

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MARISTELA ALVES FERNANDES

**OBTENÇÃO DE “CHIPS” DE BERINJELA (*Solanum*
melongena L.) MEDIANTE PROCESSO COMBINADO DE
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÃO TERNÁRIA E
SECAGEM CONVECTIVA**

JOÃO PESSOA - PB

2012

MARISTELA ALVES FERNANDES

**OBTENÇÃO DE “CHIPS” DE BERINJELA (*Solanum
melongena* L.) MEDIANTE PROCESSO COMBINADO DE
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÃO TERNÁRIA E
SECAGEM CONVECTIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ânoar Abbas El-Aouar

JOÃO PESSOA - PB

2012

F363o *Fernandes, Maristela Alves.*

Obtenção de “chips” de berinjela (Solanun melongena L.) mediante processo combinado de desidratação osmótica em solução ternária e secagem convectiva / Maristela Alves Fernandes.-- João Pessoa, 2012.

53f. : il.

Orientador: Ânoar Abbas El-Aouar

Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT

1. Tecnologia de Alimentos. 2. Desidratação osmótica. 3. Berinjela. 4. Chips. 5. Secagem convectiva. 6. Solução ternária.

MARISTELA ALVES FERNANDES

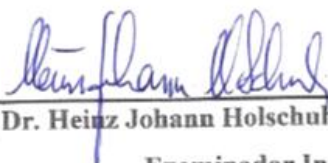
OBTENÇÃO DE “CHIPS” DE BERINJELA (*Solanum melongena* L.)
MEDIANTE PROCESSO COMBINADO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA
EM SOLUÇÃO TERNÁRIA E SECAGEM CONVECTIVA

Dissertação aprovada em 15 / 06 /2012.

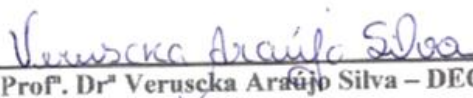
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Anwar Abbas El-Aouar – PPGCTA/CT/UFPB
Coordenador da Banca Examinadora



Prof. Dr. Heinz Johann Holschuh – PPGCTA/CT/UFPB
Examinador Interno



Prof. Dr. Veruscka Araújo Silva – DEQ/CT/UFPB
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem entrego minha vida, pela proteção e saúde, por iluminar meus caminhos e me carregar em seus braços quando me falta forças;

À minha família, por sempre ter me apoiado;

Ao meu amado, Anderson, pelo amor, carinho, incentivo e compreensão das minhas angústias e limitações, me confortando nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador Prof. Ânoar, por me direcionar e ajudar sempre que precisei, pela compreensão e paciência. Por ser um exemplo de pessoa.

Aos membros da banca Dr. Heinz Johhann e Dr^a. Veruscka Araújo Silva, por participarem do meu exame de qualificação e defesa de dissertação, contribuindo com correções e sugestões neste trabalho;

Aos amigos da turma de Pós-Graduação, pelo incentivo e bons momentos vividos.

Aos amigos Francisco (Chico) e Rafael, por ajudarem quando foi preciso.

A Cândido, por ceder aparelhos do Laboratório de Tecnologia de Alimentos.

Aos amigos do Lacom (Laboratório de Combustíveis-UEPB), pelas horas de almoço agradáveis.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

A todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para essa conquista. Agradeço a todos.

Muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a utilização da tecnologia combinada de desidratação osmótica e secagem para obtenção de berinjela seca em forma de “chips”, de modo a aproveitar esta matéria-prima e obter um produto final, por vias não convencionais, mais saudável e de baixo custo. O processo de desidratação osmótica seguida de secagem convectiva foi realizado através de um delineamento experimental, tendo como variáveis independentes a temperatura (30 – 50°C), concentração de sacarose (27,5 – 42,5% p/p) e concentração de cloreto de sódio (3,75 – 6,25% p/p) da solução osmótica e o tempo de imersão (142,5 – 247,5 min.), e como variáveis dependentes PA, GSac, GSódio, GSac/GSódio e a_w , secas numa temperatura e tempo de 60°C e 4 horas, respectivamente, a uma velocidade de 1m/s, onde o objetivo foi obter uma máxima perda de água com uma mínima incorporação de sacarose e sódio. Foram ajustados modelos de primeira ordem segundo a metodologia de superfície de resposta. Uma vez que PA foi acima de 90% e a a_w foi menor que 0,4 para todos os ensaios, utilizou-se como parâmetro de escolha da melhor condição do processo, a análise do agente osmótico, mediante a razão GSac/GSódio, a qual deveria ser máxima, segundo a composição de amostras de batata chips comerciais. A condição ideal para obtenção de berinjela seca em forma de “chips” foi T=50°C, CSac=45%, CSal=7,5%, t=127,5 minutos, onde tal fato implica em um produto final com um teor de sódio sensorialmente atenuado devido à presença da sacarose e sendo considerado, portanto, mais saudável em função dos menores teores de sódio e sacarose, quando comparado com os similares comerciais, assim como também, pela não utilização do processo de fritura convencional.

Palavras-chave: “chips”, desidratação osmótica, secagem convectiva, solução ternária, berinjela.

ABSTRACT

This work aimed to utilize the combined osmotic dehydration and convective drying process to obtain eggplant chips by a non-conventional healthier and more low cost way. The combined process was studied through a factorial experimental design having as independent variables the temperature (30-50°C), sucrose (27,5 to 42,5% w/w) and sodium chloride (3,75 to 6,25% w/w) solution concentrations and immersion time (142,5 to 247,5 min.). The dependent ones were the water loss (PA), sucrose gain (GSac), sodium gain (GSódio), and the GSac/GSódio ratio. Samples from each osmotic condition were dried at 60°C for 4 hours in a convective dryer with a 1m/s air velocity. The objective was to obtain a maximum water loss with a minimum sucrose and sodium impregnation. Statistic models were well fitted according to the Response Surface Methodology. Once PA was above 90% and water activity was less than 0,4 for all samples, it was used the GSac/GSódio ratio as a parameter for choosing the best process condition which should be maximum. Thus, from this analysis, the best way to obtain eggplant chips was at 50°C, with a sucrose and sodium chloride concentrations of 45% and 7,5%, respectively, for 127,5 minutes. This independent variables combination led to a final product with its sodium content sensory attenuated due the sucrose presence and based on this point of view, it could be considered a healthier product compared with similar commercial, as well as by non-use of conventional frying process.

Keywords: chips, osmotic dehydration, convective drying, ternary solution, eggplant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação comercial da berinjela	13
Figura 2 – Transferência de massa durante a desidratação osmótica	17
Figura 3 – Esquema do processo de secagem de material sólido	19
Figura 4 – Curva de secagem exemplo.....	20
Figura 5 – Etapas do processo de obtenção de berinjela seca em forma de “chips”.....	26
Figura 6 – Esquema do secador convectivo	29

Artigo

Figura 1 – Diagrama de Pareto para GSac no processo de desidratação osmótica e secagem convectiva de berinjela.	39
Figura 2– Diagrama de Pareto para GSódio no processo de desidratação osmótica e secagem convectiva de berinjela	39
Figura 3– Superfícies de resposta (a), (b), (c), (d), (e), (f) para GSac/GSódio no processo de desidratação osmótica e secagem convectiva de berinjela.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição centesimal da berinjela.	14
Tabela 2 – Valores mínimos de atividade de água necessária para o desenvolvimento de alguns microrganismos.	22
Tabela 3 – Planejamento experimental fatorial 2^4 com pontos centrais e axiais realizado para avaliar a desidratação osmótica e secagem de berinjela.....	27

Artigo

Tabela 1 – Caracterização físico-química da berinjela.....	33
Tabela 2 – Variáveis independentes codificadas.	34
Tabela 3 – Planejamento experimental do processo de desidratação osmótica e secagem de berinjela.	36
Tabela 4 – Análise de variância para PA, GSac, GSódio, Gsac/Gsódio, a_w no processo de desidratação osmótica e secagem de berinjela.	37
Tabela 5 – Coeficientes de regressão obtidos para PA, GSac, GSódio, GSac/GSódio, a_w	38

NOMENCLATURA

a_w	Atividade de água	-
F	Distribuição F	-
GL	Graus de liberdade	-
CSac	Concentração de sacarose	%
CSal	Concentração de cloreto de sódio	%
MQ	Média quadrática	-
SQ	Soma quadrática	-
ns	Não significativo	-
p	Significância da regressão	-
R^2	Coeficiente de determinação	-
t	Tempo de processo	s
T	Temperatura de processo	°C
X	Umidade da amostra em base seca	$\frac{g_{\text{água}}}{g_{\text{ms}}}$
PA	Perda de água	%
GS	Ganho de sólidos	%
GSac	Ganho de sacarose	%
GSal	Ganho de cloreto de sódio	%
GSódio	Ganho de sódio	%
β	Coeficiente do modelo estatístico	-

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 MATÉRIA-PRIMA	12
2.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	16
2.3 SECAGEM CONVECTIVA	18
2.4 INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA	21
2.5 ATIVIDADE DE ÁGUA	22
2.6“CHIPS”	23
2.7 PLANEJAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 MATÉRIA-PRIMA	25
3.2 PROCESSAMENTO.....	25
3.3 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	26
3.3.1 Soluções osmóticas.....	27
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	27
3.5 SECAGEM CONVECTIVA	29
3.6 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS	30
4 RESULTADOS	31
4.1 ARTIGO - Obtenção de “chips” de berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.) mediante processo combinado de desidratação osmótica em solução ternária e secagem convectiva	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

A berinjela é uma *Solanácea* rica em vitaminas e minerais, especialmente ferro, em comparação com outros produtos hortícolas comumente consumidos, e é comparável nutricionalmente ao tomate (KALOO, 1993). Contém em sua composição substâncias bioativas, que promovem algum efeito benéfico no organismo como, ácidos fenólicos (CARPER, 1995; JUNQUEIRA; PEETZ, 2001), flavonóides (CARVALHO *et al.*, 2006) e fibras (PEREZ; GERMANI, 2004). Pesquisadores ainda não desvendaram totalmente como agem os princípios ativos da berinjela, mas acreditam que auxiliam a digestão, combatem o colesterol e inibem em parte a absorção intestinal de gorduras. (ARAÚJO; MENEZES, 2010; JORGE *et al.*, 1998).

No Brasil, a aquisição per capita da berinjela é muito pequena (0,169 kg/ano) (IBGE, 2009), e sua comercialização é freqüentemente realizada a granel e sem o uso de refrigeração, provocando em poucos dias, a perda de qualidade em virtude do murchamento, aspecto esponjoso e ausência de brilho dos frutos, o que deprecia o seu valor comercial e nutritivo, gerando grandes perdas pós-colheita (HENZ; SILVA, 1995). Deste fato surge a necessidade de transformação e beneficiamento da matéria-prima, de modo a agregar valor ao produto e garantir um produto de qualidade durante todo o ano.

Uma das maneiras de reduzir as perdas e diversificar o uso da berinjela seria a obtenção de berinjela seca na forma de chips mediante a combinação de processos de desidratação osmótica e secagem.

A desidratação osmótica é uma técnica que consiste na imersão do alimento sólido, inteiro ou em pedaços, em soluções aquosas concentradas de açúcares e/ou sais, levando a três fluxos de massa simultâneos (CORZO; GOMEZ, 2004; DIXON; JEN, 1977; GIANGIACOMO; TORREGGIANI; ABBO, 1987; LERICI *et al.*, 1985; RAOULT-WACK; LENART, 1996; SABLANI; RAHMAN, 2003): saída de água do produto para a solução hipertônica; saída de soluto da solução para o produto; saída de alguns solutos do próprio produto (açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais, vitaminas).

A utilização de um sistema ternário (água/açúcar/sal) na desidratação osmótica de frutas e vegetais tem sido estudada por diversos investigadores, de modo a obter taxas elevadas de perda de água, com uma incorporação pequena de solutos (MERCALI *et al.*, 2011; BORIN *et al.*, 2008; EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007; SOUZA *et al.*, 2007; RODRIGUES; FERNANDES, 2007; TONON, 2006; TELIS; MURARI; YAMASHITA, 2004; SERENO, MOREIRA; MARTINEZ, 2001).

A secagem é definida como uma operação na qual calor é fornecido a um dado material que contém água, a fim de se vaporizar certo conteúdo de água deste material, obtendo-se, portanto, um produto sólido seco. Trata-se de um processo com transporte simultâneo de calor e massa, acompanhado de mudança de fase (BARBANTI; MASTROCOLA; SEVERINI, 1994; LEWICKI; JAKUBCZYK, 2004).

Os “chips” encontrados no mercado são geralmente obtidos pelo processo de fritura. Diversos estudos mostram que o consumo excessivo de gorduras e óleos, especialmente aqueles que contêm gorduras saturadas, aumenta o risco de doença coronariana, hipertensão, diabetes e câncer (SAGUY; DANA, 2003).

Assim, a utilização da tecnologia combinada de desidratação osmótica e secagem para obtenção de berinjela seca em forma de chips, representa um interessante objeto de pesquisa, sendo uma alternativa de aproveitamento desta matéria-prima, bem como à obtenção de um produto final, por vias não convencionais, mais saudável e de baixo custo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MATÉRIA-PRIMA

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é originária da Índia e foi introduzida no Brasil no século XVI pelos portugueses. Os árabes, os orientais (principalmente os japoneses) e seus descendentes são os maiores consumidores desta hortaliça (DE LA CRUZ, 1998). Vulgarmente conhecida como eggplant, aubergine ou brinjal, é uma hortaliça de importância econômica de zonas tropicais e temperadas do mundo (KASHYAP *et al.*, 2003). No Brasil é cultivada em maior escala nos estados de São Paulo, seguido de Minas Gerais e da região Sul do País (EMBRAPA, 2007). Em 2006 a produção brasileira foi de 78,217 toneladas, das quais a região Sudeste participou com 79,23% da produção (IBGE, 2006).

No Brasil, a aquisição per capita da berinjela é muito pequena (0,169 kg/ano) (IBGE, 2009), e sua comercialização é freqüentemente realizada a granel e sem o uso de refrigeração, provocando em poucos dias, a perda de qualidade em virtude do murchamento, aspecto esponjoso e ausência de brilho dos frutos, o que deprecia o seu valor comercial e nutritivo, gerando grandes perdas pós-colheita (HENZ; SILVA, 1995). Deste fato surge a necessidade de transformação e beneficiamento da matéria-prima, de modo a agregar valor ao produto e garantir um produto de qualidade durante todo o ano.

A berinjela é dividida em três principais tipos: formato oval (*S. melongena* var. *esculentum*), formato longo fino (*S. melongena* var. *serpentium*) e tipo anão (*S. melongena* var. *depressum*) (KALOO, 1993), normalmente brilhantes, de coloração branca, rosada, zebrina, amarela, púrpura ou preta (EMBRAPA, 2007).

Encontram-se no mercado brasileiro cerca de duas dezenas de cultivares de berinjela, entre híbridos e cultivares de polinização aberta. Estas cultivares diferem entre si em produtividade, formato, coloração, brilho de frutos e resistência a doenças. Segundo o Programa Horti & Fruti Padrão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (MOREIRA; TRANI; TIVELLI, 2006), berinjela está classificada comercialmente em claras, rajadas e escuras, considerando também o comprimento e o diâmetro (Figura 1).



Figura 1 – Classificação comercial da berinjela

Fonte: (Moreira; Trani; Tivelli, 2006)

A berinjela desenvolve-se preferencialmente em regiões de clima quente (temperatura média diurna de 25-35°C e noturna de 20-27°C) e com umidade relativa do ar de 80%. Nessas condições, pode ser cultivada durante todo o ano. Possui boa tolerância à seca e umidade excessiva (EMBRAPA, 2007).

De acordo com sua composição química (Tabela 1), a berinjela é uma boa fonte de vitaminas e sais minerais (ferro em particular), tornando seu valor nutritivo comparável com o tomate (KALOO, 1993).

Tabela 1 – Composição centesimal da berinjela.

Componentes	Berinjela crua	Berinjela cozida
Umidade (%)	93,8	94,4
Energia (kcal)	20	19
Proteína (g)	1,2	0,7
Lipídios (g)	0,1	0,1
Carboidratos (g)	4,4	4,5
Fibra Alimentar (g)	2,9	2,5
Cinzas (g)	0,4	0,3
Cálcio (mg)	9	11
Magnésio (mg)	13	9
Manganês (mg)	0,10	0,11
Fósforo (mg)	20	15
Ferro (mg)	0,2	0,2
Sódio (mg)	Tr	1
Potássio (mg)	205	105
Cobre (mg)	0,06	0,04
Zinco (mg)	0,1	0,1
Tiamina (mg)	0,04	0,04
Riboflavina (mg)	0,05	Tr
Piridoxina (mg)	Tr	Tr
Niacina (mg)	Tr	Tr
Vitamina C (mg)	3,0	Tr

Tr: traço

Fonte: NEPA (2006)

Há disparidade entre os dados de produção e área cultivada com berinjela no Brasil. A partir de 2001, houve um “boom” da cultura em função da divulgação dos benefícios pelos quais ela responde na prevenção e tratamento do diabetes (EMBRAPA, 2007).

Por conter em sua composição substâncias bioativas a berinjela tem sido citada por diversos autores como uma das culturas que pode ser classificada como alimento funcional. Alimentos funcionais podem ser definidos como sendo aqueles que beneficiam uma ou mais funções orgânicas, além da nutrição básica, contribuindo para melhorar o estado de saúde e bem-estar e reduzir o risco de doenças. Os alimentos funcionais devem ser alimentos e não pílulas, cápsulas ou qualquer forma de suplemento e devem ser eficazes em quantidades normalmente consumidas em uma dieta padrão (DIPLOCK *et al.*, 1999).

Os compostos funcionais presente na berinjela são: os ácidos fenólicos (CARPER, 1995; JUNQUEIRA; PEETZ, 2001); os flavonóides (CARVALHO *et al.*, 2006) e as fibras (PEREZ; GERMANI, 2002).

Os ácidos fenólicos são divididos em três grupos: O primeiro é composto pelos ácidos benzóicos, que possuem sete átomos de carbono (C_6-C_1) e são os ácidos fenólicos mais simples encontrados na natureza. O segundo é formado pelos ácidos cinâmicos, que possuem nove átomos de carbono (C_6-C_3), sendo sete os mais comumente encontrados no reino vegetal. E o terceiro é composto pelos derivados dos dois ácidos (SOARES, 2002).

Os flavonóides possuem uma estrutura básica formada por $C_6-C_3-C_6$, sendo os compostos mais diversificados do reino vegetal. Neste grupo encontram-se as antocianidinas, flavonas, flavonóis e, com menor frequência, as auronas, calconas e isoflavonas, dependendo do lugar, número e combinação dos grupamentos participantes da molécula (SOARES, 2002).

Os ácidos fenólicos e os flavonóides possuem propriedades anti-carcinogênicas, anti-inflamatórias e anti-alérgicas (CARVALHO *et al.*, 2006). Podem exercer efeitos sobre várias enzimas metabólicas e de sinalização, atuando contra radicais livres, processos inflamatórios, alergias, agregação plaquetária, úlceras, vírus, tumores e hepatotoxinas. Há evidências que o consumo regular reduz o risco de morte por doenças coronarianas. (DILLARD; GERMAN, 2000). Além disso, pode exercer outros efeitos que não sejam antioxidantes. Eles também podem proteger o organismo por meio de outros mecanismos, tais como: indução ou inibição de enzimas; remoção de metabólitos reativos; e indução da apoptose (morte celular) (DRAGSTED *et al.*, 1997).

A fibra alimentar é uma substância indisponível como fonte de energia, pois não é passível de hidrólise pelas enzimas do intestino humano e que pode ser fermentada por algumas bactérias. A maior parte das substâncias classificadas como fibras são polissacarídeos não amiláceos. As fibras são, portanto, substâncias com alto peso molecular, encontradas nos vegetais, tais como os grãos (arroz, soja, trigo, aveia, feijão, ervilha), em verduras (alface, brócolis, couve, couve-flor, repolho), raízes (cenoura, rabanete) e outras hortaliças (chuchu, vagem, berinjela, pepino) (PIMENTELET *et al.*, 2005).

Segundo Anjo (2004), os efeitos do uso das fibras são a redução dos níveis de colesterol sanguíneo e diminuição dos riscos de desenvolvimento de câncer, decorrentes de três fatores: capacidade de retenção de substâncias tóxicas ingeridas ou produzidas no trato gastrointestinal durante processos digestivos; redução do tempo do trânsito intestinal, promovendo uma rápida eliminação do bolo fecal, com redução do tempo de contato do

tecido intestinal com substâncias mutagênicas e carcinogênicas e formação de substâncias protetoras pela fermentação bacteriana dos compostos de alimentação.

2.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Uma das principais causas da deterioração de alimentos frescos e conservados é a quantidade de água livre presente nos mesmos (MANNHEIM; LIU; GILBERT, 1994). Portanto, faz-se necessária a utilização de métodos, ou combinação destes, a fim de que o alimento se torne estável à deterioração química e microbiana (ALVES, 2003).

A desidratação osmótica é uma técnica bastante útil na conservação de frutas e vegetais, submetendo o alimento sólido, inteiro ou em pedaços em soluções aquosas (sais e/ou açúcares) de alta pressão osmótica (TORREGGIANI, 1993). A complexa estrutura celular dos alimentos pode ser considerada uma membrana semipermeável e a diferença no potencial químico da água entre os alimentos e o meio osmótico é a força motriz para a desidratação (MERCALLET *et al.*, 2011). Esta técnica pode ser considerada, algumas vezes um pré-tratamento e outras, como um processo completo por meio da remoção de água do produto e da modificação de suas propriedades físico-químicas pela impregnação de solutos desejados (MIZRAHI; EICHLER; RAMON, 2001) combinado a adequados meios de acondicionamento e armazenamento.

De acordo com Rastogi e Raghavarao (2004), a força motriz responsável pela saída de água é a diferença de pressão osmótica entre o produto e a solução, enquanto no caso da penetração de solutos, a força motriz é a diferença de concentração entre eles.

Durante o processo de desidratação por osmose observam-se três tipos básicos de transferência de massa, ocorrendo simultaneamente (Figura 2).

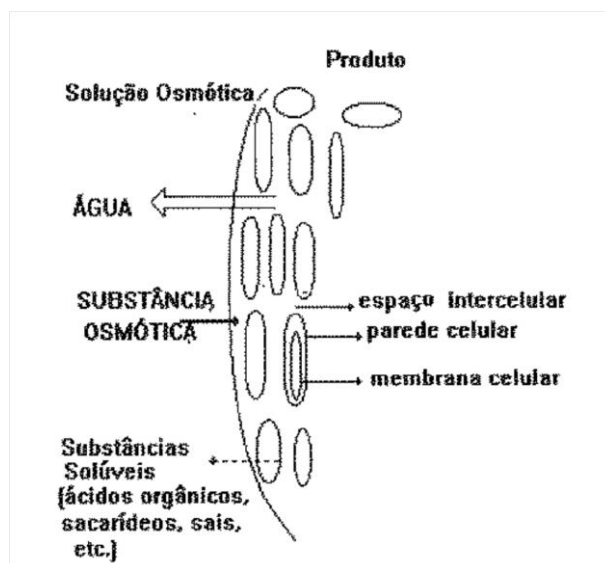


Figura 2 – Transferência de massa durante a desidratação osmótica

Fonte: (DELA CRUZ, 1998)

Um fluxo principal caracteriza-se pela saída de água de dentro para fora das células, por meio da membrana celular, para os espaços intercelulares e, daí para a solução osmótica; o outro fluxo, menos intenso, é uma migração de solutos (sólidos solúveis) da solução para o produto, esta transferência permite introduzir uma quantidade desejada de princípio ativo, agente conservante, soluto de interesse nutricional ou que confira ao produto uma melhor qualidade sensorial; e o terceiro fluxo envolvido no processo, com intensidade reduzida, consiste na perda de alguns sólidos naturais, como açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais e vitaminas para a solução. Embora seja insignificante em relação aos outros dois fluxos principais, este último torna-se relevante para as propriedades organolépticas e nutricionais do produto (CORZO; GOMEZ, 2004; DIXON; JEN, 1977; GIANGIACOMO; TORREGGIANI; ABBO, 1987; LERICI *et al.*, 1985; RAOULT-WACK; LENART; GUILBERT, 1994; SABLANI; RAHMAN, 2003).

Perda de água e ganho de sólidos pelo produto dependem, primeiramente, das propriedades do tecido vegetal. O branqueamento químico ou por calor, o congelamento, amadurecimento ou ação enzimática são fatores que afetam diretamente as características do tecido vegetal. Diferenças nas características do tecido vegetal como compactação, massa inicial de substâncias não solúveis, enzimas presentes no produto, tamanho dos espaços intercelulares, presença de gás retido nos capilares e complexos de pectina e celulose e grau de gelificação, determinam a cinética do processo de desidratação (TORREGIANNI, 1993).

A escolha do soluto é uma questão fundamental por estar relacionada com as alterações nas propriedades sensoriais e no valor nutritivo do produto final, além do custo de processo (LENART, 1996, QI *et al.*, 1998). Os solutos mais utilizados no processo de desidratação osmótica de frutas e vegetais são açúcares e sais, principalmente sacarose e cloreto de sódio (GIRALDO *et al.*, 1995; MAYOR *et al.*, 2005; TELIS; MURARI; YAMASHITA, 2004).

A sacarose é tida como um ótimo agente osmótico, especialmente quando a desidratação osmótica é empregada como etapa preliminar à secagem convectiva, pois previne o escurecimento enzimático e a perda de aromas. Sua presença na superfície do material representa um obstáculo ao contato com o oxigênio, resultando em uma redução do escurecimento enzimático (LENART, 1996, QI *et al.*, 1998). O cloreto de sódio também é considerado um ótimo agente desidratante, por apresentar uma alta capacidade de redução da atividade de água, fazendo com que a força motriz de saída de água do produto seja maior (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

A utilização de mistura de solutos tem sido estudada para melhorar o processo (MERCALI *et al.*, 2011; BORIN *et al.*, 2008; EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007; SOUZA *et al.*, 2007; RODRIGUES; FERNANDES, 2007; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006; TELIS; MURARI; YAMASHITA, 2004; SERENO; MOREIRA; MARTINEZ, 2001). A mistura de sal e sacarose em proporções diferentes são utilizadas para obter taxas elevadas de perda de água, com uma incorporação pequena de solutos.

A desidratação por osmose geralmente não fornece produto com umidade suficientemente baixa para ser considerado estável em prateleira sob temperatura ambiente. Portanto, é usada como uma etapa anterior ao processo de liofilização, secagem a ar quente e microondas (MASTRANGELO *et al.*, 2000). Esta combinação de desidratação osmótica e secagem tem sido apontada como alternativa econômica segura para a conservação de produtos alimentícios, além de possibilitar a obtenção de produtos desidratados de melhor qualidade, quando comparado aos produtos desidratados convencionalmente (BRANDÃO *et al.*, 2003).

2.3 SECAGEM CONVECTIVA

A secagem é uma operação de retirada da água de um material úmido por meio da aplicação de calor, com o propósito de vaporizar parte do conteúdo de água deste material,

obtendo um produto seco (BARBANTI; MASTROCOLA; SEVERINI,1994; LEWICKI; JAKUBCZYK, 2004).

Desta forma, ocorre uma transferência de calor do ar para o produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. No mesmo instante, a diferença de pressão parcial do vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de matéria (massa) para o ar, na forma de vapor de água (PARK et al., 2002).

Dentre os métodos de secagem, cita-se a secagem convectiva, a qual pode ser realizada em secador de bandejas. Este consiste, basicamente, de uma câmara com isolamento térmico apropriado e com sistemas de aquecimento e ventilação do ar circulante sobre as bandejas e através destas (FRUTHOTEC, 2001).

Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e também deve haver um sorvedor de umidade para remover o vapor de água, formado a partir da superfície do material a ser seco. Este processo, de fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido que promoverá a evaporação da água do material e em seguida a transferência de massa arrastará o vapor formado (PARK et al., 2007).

Conforme Pinedo (2003), na secagem de um produto sólido ocorrem simultaneamente vários fenômenos físicos, conforme esquematizado na Figura 3, onde os mais importantes são: a difusão de vapor devido ao gradiente de concentração, a difusão de água líquida em termos do gradiente de umidade e escoamento capilar.

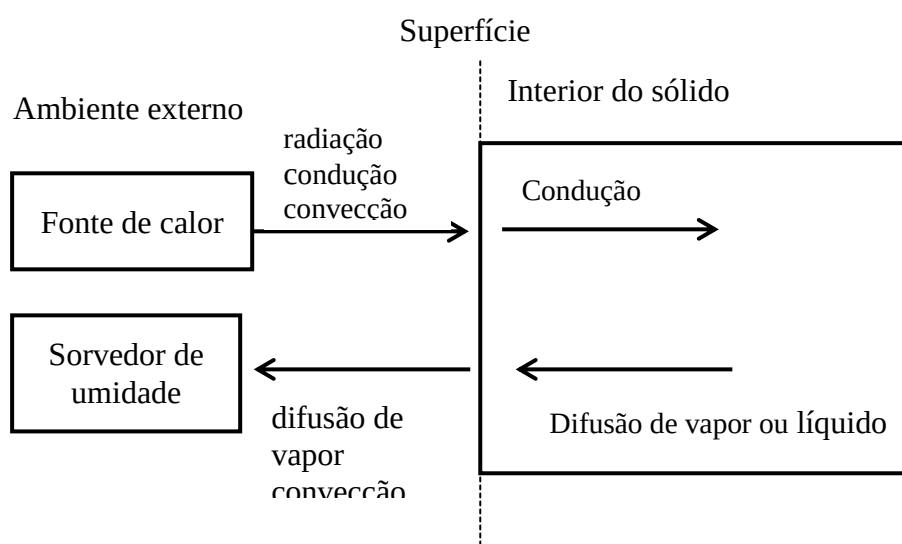


Figura 3 – Esquema do processo de secagem de material sólido

Fonte: (PINEDO, 2003)

Segundo Daudin (1983), as transferências internas de massa são influenciadas por dois parâmetros importantes para materiais biológicos: migração de soluto, através da formação de crosta; deformação do produto através do encolhimento.

Dentro da complexidade deste comportamento e as dificuldades do conhecimento preciso das características do produto, procede-se geralmente a um estudo experimental desta cinética.

De acordo com Parket *al.* (2002), a evolução das transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem faz com que esta seja dividida esquematicamente em três períodos descritos a seguir.

Na Figura 4, são mostradas as curvas de evolução do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da velocidade de secagem (dX/dt), também chamada de taxa de secagem, ao longo do tempo, para um experimento utilizando ar de propriedades constantes.

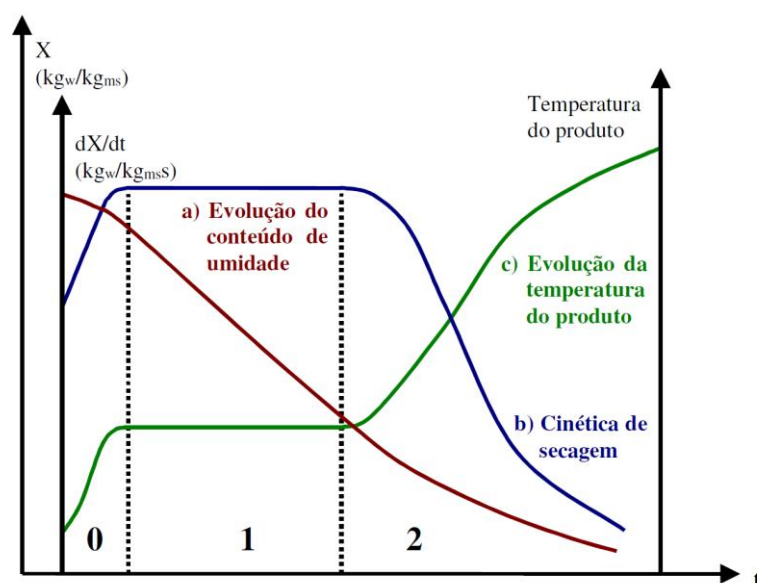


Figura 4 – Curva de secagem exemplo

Fonte: (PARK et al., 2007)

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem (conteúdo de umidade do produto, $X = X_{BS}$, em relação à evolução do tempo de secagem t), isto é, é a curva obtida pesando o produto durante a secagem numa determinada condição de secagem.

A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto (variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt em relação à evolução do tempo t), isto é, é a curva obtida diferenciando a curva (a).

A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto, T em relação à evolução do tempo t), isto é, é a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem.

2.4 INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA

A berinjela tem sido reportada como uma boa fonte da enzima fenoloxidase (HEMEDA; KLEIN, 1991), a qual catalisa a oxigenação de compostos fenólicos a quinonas que, após polimerização, apresentam típicos pigmentos marrons ou pretos, conhecidos da oxidação enzimática de frutas e vegetais. Durante o corte da berinjela, quando as membranas das células são rompidas, os polifenóis presentes estão disponíveis para se misturar aos outros componentes, especialmente as enzimas citoplasmáticas, o que pode ocasionar um processo conhecido como oxidação enzimática e, a epiderme fica rapidamente escura quando exposta ao ar (SILVA; ROSA; VILAS BOAS, 2009).

A presença de compostos fenólicos, como o ácido caféico e ácido cinâmico (ARAÚJO, 1999), torna a berinjela suscetível à reação de escurecimento causada pelas enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO). Nessa reação ocorre a formação de melanina (pigmento escuro), que deprecia a qualidade do produto. Do ponto de vista prático, o controle do escurecimento enzimático é geralmente limitado à inibição das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, responsáveis pela reação de escurecimento. Entre os métodos propostos para o controle da oxidação, estão: o tratamento térmico, a utilização de agentes químicos, a eliminação do oxigênio do meio, entre outros (SILVA; ROSA; VILAS BOAS, 2009).

A POD induz alterações negativas de sabor durante a estocagem, e ela é capaz de catalisar um grande número de reações oxidativas usando peróxido de hidrogênio como substrato ou, em alguns casos, oxigênio como aceptor de hidrogênio. É considerada a enzima vegetal mais estável ao calor e sua inativação tem sido usada como indicador de adequação de branqueamento. A PPO, por sua vez, promove a oxidação enzimática de compostos fenólicos, produzindo, inicialmente, quinona que rapidamente se condensa, formando pigmentos

insolúveis e escuros denominados melanina, ou reagem não enzimaticamente com aminoácidos, proteínas ou outros compostos (SILVA; ROSA; VILAS BOAS, 2009).

2.5 ATIVIDADE DE ÁGUA

A atividade de água é uma das propriedades mais importantes para o grau de processamento, conservação e armazenamento de alimentos. Ela quantifica o grau de ligação da água contida no produto e conseqüentemente sua disponibilidade para agir como um solvente e participar das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas (LABUZA, 1970).

O principal fator na estabilidade de um alimento não é o teor de umidade deste, mas sim a disponibilidade da água para o crescimento de microorganismos e reações químicas (DITCHFIELD, 2000). A atividade de água (a_w), que expressa o teor de água livre do alimento, é definida pela razão entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento, e a pressão de vapor de água pura, à mesma temperatura (PARK, 2002).

Para um valor de a_w entre 0,20 e 0,40 a água presente está fortemente ligada e, portanto, não disponível para quaisquer transformações. Todos os microorganismos têm uma a_w mínima de desenvolvimento (Tabela 2). Em geral, as bactérias são mais exigentes do que bolores e leveduras, desenvolvendo-se apenas em meios com elevada a_w . Muitas bactérias não se desenvolvem em $a_w < 0,91$ e muitos bolores não se multiplicam em $a_w < 0,80$ (UBOLDI-EIROA, 1996).

Tabela 2 - Valores mínimos de atividade de água necessária para o desenvolvimento de alguns microrganismos.

Microrganismos	Atividade de água mínima
Bactérias	0,91
Leveduras	0,88
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,85
Bolores	0,80
Bactérias halófitas	0,75
Bolores xerófilos	0,61
Leveduras osmotolerantes	0,60

Fonte: ICMSF(2001).

Nos alimentos desidratados, a inibição da atividade enzimática e do crescimento microbiano, ocorre pelo decréscimo da atividade de água, pois um processo de tratamento térmico sem que ocorra a secagem não é suficiente para essa inibição. Secar o produto é, portanto, reduzir sua atividade de água. Assim, dentre os fatores que condicionam o desenvolvimento microbiano nos alimentos a atividade de água é mais relevante do que a temperatura e a umidade relativa (ICMSF, 2001).

2.6 “CHIPS”

Comercialmente, os “chips” são na sua maioria obtidos por processo de fritura e por liofilização.

São caracterizados por apresentar uma crosta contínua, atividade de água e umidade bem baixas, tipicamente abaixo de 0,4 e 3% respectivamente, permitindo sua conservação e preservação das qualidades sensoriais durante alguns meses à temperatura ambiente. Esses baixos valores estão intimamente relacionados à característica de crocância desejada neste tipo de produto (TOREZAN, 2005).

A denominação “chips” parece estar relacionada com a espessura fina das fatias (1-4mm espessura), não tendo sido mencionada a etapa de fritura em óleo quente no fluxograma de processamento por SOKARI e WACHUKWU (1993).

2.7 PLANEJAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS

O planejamento de experimentos consiste em projetar um experimento de forma que ele seja capaz de fornecer exatamente o tipo de informação que se procura. Para tal, precisamos saber o que é que estamos procurando e utilizar técnicas apropriadas para este propósito como é o caso da metodologia da superfície de resposta (RSM) (BARROS NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2003).

A metodologia de superfície de resposta, empregada desde a década de 50, é uma técnica baseada no emprego de planejamentos fatoriais e que até hoje tem sido largamente utilizada com bastante sucesso na modelagem de diversos processos industriais (BOX; HUNTER; HUNTER, 1978).

O método do planejamento experimental é baseado na seleção de níveis (nível superior + e nível inferior -) para cada variável de entrada (variável independente) e na execução de

experimentos para todas as possíveis combinações. Se n fatores (variáveis controladas pelo experimentador) estão envolvidos no estudo de um sistema, o planejamento necessita de $2n$ ensaios diferentes, que é o número mínimo para obtenção de um planejamento fatorial completo. Outros ensaios podem ser adicionados ao experimento na forma repetições a fim de se calcular o erro experimental. Com os resultados obtidos, podem-se calcular os efeitos principais e de interação das variáveis independentes sobre as respostas (variáveis dependentes), determinando quais os efeitos mais significativos para o processo em estudo.

Para a obtenção dos modelos empíricos através de regressões lineares e não-lineares, Box, Hunter e Hunter (1978) afirmam que é necessário realizar primeiramente uma análise de variância (ANOVA), utilizando dois parâmetros muito importantes: coeficiente de correlação R^2 e o valor estimado para o teste F .

A base do teste F consiste em verificar se existe relação entre as variáveis independentes e as respostas do planejamento. Quando não existe correlação entre as variáveis independentes e as respostas, pode-se demonstrar que a razão entre as médias quadráticas da regressão e do resíduo (MQ_R/MQ_r) segue uma distribuição F (hipótese nula). Neste caso, a variação nos valores dos resultados foi devido, exclusivamente, a fatores aleatórios. A hipótese nula pode ser testada usando o valor efetivamente calculado para MQ_R/MQ_r e, para isto, basta compará-lo com o valor tabelado de F . Se as variações das respostas experimentais apresentarem alta probabilidade de pertencerem à distribuição F , não há motivos para se questionar a hipótese nula. Desta forma, pode-se dizer que a equação de regressão não é significativa. Por outro lado, caso a razão MQ_R/MQ_r seja maior que o valor de F tabelado, pode-se dizer que a equação de regressão é estatisticamente significativa e que os dados experimentais podem ser bem representados pelo modelo obtido.

A análise dos resíduos é outro parâmetro de importância fundamental ao se avaliar a qualidade do ajuste de um modelo. Valores residuais altos indicam má qualidade no ajuste (BARROS NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA-PRIMA

A berinjela (*Solanum melogena* L.) foi adquirida no comércio local de João Pessoa-PB. Sua escolha foi realizada segundo Moreira, Trani e Tivelli (2006), tomando-se como critério a coloração escura da casca, o comprimento (170 mm), o diâmetro (70 mm) e a firmeza da matéria-prima em questão, de modo a garantir uma melhor uniformidade da matéria-prima. Sua caracterização físico-química é apresentada na Tabela 1.

3.2 PROCESSAMENTO

As berinjelas foram submetidas ao seguinte processamento (Figura 5):

- 1) Lavagem e sanitização em uma solução de água clorada a 50 ppm durante 15 minutos;
- 2) Corte circular (rodela) com espessura de 4 mm realizada em cortador manual de frios (marca Siemens);
- 3) Imersão das rodela em solução de metabissulfito de sódio a 1% por 2 minutos, de modo a prevenir reações de escurecimento não enzimático conforme aplicado por EREN e ERTEKIN (2007) além de inativar enzimas;
- 4) Branqueamento com vapor saturado (100°C) por 1 minuto, de modo a promover uma quebra da estrutura celular e inativar enzimas;
- 5) Transferência das amostras previamente drenadas da solução de metabissulfito de sódio e pesadas para recipientes de aproximadamente 250 mL, juntamente com a solução osmótica;
- 6) Desidratação osmótica;
- 7) Secagem convectiva.

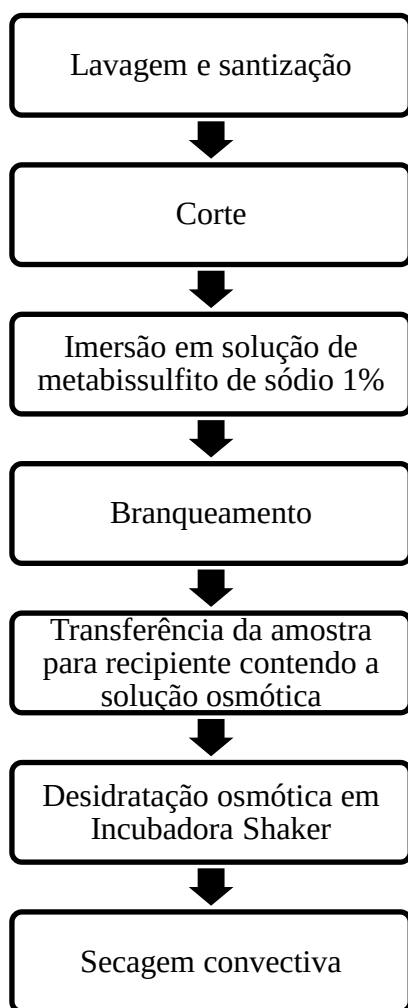


Figura 5– Etapas do processo de obtenção de berinjela seca em forma de “chips”.

3.3 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

O processo de desidratação osmótica foi realizado em uma incubadora Shaker (marca SOLAB, modelo SL-221) com controle de agitação a 100 rpm e temperaturas (30-50°C). As amostras, juntamente com a solução osmótica, foram colocadas em recipientes de vidro com tampa e foi utilizado uma proporção amostra:solução de 1:10, a fim de se evitar a diluição da solução durante o processo.

As amostras foram retiradas em tempos que variam de 142,5 a 247,5 minutos. Após serem retiradas da incubadora, as amostras foram lavadas com uma quantidade pré-estabelecida de água destilada, para se remover o excesso de solução desidratante, drenadas e finalmente pesadas. Após pesagem, foi determinado o conteúdo de umidade e atividade de água das amostras.

3.3.1 Soluções osmóticas

As soluções osmóticas foram preparadas com água destilada, sacarose e cloreto de sódio comerciais, em concentrações definidas através de um planejamento experimental, sendo que a quantidade de cada soluto variou de 3,75 a 6,25% (p/p) e de 27,5 a 42,5% (p/p) para o cloreto de sódio e açúcar, respectivamente.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para estudar os efeitos do tempo de imersão, temperatura e concentração de açúcar e cloreto de sódio no produto desidratado osmoticamente e seco foi realizado um planejamento experimental fatorial completo com quatro variáveis independentes, avaliadas em dois níveis (- e +) e quadruplicata nos pontos centrais (0), totalizando 20 experimentos.

As variáveis dependentes do planejamento foram a perda de água (PA), o ganho de sacarose (GSac), o ganho de sódio (GSódio), a relação GSac/GSódio e a atividade de água (a_w). A Tabela 3 mostra a planilha de planejamento utilizada para o estudo.

Tabela 3– Planejamento experimental fatorial 2^4 com pontos centrais realizado para avaliar a desidratação osmótica e secagem de berinjela

Ensaio	T (°C)	CSac(%)	CSal (%)	t (min.)
1	30 (-1)	27,5(-1)	3,75(-1)	142,5(-1)
2	50 (+1)	27,5(-1)	3,75(-1)	142,5(-1)
3	30 (-1)	42,5(+1)	3,75(-1)	142,5(-1)
4	50 (+1)	42,5(+1)	3,75(-1)	142,5(-1)
5	30 (-1)	27,5(-1)	6,25(+1)	142,5(-1)
6	50 (+1)	27,5(-1)	6,25(+1)	142,5(-1)
7	30 (-1)	42,5(+1)	6,25(+1)	142,5(-1)
8	50 (+1)	42,5(+1)	6,25(+1)	142,5(-1)
9	30 (-1)	27,5(-1)	3,75(-1)	247,5 (+1)
10	50 (+1)	27,5(-1)	3,75(-1)	247,5 (+1)
11	30 (-1)	42,5(+1)	3,75(-1)	247,5 (+1)
12	50 (+1)	42,5(+1)	3,75(-1)	247,5 (+1)
13	30 (-1)	27,5(-1)	6,25(+1)	247,5 (+1)
14	50 (+1)	27,5(-1)	6,25(+1)	247,5 (+1)
15	30 (-1)	42,5(+1)	6,25(+1)	247,5 (+1)
16	50 (+1)	42,5(+1)	6,25(+1)	247,5 (+1)
17	40 (0)	35(0)	5 (0)	195 (0)
18	40 (0)	35(0)	5 (0)	195 (0)
19	40 (0)	35(0)	5 (0)	195 (0)
20	40 (0)	35(0)	5 (0)	195 (0)

Através do presente estudo foi possível obter modelos estatísticos capazes de prever o comportamento das variáveis dependentes (respostas) em função das variáveis independentes, na faixa adotada para a análise das últimas.

As faixas utilizadas neste trabalho para as concentrações de sacarose e cloreto de sódio foram obtidas mediante ensaios preliminares. A faixa adotada para o tempo e temperatura de imersão foi baseada na literatura sobre desidratação osmótica de vegetais.

O objetivo do processo de desidratação osmótica mais secagem convectiva, foi obter uma maximização da perda de água juntamente com uma minimização do ganho de sólidos (ganho de sacarose mais ganho de sal) e da atividade de água do produto.

Os cálculos envolvidos com as variáveis dependentes supracitadas possuem suas respostas baseadas nas equações de 3.1 a 3.5.

$$\frac{\frac{M}{U} - \frac{M}{U_0}}{\frac{M}{U} - \frac{M}{U_f}} = \frac{Sac - Sac_0}{Sac - Sac_f}$$

Onde:

M = massa da amostra (g);

U = teor de umidade da amostra, em base úmida (%);

Sac = conteúdo de sacarose na amostra (g);

Sal = conteúdo de cloreto de sódio na amostra (g);

$Sódio$ = conteúdo de sódio na amostra (g). Segundo a OMS (2006), 1g de cloreto de sódio contém 39,34% de sódio.

Os índices 0 e f representam o processo no início e no final (após secagem), respectivamente.

Foram ajustados modelos de primeira ordem segundo a metodologia de superfície de resposta. Para cada modelo, foi testada a falta de ajuste, a fim de avaliar a necessidade de se incluir termos de maior ordem (termos quadráticos, interação) ao modelo.

3.5 SECAGEM CONVECTIVA

Para o processo de secagem foi utilizado um secador de bandejas com uma velocidade do ar de secagem de 1m/s a uma temperatura de 60°C. O tempo de secagem foi determinado mediante uma cinética no ensaio onde ocorre o maior ganho de sólidos, ou seja, maior tempo de secagem, em função do grau de impregnação dos solutos na amostra. Esse tempo foi de 4 horas de secagem.

O sistema de operação do secador consiste da passagem de ar verticalmente através de bandejas. O aquecimento do ar é feito através de três resistências (duas de 500W e uma de 1500W), as quais podem ser acionadas independentemente, controladas por um termostato digital.

Para a medida da velocidade do ar de secagem foi utilizado um anemômetro digital marca TSI. Um esquema do secador é apresentado na Figura 6.

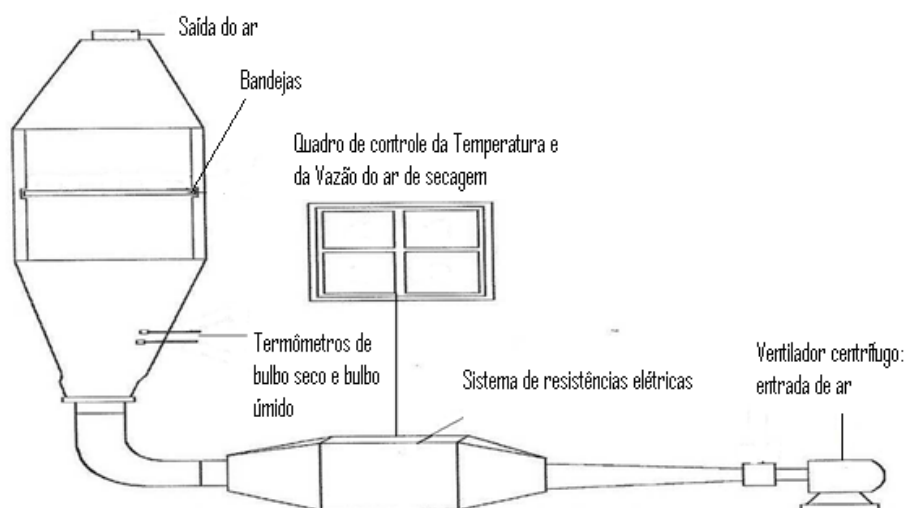


Figura 6 - Esquema do secador convectivo

Fonte: FIOREZZE (2004)

3.6 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS

As determinações físico-químicas foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos a seguir. Essas análises foram feitas em triplicata.

- **Umidade** - determinada por secagem direta em estufa a vácuo a 70°C até peso constante, segundo método nº 920.151 da AOAC (1997);
- **Resíduo mineral fixo (cinzas)** – determinado por incineração a 550°C, segundo o método nº 940.26 da AOAC (1997);
- **Lipídios totais** – determinados pelo método Soxhlet, de acordo com o método nº 968.20 da AOAC (1997), sendo o resultado expresso em base úmida;
- **Proteínas totais** - determinadas pela técnica micro-Kjeldahl. Para a conversão da porcentagem de nitrogênio em proteínas, utiliza-se do fator 6,25, de acordo com o método nº 920.152 da AOAC (1997);
- **Açúcares redutores e não-redutores** - os açúcares foram quantificados de acordo com o método de Somogyi-Nelson, por espectrofotometria com comprimento de onda de 510nm, utilizando-se uma curva padrão construída a partir de uma solução de glicose (100mg/mL) com intervalo de 0 a 120 µg, segundo método descrito por Somogyi-Nelson (Nelson, 1944; Somogyi, 1945).
- **Sólidos solúveis (°Brix)** - leitura direta da amostra a 20°C em refratômetro digital de bancada, de acordo com o método nº 932.12 da AOAC (1997);
- **Atividade de água (Aw)** – medida diretamente em medidor AQUALAB modelo (CX-2), após equilíbrio da amostra com o ambiente e na temperatura média de 25°C.
- **Acidez total titulável** – determinada pelo método titulométrico, com solução de hidróxido de sódio 0,1N, considerando o ácido cítrico comopredominante de acordo com o método nº 942.15 da AOAC (1997);

4 RESULTADOS

4.1 ARTIGO - Obtenção de “chips” de berinjela (*Solanum melongena* L.) mediante processo combinado de desidratação osmótica em solução ternária e secagem convectiva

Escrito segundo normas da revista:

Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos

OBTENÇÃO DE “CHIPS” DE BERINJELA (*Solanum melongena* L.) MEDIANTE PROCESSO COMBINADO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÃO TERNÁRIA E SECAGEM CONVECTIVA

MARISTELA ALVES FERNANDES*
ÂNOAR ABBAS EL-AOUAR**

O presente trabalho teve como objetivo a utilização da tecnologia combinada de desidratação osmótica e secagem convectiva para obtenção de berinjela seca em forma de “chips”, de modo a aproveitar esta matéria-prima e obter um produto final, por vias não convencionais, mais saudável e de baixo custo. O processo de desidratação osmótica seguida de secagem convectiva foi realizado através de um delineamento experimental, tendo como variáveis independentes a temperatura (30 – 50°C), concentração de sacarose (27,5 – 42,5% p/p) e concentração de cloreto de sódio (3,75 – 6,25% p/p) da solução osmótica e o tempo de imersão (142,5 – 247,5 min.), e como variáveis dependentes PA, GSac, GSódio, GSac/GSódio e a_w , secas numa temperatura e tempo de 60°C e 4 horas, respectivamente, a uma velocidade de 1m/s, onde o objetivo foi obter uma máxima perda de água com uma mínima incorporação de sacarose e sódio. Uma vez que PA foi acima de 90% e a a_w foi menor que 0,4 para todos os ensaios, utilizou-se como parâmetro de escolha da melhor condição do processo, a análise do agente osmótico, mediante a razão GSac/GSódio. A condição ideal para obtenção de berinjela seca em forma de “chips” foi temperatura de 50°C, concentração de sacarose e cloreto de sódio de 45% e 7,5%, respectivamente e 127,5 minutos de tempo de imersão, onde tal fato implica em um produto final com um teor de sódio sensorialmente atenuado devido à presença da sacarose.

PALAVRAS-CHAVE: “CHIPS”, DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA, SECAGEM CONVECTIVA, SOLUÇÃO TERNÁRIA, BERINJELA.

* Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil (e-mail: maristelalves@gmail.com)

** Professor, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil (e-mail: anoarabbas@gmail.com)

1 INTRODUÇÃO

A berinjela é uma *Solanácea* rica em vitaminas e minerais, especialmente ferro, em comparação com outros produtos hortícolas comumente consumidos, e é comparável nutricionalmente ao tomate (KALOO, 1993). Contém em sua composição substâncias bioativas, que promovem algum efeito benéfico no organismo como, ácidos fenólicos (CARPER, 1995; JUNQUEIRA; PEETZ, 2001), flavonóides (CARVALHO *et al.*, 2006) e fibras (PEREZ; GERMANI, 2004). Pesquisadores ainda não desvendaram totalmente como agem os princípios ativos da berinjela, mas acreditam que auxiliam a digestão, combatem o colesterol e inibem em parte a absorção intestinal de gorduras. (ARAÚJO; MENEZES, 2010; JORGE *et al.*, 1998).

No Brasil, a aquisição per capita da berinjela é muito pequena (0,169 kg/ano)(IBGE, 2009), e sua comercialização é frequentemente realizada a granel e sem o uso de refrigeração, provocando em poucos dias, a perda de qualidade em virtude do murchamento, aspecto esponjoso e ausência de brilho dos frutos, o que deprecia o seu valor comercial e nutritivo, gerando grandes perdas pós-colheita (HENZ; SILVA, 1995). Deste fato surge a necessidade de transformação e beneficiamento da matéria-prima, de modo a agregar valor ao produto e garantir um produto de qualidade durante todo o ano.

Uma das maneiras de reduzir as perdas e diversificar o uso da berinjela seria a obtenção de berinjela seca na forma de chips mediante a combinação de processos de desidratação osmótica e secagem.

A desidratação osmótica é uma técnica que consiste na imersão do alimento sólido, inteiro ou em pedaços, em soluções aquosas concentradas de açúcares e/ou sais, levando a três fluxos de massa simultâneos (CORZO; GOMEZ, 2004; DIXON; JEN, 1977; GIANGIACOMO; TORREGGIANI; ABBO, 1987; LERICI *et al.*, 1985; RAOULT-WACK; LENART, 1996; SABLANI; RAHMAN, 2003): saída de água do produto para a solução hipertônica; saída de soluto da solução para o produto; saída de alguns solutos do próprio produto (açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais, vitaminas).

A utilização de um sistema ternário (água/açúcar/sal) na desidratação osmótica de frutas e vegetais tem sido estudada por diversos investigadores, de modo a obter taxas elevadas de perda de água, com uma incorporação pequena de solutos (MERCALI *et al.*, 2011; BORIN *et al.*, 2008; EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007; SOUZA *et al.*, 2007; RODRIGUES; FERNANDES, 2007; TONON, 2006; TELIS; MURARI; YAMASHITA, 2004; SERENO; MOREIRA; MARTINEZ, 2001).

A secagem é definida como uma operação na qual calor é fornecido a um dado material que contém água, a fim de se vaporizar certo conteúdo de água deste material, obtendo-se, portanto, um produto sólido seco. Trata-se de um processo com transporte simultâneo de calor e massa, acompanhado de mudança de fase (BARBANTI, MASTROCOLA; SEVERINI, 1994; LEWICKI; JAKUBCZYK, 2004).

Os “chips” encontrados no mercado são geralmente obtidos pelo processo de fritura. Diversos estudos mostram que o consumo excessivo de gorduras e óleos, especialmente aqueles que contêm gorduras saturadas, aumenta o risco de doença coronariana, hipertensão, diabetes e câncer (SAGUY; DANA, 2003).

Assim, a utilização da tecnologia combinada de desidratação osmótica e secagem para obtenção de berinjela seca em forma de chips, representa um interessante objeto de pesquisa, sendo uma alternativa de aproveitamento desta

matéria-prima, bem como à obtenção de um produto final, por vias não convencionais, mais saudável e de baixo custo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

2.1.1 Matéria-prima

A berinjela foi adquirida no comércio local de João Pessoa-PB. Sua escolha foi realizada segundo Moreira, Trani e Tivelli (2006), tomando-se como critério a coloração escura da casca, o comprimento (170 mm), o diâmetro (70 mm) e a firmeza da matéria-prima em questão, de modo a garantir uma melhor uniformidade da matéria-prima. Sua caracterização físico-química é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BERINJELA

Análises	Valor médio	
Umidade (%)	93,66	± 0,11
Proteínas (%)	1,15	± 0,05
Lipídios (%)	0,14	± 0,01
Açúcares redutores (%)	2,25	± 0,02
Açúcares totais (%)	2,26	± 0,02
Cinzas (%)	0,32	± 0,01
Acidez (% ácido cítrico)	0,06	± 0,01
Sólidos solúveis (°Brix)	4,00	± 0,10
Atividade de água	0,992	± 0,000

2.1.2 Soluções osmóticas

As soluções osmóticas foram preparadas com água destilada, sacarose e cloreto de sódio comerciais, em concentrações definidas através de um planejamento experimental, sendo que a quantidade de cada soluto variou de 3,75 a 6,25% (p/p) e de 27,5 a 42,5% (p/p) para o cloreto de sódio e açúcar, respectivamente.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Processamento

As berinjelas foram submetidas ao seguinte processamento: (1) lavagem e sanitização em uma solução de água clorada a 50 ppm durante 15 minutos; (2) corte circular (rodela) com espessura de 4 mm realizada em cortador manual de frios (marca Siemsen); (3) imersão das rodela em solução de metabissulfito de sódio a 1% por 2 minutos, de modo a prevenir reações de escurecimento não enzimático conforme aplicado por EREN e ERTEKIN (2006) além de inativar enzimas;

(4) branqueamento com vapor saturado (100°C) por 1 minuto, de modo a promover uma quebra da estrutura celular e inativar enzimas; (5) transferência das amostras previamente drenadas da solução de metabissulfito de sódio e pesadas para recipientes de aproximadamente 250 mL, juntamente com a solução osmótica; (6) desidratação osmótica; (7) secagem convectiva.

2.2.2 Desidratação osmótica

O processo de desidratação osmótica foi realizado em uma incubadora “Shaker” (marca SOLAB, modelo SL-221) com controle de agitação a 100 rpm e temperaturas (30-50°C). As amostras juntamente com a solução osmótica foram colocadas em recipientes de vidro com tampa e foi utilizado uma proporção amostra:solução de 1:10, a fim de se evitar a diluição da solução durante o processo.

As amostras foram retiradas em tempos que variam de 142,5 a 247,5 minutos. Após serem retiradas da incubadora, as amostras foram lavadas com uma quantidade pré-estabelecida de água destilada para se remover o excesso de solução desidratante e finalmente drenadas.

2.2.3 Secagem convectiva

Após a desidratação osmótica, as amostras foram secas em um secador de bandejas com uma velocidade do ar de secagem de 1m/s a uma temperatura de 60°C. O tempo de secagem foi determinado mediante uma cinética no ensaio onde ocorre o maior ganho de sólidos, ou seja, maior tempo de secagem. Esse tempo foi de 4 horas de secagem.

2.2.4 Planejamento experimental

Para estudar os efeitos do tempo de imersão, temperatura e concentração de açúcar e cloreto de sódio no produto desidratado osmoticamente e seco foi realizado um planejamento experimental fatorial completo com quatro variáveis independentes, avaliadas em dois níveis (- e +) e quadruplicata nos pontos centrais (0), totalizando 20 experimentos.

As variáveis dependentes do planejamento foram a perda de água (PA), o ganho de sacarose (GSac), o ganho de sódio (GSódio), relação GSac/GSódio e a atividade de água (a_w). A Tabela 2, mostra a planilha de planejamento utilizada para o estudo. Ressalta-se que o experimento foi executado em triplicata.

TABELA 2 – VARIÁVEIS INDEPENDENTES CODIFICADAS

Variáveis	-1	0	+1
Temperatura (°C)	30,00	40,00	50,00
Concentração de sacarose (% p/p)	27,50	35,00	42,50
Concentração de cloreto de sódio (% p/p)	3,75	5,00	6,25
Tempo (min.)	142,50	195,00	247,50

As faixas utilizadas neste trabalho para as concentrações de sacarose e cloreto de sódio foram obtidas por ensaios preliminares. A faixa adotada para o

tempo e temperatura de imersão foi baseada na literatura sobre desidratação osmótica de vegetais.

Os cálculos envolvidos com as variáveis dependentes supracitadas possuem suas respostas baseadas nas equações de 2.1 a 2.5.

$$\frac{\frac{M}{U} - \frac{M}{U_0}}{\frac{M}{U} - \frac{M}{U_0} + \frac{M}{U_0} - \frac{M}{U_0}} = \frac{M}{U} - \frac{M}{U_0}$$

Onde:

M = massa da amostra (g);

U = teor de umidade da amostra, em base úmida (%);

Sac = conteúdo de sacarose na amostra (g);

Sal = conteúdo de cloreto de sódio na amostra (g);

$Sódio$ = conteúdo de sódio na amostra (g). Segundo a OMS (2006), 1g de cloreto de sódio contém 39,34% de sódio.

Os índices 0 e f representam o processo no início e no final (após secagem), respectivamente.

Foram ajustados modelos de primeira ordem segundo a metodologia de superfície de resposta. Para cada modelo, foi testada a falta de ajuste, a fim de avaliar a necessidade de se incluir termos de maior ordem (termos quadráticos, interação) ao modelo.

A análise de variância (ANOVA), a determinação dos coeficientes de regressão e a geração das superfícies de resposta foram realizadas pelo *software* Statistica 7.0.

2.2.5 Determinações analíticas

A berinjela foi caracterizada quanto ao teor de: umidade por secagem direta em estufa a vácuo até peso constante, proteínas pelo método micro-Kjeldahl, cinzas por incineração a 550°C, lipídios pelo método Soxhlet, sólidos solúveis por leitura direta da amostra a 20°C em refratômetro digital de bancada, acidez total titulável por titulometria com solução de hidróxido de sódio 0,1 N, considerando o ácido cítrico como predominante, seguindo a metodologia AOAC (1997), açúcares determinados pelo método descrito por Somogyi-Nelson (Nelson, 1944; Somogyi, 1945) e atividade de água por medida direta em medidor AQUALAB modelo (CX-2), após equilíbrio da amostra com o ambiente e na temperatura média de 25°C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as diferentes condições de desidratação osmótica de berinjela em soluções ternárias de sacarose e cloreto de sódio, após secagem convectiva, realizada de acordo com o planejamento experimental, constam na Tabela 3.

TABELA 3 – PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM DE BERINJELA

	T (°C)	CSac (%)	CSal (%)	Tempo (min)	PA (%)	GSac (%)	GSódio * (%)	GSódio/ GSac	a _w
1	30 (-1)	35(-1)	2,5(-1)	127,5(-1)	93,65	6,82	0,73	9,35	0,248
2	50 (+1)	35(-1)	2,5(-1)	127,5(-1)	93,47	7,45	3,17	2,35	0,257
3	30 (-1)	45(+1)	2,5(-1)	127,5(-1)	93,16	10,52	0,76	13,76	0,315
4	50 (+1)	45(+1)	2,5(-1)	127,5(-1)	93,04	14,33	0,66	21,87	0,350
5	30 (-1)	35(-1)	7,5(+1)	127,5(-1)	93,60	7,18	0,93	7,74	0,277
6	50 (+1)	35(-1)	7,5(+1)	127,5(-1)	93,50	8,03	1,75	4,59	0,288
7	30 (-1)	45(+1)	7,5(+1)	127,5(-1)	92,97	15,34	0,49	31,47	0,350
8	50 (+1)	45(+1)	7,5(+1)	127,5(-1)	92,80	18,72	0,41	46,15	0,360
9	30 (-1)	35(-1)	2,5(-1)	202,5(+1)	93,66	10,34	1,47	7,05	0,244
10	50 (+1)	35(-1)	2,5(-1)	202,5 (+1)	93,53	13,5	0,94	14,36	0,246
11	30 (-1)	45(+1)	2,5(-1)	202,5 (+1)	93,20	14,21	2,22	6,41	0,310
12	50 (+1)	45(+1)	2,5(-1)	202,5 (+1)	93,10	15,09	2,91	5,19	0,340
13	30 (-1)	35(-1)	7,5(+1)	202,5 (+1)	93,62	7,57	1,61	4,71	0,245
14	50 (+1)	35(-1)	7,5(+1)	202,5 (+1)	93,55	10,22	3,32	3,08	0,247
15	30 (-1)	45(+1)	7,5(+1)	202,5 (+1)	93,00	17,36	1,23	14,13	0,341
16	50 (+1)	45(+1)	7,5(+1)	202,5 (+1)	92,82	19,92	0,74	26,88	0,361
17	40 (0)	40(0)	5 (0)	165 (0)	93,30	13,6	1,81	7,50	0,270
18	40 (0)	40(0)	5 (0)	165 (0)	93,37	14,53	1,58	9,18	0,259
19	40 (0)	40(0)	5 (0)	165 (0)	93,29	13,65	1,80	7,58	0,284
20	40 (0)	40(0)	5 (0)	165 (0)	93,23	14,70	1,60	9,19	0,287

Uma análise de variância foi conduzida para determinar os efeitos significativos das variáveis de processo para cada resposta analisada no processo de desidratação osmótica em soluções ternárias de sacarose e cloreto de sódio, após secagem convectiva. Eliminando-se os fatores não-significativos, verificou-se a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ($p \leq 0,05$), pelo teste F, conforme apresentada na Tabela 4.

TABELA 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PA, GSac, GSódio, GSac/GSódio e a_w NO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM DE BERINJELA

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F _c	F _t
PA					
Regressão	1,432	4	0,358	248,78	3,06
Resíduo	0,021	15	0,001	-	-
Falta de ajuste	0,011	12	0,001	0,68	2,48(ns)
Total	1,454	19	-	-	R ² = 0,9852
GSac					
Regressão	273,871	6	45,645	28,67	2,92
Resíduo	20,697	13	1,592	-	-
Falta de ajuste	19,701	10	1,970	1,24	2,67(ns)
Total	294,568	19	-	-	R ² = 0,9297
GSódio					
Regressão	8,746	8	1,093	2,19	2,95
Resíduo	5,481	11	0,498	-	-
Falta de ajuste	5,434	8	0,679	1,36	2,95(ns)
Total	14,227	19	-	-	R ² = 0,6202
GSac/GSódio					
Regressão	2123,937	9	235,993	11,26	3,02
Resíduo	209,525	10	20,953	-	-
Falta de ajuste	206,808	7	29,544	1,41	3,14(ns)
Total	2333,462	19	-	-	R ² = 0,9102
a_w					
Regressão	0,029	1	0,029	74,98	4,41
Resíduo	0,007	18	0,000	-	-
Falta de ajuste	0,006	15	0,000	1,11	2,27(ns)
Total	0,035	19	-	-	R ² = 0,8064

SQ = soma quadrática; GL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F_c = fator calculado (p≤0,05); F_t = fator tabelado (p≤0,05).

De acordo com a tabela 4, verificou-se que o planejamento fatorial linear com pontos centrais para as variáveis dependentes PA, GSac, GSódio, GSac/GSódio e a_w foi o mais adequado, não havendo a necessidade da adição de pontos axiais, pelo fato de os modelos terem sido estatisticamente significativos, com falta de ajuste não significativa. Para a variável dependente GSódio, o planejamento fatorial linear apresentou uma particularidade, o F_c para o modelo foi menor que o F_t, ambos na mesma ordem de grandeza. O coeficiente de determinação foi capaz de explicar o fenômeno em 62%, indicando que o modelo só seria significativo caso utilizássemos um nível de significância acima de 15%.

Os valores dos coeficientes de regressão do modelo estatístico para as variáveis dependentes nas diferentes condições de desidratação osmótica de berinjela em soluções ternárias da sacarose e cloreto de sódio, após secagem convectiva, são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 – COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PARA PA, GSac, GSódio, GSac/GSódio e a_w

Coeficientes	PA	GSac	GSódio	a_w	GSac/GSódio
β_0	93,293	12,654	1,506	0,294	12,627
β_1	-0,131	2,240	0,558	ns	3,731
β_2	-0,561	6,798	-0,563	0,084	14,080
β_3	-0,119	1,510	-0,298	ns	7,300
β_4	ns	2,478	0,691	ns	-6,932
β_{12}	ns	ns	-0,554	ns	4,848
β_{13}	ns	ns	ns	ns	1,934
β_{14}	ns	ns	-0,211	ns	ns
β_{23}	-0,109	2,788	-0,622	ns	10,550
β_{24}	ns	ns	0,504	ns	-8,228
β_{34}	ns	-1,028	ns	ns	-3,352

ns: não-significativo ($p > 0,05$).

Para todas as condições estudadas, foram alcançados níveis de perda de água acima de 90%. O processo de secagem, após a desidratação osmótica das amostras, foi crucial para que ocorresse uma perda de água considerável, e consequentemente uma redução da umidade (umidade final de 3,20% b.u., em média) e da atividade de água (0,294, em média), fazendo com que todas as amostras atingissem condições satisfatórias à conservação (Tabela 5).

Para a variável dependente GSac, a concentração de sacarose na solução osmótica foi o efeito de maior importância, onde uma maior concentração promoveu uma maior incorporação, seguido do efeito de interação entre a concentração de sacarose e a concentração de cloreto de sódio (Figura 1). A temperatura e o tempo de imersão também promoveram algum efeito sobre o ganho de sacarose, de modo que a temperatura e o cloreto de sódio parecem ter promovido alterações físicas na membrana celular do produto, promovendo um aumento da sua permeabilidade e acarretando uma maior penetração da sacarose (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006; BORIN, 2008).

Os níveis de ganho de sacarose variaram de 7 a 20%. De acordo com as necessidades diárias o teor deve ser no máximo de 55-75%/dia (OMS, 2003).

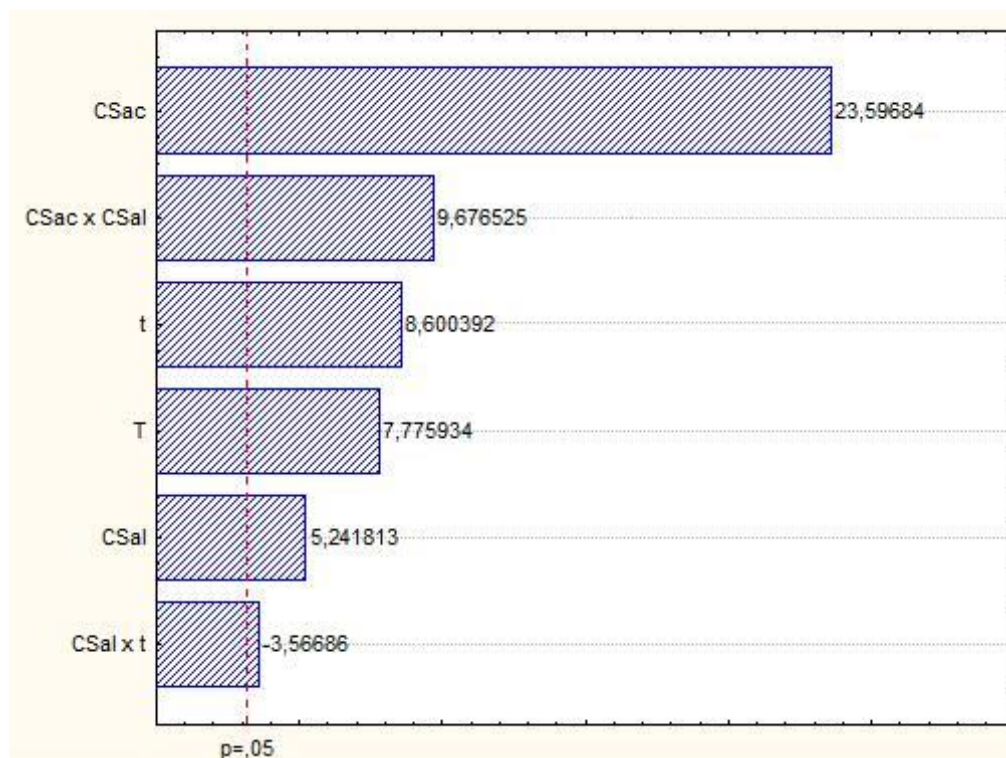


FIGURA 1- DIAGRAMA DE PARETO PARA GSac NO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE BERINJELA

O tempo foi a variável que mais influenciou GSódio, seguido do efeito de interação entre a concentração de sacarose e a concentração de cloreto de sódio (Figura 2).

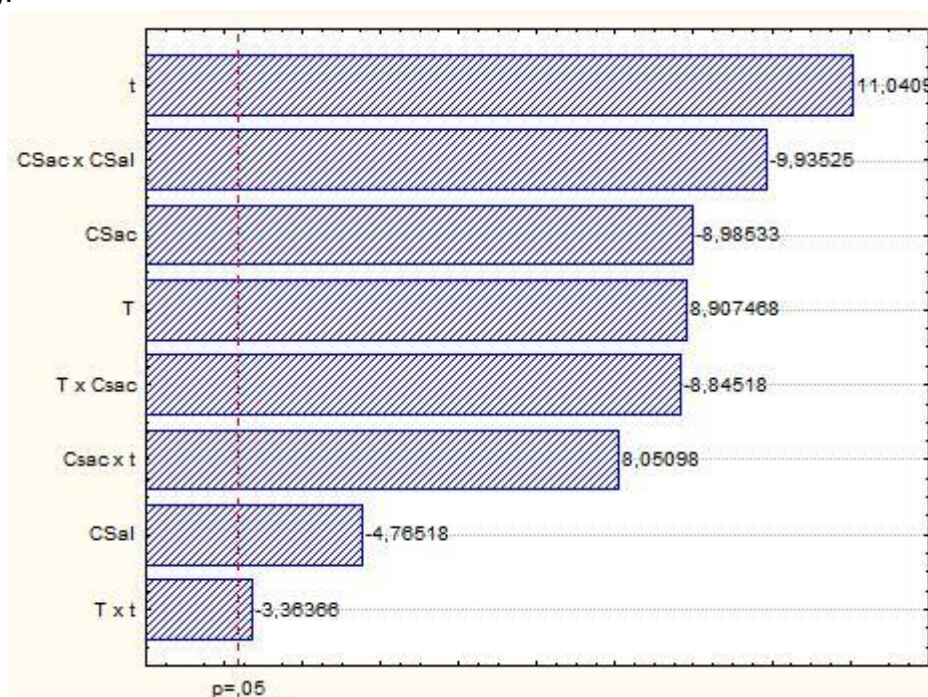


FIGURA 2- DIAGRAMA DE PARETO PARA GSódio NO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE BERINJELA

A concentração de sacarose exerceu uma influência inversamente proporcional sobre GSódio, apresentando um efeito, aproximadamente, duas vezes

maior que a concentração de cloreto de sódio, indicando que quanto maior o teor de sacarose na solução menor o conteúdo de sódio impregnado.

A temperatura influenciando positivamente no ganho de sódio faz com que o tecido vegetal se torne mais permeável à passagem de soluto, mas pelo fato de haver uma ação simultânea da sacarose e do cloreto de sódio, do ponto de vista de impregnação, observou-se um efeito negativo em relação ao ganho de sódio, possivelmente devido à formação de uma película na superfície da amostra promovendo assim uma resistência à transferência de massa do sal para dentro do tecido. O mesmo comportamento foi encontrado por Sacchetti *et al.*, 2001, Telis, Murari e Yamashita, 2004 e Borin, 2008, estudando maçã, tomate e abóbora, respectivamente.

Por diferença de concentração, a transferência de massa é regida inicialmente pelo cloreto de sódio, por possuir uma molécula menor e, logo após, pela sacarose que é responsável pela formação de uma película na amostra, atenuando a entrada de sódio ao final do processo.

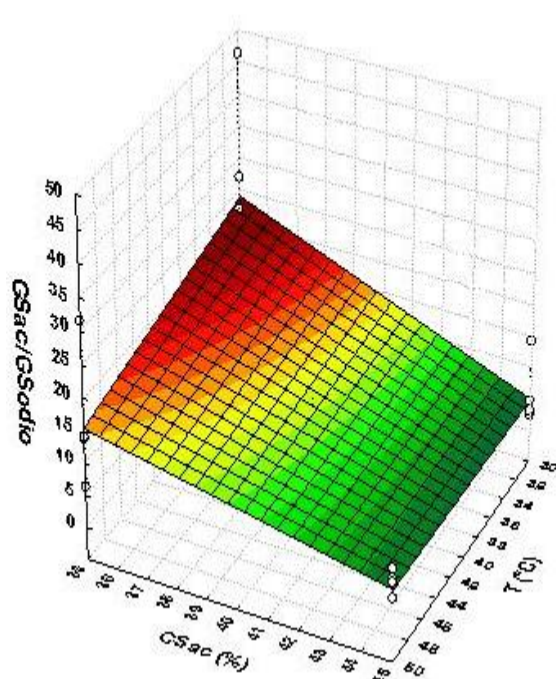
Os menores valores de ganho de sódio foram encontrados para concentrações de sacarose e cloreto de sódio acima do ponto central no planejamento experimental, ou seja, concentrações acima de 40% e 5%, respectivamente.

Observando o ganho de sódio, o mesmo variou de 0,4 a 3%. Segundo a OMS, a ingestão de sódio deve ser de no máximo 2g/dia (OMS, 2003). Comparando-se os resultados obtidos com diversas marcas de batata “chips”, nota-se que os níveis de sódio nessas amostras variam entre 0,4 e 0,7%. Sendo assim, as condições mais interessantes para obtenção do produto desejado seriam as condições onde houve valores de GSódio inferiores a tais produtos, como as condições 4, 7 e 8.

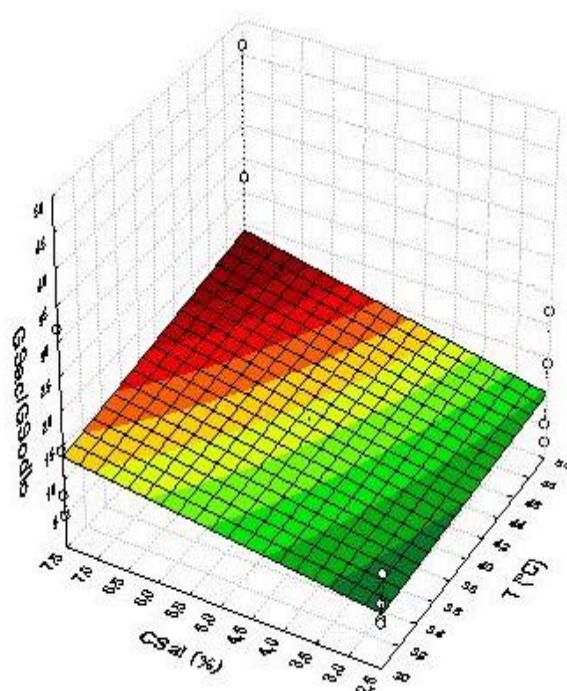
Uma vez que PA foi acima de 90% e a a_w foi menor que 0,4 para todos os ensaios, utilizou-se, como parâmetro para escolha da melhor condição do processo, a análise do agente osmótico, porém, como para GSódio o modelo não foi significativo a 5% de significância, utilizou-se a razão GSac/GSódio para tal escolha.

A condição ideal para obtenção de berinjela seca em forma de “chips” foi determinada pela razão máxima de GSac/GSódio, para o presente caso, uma vez que em todos os ensaios, os valores de perda de água foram similares e bastante elevados. A título de ilustração temos os cereais matinais que, apesar de conterem grandes quantidades de sal, têm sua percepção sensorial atenuada em função das grandes quantidades de açúcar encontradas no mesmo produto.

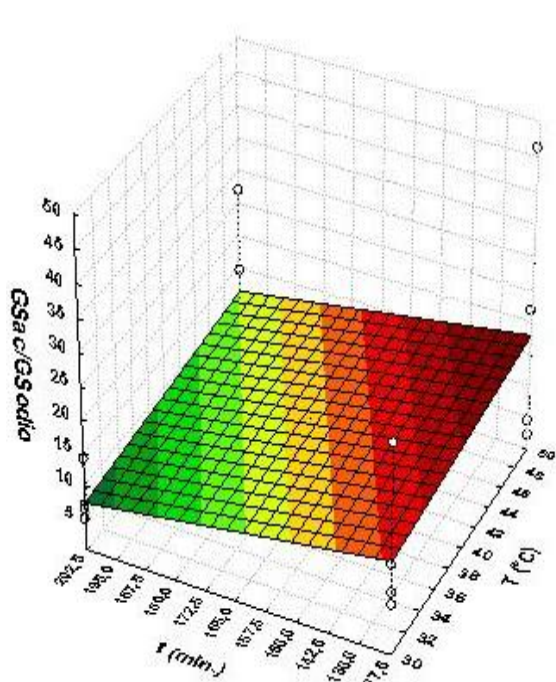
Analisando a Figura 5 (a, b, c, d, e, f) das superfícies de resposta para a relação GSac/GSódio, observa-se que para os maiores valores da relação, as condições do processo devem ser direcionadas a temperaturas, concentrações de açúcar e cloreto de sódio máximos e tempo de imersão mínimo.



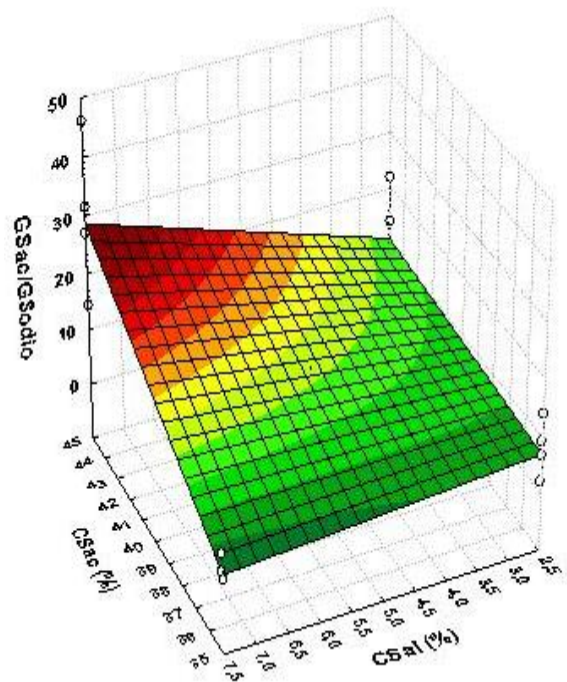
(a)



(b)



(c)



(d)

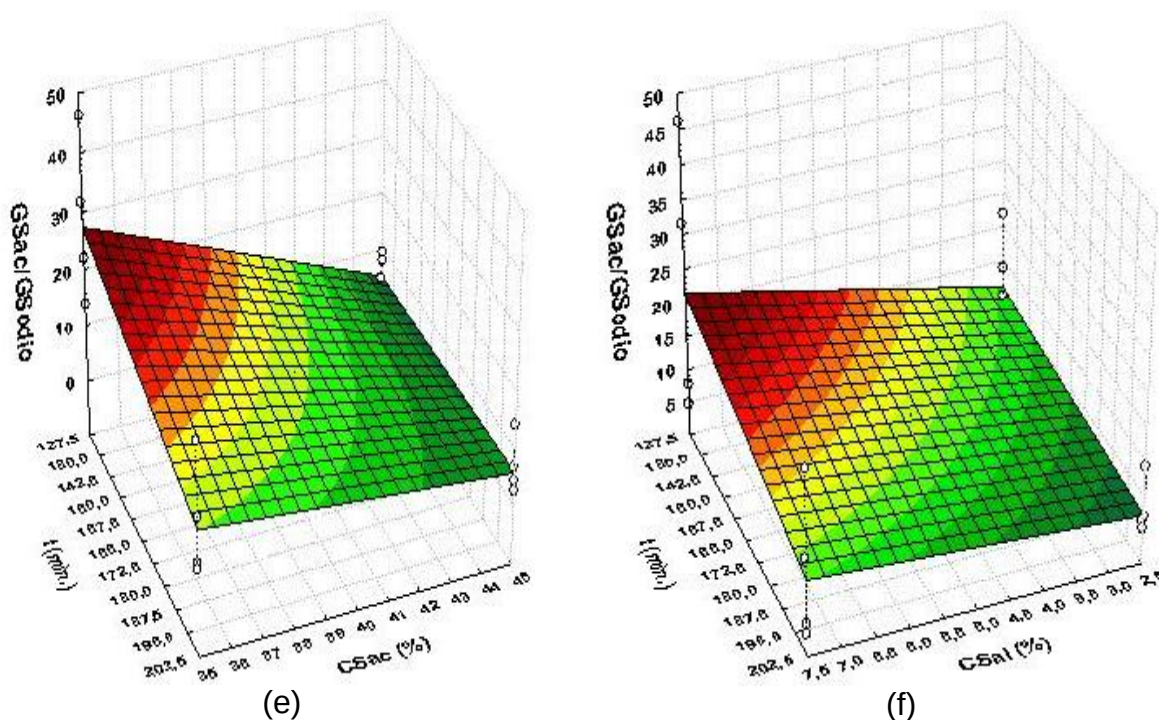


FIGURA 3 – SUPERFÍCIES DE RESPOSTA (a), (b), (c), (d), (e) E (f) PARA GSac/GSódio NO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE BERINJELA

Na escolha da melhor condição para obtenção de berinjela seca na forma de “chips”, seríamos levados, a princípio, a escolher a condição 1 ($T=30^{\circ}\text{C}$, $\text{CSac}=35\%$, $\text{CSal}=2,5\%$, $t=127,5$ minutos) como a melhor condição, em função dos baixos valores tanto de sódio quanto de açúcar encontrados. Observando-se mais atentamente, nota-se que a quantidade de sódio para tal condição encontra-se acima da média praticada no mercado para produtos “chips”, assim como um teor de açúcar muito baixo. Tal fato, certamente, implicaria em um produto sensorialmente mais salgado. Portanto, a condição escolhida, na faixa estudada do presente trabalho, foi a condição 8 ($T=50^{\circ}\text{C}$, $\text{CSac}=45\%$, $\text{CSal}=7,5\%$, $t=127,5$ minutos), por apresentar uma maior relação de ganho de sacarose e ganho de sódio (46,15:1), fazendo com que o teor de sódio no produto final fosse sensorialmente atenuado em função da presença da sacarose. Além disso, tal condição apresenta um teor de 43% e 18% de açúcar e sal, respectivamente, inferiores às médias encontradas em produtos comercializados no mercado, podendo ser considerado mais saudável.

4 CONCLUSÃO

A análise de variância demonstrou que, para as variáveis dependentes PA, GSac, GSac/GSódio e a_w , o modelo estatístico foi significativo a 5% de significância, enquanto que para GSódio, o modelo só seria significativo caso utilizássemos um nível de significância acima de 15%.

A condição ótima para máxima perda de água, mínima incorporação de sacarose e sódio e mínima atividade de água, corresponde a uma maior relação de ganho de sacarose e ganho de sódio, e essa condição foi obtida à temperatura de

50°C, concentração de sacarose de 45% concentração de cloreto de sódio de 7,5% e a um tempo de imersão de 127,5 minutos, sendo as amostras secas a uma temperatura de 60°C por 4 horas, a uma velocidade de 1 m/s, o que resultou em uma perda de água de 92,80 (g/100g de amostra fresca), um ganho de sacarose de 18,72 (g/100g de amostra fresca), um ganho de sódio de 0,41 (g/100g de amostra fresca), uma relação ganho de sacarose:ganho de sódio de 46,15:1 e atividade de água de 0,360.

Na obtenção de berinjela seca em forma de “chips”, obteve-se um produto final com um teor de sódio sensorialmente atenuado devido à presença da sacarose e sendo considerado, portanto, mais saudável em função dos menores teores de sódio e sacarose, quando comparado com os similares comerciais, assim como também, pela não utilização do processo de fritura convencional. Além disso, possui um custo de produção relativamente baixo, podendo ainda, tal custo ser minimizado com o uso da secagem solar indireta.

O produto obtido pode ser melhorado com a adição de aromas e especiarias, de modo que características de qualidade sensoriais como cor e sabor agradáveis possam ser alcançadas.

ABSTRACT

This work aimed to utilize the combined osmotic dehydration and convective drying process to obtain eggplant chips by a non-conventional healthier and more low cost way. The combined process was studied through a factorial experimental design having as independent variables the temperature (30-50°C), sucrose (27,5 to 42,5% w/w) and sodium chloride (3,75 to 6,25% w/w) solution concentrations and immersion time (142,5 to 247,5 min.). The dependent ones were the water loss (PA), sucrose gain (GSac), sodium gain (GSódio), and the GSac/GSódio ratio. Samples from each osmotic condition were dried at 60°C for 4 hours in a convective dryer with a 1m/s air velocity. The objective was to obtain a maximum water loss with a minimum sucrose and sodium impregnation. Once PA was above 90% and water activity was less than 0,4 for all samples, it was used the GSac/GSódio. Thus, from this analysis, the best way to obtain eggplant chips was at 50°C, with a sucrose and sodium chloride concentrations of 45% and 7,5%, respectively, for 127,5 minutes. This independent variables combination led to a final product with its sodium content sensory attenuated due the sucrose presence.

KEYWORDS: CHIPS, OSMOTIC DEHYDRATION, CONVECTIVE DRYING, TERNARY SOLUTION, EGGPLANT.

5 REFERÊNCIAS

- 1 ARAÚJO, E. M.; MENEZES, H. C. Estudo de fibras alimentares em frutas e hortaliças para uso em nutrição enteral ou oral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.42-47, 2010.
- 2 AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Washington, 1997. v. 2.

- 3 BARBANTI, D.; MASTROCOLA, D.; SEVERINI, C. Air drying of plums. A comparison among twelve cultivars. **Sciences des Aliments**, n.14, p.61-73, 1994.
- 4 BORIN, I.; FRASCARELI, E. C.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.1, p.39-50, 2008.
- 5 CARPER, J. **Alimentos: o melhor remédio para a boa saúde**. Rio de Janeiro: Ed. Campus. 632p, 1995.
- 6 CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v.24, p. 397-404, 2006.
- 7 CORZO, O.; GOMEZ, E. R. Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. **Journal of Food Engineering**, v.64, n.1, p.213-219, 2004.
- 8 DIXON, G. M.; JEN, J. Changes of sugar and acid in osmovac dried apple slices. **Journal of Food Science**.v.42, p.1126-1131, 1977.
- 9 EREN, I.; KAYMAK-ERTEKIN, F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v.79, n.1, p. 344-352, 2007.
- 10 GIANGIACOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO, E. Osmotic dehydration of fruit: Part 1.Sugars exchange between fruit and extracting syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.11, p.183-195, 1987.
- 11 HENZ, G. P.; SILVA, C. Conservação de frutos de berinjela cv. Ciça através de refrigeração e embalagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.2, p. 157-162, 1995.
- 12 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de orçamentos familiares, Rio de Janeiro, p.1-777, 2009.
- 13 JORGE, P. A. R.; NEYRA, L. C.; OSAKI, R. M.; ALMEIDA, E.; BRAGAGNOLO, N. Efeito da berinjela sobre os Lípides plasmáticos, a peroxidação lipídica e a reversão da disfunção endotelial na hipercolesterolemia experimental. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.70, n.2, p. 87-91,1998.
- 14 JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Fome oculta. **Agroanalysis**, v.21, p.8-12, 2001.
- 15 KALLOO, G. Eggplant – *Solanum melongena* L. In: KALLOO, G.; BERGH, B. O. Genetic Improvement of vegetable crops. **Oxford: Pergamon Press**. p.587-604, 1993.

- 16 LENART, A. Osmo-convective, drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, v.14, p.391-413, 1996.
- 17 LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. **Journal of Food Science**, v.50, p.1217-1226, 1985.
- 18 LEWICKI, P. P.; JAKUBCZYK, E. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. **Journal of Food Engineering**, v.64, p.307-314, 2004.
- 19 MOREIRA, S.R.; TRANI, P.E.; TIVELLI, S.W. Berinjela.Campinas:IAC, 2006.Disponível em: <www.iac.sp.gov.br/tecnologias/berinjela/berinjela.htm> Acesso em: 10 mar. 2011.
- 20 MERCALI, G.D.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. C.; NOREÑA, C. P. Z. Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, L.). **Food Science and Technology**, v.44, p.82-91, 2011.
- 21 NELSON, N.A. Photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-80, 1944.
- 22 OMS – Organização Mundial da Saúde. **Reducción del consumo de sal en la población**. Foro de la OMS. Paris, 2006.
- 23 PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 15-24, jan./jun. 2004.
- 24 RAOULT-WACK, A. L.; LENART, A.; GUILBERT, S. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**, v.5, p.225-260, 1994.
- 25 RODRIGUES, S., FERNANDES, F. A. N. Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, v.80, p.678-687, 2007.
- 26 SABLANI, S. S.; RAHMAN, M. S. Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**.v.36, p.65-71, 2003.
- 27 SACCHETTI, G.; GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 163-173, 2001.
- 28 SAGUY, I. S.; DANA, D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, v.56, n.2-3, p.143-152, 2003.

- 29 SERENO, A. M.; MOREIRA, R.; MARTINEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple single and combined aqueous solution of sugar and salts. **Journal of Food Engineering**, v.47, p.43-49, 2001.
- 30 SOMOGYI, M. A New Reagent for Determination of Sugars. **A new Sugar Reagent**, May p. 61 — 68, 1945.
- 31 SOUZA, J. S.; MEDEIROS, M. F. D.; MAGALHÃES, M. M. A.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Optimization of osmotic dehydration of tomatoes in a ternary system followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, v.83, n.1, p.501-509, 2007.
- 32 TELIS, V. R. N.; MURARI, R. C. B. D. L.; YAMASHITA, F. Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. **Journal of Food Engineering**, v.61, p.253-2594, 2004.
- 33 TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p.715-723, 2006.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo auxílio financeiro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na obtenção de berinjela seca em forma de “chips”, obteve-se um produto final com um teor de sódio sensorialmente atenuado devido à presença da sacarose e sendo considerado, portanto, mais saudável em função dos menores teores de sódio e sacarose, quando comparado com os similares comerciais, assim como também, pela não utilização do processo de fritura convencional. Além disso, possui um custo de produção relativamente baixo, podendo ainda, tal custo ser minimizado com o uso da secagem solar indireta.

O produto obtido pode ser melhorado com a adição de aromas e especiarias, de modo que características de qualidade sensoriais como cor e sabor agradáveis possam ser alcançadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, D. G. **Obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem**. 2003. 164f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- ANJO, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**. v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1999. p. 319-329.
- ARAÚJO, E. M.; MENEZES, H. C. Estudo de fibras alimentares em frutas e hortaliças para uso em nutrição enteral ou oral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.42-47, 2010.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington: AOAC, 1997. v. 2.
- BARBANTI, D.; MASTROCOLA, D.; SEVERINI, C. Air drying of plums. A comparison among twelve cultivars. **Sciences des Aliments**, n.14, p.61-73, 1994.
- BARROS NETO, B. de; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas, Editora da UNICAMP, 2003.
- BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 38-41, 2003.
- BORIN, I.; FRASCARELI, E. C.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.1, p.39-50, 2008.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters. Na introduction designs, data analysis and model building**. Nova York: Wiley, 1978.
- CARPER, J. **Alimentos: o melhor remédio para a boa saúde**. Rio de Janeiro: Ed. Campus.632p, 1995.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v.24, p. 397-404, 2006.

CORZO, O.; GOMEZ, E. R. Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. **Journal of Food Engineering**, v.64, n.1, p.213-219, 2004.

DAUDIN, J. D. Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides. In: **Sciences dês Aliments**, [s.n.], v.3, p.1-36, 1983.

DE LA CRUZ, A. G. **Desidratação e secagem de berinjela**. 1998. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

DILLARD, C. J.; GERMAN, J. B. Phytochemicals: nutraceuticals and human health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n.80, p.1744-1756, 2000.

DIPLOCK, A. T.; AGGETT, P. J.; ASHWELL, M.; BORNET, F.; FERN, E. B.; ROBERFROID, M. B. Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. **British Journal of Nutrition**, 88: S1-S27 (Suppl. 1), 1999.

DITCHFIELD, C. Estudo dos métodos para a medida da atividade de água. (Dissertação de Mestrado – Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), 195p, 2000.

DIXON, G. M.; JEN, J. Changes of sugar and acid in osmovac dried apple slices. **Journal of Food Science**.v.42, p.1126-1131, 1977.

DRAGSTED LO; STRUBE M; LETH T. 1997. Dietary levels of plant phenols and other non-nutritive components: could they prevent cancer? **European Journal of Cancer Prevention**. v.6, p.522-528.

EMBRAPA. Berinjela (*Solanum melongena* L.). Brasília: Embrapa-CNPq. Sistemas de Produção, 3, ISSN 1678-880x Versão Eletrônica, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela_Solanum_melongena_L/coeficientestecnicos.html>. Acesso em: 03 fev. 2011.

EREN, I.; KAYMAK-ERTEKIN, F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v.79, n.1, p. 344-352, 2007.

IOREZE, R. **Princípios de Secagem de Produtos Biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2004. 229p.

FRUTHOTEC. **Desidratação de frutas e hortaliças**: Manual técnico. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 2001.

GIANGIACOMO, R.; TORREGGIANI, D.; ABBO, E. Osmotic dehydration of fruit: Part 1. Sugars exchange between fruit and extracting syrups. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.11, p.183-195, 1987.

HEMEDA, H.M.; KLEIN, B.P. Inactivation and regeneration of peroxidase activity in vegetable extracts treated with antioxidants. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 1, p. 68-71, 1991.

HENZ, G. P.; SILVA, C. Conservação de frutos de berinjela cv. Ciça através de refrigeração e embalagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.2, p. 157-162, 1995.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, Rio de Janeiro, p.282, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de orçamentos familiares, Rio de Janeiro, p.1-777, 2009.

ICMSF – International Commission on Microbiological Specifications for Foods. **Microorganismos de los alimentos**: ecología microbiana de los productos alimentarios. v.2. Zaragoza: Acribia, 2001. 332p.

JORGE, P. A. R.; NEYRA, L. C.; OSAKI, R. M.; ALMEIDA, E.; BRAGAGNOLO, N. Efeito da berinjela sobre os lípides plasmáticos, a peroxidação lipídica e a reversão da disfunção endotelial na hipercolesterolemia experimental. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.70, n.2, p. 87-91, 1998.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Fome oculta. **Agroanalysis**, v.21, p.8-12, 2001.

KALLOO, G. Eggplant – *Solanum melongena* L. In: KALLOO, G.; BERGH, B. O. Genetic Improvement of vegetable crops. **Oxford: Pergamon Press**. p.587-604, 1993.

KASHYAP, V.; VINOD KUMAR, S.; COLLONNIER, C.; FUSARI, F. Biotechnology of eggplant. **Scientia Horticulturae**, v.97, p.1-25, 2003.

LABUZA, T.P.; SIMON, I.B. Surface tension effects during dehydration. Air drying of apple slices. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 24, n.6, p.712-15, 1970.

LENART, A. Osmo-convective, drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, v.14, p.391-413, 1996.

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. **Journal of Food Science**, v.50, p.1217-1226, 1985.

LEWICKI, P. P.; JAKUBCZYK, E. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. **Journal of Food Engineering**, v.64, p.307-314, 2004.

MASTRANGELO, M. M.; ROJAS, A. M.; CASTRO, M. A.; GERSCHENSON, L. N.; ALZAMORA, S. M. Texture and structure of glucose-infused melon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 769-776, 2000.

MOREIRA, S.R.; TRANI, P.E.; TIVELLI, S.W. Berinjela. Campinas: IAC, 2006. Disponível em: <www.iac.sp.gov.br/tecnologias/berinjela/berinjela.htm> Acesso em: 10 mar. 2011.

MANHEIM, C. H.; LIU, J. X.; GILBERT, S. G. Control of water in foods during storage. **Journal of Food Engineering**, n.22, p. 509-532, 1994.

MERCALI, G.D.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. C.; NOREÑA, C. P. Z. Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, L.). **Food Science and Technology**, v.44, p.82-91, 2011.

MIZRAHI, S.; EICHLER, S.; RAMON, O. Osmotic dehydration phenomena in gel systems. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.49, n.1, p.87-96, 2001.

NELSON, N. A fotometric adaptaion of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-80, 1944.

NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação. Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP. TACO – **Tabela de Composição de Alimentos**. Versão II.2. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.

OMS – Organização mundial da saúde. **Reducción del consumo de sal em lapoblación**. Foro de la OMS. Paris, 2006.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. **Journal of FoodEngineering**, v.56, p.97-103, 2002.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; DE OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas, 2007. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html>> Acesso em: 16 mar. 2011.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 15-24, jan./jun. 2004.

PIMENTEL, B. M. V.; FRANCKI, M.; GOLLÜCKE, B. P. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 2005.

PINEDO, A. A. **Secagem a vácuo de cenoura (*Daucus carota*) e abóbora (*Cucurbita máxima*): estudo das características do processo**. 2003. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2003.

QI, H.; LE MAGUER, M.; SHARMA, S. K. Design and selection of processing conditions of a pilot scale contact or for continuous osmotic dehydration of carrots. **Journal of Food Processing and Engineering**, v.21, p.75-88, 1998.

RAOULT-WACK, A. L.; LENART, A.; GUILBERT, S. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**, v.5, p.225-260, 1994.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. **LWT-Food Science and Technology**, v.37, p.43–47, 2004.

RODRIGUES, S., FERNANDES, F. A. N. Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, v.80, p.678-687, 2007.

SABLANI, S. S.; RAHMAN, M. S. Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**, v.36, p.65-71, 2003.

SACCHETTI, G.; GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 163-173, 2001.

SAGUY, I. S.; DANA, D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, v.56, n.2-3, p.143-152, 2003.

SERENO, A. M.; MOREIRA, R.; MARTINEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple single and combined aqueous solution of sugar and salts. **Journal of Food Engineering**, v.47, p.43-49, 2001.

SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **B.CEPPA**, Curitiba v. 27, n. 1, p. 83-96 jan./jun. 2009

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, vol.15, n.1, p.71-81, 2002.

SOKARI, T.G.; WACHUKWU, C.K. Detoxification of ijapu, a fermented cassava product similar to potato chips. **Tropical Scienc.**, v. 33, n. 2, p. 145-151, 1993.

SOMOGYI, M. A New Reagent for Determination of Sugars. **A new Sugar Reagent**, May p. 61-68, 1945.

SOUZA, J. S.; MEDEIROS, M. F. D.; MAGALHÃES, M. M. A.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Optimization of osmotic dehydration of tomatoes in a ternary system followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, v.83, n.1, p.501-509, 2007.

TELIS, V. R. N.; MURARI, R. C. B. D. L.; YAMASHITA, F. Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. **Journal of Food Engineering**, v.61, p.253-2594, 2004.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p.715-723, 2006.

TOREZAN, G. A. P. Desenvolvimento do processo combinado de desidratação osmótica-fritura para obtenção de *chips* de manga. 2005. 291f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2005.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, p. 59 – 68, 1993.

UBOLDI EIROA, M. N. **Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas. In: Desidratação de Frutas e hortaliças** - Manual Técnico. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 6.1-6.26, 2001.