

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

Estudo do melhoramento da qualidade de
cenoura (*Daucus carota* L.), desidrata-
da através de processo de tratamento
com solutos.

Wilson Carvalho Barbosa ^N
Químico Industrial

Orientador

Prof. Dr. José Luiz Vasconcellos da Rocha ^N

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universi-
dade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de
Alimentos.

-1980-

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Dedico:

À ROSA MARIA, minha esposa.

Ao WANDER, meu filho.

À minha mãe, ANTONIA.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. *José Luiz Vasconcellos da Rocha*, pela amizade e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

À *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA*, através do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU, pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação.

À Profa. Dra. *Maria Amélia Chaib Moraes*, à técnica e auxiliares do Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, pela valiosa colaboração prestada.

Ao Prof. *Rammón Hinojosa Gutierrez*, pelos ensinamentos, sugestões e sincera amizade.

Ao Dr. *Milton* e Dna. *Dagmar Albuquerque*, pelo apoio, ajuda e grande amizade.

Ao amigo *Julio Ospina*, pela amizade a juda.

À Bibliotecária-chefe, Sra. *Angelina Franco de Godoy*, pela amizade e empenho na organização de referências de literatura.

À *Ana Lourdes Neves Gandara* e auxiliares do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, pela colaboração e amizade

A todos os amigos de graduação e pós-graduação pelo apoio.

ÍNDICE

Página

RESUMO

SUMMARY

OBJETIVOS

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Matéria-prima	3
2.1.1. Características botânicas	3
2.1.2. Características agronômicas	4
2.1.3. Dados de produção	5
2.1.4. Classificação	7
2.1.4.1. Comercial	7
2.1.4.2. Industrial	8
2.2. Processamentos tecnológicos	8
2.2.1. Branqueamento	8
2.2.2. Produtos enlatados	11
2.2.3. Produtos desidratadas	12
2.2.4. Produtos de umidade intermediária	18
2.2.5. Microbiologia	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1. Materiais	27
3.1.1. Matéria-prima	27

	Página
3.1.2. Reagentes	27
3.1.3. Equipamentos	27
3.2. Métodos	29
3.2.1. Identificação da matéria-prima	29
3.2.2. Preparo das amostras	31
3.2.3. Preparo das misturas de solutos	32
3.2.4. Secagem	33
3.2.5. Umidade de equilíbrio	36
3.2.6. Análise microbiológica	40
3.2.7. Análise sensorial	41
3.2.8. Análise química	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. Identificação da matéria-prima	44
4.1.1. Classificação	44
4.1.2. Características físicas	44
4.1.3. Rendimento	49
4.2. Branqueamento	49
4.3. Comportamento dos solutos	50
4.4. Curvas experimentais de secagem	51
4.5. Curvas de umidade de equilíbrio	61
4.6. Análise sensorial	66
4.7. Análise microbiológica	69
4.8. Análise química	70
5. CONCLUSÕES	73
6. BIBLIOGRAFIA	75

ÍNDICE DE TABELAS

Nº		PG.
1	Produção mundial de cenoura, por regiões, segundo dados fornecidos pela FAO.	7
2	Limites mínimos aproximados de atividade de água (Aw) para o desenvolvimento de microrganismos.	23
3	Unidades relativas, correspondentes a diversos tipos de sais, em função das temperaturas das câmaras.	38
4	Características físicas da cenoura, inteira "in natura" e do produto final (Tabelas IV, V, VI e VII)	45
5	Médias alcançadas pelas amostras de cenoura, submetidas a análise sensorial, referentes à cor, textura, sabor e preferência.	46
6	Análise de variância realizada em amostras de cenoura, submetidas a testes sensoriais.	47
7	Contagens totais (microrganismos/g) do produto final, ao primeiro dia e aos 30, 60 e 90 dias de armazenagem.	48
8	Análise química de cenoura "in natura" e do produto final.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	TÍTULO	PG.
1	Velocidade de transformação em alimentos, em função da atividade de água (A_w)	24
2	Ficha para atribuição das médias em testes de Análise Sensorial	43
3	Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 2 mm de espessura, sem tratamento de imersão em solutos.	52
4	Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente de cenoura cortada em fatias de 2 mm de espessura, com tratamento de 3 horas de imersão em mistura de solutos	53
5	Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 4 mm de espessura, sem tratamento de imersão em solutos	55
6	Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 4 mm de espessura, com tratamento de 3 horas de imersão em mistura de solutos	56
7	Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 6 mm de espessura, sem tratamento de imersão em solutos	57
8	Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 6 mm de espessura, com tratamento de 3 horas de imersão em mistura de solutos	58
9	Fatia de cenoura desidratada, sem tratamento com solutos	60
10	Fatias de cenoura desidratada, com tratamento por imersão em mistura de solutos	60
11	Comparação entre as curvas experimentais e teóricas de umidade de equilíbrio a 10°C , para fatias secas de cenoura, com 4 mm de espessura, com e sem tratamento de solutos	63

Nº	TÍTULO	PG.
12	Comparação entre as curvas experimentais e teóricas de umidade de equilíbrio a 20°C, para fatias secas de cenoura, com 4 mm de espessura, com e sem tratamento com solutos	64
13	Comparação entre as curvas experimentais e teóricas de umidade de equilíbrio a 30°C, para fatias secas de cenoura, com 4 mm de espessura, com e sem tratamento com solutos.	65

RESUMO

A cenoura (*Daucus carota L.*) constitui-se em interessante matéria-prima para a indústria de alimentos, podendo ser processada para conserva enlatada, ou na forma desidratada.

Durante a secagem, o produto pode sofrer algumas alterações em suas características morfológicas, como o enrugamento e a mudança de cor, que influem na qualidade final e comercial do produto.

Nesta pesquisa, procurou-se estudar o comportamento da cenoura cortada em forma de rodélas, com 2, 4 e 6 mm de espessura, que após o branqueamento de 4 minutos foram tratadas ou não, através de imersão em mistura de solutos (cloreto de sódio 20% - sacarose 10% - glicerol 40%) e secas artificialmente por processos contínuo e intermitente de secagem, com ar aquecido a temperatura de 74°C.

O produto final foi submetido as análises sensorial, química e microbiológica, além do estudo de curvas de umidade de equilíbrio higroscópico.

Os resultados indicam que houve diferença no tempo de secagem, em relação a espessura das fatias, o que não aconteceu no entanto, com a cenoura com e sem tratamento em mistura de solutos e secagem contínuo e intermitente, cujos tempos de seca-

gem foram iguais.

A análise sensorial, demonstrou resultado favorável quanto a cor, textura, sabor e preferência para o produto final tratado com a mistura de solutos, em relação ao não tratado.

SUMMARY

Carrot (*Daucus carota* L.) is an interesting raw material for the food industry. It can be preserved by canning or dehydrations.

The product can suffer some alterations in its morphologic characteristics in the drying process, such as shrinkage and colour change. These alterations affect the quality of the product.

In this research we intended to study how the slices of carrots (2, 4, 6 mm of thickness) behave after blanching for 4 minutes and after treatment with solutes NaCl 20% together sucrose 10% and glycerol 20%, and artificial dehydration by continuous and intermitent drying process with hot air at 74°C, as compared to untreated samples.

The final product was subjected to sensorial, chemical and microbiological analysis, in addition to the studies of equilibrium moisture content.

The results indicated that drying time varied with the thickness of the slices. However, the same drying time was required whether the carrots were treated or not with solutes and dried continuously as intermitently.

The sensory analysis demonstrated favorable results in terms of colour, texture, flavour and preference of the final product when treated with solutes as compared to the non-treated product.

OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho baseiam-se no seguinte:

1. Estudar a melhoria da qualidade da cenoura desidratada, evitando-se o enrugamento e a perda de cor.
2. Ao processo de secagem tradicional, acrescentar um tratamento prévio de imersão da cenoura em mistura de solutos, e complementação com secagem artificial.
3. Estudar a qualidade do produto obtido, em função das características sensoriais de cor, sabor, textura e preferência.
4. Estudar a conservação do produto final nos aspectos microbiológicos e de umidade de equilíbrio higroscópico.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria de alimentos no Brasil, vem se expandindo de forma a utilizar várias fontes de matérias-primas, para o aproveitamento industrial. Entre elas merece destaque a cenoura, que pode ser empregada, em larga escala, para o consumo popular, principalmente no programa da merenda escolar, quando processada em forma desidratada.

A cenoura sendo um produto rico em caroteno e carboidrato, é recomendada para a dieta diária de alimentação, principalmente para as crianças.

Vários são os processos tecnológicos de preparo de cenoura na indústria de alimentos, destacando-se a cenoura enlatada em salmoura, em mistura com outras hortaliças e em forma desidratada.

O processamento para a obtenção de cenoura desidratada deve ser realizado com certo cuidado para evitar-se as alterações nas características morfológicas e sensoriais, que podem refletir negativamente na qualidade do produto final.

Neste trabalho procurou-se estudar compartivamente, a obtenção de cenoura desidratada, pelo processo tradicional de secagem e o processo de tratamento prévio de imersão da

cenoura em mistura de solutos e complementação com secagem artificial, a fim de se evitar os inconvenientes do enrugamento e perda de cor.

Face a melhoria da qualidade da cenoura desidratada, pode-se utilizar desta maneira, com maior frequência, este processo na indústria de alimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MATÉRIA PRIMA

2.1.1. Características botânicas

A cenoura é uma das hortaliças cuja cultura remonta a mais de dois mil anos, segundo Laumonnier. Botanicamente, é classificada como *Daucus carota* L., da família Umbelliferae, - sendo originária da Europa e Ásia. É uma planta cuja substância de reserva acumula-se na raiz. As variedades de cenoura diferenciam-se pelo ciclo, forma, comprimento e coloração das raízes.- A coloração predominante é a alaranjada, mas existem variedades amarelas e mesmo brancas, utilizadas, entretanto, somente como forrageiras (19, 6).

Quanto ao comprimento, as cenouras podem ser divididas da seguinte forma: curtas, quando atingem apenas 12 cm; - meio compridas de 12 a 18 cm e compridas, com mais de 18 cm. A cenoura tipo "Nantes", de melhor valor comercial, é de média - precocidade, apresentando raízes completamente desenvolvidas após 110 a 120 dias de sua semeadura. Sua forma predominante é a cilíndrica meio comprida, em média 15 cm de comprimento, com 3 cm de diâmetro e "coração" estreito. As boas variedades desse tipo têm coloração laranja avermelhada, externa e internamente (13).

2.1.2. Características agronômicas

O cultivo da cenoura tornou-se mais intenso no século XVI, na França e os melhoramentos das variedades foram iniciadas após 1850. É uma hortaliça de clima temperado onde é cultivada em extensas regiões, tornando-se um alimento popular após 1945, quando a sua exploração adquiriu uma certa importância econômica, devido ao incremento de produção, e a maior utilização industrial. As sementes de cenoura, em nossas condições são importadas porque as melhores variedades foram selecionadas em países de clima temperado, onde existe frio intenso, necessário para provocar o florescimento (19).

A época de plantio da cenoura no planalto paulista, tem ocorrência nos meses de fevereiro até agosto. Nas zonas serranas por outro lado, ocorre nos meses de outubro e novembro. Segundo os autores, a época de colheita, se efetua entre 3 a 4 meses após a sementeira. Para as variedades Nantes e Chantenay a colheita se inicia aos 120 dias após a sementeira, prolongando-se 2 a 4 semanas. As plantas no ponto de colheita apresentam as folhas baixas amareladas e as superiores se abrem tocando as pontas na superfície do canteiro. As cenouras são arrancadas manualmente nas pequenas fazendas, entretanto as de maior porte realizam a colheita mecanizada, com equipamento capaz de colher até 100 toneladas/dia (42,19).

Após a colheita as cenouras são lavadas e a parte aérea cortada bem junto ao colo da planta. Os agrônomos recomen

dam, 24 horas antes da colheita, irrigar o local de plantio por 20 a 30 minutos a fim de facilitar o arranque (7).

Para o bom desenvolvimento da planta, há necessidade de realizar o controle de combate as pragas, principalmente - contra a "vaquinha" (*Diabrotica speciosa*) e a "lagarta rosca" - (*Agrotis ypsilon*), fazendo-se a pulverização com produtos do grupo fosforado e carbamatos. Para prevenção contra as moléstias como *alternária sp.* e *cerospora sp.* é feito controle pela pulverização sobre a planta, com variados produtos específicos (42,19, 6).

2.1.3. Dados de produção

A produção mundial de cenoura de acordo com a FAO (14), foi de 6.462.000 ton em 1969/1971, 6.756.000 ton em 1975, 6.623.000 ton em 1976 e 6.849.000 ton em 1977. Sendo a América do Norte a maior produtora com uma média de 800.000 ton por ano. A América do Sul produziu em 1977, 355.000 ton; outros dados de produção são mostrados na Tabela 1.

No Brasil a produção de cenoura varia de 15 a 30 toneladas de raízes por hectare e as maiores áreas de produção encontram-se nos estados sulinos do Brasil, destacando-se o de São Paulo, onde existem plantações em quase todos os municípios, porém, as regiões de clima ameno como as do Sul do estado, são as que têm se sobressaltado com sua produtividade (19).

Os dados de produção referente ao território brasi-

leiro não foram encontrados em literatura especializada. Entretanto, as informações que seguem são dados fornecidos pela CEAGESP (7), e pela CEASA-CAMPINAS (11), que recebem o produto das regiões de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. Com base na coleta de dados, relativo ao recebimento do produto pelas duas Centrais de Abastecimento, nos períodos citados abaixo, temos:

Total recebido pela CEAGESP. CEASA-CAMPINAS, originárias de diversos estados:

1977 - 50.736 ton

1978 - 67.277 ton

Total recebido pelas duas Centrais de Abastecimento, apenas do Estado de São Paulo:

1977 - 38.137 ton

1978 - 49.264 ton

TABELA I - Dados fornecidos pela FAO (20), para produção mundial de cenoura, de 1971/1977, em toneladas.

Produção	1969/71	1975	1976	1977
Mundial	6.462.000	6.756.000	6.623.000	6.849.000
África	214.000	302.000	294.000	312.000
América Central	15.000	22.000	22.000	27.000
Canadá e U.S.A.	1.018.000	1.086.000	1.048.000	1.090.000
América do Sul	281.000	307.000	342.000	355.000
Ásia	1.731.000	1.957.000	2.030.000	2.152.000
Europa	3.100.000	2.964.000	2.759.000	2.778.000
Oceania	120.000	118.000	128.000	135.000
Outros	1.000	-	-	-

2.1.4. Classificação

2.1.4.1. Comercial

A cenoura destinada ao consumo "in natura" deve apresentar as características do cultivar bem definidas, estar fisiologicamente desenvolvida, não lenhosa, bem formada, limpa, com coloração uniforme, livre de danos mecânicos, de pragas, doenças e isenta de substâncias nocivas à saúde (31).

É classificada no mercado consumidor em duas classes que compreendem:

- Classe I - cilíndrica, na qual encontramos principalmen-

te a variedade "Nantes".

- Classe II - cônica, que abrange as demais variedades. De a cordo com a espécie e a apresentação, a cenoura é classificada em três tipos, observadas as exi gências de peso médio e as seguintes especifica ções: tipo extra, tipo especial e de primeira - (19, 31).

2.1.4.2. Industrial

A classificação da cenoura na indústria, é feita quanto à forma, tamanho e coloração. É dada preferência às raízes de forma cilíndrica e que sejam curtas, a fim de evitar maiores perdas que ocorrem com a eliminação das pontas. Quanto à coloração, esta deve ser totalmente de cor laranja avermelhada, não se aconselhando variedades que apresentem coloração esverdeada na pro ximidade da inserção da parte aérea da planta. No Brasil, o culti var que apresenta características adequadas para processamento, é o "Nantes" no qual se destaca a "Nantes Strong Top" I nº 2840 (19).

2.2. PROCESSAMENTOS TECNOLÓGICOS

2.2.1. Branqueamento

O branqueamento é o processo pelo qual o produto é sub metido, após receber o necessário preparo antes do processamento, a temperatura e tempo suficientes para inativar o sistema de enzimas no tecido. Esse processo de branqueamento deve ser seguido de ine

diato resfriamento para impedir o superbranqueamento, que pode resultar em textura indesejável e perda dos nutrientes lábeis ao calor (24).

Métodos de branqueamento:

O branqueamento pode ser efetuado por um dos seguintes métodos:

a) Branqueamento em água quente

Consiste na imersão ou passagem do produto em água à temperatura de 93-97°C.

b) Branqueamento a vapor

Consiste em passar o produto por uma câmara de vapor aquecido, a pressão atmosférica

c) Branqueamento pela combinação de água e vapor

Este consiste em expor o produto à água quente durante um tempo muito breve e complementar o processo com vapor.

d) Branqueamento com micro-onda

O aquecimento pela transferência de energia de micro-onda pode oferecer uma solução para branquear peças grandes de verduras, que requerem um longo tempo para completa inativação enzimática (24, 34).

A escolha do método a ser utilizado para branqueamento depende largamente do tipo e natureza do produto a ser branqueado

do. Se o produto tem uma quantidade considerável de superfície cortada, o branqueamento a água pode resultar na lavagem de sólidos solúveis, nutrientes e sabor; portanto, o vapor deve ser o método escolhido. Por outro lado, se o produto é de partículas ou peças grandes e não apresenta muita superfície exposta, como a lachofra e milho em sabugo, o branqueamento a água quente pode ser preferido. No caso de um produto com peças grandes e diferentes densidades, como couve-de-bruxelas, que pode requerer aquecimento prolongado para inativar as enzimas até o centro de cada peça, o aquecimento prolongado poderá resultar em super-aquecimento da parte externa. Em tal caso, uma combinação do branqueamento a água e vapor poderá ser usado. Este consiste de um breve tratamento preliminar em água quente para colocar as peças grandes a temperatura de 52°C, seguindo-se imediatamente a complementação a vapor.

O tempo requerido para branqueamento adequado depende de vários fatores, tais como:

- a) Tipo de hortaliça
- b) Tamanho das peças
- c) Método de branqueamento e temperatura do meio de branqueamento (24, 34).

Os métodos disponíveis para testar o melhor processo de branqueamento, são baseados sobre a inativação térmica das enzimas catalase e peroxidase. Como a peroxidase é mais termoresistente, o tempo e a temperatura requeridos para sua inativação tornaram-se os índices mais comumente utilizados para branqueamento (24, 34).

A aplicação de alguns dos métodos recomendados para a inativação da peroxidase, são, geralmente, considerados os índices mais sensíveis de adequacidade de branqueamento atualmente disponíveis. Os testes de atividade de catalase também têm sido empregados, porém a catalase usualmente é inativada mais facilmente que a peroxidase e não mostra um índice tão sensível de inativação enzimática.

As soluções utilizadas para o teste qualitativo de peroxidase são:

- a) Solução alcoólica de guaiacol a 1%
- b) Solução de água oxigenada a 0,5% (24)

2.2.2. Produtos enlatados

A cenoura é um vegetal que está definitivamente aprovada para processamento de produtos enlatados. As variedades curtas e coloração integralmente alaranjadas são as mais recomendadas para serem processadas (30).

De acordo com a Western Cannery and Packer, citado por Cruess (9), a produção de conserva nos estados do Oeste (USA) em 1956, foi de 985.000 caixas e a produção total na América do Norte foi de 2.706.000 caixas. Deste total, considerável quantidade foi destinada à indústria de enlatados como alimento para bebês e em quantidade moderada, são enlatadas em "cubinhos" misturadas com ervilhas verdes na proporção de 1:1.

As cenouras são preparadas de diversas maneiras para enlatamento, assim temos as cortadas em cubos, as do tipo "juliene", em fatias, cortadas ao meio, em quartos e inteiras. As variedades destinadas ao enlatamento devem ser lisas, sem dobras ou vincos, de textura tenra e a polpa com uma bonita cor alaranjada. O centro não deve ser branco ou amarelo claro, mas da mesma cor alaranjada da polpa (9).

Na indústria, as cenouras suportam o armazenamento em depósitos frescos ou refrigerados, quando a umidade do ar é mantida num nível bastante alto para minimizar a evaporação da umidade. Quando as raízes ficam secas demais, tornam-se flácidas, murchas e sem sabor. Assim, para se conseguir melhor qualidade de um produto, devem ser processadas logo após a colheita. Nas fábricas as raízes são lavadas em tambores giratórios, com fortes esguichos de água. Em seguida é feito o descascamento podendo ser realizado por lixiviação que compreende o emprego de solução de soda cáustica de 3 a 10%. Quando são descascadas por abrasão, usa-se um escaldamento rápido, de 85 a 88°C. No descascamento a vapor, as cenouras recebem um aquecimento de 149°C. As raízes maiores são cortadas em fatias, picadas em pedaços de 1/4 a 3/8 de polegada de diâmetro e as menores são enlatadas inteiras. Em quaisquer dos casos, devem ser escaldadas em vapor ou água a 88°C, durante 4 minutos (9, 35, 30, 13).

2.2.3. Produtos desidratados

Durante a Primeira Guerra Mundial, cerca de 4.077 ton

de hortaliças desidratadas foram embarcadas para as forças americanas na Europa. Prescott (1919) citado por Cruess (5), explica que as hortaliças sêcas foram usadas em pequena escala, pelos exércitos da União durante a Guerra Civil e pelas forças inglesas na África do Sul, durante a Guerra dos Bures. Com pesquisa realizada após a Primeira Guerra Mundial, pela Universidade da Califórnia, a qualidade das hortaliças sêcas fornecidas às forças armadas da Segunda Grande Guerra, era muito superior à daquela utilizada anteriormente. A diferença principal na tecnologia era que, antes da secagem, não se fazia escaldamento na maioria das hortaliças. Passaram também a ser sulfitadas e sêcas a um teor de umidade mais baixo, o que causou após esses tratamentos, melhor preservação da qualidade do produto. Cerca de 135.000 ton de hortaliças sêcas produzidas por ano durante a Segunda Guerra, tiveram um papel muito importante na alimentação das tropas aliadas de terra e de mar. Além disso, foram de grande valor para suplementar a escassa e monótona dieta das populações civis.

Comparando-se as hortaliças frescas com as desidratadas, estas pesam de um quinto a um vigésimo da quantidade equivalente a das enlatadas. Isso resulta numa grande economia de recipientes e de espaço (10, 12, 13, 15, 21, 47, 48).

Segundo Mackinney e Cruess (1943), citados por Cruess - (10), as cenouras não escaldadas e não submetidas a sulfitação continham, após 3 meses de armazenamento ao ar ambiente com temperatura de 32°C, apenas cerca de 1/4 do caroteno em relação às escaldadas não submetidas ao SO₂ e apenas 1/8 do encontrado nas amostras escal

dadas e submetidas a sulfitação. Vários pesquisadores haviam encontrado no início da Segunda Grande Guerra, que o caroteno é muito mais estável em hortaliças secas armazenadas sob gases inertes, como bióxido de carbono.

2.2.3.1. Condições de secagem

A temperatura, umidade e a velocidade do ar usados para a secagem de vegetais, tem um efeito muito grande na taxa de secagem e nos processos econômicos. O efeito combinado da umidade e temperatura do ar, é determinado pela relação psicométrica e é obtida pela medida da temperatura do bulbo úmido (23).

Para os repolhos não submetidos à sulfitação, a temperatura de secagem não deve exceder 60°C ; para cebolas $57,2$ a 60°C ; para repolhos tratados pela sulfitação, bem como para as batatas também tratadas, a temperatura deve ser de $73,9^{\circ}\text{C}$; para batatas não tratadas 66°C ; para cenouras tratadas com sulfito, não acima de 79°C . Em geral, as hortaliças tratadas pela sulfitação suportam bem 71 a $73,9^{\circ}\text{C}$, enquanto que as não tratadas com exceção das cenouras, não aguentam temperaturas acima de 66°C no final da secagem (10).

Durante a Segunda Guerra Mundial, várias fábricas foram equipadas com dispendiosos secadores a vácuo dispondo de bandejas que eram aquecidas por meio de prateleiras de vapor ou resistências elétricas. O custo era elevado e a qualidade dos produtos não eram muito melhores do que os produtos idênticos secados numa corrente de ar aquecido (10).

Inicialmente, pensou-se que se as hortaliças fossem secadas a um teor de umidade até 10%, seria o suficiente para uma boa conservação, entretanto, Nichols e Gross, citados por Cruess (10), realizaram um trabalho posterior, além das pesquisas feitas pelos cientistas ingleses e do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, levado a efeito de 1940 a 1945, mostrou que as hortaliças deviam ser secadas a um teor de umidade o mais baixo possível, compatível com a boa qualidade do produto. Isto significa menos de 5% de umidade para a maior parte dos produtos (10).

O desidrator de túnel é um dos mais flexíveis sistemas de uso comercial e sua forma é simples e consiste de um túnel retangular que acomoda a carga em bandejas nas quais o produto é uniformemente espalhado e secado. As dimensões desse sistema podem variar, dependendo da capacidade da planta. Entretanto, uma planta típica para desidratação de cenoura com uma taxa de 75 ton/dia, consiste de um secador de 4 estágios com cerca de 16,5 m de comprimento, 1,9 m de largura e 2,1 m de altura, contendo 14 bandejas (23).

O ar é dirigido em contra-corrente a uma temperatura de bulbo seco de 71°C e de bulbo úmido, de aproximadamente, 32°C, na descarga do produto. A velocidade do ar na prática varia de 183-366 m linear por minuto. Em escala industrial o sistema de túnel é essencialmente contínuo e a carga de cada bandeja tem remoção constante de acordo com as condições de estabilidade.

No secador de simples estágio de fluxo paralelo, o material úmido encontra inicialmente o ar aquecido e abandona o secador

já resfriado. Sendo alcançada alta taxa de evaporação logo no início sem causar dano ao produto, pelo aquecimento (10, 18, 21, 23).

2.2.3.2. Umidade de equilíbrio

O teor de umidade de equilíbrio é de muita importância no que se refere a embalagem e armazenamento de um produto biológico desidratado. De acordo com dados experimentais em uma pesquisa, poderá ser definido o tipo ou tipos de invólucros a serem empregados a determinados produtos, ao ser estudado o seu armazenamento. No armazenamento, o produto atinge o teor de umidade de equilíbrio equivalente à temperatura e umidade média existente no meio ambiente (4, 20).

Cada material apresenta uma característica diferente de pressão de vapor de água para cada temperatura e umidade. Essa pressão de vapor é que determina o processo de perda (desorção) ou ganho de umidade (adsorção). Nos produtos biológicos quando o equilíbrio é alcançado, denomina-se equilíbrio isotérmico de umidade. Esse fenômeno ocorre quando a pressão de vapor da água do material é igual à pressão de vapor de água do ar do ambiente em que ele se encontra (4, 20).

Dois métodos têm sido amplamente utilizados para determinar o teor de umidade de equilíbrio dos produtos biológicos:

- a) o método estático
- b) o método dinâmico

No método estático o produto é suspenso em um recipiente dentro de um depósito onde a umidade do ar é controlada mediante o emprego de soluções de ácido sulfúrico ou soluções saturadas de sais. No método dinâmico o ar com temperatura e umidade controladas é forçado a passar pelo material biológico que também pode estar no recipiente dentro do depósito. O controle do estado do ar no método dinâmico é feito normalmente por meios mecânicos de pulverização ou de evaporação, o que tornam as experiências mais caras devido à necessidade de equipamento mais sofisticado. Por outro lado, a determinação é mais rápida e precisa, diminuindo-se erros experimentais, especialmente quando as umidades relativas estão acima de 87%, o que propicia o desenvolvimento de fungos no produto, antes de atingir o equilíbrio (4, 20, 22, 32, 40).

Segundo Steele (45), em armazenamento de grãos, o teor de umidade, a temperatura, a espécie e o estado inicial da qualidade do produto, determinam o tempo máximo que ele pode ser armazenado, - sem deterioração.

Brooker, Bakker-Arkema & Hall (4), realizaram uma experiência comparativa com trigo e aveia, e explicam que cada tipo de cereal exibe uma característica de pressão de vapor de água, a determinada temperatura e teor de umidade. Por exemplo: a 30°C e 16% de umidade em base úmida, a pressão de vapor da aveia à mesma temperatura e umidade é 0,477 psia. Os grãos de cereais a vários teores de umidade e temperatura, a pressão de vapor é que determinará se o produto perderá ou ganhará umidade quando exposto ao ar úmido. Supondo que o trigo e a aveia, no exemplo acima, são colocados em um ambien-

te de 30°C e umidade relativa de 75%. De acordo com a equação:

$$l = \frac{P_v}{P_{vs}}, \text{ onde}$$

l = umidade relativa (decimal)

P_v = pressão de vapor da água (psia)

P_{vs} = pressão de vapor de saturação (psia),

a pressão de vapor da água no ar sob essas condições, é de 0,461 psia.

Se os dois cereais são colocados nesse ambiente, o trigo adsorverá umidade porque sua pressão de vapor é 0,444 psia, menor, portanto, que a pressão de vapor de água do ambiente, enquanto que a aveia perderá umidade porque sua pressão de vapor é 0,477 psia, ao contrário do primeiro, é maior. Quando a pressão de vapor de água do produto for igual à pressão de vapor da água do ambiente, o sistema entra em equilíbrio.

2.2.4. Produtos de umidade intermediária

A expressão "alimento de umidade intermediária", entrou no vocabulário da tecnologia propriamente dita, na década de 60, para identificar um grupo heterogêneo de produtos com aparência de produtos secos quanto à sua resistência à deterioração microbiana, mas com teor de umidade maior do que aquele que define produtos secos. Estes são conhecidos e utilizados pelo homem desde tempos imemoriais; outros produtos, derivados ou não de frutas, com características de umidade intermediária, incluem os doces, os marshmallows, gelatinas,

produtos derivados de confeitaria como os pães de frutas, molhos secos, etc., conhecidos há muitos anos, normalmente com porcentagens de 20 a 30% de água, são resistentes à deterioração microbiológica, não necessitam ser conservados por outros métodos, podendo, ainda, serem consumidos com ou sem reidratação (2, 3, 8, 25, 41).

O termo "alimento de umidade intermediária" pode ser aplicado a produtos cuja atividade de água (A_w) se encontra numa faixa de 0,65 a 0,85 e contém de 15 a 30% de umidade (5, 39, 43).

Há evidências experimentais da possibilidade de conservar uma grande variedade de alimentos ao nível de umidade intermediária, por equilíbrio, em solução aquosa dos solutos escolhidos, além de antimicóticos. Os alimentos são imersos em solução qualitativa e quantitativamente adequada, onde ao atingirem o equilíbrio com a fase aquosa, pode ser alcançado o valor de atividade de água (A_w) desejada, além de proporcionar concentração eficiente de antimicótico. As propriedades sensoriais de frutas e hortaliças tratadas nessas condições são bastante satisfatórias, geralmente retêm a cor, a textura e aparência muito próximas do normal. A retenção do sabor é variável, de ótimo nas cenouras a sofrível nas ervilhas. Experiências realizadas demonstram composições de diferentes misturas de equilíbrio, onde o glicerol está em níveis de 43 a 88%; o cloreto de sódio de 5,5 a 10,5% sacarose de zero a 23% e água de 21 a 49%. Os alimentos assim preparados apresentam atividades de água entre 0,81 a 0,86 e os teores de umidade após o equilíbrio, variando de 51,5 a 38,8%, conforme a umidade inicial da matéria prima (2, 3).

Borrero (28), estudou o comportamento de solutos em vagem "manteiga" e obteve um produto com teor de umidade intermediária de boas características sensoriais. Três solutos foram usados para inúmeras combinações percentuais utilizadas, das quais a que transcrevemos abaixo, apresentou os melhores resultados:

- cloreto de sódio 50%
- sacarose 10%
- glicerol 40%

2.2.4.1. Escolha dos solutos

A escolha dos solutos para serem utilizados na redução da água dos vegetais, está relacionado não só na diminuição da atividade de água do alimento, assim como, é abrangente a outros atributos característicos como sabor, solubilidade, peso molecular, ionização, participação nutricional, compatibilidade, pH e, talvez, - muitos outros fatores não mencionados. A causa de tantos fatores limitantes, a escolha dos solutos recai em apenas alguns poucos:

- açúcares: sacarose, dextrose, frutose, lactose e maltose.
- alcoóis: polihídricos: sorbitol, glicerol, manitol e propileno glicol
- sais neutros: cloreto de sódio e cloreto de potássio

Destes, os mais comumente usados na técnica de preparação de "alimento de umidade intermediária" para consumo humano, são a sacarose, o cloreto de sódio e o glicerol (1, 2).

O cloreto de sódio em solução aquosa, tende a lei de -

Rault e reduz a atividade de água. Sua ligação com a água é forte e desfavorável à atividade de água (A_w). A ligação iônica entre o sódio-cloreto-água, pode ser responsável pela redução da atividade de água devido o incremento de água ligada (46).

O glicerol, de acordo com a lei de Rault, diminui sensivelmente a pressão de vapor de soluções aquosas concentradas, como também a atividade de água. Entretanto, não apresenta forte ligação com a água, já que a ligação entre as moléculas de água e de glicerol não é significativamente diferente da que existe entre as próprias da água (26).

Shipman et al, citados por Borrero (2), usaram o glicerol como agente desidratante e como meio de manter a turgidez e a plasticidade celular depois da reconstituição dos produtos desidratados e congelados. Observaram que concentrações mais elevadas de glicerol, estão em proporção direta com a maior perda de peso e em proporção inversa ao teor de umidade depois da imersão.

Pointing (37), estudou a desidratação osmótica de vegetais e encontrou que a sacarose seca entre as substâncias do grupo dos açúcares, atua com maior eficiência e promove sabor desejável. A velocidade de remoção de água das frutas pela ação da sacarose - seca, é bastante rápida no princípio da operação, constituindo, assim, uma vantagem no processamento, se o vegetal for retirado logo em seguida do açúcar e desidratado na forma convencional.

2.2.4.2. Velocidade relativa das reações

A velocidade das reações químicas, desejáveis ou não, que ocorrem durante o armazenamento de alimentos, depende, principalmente, da mobilidade e da concentração dos componentes envolvidos. Por falta de mobilidade do substrato e de enzimas, determinadas reações não ocorrem ou ocorrem muito lentamente, em alimentos desidratados. Por outro lado, os alimentos com teor demasiadamente baixo de umidade (menos de 2%), geralmente, sofrem oxidação mais rápida dos lipídios, por causa da falta de uma camada monomolecular protetora de água (27, 28, 38).

Outra reação de grande importância na preservação da qualidade de alimentos, é o escurecimento não enzimático. A velocidade dessa reação aumenta com a atividade de água (A_w) até aproximadamente $A_w = 0,8$. Em seguida, diminui em face da redução da concentração dos reativos. A figura 1 constitui uma representação esquemática das velocidades relativas das transformações em função da atividade de água dos alimentos (38).

Crescimento de microrganismos a água é o solvente fundamental para todos os seres vivos sem ela, o metabolismo dos microrganismos fica paralisado, isto é, não pode haver crescimento nem multiplicação. Entretanto, os microrganismos podem sobreviver, em estado latente, por tempo quase indefinido, na forma desidratada (27, 38).

Após o restabelecimento da atividade de água (A_w) adequada, inicia-se o seu crescimento e multiplicação. A velocidade

de crescimento dos microrganismos diminui com a redução da atividade de água, até sofrer paralização completa em atividade menor que 0,6. Entretanto, o valor mínimo é uma função do tipo de microrganismos, conforme pode ser visto para os grandes grupos, na Figura 1 e na Tabela II (27, 38).

A velocidade máxima de crescimento geralmente ocorre - na faixa de Aw 0,980 a 0,995. Um alimento com atividade de água - inferior a 0,85 está protegido contra o desenvolvimento de bactérias patogênicas. Existem algumas espécies de microrganismos em cada grupo que apresenta elevada resistência a baixas atividades - de água. Esses microrganismos podem causar a deterioração lenta - de alimentos, embora sem risco para a saúde pública (38).

De acordo com Bone (1), os limites mínimos aproximados de atividade de água para desenvolvimento de microrganismos são os apresentados na Tabela II.

Tabela II - Limites mínimos aproximados de atividade de água (Aw), para o desenvolvimento de microrganismos

Microorganismos	Aw (mínima)
Bactérias	0,91
Leveduras	0,88
Fungos	0,80
Bactérias halofílicas	0,75
Fungos xerofílicos	0,65
Leveduras osmofílicas	0,60

Fonte: Bone (1)

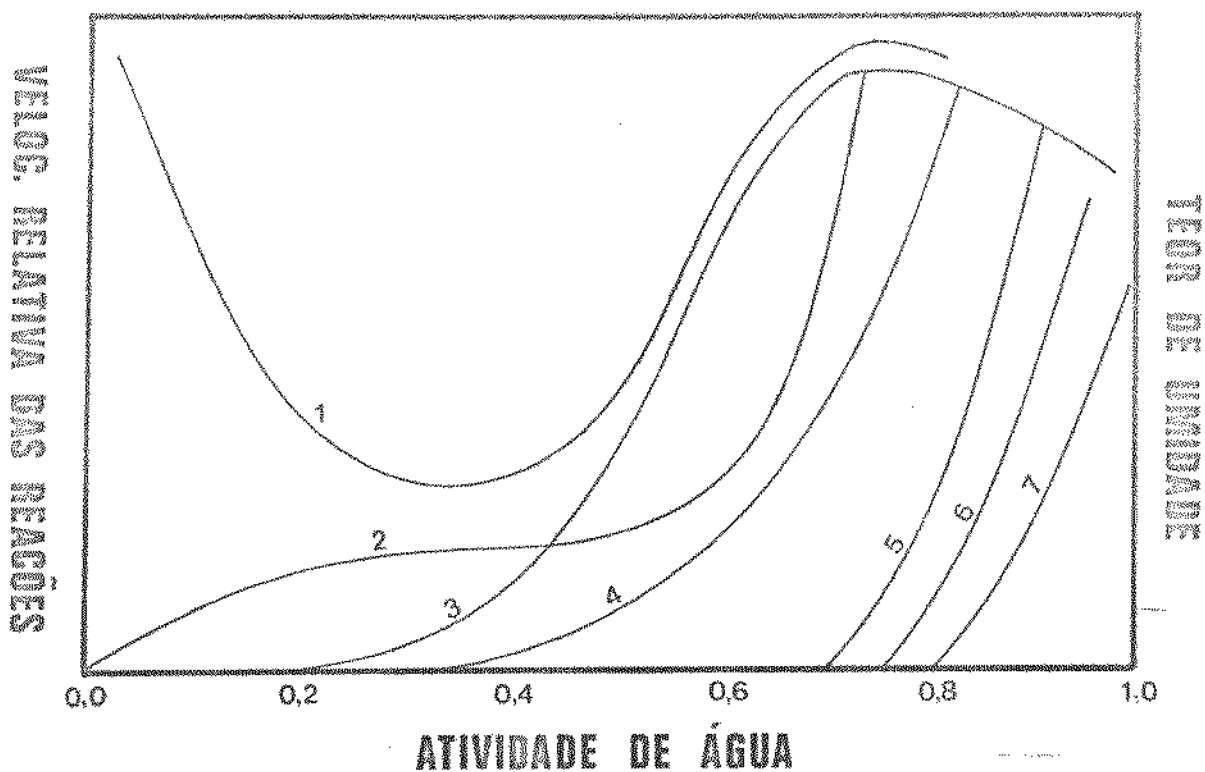


Fig. 1 - Velocidade de transformações em alimentos, em função da atividade de água (A_w)

1. Oxidação de lipídes
2. Isotherma de adsorção de umidade
3. Escurecimento não enzimático
4. Atividade enzimática
5. Crescimento de fungos
6. Crescimento de leveduras
7. Crescimento de bactérias

Pela Figura 1, pode-se observar que os alimentos com teor de umidade intermediária estão sujeitos a velocidades relativamente grandes de deterioração por escurecimento não-enzimático, oxidação de lipídios e reações enzimáticas. Estas reações devem ser devidamente inibidas por outros meios ou não devem constituir problema ao alimento. Assim, o escurecimento não-enzimático, geralmente, não é considerado problema em frutas desidratadas e doces, uma vez que a cor escura é uma característica desses produtos. Por outro lado, a oxidação de lipídios, frequentemente precisa ser inibida por meio de antioxidantes e as enzimas precisam ser inativadas termicamente. Por isso, pode-se dizer que o maior problema na conservação dos produtos de teor intermediário de umidade, é o microbiológico (38).

Como a velocidade de desenvolvimento de microrganismos é uma função da atividade de água, o conhecimento desta é essencial para o estabelecimento de processamentos, sistemas de embalagens e formulação desses alimentos. Como muitos desses produtos são embalados em plásticos permeáveis (celofane, polietileno), então estão sujeitos a trocas de umidade com o meio ambiente. Assim, um doce de leite com $A_w = 0,75$, embalado em celofane, estaria sujeito a secagem lenta no Planalto Paulista ($UR \approx 60\%$ - ou $A_w = 0,60$) e absorção de umidade em Belém do Pará ($UR \approx 90\%$ - ou $A_w = 0,90$) (38).

2.2.5. Microbiologia

A contagem microbiana das hortaliças secas varia des

de quantidades desprezíveis a vários milhões por grama (Vaughn, 1951), citado por Fraizer (16). A quantidade presente nas verduras imediatamente antes da secagem, pode ser grande devido a contaminação e crescimento após o escaldamento; a porcentagem de germes destruídos durante a secagem é geralmente menor do que no caso de frutas ácidas. Se as bandejas empregadas na secagem não são limpas adequadamente, pode produzir durante o processo da secagem, fermentação de algumas hortaliças, como cebolas e batatas, por bactérias lácticas, com o aumento notável do número de bactérias. Os microrganismos que se encontram nas hortaliças secas são principalmente bactérias. Os gêneros das bactérias mais encontradas em vegetais desidratados são as seguintes: *Escherichia*, *Aerobacter*, *Aeromobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* e *Streptococcus* (16).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

3.1.1. Matéria prima

Foi utilizada no presente trabalho, cenoura (*Daucus carota L.*), cultivar "Nantes", adquirida na CEASA da cidade de Campinas. Teve-se o devido cuidado na aquisição, a fim de selecionar material homogêneo, de boa qualidade, para o desenvolvimento da pesquisa.

3.1.2. Reagentes

- Cloreto de sódio (NaCl). Sal refinado comum de mesa.
- Sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Açúcar refinado comercial.
- Glicerol ($C_3H_8O_3$). Utilizou-se glicerol p.a.
- Guaiacol ($C_7H_8O_2$). Foi usado guaiacol p.a.
- Água oxigenada (H_2O_2). Usou-se solução a 0,5%, a partir da concentração de 10 volumes.

3.1.3. Equipamentos

- Pré-desidratador: aparelho constituído de um frasco cilíndrico de vidro, capacidade 1000 ml, munido de um tubo de saída na base, com 3 mm de diâmetro interno, onde foi acoplado um tubo de borracha com pinça de Hoffman, para controle da va

ção de mistura de solutos a ser utilizado.

- Secador de túnel, construído na UNICAMP, com termostato e resistências elétricas tipo espirais.

Dimensões do secador:

comprimento = 3,6 m

largura da seção de secagem = 0,27 m

altura = 0,24 m

Motor trifásico marca Arno, 3520 rpm, 220 V, 2.2 A, potência 1/2 CV.

Ventilador tipo axial, com ventoinha de 27 cm de diâmetro.

- Estufa a vácuo marca Fanem, modelo 099/3.

- Estufa comum a pressão atmosférica, marca Fanem, modelo 315/1.

- Balança analítica marca Sauter, tipo 414, com precisão de 0,1 mg.

- Aparelho "Goldfish" Lab Con, para determinação de gordura.

- Balança semi-analítica marca Mettler, modelo P. 1000.

- Forno mufla, marca Forlabo.

- Câmaras com temperaturas controladas para determinação de curvas de umidade de equilíbrio, marca General Electric, modelo GRO.30-13TM4R.

- Recipientes cilíndricos de plástico com tampa, dimensões internas de 20x20 cm de altura e diâmetro. Dentro de

cada recipiente fixado a altura média, foi colocado outro menor, com perfurações, de maneira a permitir homogeneidade na distribuição da umidade relativa no interior do cilindro.

- Bandejas de alumínio com fundo de tela de nylon, e dimensões de 40x25x4 cm de lado, frente e altura, respectivamente.

- Material de laboratório, tais como berckers, termômetros, erlenmeyers, buretas, pipetas e outros.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Identificação da matéria-prima

3.2.1.1. Classificação

Foi realizada a classificação da cenoura, de acordo com as Normas Oficiais vigentes, do Ministério da Agricultura (31).

3.2.1.2. Características físicas

- Cenoura inteira, "in natura":

a) Dimensões: tomaram-se 30 raízes ao acaso e com uso de paquímetro tomaram-se as medidas dos seus comprimentos e do diâmetro de cada indivíduo. O cálculo foi realizado tirando-se as dimensões médias das amostras.

b) Peso específico aparente: foi calculado tomando-se por base o volume de 9 caixas comerciais tipo K, com pesos do conteúdo de cenouras, variando de 23 a 25 kg.

c) Peso específico real: foi calculado através da determinação do volume pelo método hidrostático, baseado no princípio de Arquimedes. Foram feitas 15 repetições e a cada uma, se determinou o seu peso em balança semi-analítica; o volume correspondente de água deslocada foi medido em proveta graduada. O peso específico real foi calculado, dividindo-se cada peso pelo volume correspondente de água deslocada.

d) Porosidade: foi calculada tomando-se a relação entre o peso específico aparente e o peso específico real, mediante a fórmula seguinte:

$$\eta = \left(1 - \frac{\gamma_{ap}}{\gamma_r}\right) 100$$

onde,

- η = porosidade
- γ_{ap} = peso específico aparente
- γ_r = peso específico real

- Cenoura "in natura" em rodela de 6 mm de espessura:

- Peso específico aparente: tomaram-se 20 diferentes pesos para um mesmo volume, de acordo com as diferentes acomodações do material. Foram calculados ainda peso específico real e porosidade.

- Para os produtos acabados, ou seja, cenoura seca em rodela submetidas a tratamento prévio de imersão em solutos e cenoura seca em rodela sem tratamento de imersão em solutos, foram calculados os seguintes parâmetros:

- peso específico aparente
- peso específico real
- porosidade

3.2.2. Preparo das amostras

3.2.2.1. Seleção, limpeza e corte

a) Seleção

Foi realizada tomando-se por base as características do cultivar: a homogeneidade de cor, a forma das raízes a serem processadas e o estado de sanidade do material.

b) Limpeza

Foi feita uma lavagem rigorosa nas raízes de cenoura em água corrente, para em seguida aparar as extremidades e submetê-las a descascamento, com descascador manual de inox.

c) Corte

Efetuuou-se o corte da cenoura em rodela, manualmente, com faca de inox, medindo-se previamente, a fim de se obter as espessuras de 2, 4 e 6 mm, de acordo com a programação de cada tratamento.

3.2.2.2. Rendimento

O rendimento da cenoura "in natura" cortada em fatias, foi avaliado tomando-se cada peso de várias porções de raízes inteiras e pesando-se novamente, após a retirada das extremidades, descascamento e corte.

3.2.2.3. Branqueamento

Para o estudo do branqueamento da cenoura, fizeram-se testes preliminares para verificar o tempo necessário para inativação enzimática, tomando-se o material cortado em rodela de 6 mm (espessura máxima), que foram colocadas em imersão em água em ebulição durante 3, 4 e 5 minutos. Após o escaldamento e drenagem foram imediatamente resfriadas em água corrente e, em seguida realizados os testes de atividade enzimática da peroxidase.

As rodela de cenoura escaldadas foram cortadas ao meio com faca de inox e feito os testes com solução alcoólica a 1% de guaiacol e solução de água oxigenada a 0,5%, a partir da concentração a 10 volumes.

O tempo escolhido para escaldamento da cenoura a ser processada, foi de 4 minutos, considerando que nos três períodos acima citados, houve inativação completa da peroxidase.

3.2.3. Preparo das misturas de solutos

Os tipos de solutos utilizados para a remoção parcial de água do material, na etapa de pré-processamento, foram escolhidos com base em literatura consultada, referente a obtenção de alimentos com teor intermediário de umidade (28), destacando-se os seguintes: cloreto de sódio, sacarose e glicerol. Essas substâncias foram empregadas em forma de misturas, em proporções variáveis, de acordo com as seguintes fórmulas:

Mistura I	(%)	Mistura II	(%)
Cloreto de sódio	50	Cloreto de sódio	27
Sacarose	10	Sacarose	10
Glicerol	40	Glicerol	40
		Água	30
Mistura III	(%)	Mistura IV	(%)
Cloreto de sódio	16	Cloreto de sódio	20
Sacarose	10	Sacarose	10
Glicerol	20	Glicerol	40
Água	54	Água	30

Estas misturas foram testadas em diversas experiências preliminares, visando avaliar tanto a sua capacidade de remoção de água (pré-desidratação), assim como a qualidade de produto final.

A cenoura cortada em rodela, após branqueamento, foi imersa durante 3 horas, em mistura de solutos no pré-desidratador.

3.2.4. Secagem

3.2.4.1. Tratamentos

O estudo da secagem após a operação de branqueamento, foi realizado efetuando-se tratamentos da variação da es pes su ra, na forma de rodela com 2, 4 e 6 mm; imersão das diferentes espessuras das cenouras cortadas, em misturas de solutos e complementação com secagem; secagem direta das diferentes espessuras de cenouras cortadas em rodela e finalmente, secagem

contínua e intermitente (intervalo de 2 horas), dos mencionados tratamentos. Para cada tratamento foram realizadas três repetições.

Em resumo, os tratamentos efetuados no estudo da secagem de cenoura, são apresentados em discriminação abaixo:

a) Cenouras cortadas em rodela, com 2 mm de espessura, imersas em mistura de solutos e complementação com secagem contínua.

b) Cenouras cortadas em rodela, com 2 mm de espessura, imersas em mistura de solutos e complementação com secagem intermitente (intervalos de 2 horas).

c) Cenouras cortadas em rodela, com 2 mm de espessura e secas em processo contínuo.

d) Cenouras cortadas em rodela, com 2 mm de espessura e secas em processo intermitente (intervalos de 2 horas).

e) Cenouras cortadas em rodela, com 4 mm de espessura, imersas em mistura de solutos e complementação com secagem contínua.

f) Cenouras cortadas em rodela, com 4 mm de espessura, imersas em mistura de solutos e complementação com secagem intermitente (intervalo de 2 horas).

g) Cenouras cortadas em rodela, com 4 mm de espessura e secas em processo contínuo.

h) Cenouras cortadas em rodela, com 4 mm de espessura e secas em processo intermitente (intervalo de 2 horas).

i) Cenouras cortadas em rodélas, com 6 mm de espessura, imersas em mistura de solutos e complementação com secagem contínua.

j) Cenouras cortadas em rodélas, com 6 mm de espessura, imersas em mistura de solutos e complementação com secagem intermitente (intervalos de 2 horas).

k) Cenouras cortadas em rodélas, com 6 mm de espessura e secas em processo contínuo.

l) Cenouras cortadas em rodélas, com 6 mm de espessura e secas em processo intermitente (intervalo de 2 horas).

3.2.4.2. Metodologia experimental

A secagem foi realizada em secador tipo túnel, de circulação forçada de ar aquecido por meio de resistências elétricas.

A temperatura do ar de entrada, registrada pelo termômetro de bulbo sêco, foi de $74 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e a de bulbo úmido $40 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

A velocidade do ar durante as experiências foi constante e sua determinação por anemômetro de pás, atingiu a média de 150 m/min, com uma vazão de cerca de $10 \text{ m}^3/\text{min}$.

As fatias de cenoura foram distribuídas, em camadas de aproximadamente 10 mm de espessura nas bandejas e estas colocadas superpostas no secador, em dois grupos de três bandejas, para cada experiência. Cada bandeja continha aproximadamen

te 250 g de material, com uma carga média de $2,5 \text{ kg/m}^2$. As variações de pesos durante a secagem eram determinadas de 30 em 30 minutos, até atingirem peso constante.

Para a secagem intermitente, as três bandejas contendo material eram secas durante duas horas, depois postas a resfriar fora do secador por 2 horas.

Os intervalos de secagem foram repetidos até o material alcançar peso constante.

A umidade inicial do material em cada tratamento foi determinado pelo método AOAC (33) em estufa a vácuo.

3.2.5. Umidade de equilíbrio

3.2.5.1. Metodologia experimental

Para determinação experimental das curvas da umidade de equilíbrio foi aplicado o método estático de acordo com Hall (20), utilizando-se soluções saturadas de sais para manter a umidade constante dentro do frasco. Amostras de 20 g de cenoura seca em rodela foram acondicionadas em sacos de tela de nylon e estes, colocados dentro de um recipiente menor acima do nível da solução salina.

Os recipientes contendo as amostras e as soluções, foram colocados em três câmaras com temperaturas controladas termostaticamente, fixadas em 10, 20 e 30°C , respectivamente. A Tabela III, apresenta os sais empregados, umidade relativa e tempe

ratura das câmaras.

Em cada câmara foram agrupados 5 recipientes contendo cada um amostras em duplicatas do produto final, correspondentes a dois tipos de tratamentos:

a) Cenoura seca em rodela, submetidas a imersão em mistura de solutos para remoção parcial de água e complementação da secagem em secador de túnel.

b) Cenoura seca em rodela, tendo sido submetidas apenas a branqueamento e secagem direta no secador de túnel.

As amostras foram deixadas nas respectivas câmaras, determinando-se seus pesos de 12 em 12 horas usando-se balança analítica com precisão de 0,1 mg.

O conteúdo de umidade de equilíbrio foi determinado por secagem em estufa a vácuo, segundo o método AOAC (33).

TABELA III - Umidades relativas correspondentes a diversos tipos de sais, em função das temperaturas das câmaras.

Sais empregados	Umidade relativa (%)	Temperatura (°C) da câmara
MgCl ₂ .6H ₂ O	34,2	10
NaBr	57,0	10
NaCl	75,4	10
KBr	85,0	10
K ₂ SO ₄	97,9	10
CaCl ₂ .6H ₂ O	32,3	20
NaBr	59,2	20
NaCl	75,5	20
KBr	84,0	20
K ₂ SO ₄	97,2	20
MgCl ₂ .6H ₂ O	32,8	30
NaBr	56,3	30
NaCl	75,6	30
KBr	84,0	30
K ₂ SO ₄	96,6	30

Fonte: Brooker (4)

Hall (20)

3.2.5.2. Simulação matemática das curvas de umidade de equilíbrio

Para determinação das curvas teóricas de umidade de equilíbrio, utilizou-se para cenoura desidratada, a equação empírica proposta por Henderson (22), para prognosticar o conteúdo de umidade de equilíbrio de materiais biológicos, de ampla aplicação em estudos de armazenamento em diferentes condições ambientais.

Os valores das constantes de equilíbrio higroscópico c e n da equação de Henderson (Equação 1), para cenoura desidratada nas condições brasileiras, provavelmente ainda não foram determinados, pois não foram encontrados na literatura consultada. Seus valores foram determinados experimentalmente e calculados por regressão linear em calculador marca HP, modelo 95.

$$(1 - \phi) = e^{-c T / M_{eq}^n} \quad \text{Eq. 1}$$

onde,

ϕ = umidade relativa (%)

T = temperatura ($^{\circ}R$)

M_{eq} = umidade de equilíbrio (decimal em base seca)

c, n = constantes de equilíbrio higroscópico.

3.2.6. Análise microbiológica

Foram realizadas contagens totais microbianas de acordo com Sharff (44), nas seguintes amostras:

Produto acabado:

- cenoura submetida a tratamento de imersão em mistura de solutos, para remoção parcial de água e complementação da secagem até, aproximadamente, 5% de umidade e armazenada em saco fechado de polietileno.
- cenoura seca, com, aproximadamente, 5% de umidade, sem tratamento de imersão em solutos, armazenada em saco fechado de polietileno.

As amostras do produto acabado foram analisadas no primeiro dia, aos 30, 60 e 90 dias de estocagem, com a finalidade de observar o desenvolvimento microbiano em relação ao tempo de armazenagem.

Foram preparadas suspensões microbianas a partir das diversas amostras, em água esterilizada com o material triturado; após agitação, preparou-se diluições que foram inoculadas em duplicata, em PCA, para contagem total, após 24 e 48 horas de incubação a 32°C.

3.2.7. Análise sensorial

As cenouras desidratadas, obtidas nos diversos tratamentos, foram testadas contra cenoura "in natura" utilizada como padrão.

As amostras submetidas aos testes sensoriais foram:

- I - Cenoura "in natura" cortada em fatias, não desidratadas
- II - Cenoura cortada em fatias e seca por ar aquecido, sem tratamento com solutos
- III - Cenoura cortada em fatias submetidas a tratamento por imersão em mistura de solutos.

Testes preliminares do tempo de cozimento foram efetuados para chegar-se ao "ponto" satisfatório de consumo. Após experiências, encontrou-se que o tempo de 25 minutos para o material "in natura" e para o material desidratado colocados em água em ebulição, foi adequado para obter-se uma textura considerada boa para ser consumida.

A proporção de água em relação ao material, para o cozimento, foi de 10:1 em peso, usando-se bequers de 1000 ml, em fogo direto.

As quantidades de cloreto de sódio, adicionados nas amostras do material "in natura" e ao material seco sem tratamento, foram proporcionais ao conteúdo salino das amostras submetidas ao tratamento por imersão em solutos.

Os parâmetros estudados durante os testes sensoriais foram: c \`o r, sabor, textura e prefer \`e ncia, sendo as experi \`e ncias realizadas em cabines individuais, do laborat \`o rio de An \`a lise Sensorial da FEAA/UNICAMP, durante 3 dias consecutivos, as 10 horas da manh $\`a$. Uma equipe de 10 provadores foi selecionada e treinada para fazer as provas do produto. Este era servido a temperatura ambiente, em pratos devidamente codificados e cada provador recebia o n \`u mero de amostras de acordo com o delineamento usado, que neste caso foi Blocos ao Acaso e, um question \`a rio, conforme ficha anexa (Figura 2).

3.2.8. An \`a lise qu \`i mica

a) Umidade foi determinada em estufa a v \`a cuo, seguindo as normas da AOAC n \`o 22.013 (33).

b) Sacarose foi determinada pelo m \`e todo volum \`e trico, de Lane-Eynon, AOAC n \`o 31.034 (33).

c) Gordura foi determinada em aparelho Goldfish, de acordo com Lees (29).

d) Fibra foi determinada de acordo com Lees (29).

e) Cinzas determinou-se de acordo com Lees (29).

f) Cloreto de s \`o dio foi determinado pelo m \`e todo titulom \`e trico de Mhor, segundo Pearson (36).

As an \`a lise qu \`i micas foram realizadas nos seguintes tratamentos da cenoura:

a) Fatias de cenoura "in natura"

b) Fatias de cenoura sem tratamento com solutos

c) Fatias de cenoura com tratamento de imers \`a o em mistura de solutos.

NOME : _____ DATA : / /

TEXTURA

nº da amostra extremamente-
te dura

extremamen-
te macia

COR

nº da amostra não
característico característico

SABOR

nº da amostra extremamente-
te ruim

extremamen-
te bom

PREFERENCIA

nº da amostra desgostei
extremamente

gostei
extremamente

Comentário: _____

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. IDENTIFICAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

4.1.1. Classificação

De acordo com as normas oficiais vigentes, do Ministério da Agricultura, a cenoura estudada neste trabalho, teve a seguinte classificação:

- NOME COMUM : cenoura
- NOME CIENTÍFICO : *Daucus carota L.*
- CULTIVAR : Nantes
- CLASSE : I
- TIPO: Extra

4.1.2. Características físicas

Os resultados médios das avaliações das características físicas determinadas no material "in natura" e no produto final seco, como: dimensões, peso específico aparente, peso específico real, cálculo da porosidade e as análises estatísticas relativas ao desvio padrão e coeficiente de variação, podem ser observadas nas Tabelas IV, V, VI e VII.

Os dados apresentados indicam que tanto a cenoura "in natura" quanto o produto processado, foram bastante homogêneos.

TABELA IV - Características físicas da cenoura, cultivar Nantes, inteira, "in natura": dimensões, pesos específicos a parente e real, cálculos da porosidade, desvio padrão e coeficiente de variação.

Características físicas	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Comprimento (cm)	15,50	1,65	10,65
Diâmetro (cm)	3,38	0,31	9,20
Peso específico <u>a</u> parente (g/ml)	0,5577	0,03	4,66
Peso específico real (g/l)	1,0257	0,01	0,88
Porosidade (%)	45,81	2,31	5,04

TABELA V - Características físicas de cenoura "in natura", em rodelas de 6 mm de espessura: pesos específicos aparente e real, cálculos de porosidade, desvio padrão e coeficiente de variação.

Características físicas	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Peso específico aparente (g/ml)	0,4500	0,02660	5,910
Peso específico real (g/ml)	1,0256	0,00007	0,007
Porosidade (%)	56,12	2,59000	4,610

TABELA VI - Características físicas de cenoura cortada em rodela, sem tratamento de imersão em solutos, seca em ar aquecido.

Características físicas	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Peso específico aparente (g/ml)	0,1701	0,0022	1,290
Peso específico real (g/ml)	1,2795	0,0341	2,670
Porosidade (%)	86,710	0,4303	0,5000

TABELA VII - Características físicas de cenoura cortada em rodela, com tratamento de imersão em solutos e complementação de secagem em ar aquecido.

Características físicas	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Peso específico aparente (g/ml)	0,2570	0,0041	1,590
Peso específico real (g/ml)	1,4286	0,0086	0,6000
Porosidade (%)	82,021	0,2804	0,3420

4.1.3. Rendimento

A determinação do rendimento da cenoura "in natura" a pós limpeza e corte em rodélas, apresentou a média de 87%. Os produtos finais, com tratamento de imersão em solutos e sem tratamento com solutos, apresentaram rendimentos médios em relação à cenoura inteira de 25 e 7%, respectivamente.

Pela diferença na porcentagem de rendimento em peso apresentado, levando-se em consideração iguais teores de unidade dos produtos no final da secagem, admitimos que a penetração dos solutos utilizados no pré-processamento da cenoura foi acentuada.

4.2. BRANQUEAMENTO

Vários foram os ensaios preliminares para testar o tempo de branqueamento da cenoura em água fervente.

Tomaram-se 3 amostras de cenoura "in natura", em fatias de 6 mm de espessura e procedeu-se a imersão em água em ebulição. Após drenagem e resfriamento em água corrente, procedeu-se o corte das fatias ao meio, testando-se, a seguir, a ação da peroxidase com solução alcoólica de guaiacol 1% e solução a 0,5% de água oxigenada a 10 volumes.

Os tempos de branqueamento foram de 3, 4 e 5 minutos, para cada amostra. Após os testes, verificou-se que para os três períodos não houve ação da enzima, tendo sido escolhido o tempo médio de 4 minutos para branqueamento do produto processado.

4.3. COMPORTAMENTO DOS SOLUTOS

O estudo do comportamento das diversas misturas de solutos, em relação ao tratamento de imersão de cenoura, visando, entre outros objetivos, boa capacidade de remoção de água e penetração de solutos no tecido, suficiente para fornecer boa plasticidade ao produto final, apresentou, após os experimentos, os seguintes resultados:

MISTURA I - (Cloreto de sódio 50%; sacarose 10%; glicerol 40%) - boa capacidade de remoção de água, no entanto, devido à alta concentração da mistura, houve uma enérgica ação sobre o tecido da cenoura, causando acentuado enrugamento. Outro inconveniente foi a impossibilidade de se fazer circular a mistura de maneira homogênea através da amostra.

MISTURA II - (Cloreto de sódio 27; sacarose 10%; glicerol 43%; água 20%) - com apenas 20% de água na mistura, grande parte do cloreto de sódio e da sacarose ainda permaneciam em estado sólido, semelhante à mistura I, dificultando a circulação homogênea.

MISTURA III - (Cloreto de sódio 16%; sacarose 10%; glicerol 10%; água 54%) - com 54% de água e apenas 20% de glicerol, tornou a mistura bastante diluída, conseqüentemente ineficiente em relação à remoção de água do material. No final de 3 horas de imersão, obteve-se um produto ainda com elevada porcentagem de água, em torno de 83%.

MISTURA IV - (Cloroeto de sódio 20%; sacarose 10%; glicerol 40%; água 30%) - das quatro misturas testadas, esta foi que melhor comportamento apresentou, tendo sido selecionada para ser utilizada no pré-processamento da cenoura estudada. Forneceu um produto sem enrugamento e com boa plasticidade no final da secagem em ar aquecido. Apresentou boa capacidade de remoção de água, tendo em vista as amostras terem iniciado o processo com 91% de umidade e no final de 3 horas de imersão na mistura, apresentado apenas 70%.

4.4. CURVAS EXPERIMENTAIS DE SECAGEM

As figuras 3 e 4 apresentam as curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, para cenouras cortadas em fatias de 2mm de espessura. A figura 3, apresenta os resultados da secagem das amostras sem tratamento com solutos e a figura 4, as amostras com tratamento de imersão em mistura de solutos.

Observa-se que não houve diferença no tempo total de secagem para os processos contínuo e intermitente, assim como para as amostras com e sem tratamento de imersão em solutos. Porém, o teor inicial é bastante diferente entre as amostras com e sem tratamento. Enquanto as amostras sem tratamento da figura 3 apresentaram teor de umidade inicial de 1300-1400% (b.s.), as da figura 4 apresentaram apenas 230%. Apesar da grande diferença de umidade no início do processo, os tempos totais de secagem para os dois tratamentos foram iguais. Nota-se, também, que a velocidade de

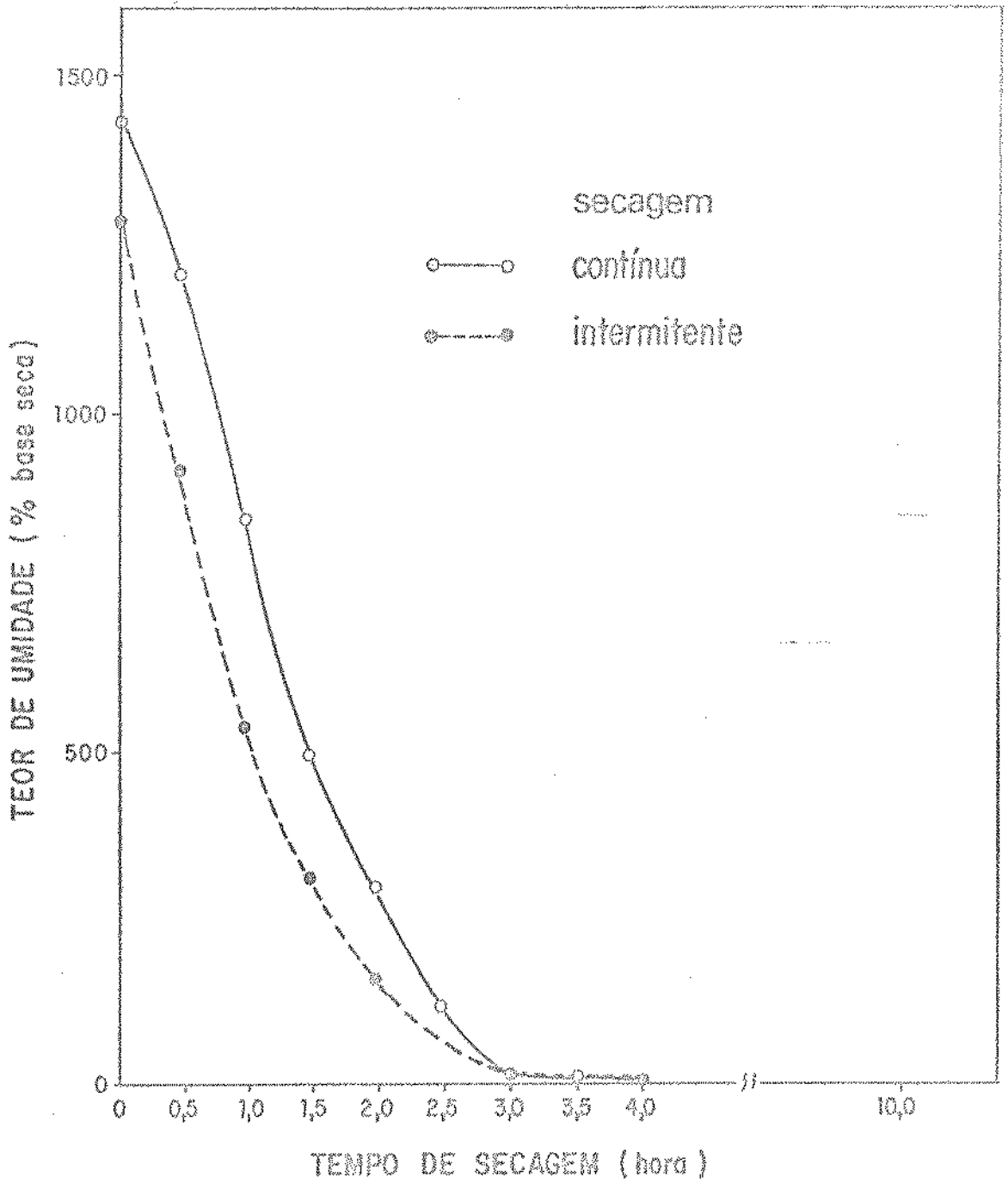


FIGURA 3 - Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 2 mm de espessura, sem tratamento de imersão em solutos.

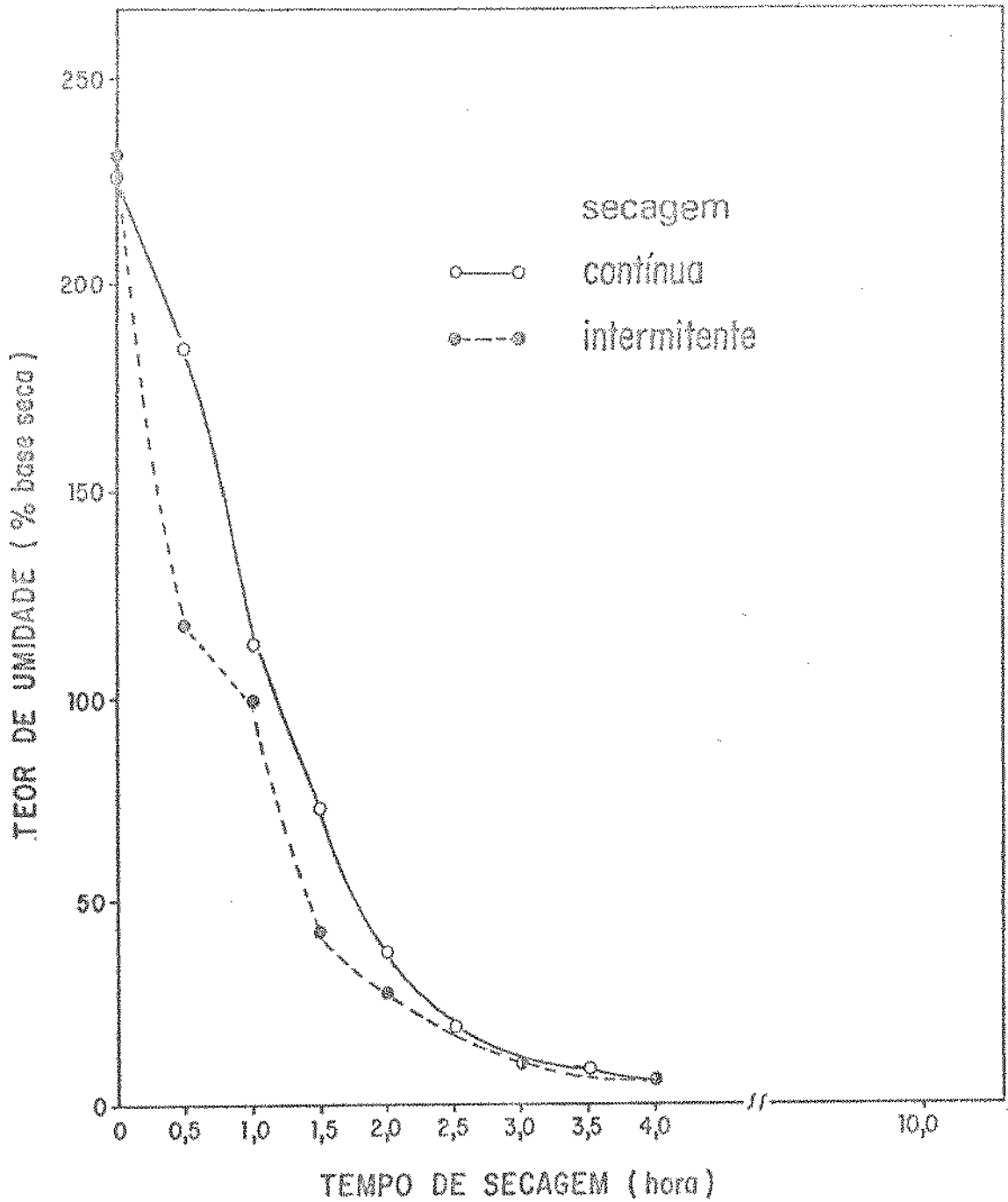


FIGURA 4 - Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 2 mm de espessura, com tratamento de 3 horas de imersão em mistura de solutos.

perda de umidade para o processo intermitente é maior durante as primeiras três horas de secagem.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos pela maioria dos pesquisadores, uma vez que a difusão da água do interior do tecido para a superfície é mais rápida quando deixa-se o material em repouso.

As figuras 5 e 6, apresentam as curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, para cenoura cortada em fatias de 4 mm de espessura. A figura 5, apresenta dados das amostras sem tratamento com solutos e a figura 6, dados das amostras com tratamento de imersão em mistura de solutos.

Pode-se observar que, em forma similar ao primeiro caso, não houve diferenças no tempo total de secagem, sendo que todas as amostras atingiram peso constante no período de 5 horas, com teor de umidade final de 5-6% (b.u.). Por outro lado, verificou-se que as fatias com 2 mm de espessura atingiram peso constante com apenas 4 horas, isto é, 25% a menos do tempo em relação às fatias com espessura de 4 mm, para o mesmo teor de umidade final.

As figuras 7 e 8, apresentam curvas experimentais de secagem contínua e intermitente para cenouras cortadas em fatias de 6 mm de espessura. A figura 7, representa dados das amostras sem tratamento com solutos e a figura 8, as amostras com tratamento de imersão em mistura de solutos.

Pode-se observar que, em termos de processo contínuo e

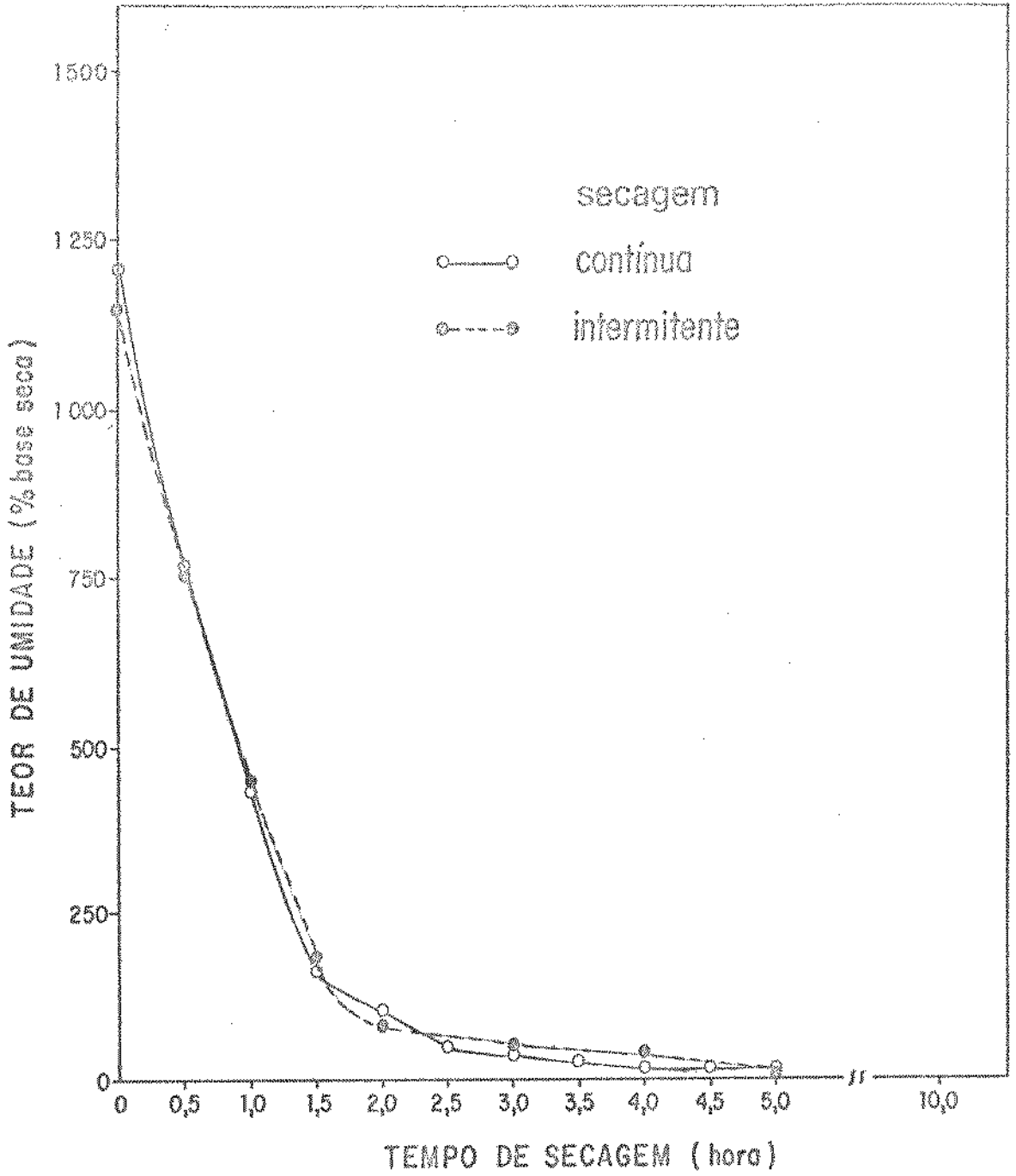


FIGURA 5 - Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 4 mm de espessura, sem tratamento de imersão em solutos.

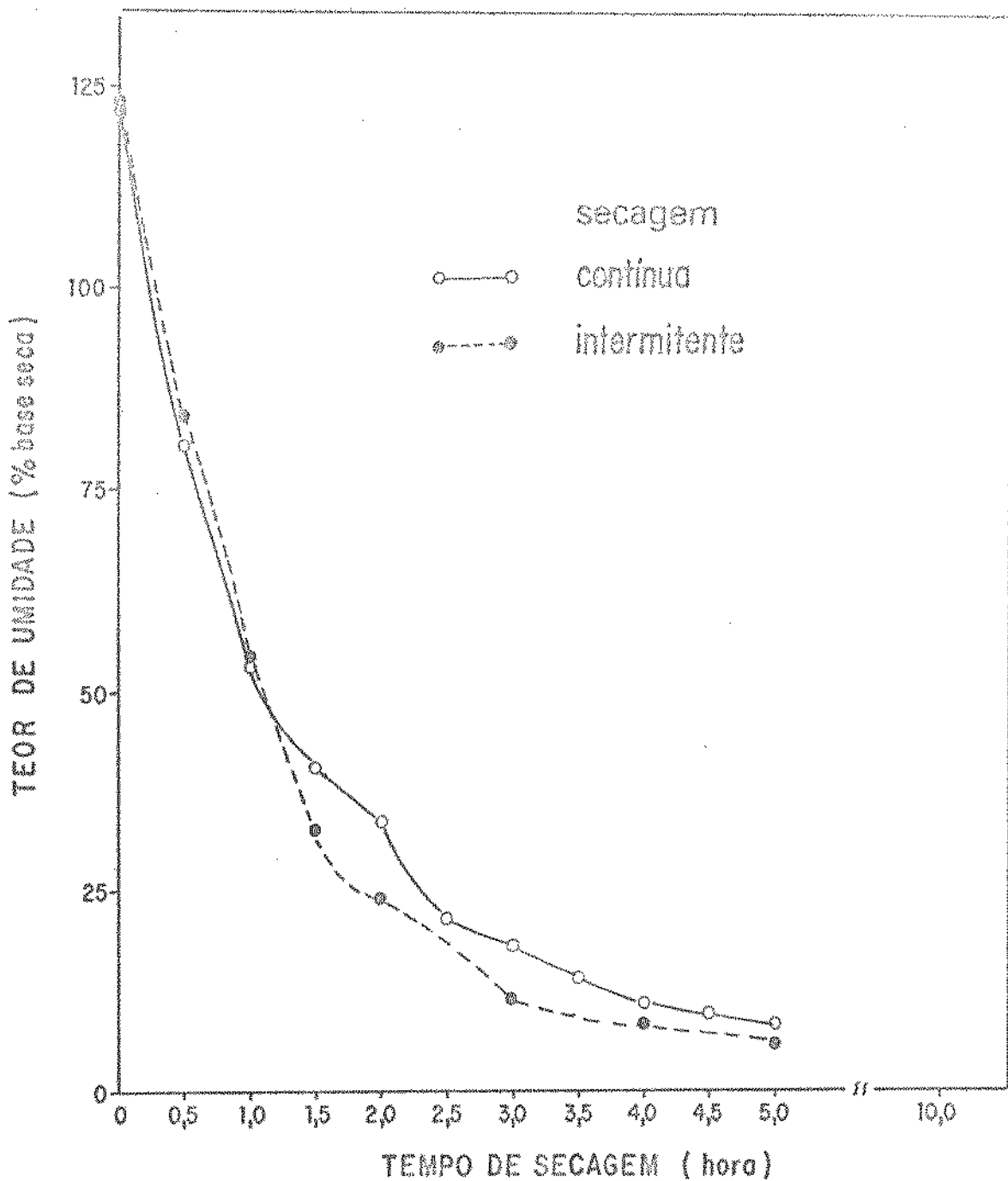


FIGURA 6 - Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 4 mm de espessura, com tratamento de 3 horas de imersão em mistura de solutos.

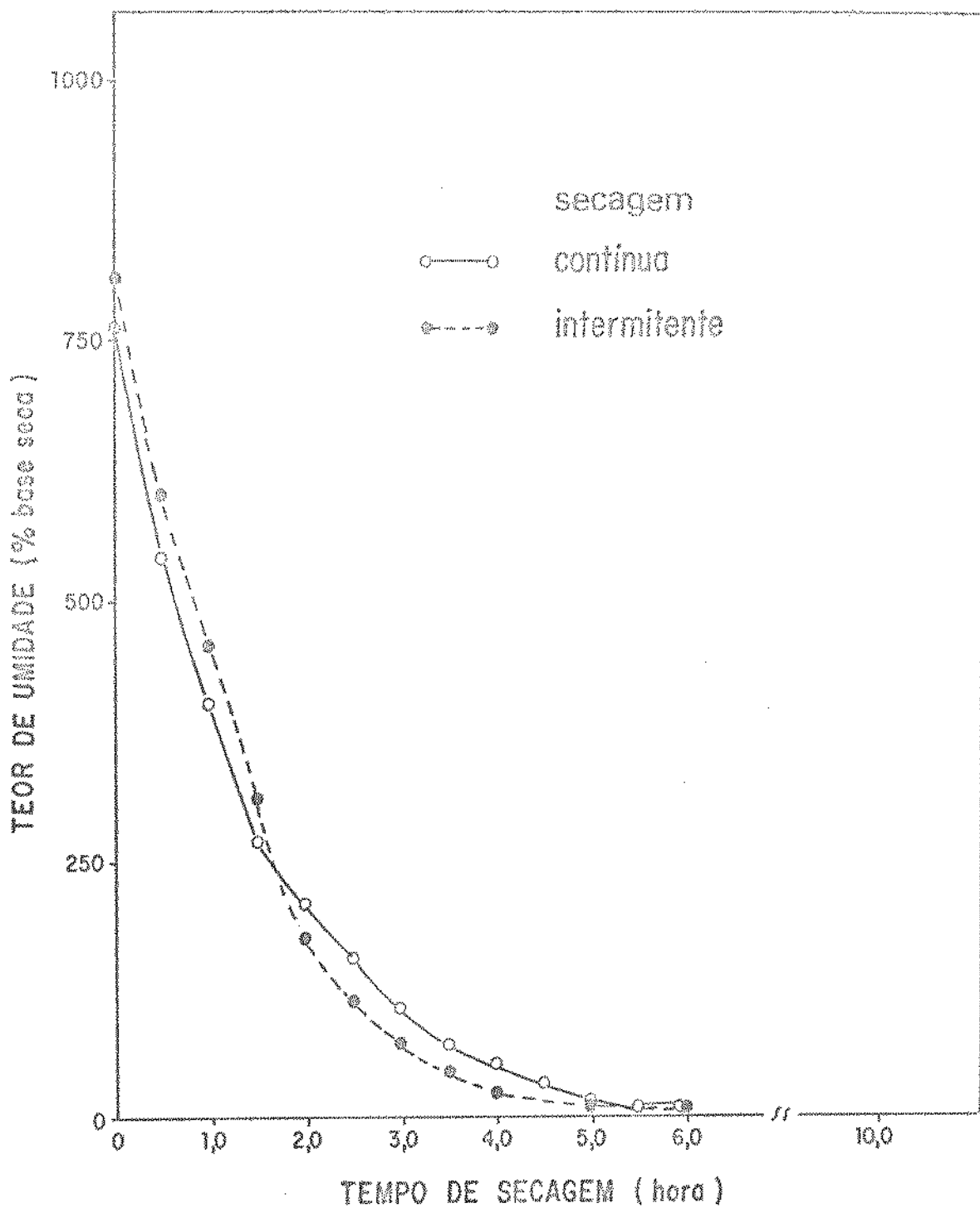


FIGURA 7 - Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 6 mm de espessura, sem tratamento de imersão em solutos.

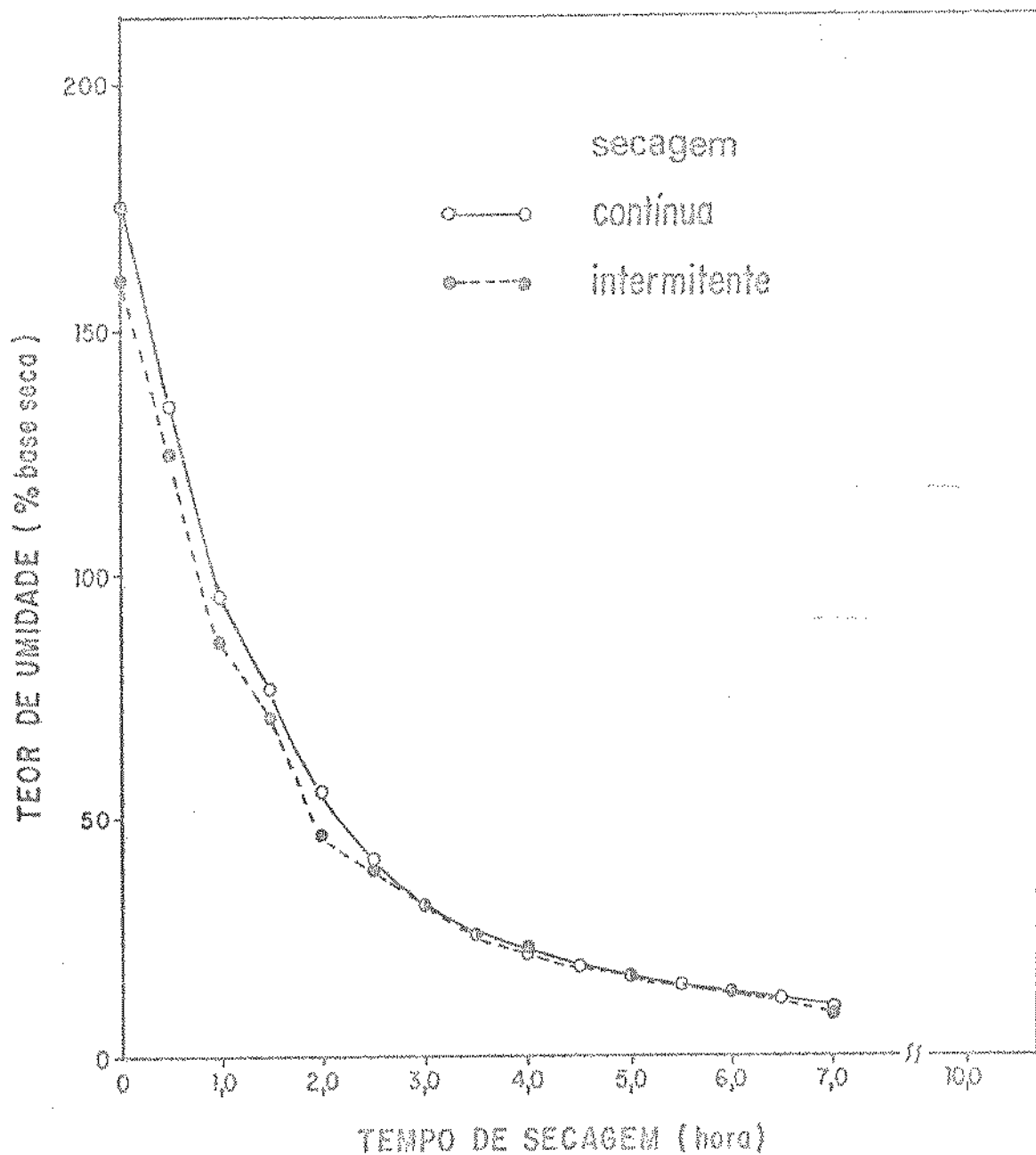


FIGURA 8 - Curvas experimentais de secagem contínua e intermitente, de cenoura cortada em fatias de 5 mm de espessura, com tratamento de 3 horas de imersão em mistura de solutos.

intermitente, não houve diferença no tempo total de secagem, até atingir peso constante com 5% de unidade. Observa-se, ainda, - que, em relação ao tratamento, as amostras tratadas com solutos somente alcançaram o estágio final, com 7 horas de secagem, portanto, 1 hora a mais em relação às não tratadas, isto é, com uma diferença de tempo de 17%.

De um modo geral, nota-se que à medida que foi aumentada a espessura das fatias, aumentou também o tempo de secagem na proporção de uma hora a mais para cada 2 mm a mais de espessura, o que está de acordo com a lei de Fick-Einstein, que diz que a velocidade de difusão é inversamente proporcional à espessura do material.

No que diz respeito às características morfológicas do produto final, as amostras que não receberam tratamento com solutos apresentaram um aspecto escuro, enrugado e quebradiço. - Por outro lado, as amostras tratadas com solutos, ao final da secagem, apresentaram um produto bastante plástico, de boa coloração, quase sem enrugamento, portanto, com melhor apresentação e qualidade comercial.

As figuras 9 e 10 mostram as diferenças de cor e enrugamento entre as amostras não tratadas e com tratamento por imersão em mistura de solutos.

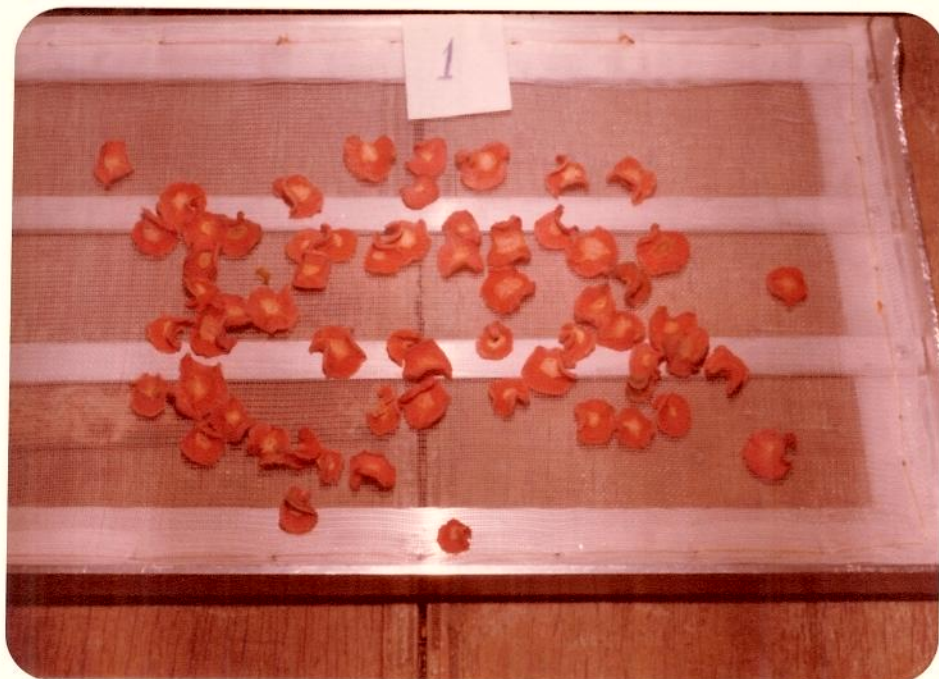


FIGURA 9 - Fatias de cenoura desidratada, sem tratamento com solutos

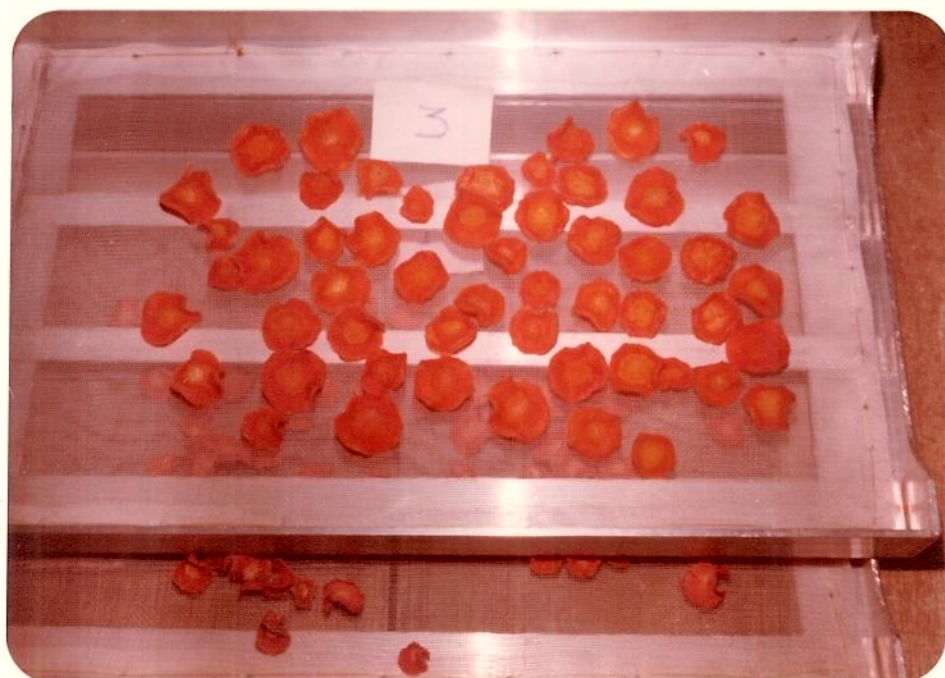


FIGURA 10 - Fatias de cenoura desidratada, com tratamento por imersão em mistura de solutos.

4.5. CURVAS DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO

As figuras 11, 12 e 13, apresentam as curvas experimentais e teóricas de umidade de equilíbrio, nas temperaturas de 10, 20 e 30°C, para fatias secas de cenouras, com e sem tratamento de imersão em mistura de solutos.

Pode-se observar que, para as três temperaturas, as curvas experimentais referentes às amostras sem tratamento com solutos apresentam similares comportamentos entre si, com baixa velocidade de absorção de umidade, atingindo o equilíbrio com um teor de umidade de 60% (b.s.). Por outro lado, as curvas experimentais cujas amostras receberam tratamento de imersão em mistura de solutos, apresentam uma velocidade de absorção de umidade bastante alta, com o equilíbrio de umidade alcançando o elevado teor aproximado de 200% (b.s.).

As acentuadas diferenças para os dois produtos, existentes no comportamento das curvas, referentes à velocidade de absorção e teor de umidade, deve-se à presença de grande concentração de substâncias altamente higroscópicas no material tratado com mistura de solutos.

O tempo de acondicionamento das amostras até atingirem a umidade de equilíbrio, foi bastante variável, alcançando um máximo de 71 dias, sendo que, decorridos apenas 5 dias, foi observado o equilíbrio em algumas amostras sem tratamento, as quais se encontram a baixa umidade relativa.

Para umidades relativas acima de 80% e a 30°C, algumas amostras sem tratamento começaram a se deteriorar devido ao ataque de fungos aos 12 dias, enquanto que outras, submetidas ao tratamento com solutos, somente começaram a deteriorar, após decorridos 35 dias.

De acordo com relato no item 3.2.5.2. em Materiais e Métodos, foram determinados valores das constantes de equilíbrio de umidade c e n da equação de Henderson, para fatias desidratadas de cenoura, com e sem tratamento com solutos.

a) para fatias secas de cenoura, submetidas a tratamento com solutos:

$$c = 4,0523 \times 10^{-5}$$

$$n = 0,9377286$$

b) para fatias secas de cenoura, sem tratamento com solutos:

$$c = 5,1201 \times 10^{-5}$$

$$n = 1,2152700$$

Observa-se nas figuras 11, 12 e 13, que os valores das constantes de equilíbrio c e n utilizados para a elaboração das curvas teóricas de umidade de equilíbrio, resultaram em perfeita semelhança com os obtidos experimentalmente e confirmados através do estudo de análise estatística que indicaram 1% de significância.

Tendo em vista as pequenas distorções apresentadas dos pontos experimentais em relação aos obtidos teoricamente, pode-se dizer que a equação de Henderson foi adequada para os estudos de umidade de equilíbrio para cenoura cortada em fatias e desidratada.

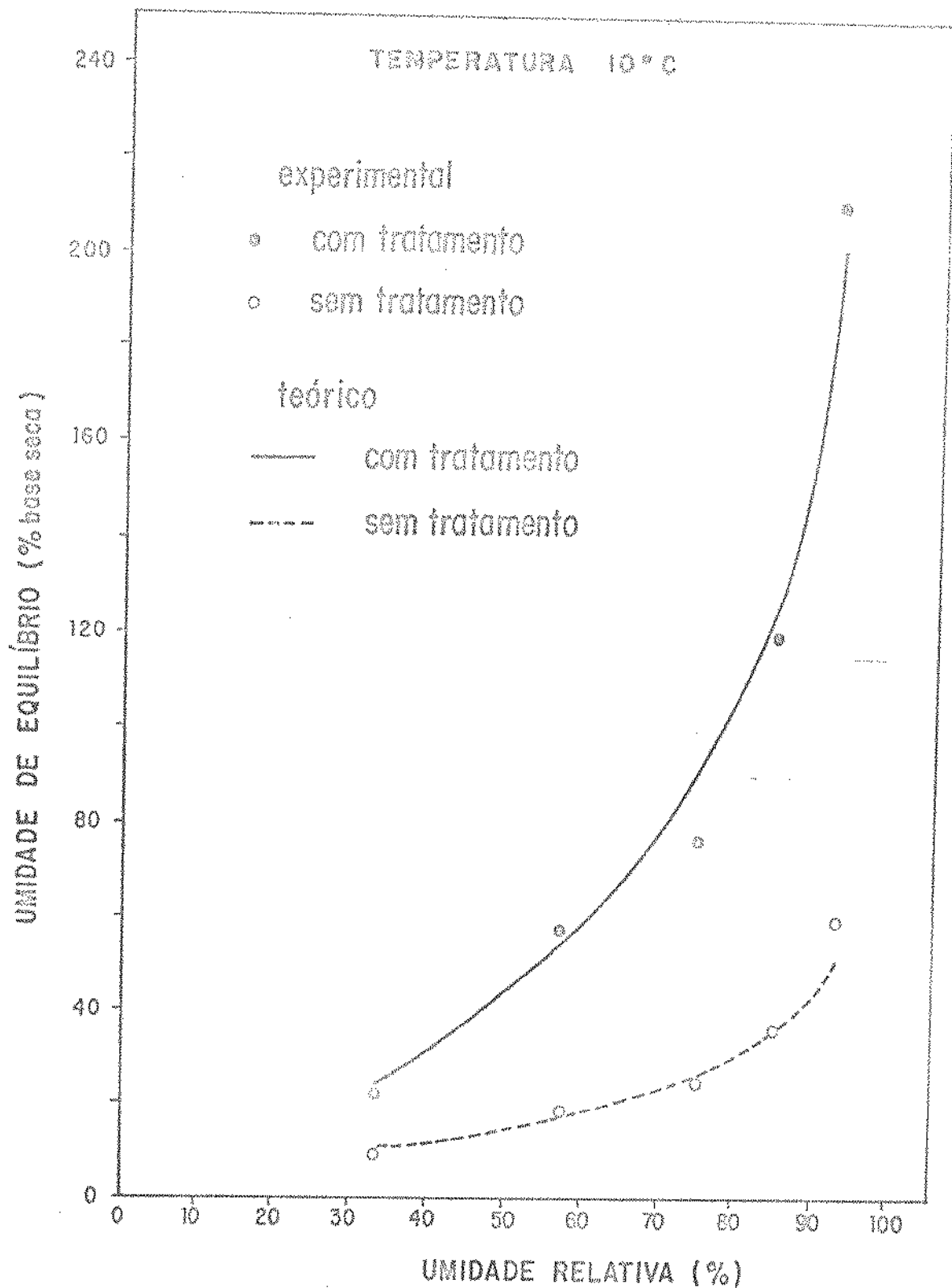


FIGURA 11 - Comparação entre as curvas experimentais e teóricas de unidade de equilíbrio a 10°C, para fatias secas de cenoura, com 4 mm de espessura, com e sem tratamento com solutos.

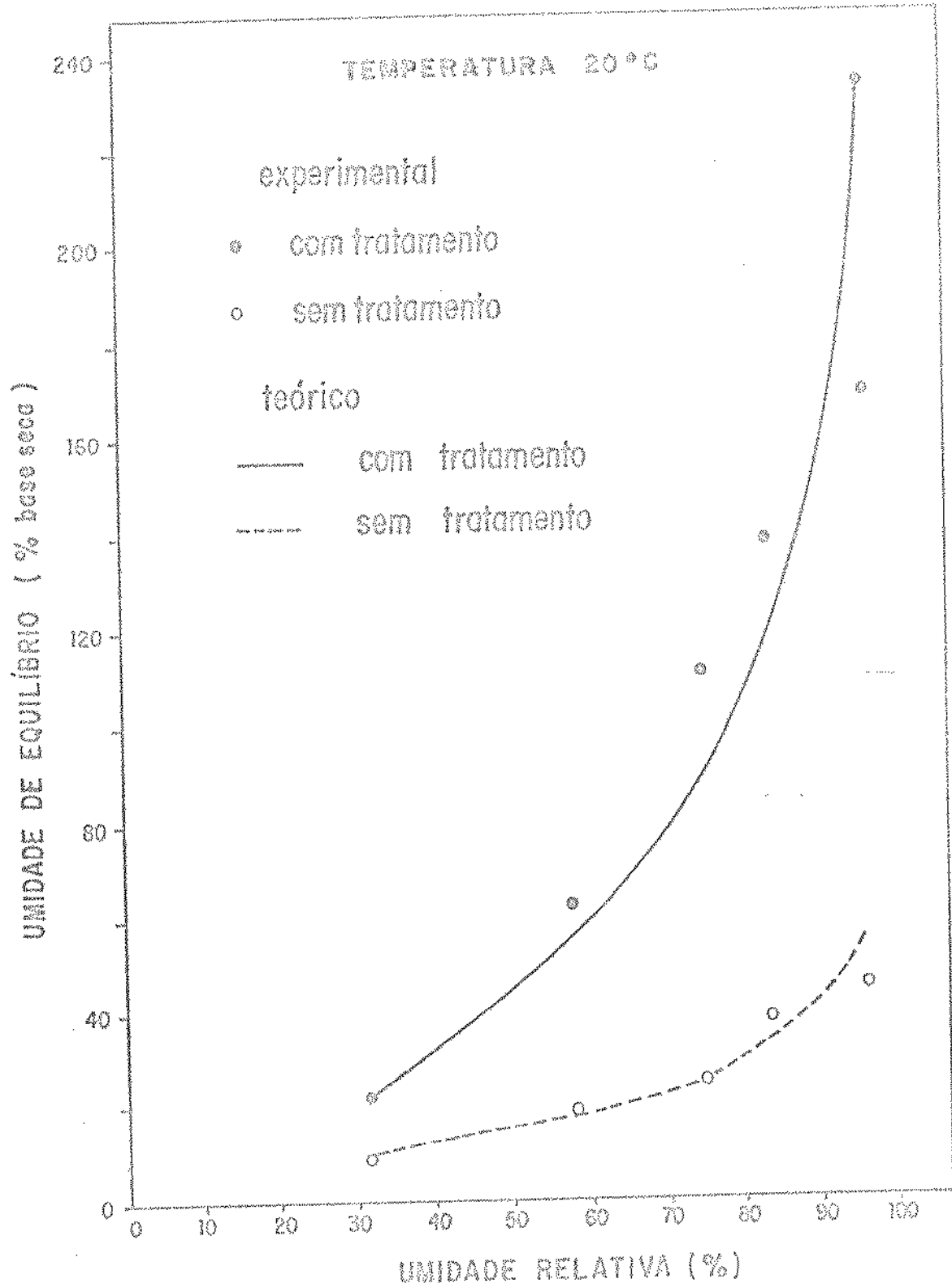


FIGURA 12 - Comparação entre as curvas experimentais e teóricas de unidade de equilíbrio a 20°C, para fatias secas de cenoura, com 4 mm de espessura, com e sem tratamento com solutos.

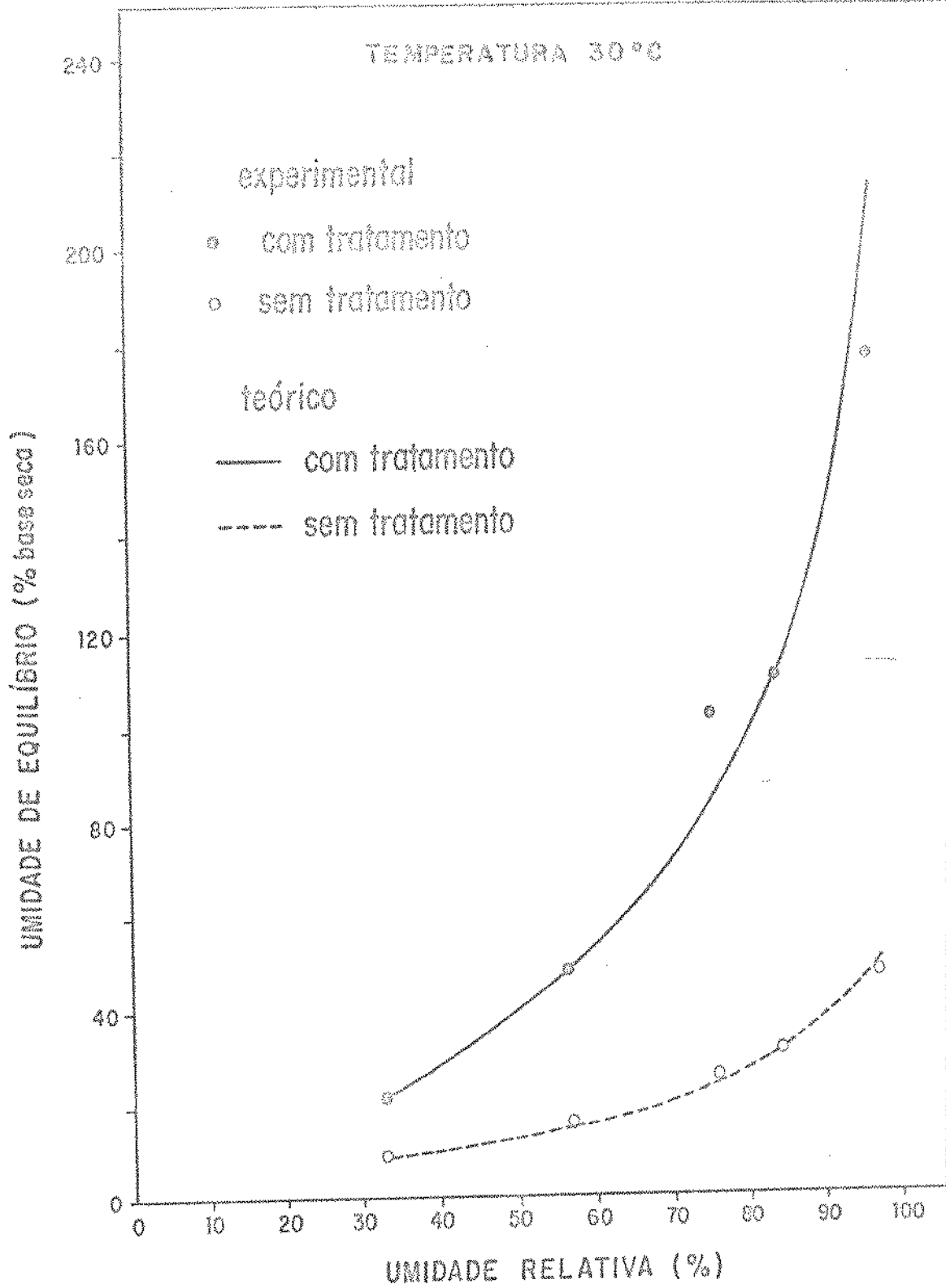


FIGURA 13 - Comparação entre as curvas experimentais e teóricas de umidade de equilíbrio a 30°C, para fatias secas de cenoura, com 4 mm de espessura, com e sem tratamento com solutos.

4.6. ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial da cenoura em fatias foi realizada após cozimento de acordo com relato no item 3.2.7. em Materiais e Métodos. As amostras foram as seguintes:

- I - fatias de cenoura cozida "in natura"
- II - fatias de cenoura cozida, sem tratamento de imersão em solutos, secagem com ar aquecido.
- III - fatias de cenoura cozida, submetida a tratamento de imersão em solutos e secagem e complementar com ar aquecido.

As médias atribuídas às amostras em cada tipo de teste em uma escala de 9 pontos, forneceram os resultados apresentados - na Tabela VIII. A Tabela IX apresenta a Análise de Variância em que foram submetidas as médias atribuídas.

Cor - Não houve diferença significativa entre as amostras. Porém, a amostra III que foi tratada com solutos, alcançou a melhor média, seguida das amostras I e II, com médias mais baixas.

Textura - Houve diferença significativa a nível de 5% entre a amostra II em relação às amostras I e III que obtiveram médias mais elevadas.

Sabor - Houve diferença significativa entre as três amostras, a nível de 5%. A amostra I, tomada como padrão, foi a melhor, atingindo a maior média.

TABELA VIII - Médias alcançadas pelas amostras de cenoura, referentes aos testes de cor, textura, sabor e preferência.

	A m o s t r a		
	I	II	III
Cor	7,74	7,72	8,22
Textura	8,20	6,22	7,73
Sabor	7,85	6,15	6,87
Preferência	7,96	6,20	7,18

TABELA IX - Análise de Variância da Avaliação da cor, textura, sabor e preferência das amostras de cenoura submetidas a Análise Sensorial.

C O R					
CV	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	2	0,94821	0,47711	1,29735	n.s.
Blocos	5	0,31334	0,06267	0,17149	n.s.
Resíduo	10	3,65440	0,36544		
Total	17	4,91595			
T E X T U R A					
Tratamentos	2	12,90334	6,45167	12,57522	*
Blocos	5	3,95366	0,79073	1,54125	*
Resíduo	10	5,13046	0,51305		
Total	17	21,98746			
S A B O R					
Tratamentos	2	8,77875	4,38937	31,02046	*
Blocos	5	3,82044	0,76409	5,39994	*
Resíduo	10	1,41499	0,14150		
Total	17	14,01418			
P R E F E R Ê N C I A					
Tratamentos	2	9,38372	4,69186	54,5599	*
Blocos	5	0,77715	0,15543	1,80730	*
Resíduo	10	0,86001	0,08600		
Total	17	11,02087			

n.s. - não significativo

* - significativo ao nível de 5%

Preferência - Houve diferença significativa entre as três amostras, a nível de 5%. A amostra I foi a melhor, diferindo da II e III. A amostra II também diferiu da II ao mesmo nível.

4.7. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A análise microbiana do produto final, com e sem tratamento por imersão em mistura de solutos, com secagem em ar aquecido, apresentou os resultados constantes na Tabela X.

TABELA X - Resultados das contagens totais (microrganismos/g) obtidos em três repetições dos produtos acabados, no primeiro dia, aos 30, 60 e 90 dias de armazenamento.

	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	30	60	90
Com tratamento em solutos	1×10^1	$1,5 \times 10^1$	$1,95 \times 10^2$	$1,95 \times 10^2$
Sem tratamento em solutos	$2,05 \times 10^2$	$1,14 \times 10^3$	$1,17 \times 10^3$	$1,27 \times 10^3$

As análises microbianas realizadas nos produtos acabados, com resultados apresentados na Tabela X, nos períodos de armazenamento de 1, 30, 60 e 90 dias, indicam que:

a) para o produto com tratamento de imersão em solutos, não houve um incremento representativo da população microbiana após

90 dias de armazenagem.

b) o produto sem tratamento de imersão em solutos apresentou ligeiro aumento na contagem total no decorrer do período de armazenamento.

Embora a contagem total para os dois produtos acabados nos períodos de 30, 60 e 90 dias tenha sido um pouco mais elevada do que no primeiro dia, não alcançou, no entanto, valores consideráveis da população microbiana.

Em resumo, podemos dizer que os tratamentos tecnológicos a que foram submetidos os produtos (baixa umidade e presença - relativa de concentração de solutos), ocasionaram condições adversas para o desenvolvimento dos microrganismos.

De acordo com a legislação brasileira vigente (17), para frutas desidratadas, admite-se uma contagem total de 10^9 microrganismos/g de produto. Se compararmos esse valor com aqueles obtidos nos produtos analisados, podemos perceber que, em termos microbiológicos, o processamento tecnológico empregado satisfaz plenamente o emprego desse produto como suplemento dietético para consumo humano.

4.8. ANÁLISE QUÍMICA

Os resultados da análise química de acordo com a metodologia citada, são apresentados de acordo com a Tabela XI.

TABELA XI - Análise química de cenoura da variedade Nantes, "in natura" e do produto final tratado e não tratado em mistura de solutos.

Amostra	Umidade (%)	Sacarose (%)	Cinza (%)	Fibra (%)	Gordura (%)	Cloreto de sódio (%)
"in natura"	91,0	-	0,5	0,7	0,04	0,04
Sem tratamento em solutos	6,0	-	6,5	11,1	0,6	0,5
Com tratamento em solutos	7,0	8,7	20,0	2,6	0,2	9,5

5. CONCLUSÕES

1. É possível obter-se cenoura desidratada, sem enrugamento e perda de cor, mediante o tratamento prévio de imersão da cenoura em fatias em mistura de solutos e complementação com secagem artificial.
2. A mistura de solutos mais favorável, de acordo com as condições dos experimentos, para a melhoria da plasticidade e preservação da cor, de cenoura desidratada, foi: cloreto de sódio 20% - sacarose 10% - glicerol 40% e água 30%.
3. O tempo de secagem, para a obtenção de cenoura desidratada é variável, de acordo com a espessura das fatias.
4. As qualidades sensoriais referentes a cor, textura, sabor e preferência, do produto final tratado em imersão de mistura de solutos, foram melhores, quando comparadas estatisticamente com as amostras de cenoura desidratada por processo de secagem tradicional.
5. O controle microbiológico foi considerado satisfatório, de acordo com as normas da legislação brasileira, após análises do produto final aos 30, 60 e 90 dias de armazenamento. A contagem total de microrganismos/g, foi menor para a cenoura desidratada e submetida a imersão, em mistura de solutos.

Observa-se pelos resultados médios da análise química, que as amostras submetidas a tratamento com mistura de solutos, apresentaram teores bastante altos de sacarose e cloreto de sódio. Esses valores confirmam a grande penetração desses solutos no tecido do material estudado.

6. Os valores das constantes \underline{c} e \underline{n} , da Equação de Henderson, foram determinados para a cenoura desidratada, com e sem tratamento de imersão em mistura de solutos, sendo respectivamente os seus valores:

- para fatias de cenoura desidratada com tratamento com solutos:

$$c = 4,0523 \times 10^{-5}$$

$$n = 0,9377286$$

- para fatias de cenoura desidratada, sem tratamento:

$$c = 5,1201 \times 10^{-5}$$

$$n = 1,2152700$$

6. BIBLIOGRAFIA

1. BONE, D. Water activity: its chemistry and applications. - Food Prod. Develop. 3(5): 81-94, Aug. 1969.
2. BORRERO, F.V. de Comportamento de solutos em produtos hortícolas de umidade intermediária. Campinas, 1979. 101 p. Tese (Mestrado), Fac. Eng. Alim. Agríc. - UNICAMP.
3. BROOCKMAN, M.C. Development of intermediate moisture foods for military use. Food Technol. 24(8): 896-900, 1970.
4. BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. & HALL, C.W. Drying cereal grains. Westport, AVI, 1974. Cap. 4, p. 69-87.
5. BURROWS, I.E. & BARKER, D. Intermediate moisture petfoods. In: DAVIES, R.; BIRCH, G.G. & PARKER, K.J. Intermediate moisture foods. London, Applied Science, 1976. p.43-53.
6. CAMARGO, L.S. Cenoura (*Daucus carota*, L.). Em: Instruções Agrícolas para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1972. p. 74-75 (Boletim, 200).
7. CEAGESP - CENOURA Fichas por Produto-Procedência. Mensal, 1977-1978.

8. CORRY, J.E.L. The safety of intermediate moisture foods - with respect to Salmonella. In: DAVIES, R.; BICH, G.G. & PARKER, K.J. Intermediate moisture foods. London, - Applied Science, 1976. p. 215-235.
9. CRUESS, W.V. Produtos industriais de frutas e hortaliças (Commercial fruit and vegetable products) São Paulo, - Edgard Blücher, 1973. v. 1, cap. 3-4-7, p. 41-54, 55-72 e 212-289.
10. CRUESS, W.V. Produtos industriais de frutas e hortaliças (Commercial fruit and vegetable products) São Paulo, - Edgard Blücher, 1973. v.2, p. 597-625.
11. DADOS DE PRODUÇÃO: cenoura. Boletim mensal - CEASA-Campinas, 1977-1978.
12. DESROSIER, N.W. & DESROSIER, J.N. The Technology of food preservation. 4 ed. Westport, AVI, c 1977, p. 245.
13. DUCKWORTH, R.B. Frutas y verduras; trad. de Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza, Acribia (c 1968) p. 219-277.
14. FAO - PRODUCTION YEARBOOK; 1977. Rome, FAO, 1978. v. 31, p. 158-159. (FAO Statistics Series, 15).
15. FEINBERG, B. Vegetables. In: VAN ARSDEL, W.B.; COPLEY, M. J. & MORGAN JR, A.I. Food dehydration. 2 ed. Westport AVI, 1973. v. 2, cap. 9, p. 1-82.

16. FRAZIER, W.C. Microbiologia de los alimentos; trad. de Maria Victoria Medarde Agustin. 2 ed. Zaragoza, Acribia, 1968. p. 134.
17. FRUTAS SECAS OU DESSECADAS; características microbiológicas. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 21 out. 1978., p.10.
18. GEE, M.; FARKAS, D. & RAHMAN, A.R. Some concepts for the development of intermediate moisture foods. Food Technol. 31(4): 62, 1977.
19. GRUPO EXECUTIVO DE IRRIGAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA. Contribuição ao desenvolvimento da agroindústria: hortaliças, tomate. Campinas, GEIDA/FCTPTA, 1972. p. 1-172.
20. HALL, C.W. Drying farm crops. Westport, AVI, 1957. cap. 2 p. 17-47.
21. HEAPHY, A. Dehydrated vegetables. Chemistry and Industry. (11): 451-453, June 1977.
22. HENDERSON, S.M. & PERRY, R.L. Agricultural Process engineering. 2 ed. New York, Wiley, 1955. cap. 11, p. 294-327.
23. HOLDSWORTH, S.D. Dehydration of food products. J. Food Technol. 6(4): 338-339, Dec., 1971.

24. JOSLYN, M.A. Enzyme activity; index of quality of frozen vegetable. Food Ind. 18, 1204-1210, 1334; 1946.

25. KAPLOW, M. Commercial development of intermediate moisture foods. Food Technol. 24(8): 896-900, 1970.

26. KARMAS, E. & CHEN, C.C. Relationship between water activity and water binding in high and intermediate moisture foods. J. Food Sci. 40, 800-801, 1975.

27. LABUZA, T.P.; CASSILS, S. & SINKEY, A.J. Stability of intermediate moisture foods. J. Food Sci. 37(1): 160-162, 1972.

28. _____; TANNENBAUM, S.R. & KAREL, M. Water content and stability of low moisture and intermediate moisture foods. Food Technol. 24(5): 543-548, 1970.

29. LEES, R. Manual de análise de alimentos; trad. de Andrés Marcos Barrado. Zaragoza, Acribia, 1969. 231 p.

30. LOCK, A. Practical canning. 3 ed. London, Food Trade Press, 1969. cap. 12, p. 258-272.

31. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Portaria nº 76, de 25/02/1975. Padronização da cenoura. Em: COMPANHIA BRASILEIRA DE ALIMENTOS. Hortigranjeiros: padronização e classificação. Campinas, CATI, 1978. p. 21-34.

32. MOHSEMIN, N.N. Physical Properties of plant and animal materials. New York and Breach Science. 1970. v. 1, cap. 2, p. 31-33.
33. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. 12 ed., Washington, A.O.A.C., 1975.
34. OLSON, R.L. & DIETRICH, W.C. Vegetables: Characteristics and the stability of frozen product. In: TRESSLER, D.K.; VAN ARSDEL, W.B. & COPLEY, M.J. Preservation of food. 4 ed. Westport, AVI, 1968. v. 2, p. 83-105.
35. PANTASTICO, ER. B. Postharvest fisiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. Westport, AVI, 1975. Cap. 4, 12, 20, p. 67, 240, 431, 494.
36. PEARSON, D. Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos; trad. de C. Romero e J.L. Miranda. Zaragoza, Acribia, 1976.
37. POINTING, J.D. et al. Osmotic dehydration of fruits. Food Technol. 23(10): 125-128 (1365-1368), 1966.
38. QUAST, D.G. & TEIXEIRA NETO, R.O. Atividade de água em alguns alimentos de teor intermediário de umidade. Col. Inst. Tecnol. Alim. 1975. v. 6, p. 203-232.

39. REID, D.S. Water activity concepts in intermediate moisture foods. In: DAVIES, R.; BIRCH, G.G. & PARKER, K.J. Intermediate moisture foods. London, Applied Science, 1976. p. 43-53.
40. ROA, G. & ROSSI, S.J. Determinação experimental de curvas de teor de umidade de equilíbrio mediante a medição da umidade relativa de equilíbrio. Revista Brasileira de Armazenamento 2(2): 17-22, dez. 1977.
41. ROBSON, J.N. Some introductory thoughts on intermediate moisture foods. In: DAVIES, R.; BIRCH, G.G. & PARKER, K. J. Intermediate moisture foods. London, Applied Science 1976. p. 32-42.
42. RODRIGUES, M. Uma nova técnica no Brasil para o cultivo da cenoura. Agricultura de Hoje 5(52): 45-47, set. 1979.
43. SEILER, D.A.L. The stability of intermediate moisture foods with respect to mould grow. In: DAVIES, R.; BIRCH, G.G. & PARKER, K.J. Intermediate moisture foods. London, Applied Science, 1976, p. 260-280.
44. SHARFF, J.M. Exame microbiológico de alimentos; trad. Miguel Falcone. São Paulo, Polígono, 1972. p. 89-95.
45. STEELE, J.F.; SAUL, R.A. & HUKILL, W.V. Deterioration rate of shelled corn as measured by carbon dioxide production. Transactions of the ASAE 12(5): 685-689, 1969.

46. THAIN, J.F. Principles of osmotic phenomena. London, Royal Institute of Chemistry. Monographs for Teachers, (13) , 1967.
47. VAN ARSDEL, W.B.; COPLEY, M.J. & MORGAN JR, A.I. Food de- hydration. 2 ed. Westport, AVI, 1973. v. 1, cap. 1-2, p. 1-21.
48. VON LOESECKE, H.W. Drying and dehydration of foods. New - York, Reinhold Publishing, 1943. cap. 3, p. 81-125.