size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers. **Journal of Food Science**, v. 52, n.6, p.1595-1599, 1987.
- CARVALHO, L.C.B.; DAMASCENO, SILVA, K.J.; ROCHA, M.M.; FRANCO, L.J.D.; SILVA, L.R.A.; CARVALHO, J.S.; SOUZA, M.B.; PIRES, C.J. Obtenção de populações de feijão caupi visando a Biofortificação para os teores de ferro, zinco e proteína. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO, 4, 2011, Teresina. **Palestras e resumos**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.
- CAVALCANTE, R. B.M.; MORGANO, M.A.; DAMASCENO E SILVA; K.J., MAURISRAEL; M.M, ARAÚJO; M.A.M.; MOREIRA-ARAÚJO, R.S.R. Cheese bread enriched with biofortified cowpea flour. **Ciência e Agrotecnologia**, v.40 n.1, p. 97-103, 2016. <doi.org/10.1590/S1413-70542016000100009
- CHINNAN, M.S.; MCWATTER, K. H.; RAO, V. N. M. Rheological Characterization of Grain Legume Pastes and Effect of Hydraton Time and Water Level on Apparent Viscosity. **Journal of Food Science**, v.50, n.4, p. 1167-1171, 1985.
- COSTA, N. Q.; DAMASCENO- SILVA, K. J. ; FRANCO, L. J. D; MOREIRA – ARAÚJO; R. S. DOS R.; ROCHA, M. DE M. Aceitabilidade de formulações de baião-de-dois elaboradas a partir de arroz integral e feijão caupi biofortificados. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 5, 2015, São Paulo. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. T304. p. 102-104.
- EDOM, A. T. **Effect of Sprouting on the Nutrient Composition, Functional and Rheological Properties of Selected Legume Flours**. 2013. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) -Federal University of Technology, Owerri, 2013.
- EMBRAPA. **BRS Aracê: cultivar de feijão-caupi com grãos de cor verde-oliva e rica em ferro e zinco**. Folder. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

EMBRAPA. BRS **Tumucumaque: cultivar de feijão-caupi com ampla adaptação e rica em Ferro e Zinco**. Folder. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

EMBRAPA. BRS **Xiquexique: cultivar de feijão-caupi rica em ferro e zinco**. Folder. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

FEITOSA, S.; ALMEIDA, D.; GREINER, R.; KORN, M.M.; OLIVEIRA, T.R.S.; BOFFO, E.F. Content of Minerals and Antinutritional Factors in Akara (Fried Cowpea Food). **International Journal of Food Processing Technology**, v.2, n.2, p. 42-50, 2015.

FIORENTIN, S.; TEIXEIRA, F.; SILVA, S., BERNARDI, D., SANTOS, S.; LOVATO, F. Desenvolvimento de formulações de biscoitos tipo cookies com adição de farinha de feijão-caupi BRS Xiquexique. **Fag Journal of Health (FJH)**, v.1 n.2, p. 36-47, 2019.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. DE; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, 1988. p. 26-46.

FREIRE FILHO, F.R; RIBEIRO,V.Q.; ROCHA,M.M.; DAMASCENO E SILVA, K.J.; NOGUEIRA, M.S.R.;RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREIRE FILHO ,F.R.; CARDOSO,M.J.; ARAÚJO,A.G. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 18(12),1369-1372, 1983.

FROTA, K.M.G.; MORGANO, M.A.; SILVA, M.G.; MOTA ARAÚJO, M.A.; MOREIRA – ARAÚJO, R.S.R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata L. Walp*) na elaboração de produtos de panificação. **Food Science and Technology**, v.30, n.1, p.44-50, 2010.

FROTA, K.M.G.; SOARES,R.A.M.; ARÊAS, J.A.G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata L. Walp*), cultivar BRS-Milênio. **Food Science and Technology**, v.28, n.2, p. 470-476, 2008

GOMES,G.M.S.; REIS,R.C.; SILVA, C.A.D.T. Obtenção da farinha de feijão caupi (*Vigna unguiculata L. Walp*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.1,p. 31-36, 2012.

HASHIMOTO, J.M.; SCHMIELE, M.; NABESHIMA, E.H. Pasting properties of raw and extruded cowpea cotyledons flours. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.23, e2019303, 2020.

HUNG, Y.-C.; CHINNAN, M. S.; MCWATTERS, K. H. Effect of pre-decortication drying treatment on the textural quality of cowpea products: seeds and akara. **Journal of Food Science**, v.53, n.6,p. 1778-1781,1988.

IPHAN. **Parecer técnico nºR002/2004**, Processo nº 01450,008675/2004-01.Brasília, DF: Iphan, 2004. Relator Ciane Gualberto Feitosa Soares.

JENKINS, D.J.A.; GHAFARI,H. ; WOLEVER, T.M.S.; TAYLOR, R.H.; JENKINS, A.L.; BARKER, H.M; FIELDEN, H.; BOWLING, A.C. Relationship Between Rate of Digestion of Foods and Post-Prandial Glycaemia. **Diabetologia**, Canada, v.22, p. 450-455, 1982.

KETHIREDDIPALLI, P.; HUNG, Y. C.; MCWATTERS, K. H.; PHILLIPS, R. D. Effect of milling method (wet and dry) on the functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) pastes and end product (Akara) quality. **Journal of Food Science**, 67(1), 48-52, 2002a.

KETHIREDDIPALLI, P.; HUNH, Y.-C.; PHILLIPS, R.D.; MCWATTERS, K.H. Evaluating the role of cell wall material and soluble protein in the functionality of cowpea (*Vigna unguiculata*) Pastes. **Journal of Food Science**, v.67, n.1, p. 53-59, 2002b.

LANDIM, L.A.; BARROS, N.V.; LEAL, M.J.; SILVA, M.D.; COSTA, N.Q.; PORTO, R.G.; SILVA, K.J.; ROCHA, M.D.; ARAÚJO, M.M.; MOREIRA-ARAÚJO, R.S. (2013). Composição química do biscoito à base de farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) biofortificado. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Anais [...]** Recife: IPA, 2013.

LANDIM, L.A.; PESSOA, M.L.; BRANDÃO, A.C.; MORGANO, M.A., ARAÚJO, M.A.M., ROCHA, M.M, ARÉAS, J.A E MOREIRA - ARAÚJO, R.S. Impacto de dois diferentes biscoitos fortificados com ferro no tratamento da anemia em pré-escolares no Brasil. **Nutricion Hospitalaria**, v.33, n.5, p. 579, 2016.

LEAL, M.J.B.; SIMPLÍCIO, A.P.DE M.; MORGANO, M.A; MOREIRA -ARAÚJO; R. S. DOS R.; SILVA, K.J.D. Características físico-químicas de farinhas de duas cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): BRS Tumucumaque e BRS Aracê. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Anais[...]**.Recife: IPA, 2013.

MAYER,J.; PFEIFFER,W.H.; BEYER,P. Biofortified crops to alleviate micronutrient malnutrition. **Current Opinion in Plant Biology**, v.11, n.2, p.166-70, 2008.

MCWATTERS; K. H. Compositional, Physical, and Sensory Characteristics of Akara Processed from Cowpea Past and Nigerian Cowpea Flour. **American Association of Cereal Chemists**, v. 60, n.5, p. 333-336, 1983.

MCWATTERS, K.H.; CHINNAN, M.S. Effect of Hydration of Cowpea Meal on Physical and Sensory Attributes of a Traditional West African Food. **Journal of Food Science**, v.50, n.2, p.444-446, 1985.

MCWATTERS, K.H.; CHINNAN, M.S; PHILLIPS, R.D.; BEUCHAT, L.R.; REID, L.B.; MENSA-WILMOT, Y.M. Functional, Nutritional, Mycological, and Akara-making Properties of Stored Cowpea Meal. **Journal of Food Science**, Wiley, v.67, n.6, p. 2229-2234, 2006.

MELO,N.Q.C, MOREIRA-ARAÚJO,R.S.R; ARAÚJO,M.A.M.;ROCHA,M.M. Chemical characterization of green grain before and after thermal processing in biofortified cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.5 (Especial), 811-816.

MENSAH, P.; TOMKINS, A. Household-Level Technologies to Improve the Availability and Preparation of Adequate and Safe Complementary Foods. **Food and Nutrition Bulletin**, v.24, n.1, p. 104-125, 2003.

MBOFUNG, C.M.F; NJINTANG, Y.N; WALDRON, K.W. Functional properties of cowpea–soy–dry red beans composite flour paste and sensorial characteristics of akara (deep fat fried food): effect of whipping conditions, ph, temperature and salt concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 54, n.3, p. 207-214, 2002.

MBOFUNG, C. M. F.; RIGBY, N.; WALDRON, K. W. Nutritional and Sensory Evaluation of Akara Made from Blends of Cowpea and Hard-to-Cook Mottled Brown Dry Beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, n.12, p. 5232-5238,1999.

MOREIRA, P. X; LIMA, A.C.; AZEREDO, H.M.C.; BRITO, E.S. Utilização do Feijão-Caupi para Elaboração de Acarajé /Akara. In: BRITO, Edy Sousa de (ed.). **Feijão-caupi**.: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 79-87,2008.

MULEALEM, T. Application of Bio-fortification through Plant Breeding to Improve the Value of Staple Crops. **Biomedicine and Biotechnology**, v.3, n.1, p.11-19, 2015.

NASSOUROU, M.A.; NJINTANG, Y.N.; NOUBISSIÉ, T.J.B.; NGUIMBOU, R.M.; BELL, J.M. Genetics of seed flavonoid content and antioxidant activity in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Croop Journal**, v.4, n.5, p.391-397, 2016.

NESTEL P; BOUIS HE; MEENAKSHI J.V.; PFEIFFER W. Biofortification of staple food crops. **Journal of Nutrition**, v.136, p.1064-1067, 2006.

NUTTI, M. R.; ROCHA, M. M.; WATANABE, E.; CARVALHO, J. L. V.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, K.J.D. Biofortificação de feijão-caupi no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2, 2009, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: **Anais[...]**. Belém, PA: Embrapa Amazonia Oriental, 2009. p. 26-38.

OBASI, N.E.; UNAMMA, N. C.;NWOFIA,G.E. Effect of Dry Heat Pre-Treatment (Toasting) on the Cooking Time of Cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Nigerian Food Journal**, v.32,n.2, p.16-24, 2014.

OLOPADE, A. A.; AKINGBALA, J.O; OGUNTUNDE, A.O.; FALADE, K.O. Effect of processing method on the quality of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour for akara preparation. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.58, p.1-10, 2004.

OWUAMANAM, C.; CHIKA, O.; IWOUNO, J.; TOCHI, E. Use of Seed Sprouting in Modification of Food Nutrients and Pasting Profile of Tropical Legume Flours. **Nigerian Food Journal**, v.32, n.1, p.117-125, 2004.

OYEYINKA, S. A, KAYITESI, E., ADEBO, O. A, OYEDEJI, A. B, OGUNDELE, O. M, OBILANA, A. O. E NJOBEH, P. B. A review on the physicochemical properties and potential food applications of cowpea (*Vigna unguiculata*) starch. **International journal of food science & technology**, v.56, p. 52-60,2021

PATTERSON, S. P.; PHILLIPS, R.D.; MCWATTERS, K.H.; HUNG, Y.C.; CHINNAN, M.S. Fat reduction affects quality of akara (fried cowpea paste). **International Journal of Food Science and Technology**, v.39, n. 6, p.681-689, 2004.

PEREIRA, E. J. **Estudo da retenção de ferro e zinco em cultivares de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) após o cozimento e bioacessibilidade**.2014. 107p. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PEREIRA, R.F. **Caracterização bioquímica, nutricional e funcional de genótipos elite de feijão – caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. 2013. 78 p. Tese (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. < www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/18166 >

PHILLIPS, R. D.; CHINNAN, A.; BRANCH, A.L.; MILLER, J.; MCWATTERS, K.; FIGUEIREDO, E.A.T.; HASHIMOTO, J.M. Effects of Pretreatment on Functional and Nutritional Properties of Cowpea Meal. **Journal of Food Science**, 53 (3), 805-809, 1988.

RIOS, M.J.B.L.; DAMASCENO – SILVA; K.J. E MOREIRA- ARAÚJO; R.S.R. Chemical, granulometric, and technological characteristics of whole flours from comercial cultivars of cowpea. **Revista Caatinga**, v.31,n.1,p. 217-224, 2018.

ROCHA, M.M.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, K.J.D.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, A.L.H.; FRANCO, L.J.D.; BASSINELO, P.Z.; NUTTI, M.R.; CARVALHO, J.L.V. **Avaliação dos conteúdos de proteína, ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 4 p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico,212).

SINGH, A.; HUNG, Y-C.; PHILLIPS, R. D.; CHINNAN, M. S.; MCWATTERS, K. H. Particle-size distribution of cowpea flours affects quality of akara (fried cowpea paste). **Journal of Food Science**, v. 69, n.7, p. 243-249, 2006.

SINGH, V.; JOHNSTON, D.; NAIDU,K. Comparison of modified dry-grind corn processes for fermentation characteristics and DDGS composition. **Cereal Chemistry**, v. 82, n.2, p.187–190, 2005.

SOKRAB, A.M.; AHMED, I.A.; MOHAMED E BABIKER, E.E. Effect of germination on antinutritional factors, total, and extractable minerals of high and low phytate corn (*Zea mays L.*) genotypes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, King Saud University, v.11, n. 2, p. 123-128, 2012.

SOUZA E SILVA; S.M.; MAIA, J.M.; ARAÚJO, Z.B.; FREIRE FILHO,F.R. **Composição Química de 45 Genótipos de Feijão-caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp*)**. Teresina: Embrapa, 2002. 2p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 149).

TRINIDAD ,P.T.; MALLILLIN, A.C.; LOYOLA, A.S.; ROSARIO, S.S; ROSARIO, R.E. The potential health benefits of legumes as a good source of dietary fibre. **British Journal of Nutrition**, v.103. n. 4, p.569 – 574, 2010

VASCONCELOS, I. M.; OLIVEIRA, J.T.A. Antinutritional properties of plant lectins. **Toxicon**, v.44, n.4, p. 385-403, 2004.