

# PREDIÇÃO DA PERDA DE ÁGUA POR DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA COMO PRÉ-TRATAMENTO DO CONGELAMENTO DA MANDIOCA

Manoel Soares Júnior<sup>1</sup>  
Márcio Caliarí<sup>1</sup>  
Camila Senne<sup>2</sup>  
Denise Cerqueira<sup>1</sup>  
Isabella Vidott Gomes<sup>1</sup>

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar condições ótimas para desidratação osmótica de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) submetida, em seqüência, a congelamento e fritura e à avaliação sensorial. Os resultados mostraram desidratação máxima em torno de 11,5 g de água por 100 g da massa inicial, nas seguintes condições: concentração de 8 g de cloreto de sódio e 60 g de sacarose por 100 mL de solução, 20 minutos de tempo de contato e temperatura de 50°C. A avaliação sensorial mostrou que a desidratação osmótica, seguida de congelamento e fritura, pode ser uma nova alternativa viável para o mercado consumidor de mandioca.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta* Crantz, processamento, análise sensorial

## ABSTRACT

### MOISTURE LOSS PREDICTION BY OSMOTIC DEHYDRATION AS A PRETREATMENT FOR CASSAVA FREEZING

The objective of this research was to study the optimum conditions for osmotic dehydration of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), submitted in sequence to freezing, frying, and sensorial analysis. The results showed maximum dehydration at about 11.5 g of moisture per 100 g of the initial mass, under the following conditions: concentration of 8 g of sodium chloride and 60 g of sucrose per 100 mL of solution, 20 minutes of contact time, and a temperature of 50°C. The sensorial evaluation indicated that osmotic dehydration of cassava before freezing and frying can be a viable alternative for the consumer market.

**Key words:** *Manihot esculenta* Crantz, processing, sensorial analysis

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás/UFGE-mail: manoel@agro.ufg.br

<sup>2</sup>Uni-BH. Belo Horizonte, MG. macaliari@ig.com.br

## INTRODUÇÃO

Originária da América do Sul, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), também conhecida por aipim ou macaxeira, constitui um dos principais alimentos energéticos para cerca de 500 milhões de pessoas, sobretudo nos países em desenvolvimento. Mais de oitenta países produzem mandioca, e o Brasil participa com mais de 15% da produção mundial. De fácil adaptação, a mandioca é cultivada principalmente por produtores de pequeno porte, em sistemas de produção com pouco ou nenhum uso de tecnologia moderna, especialmente agroquímicos (Embrapa, 2005).

A utilização das raízes frescas de mandioca é limitada pelo seu pequeno tempo de armazenamento, uma vez que a deterioração das raízes pode ocorrer no período de 24 a 72 horas após a colheita, tornando-as inaceitáveis para o consumo humano (Filgueira, 2000).

O consumo de raízes frescas já foi muito mais importante no hábito alimentar brasileiro, mas uma gama muito grande de produtos industrializados, como raízes e tubérculos enlatados, pré-cozidos e congelados, tem substituído a mandioca (Pereira & Béleia, 2004), pois, com o aumento da participação das mulheres no mercado de trabalho, o tempo destinado à manipulação de alimentos diminuiu, uma vez que essas geralmente são responsáveis pela preparação das refeições na maioria dos lares do País. Além disso, a maioria dos habitantes dos médios e grandes centros não dispõe de tempo para ir diariamente aos mercados comprar alimentos frescos, optando por produtos com vida útil maior que a dos alimentos *in natura* e com preparo mais simples e prático possível. Assim, a venda de congelados ou de produtos desidratados tem aumentado (Pearl, 1990; Ohlsson, 1994).

O congelamento é uma técnica que tem sido utilizada com sucesso para a redução da deterioração de produtos vegetais. Porém, dependendo do material e do processo a que foi submetido antes do congelamento, pode perder algumas de suas características nutricionais (vitaminas) e sensoriais (alteração de sabor, textura e cor) (Gregório *et al.*, 1996; Paschoalino *et al.*, 1980).

A desidratação osmótica é geralmente usada como etapa anterior aos processos de congelamento, liofilização, secagem a vácuo e secagem por ar quente (Mastrangelo, 2000). Essa técnica emprega soluções de

alta pressão osmótica, em que dois fluxos são estabelecidos: um, da água do alimento para a solução, e outro do soluto da solução para o alimento, graças ao gradiente de concentração. Nesse sentido, o pré-tratamento osmótico de alimentos pode melhorar aspectos nutricionais, funcionais e sensoriais (Ponting, 1973; Torreggiani, 1993). A melhoria dos aspectos nutricionais e funcionais está diretamente relacionada à diminuição do teor de água e ao conseqüente aumento na concentração dos nutrientes e do teor de fibras. Já o aspecto sensorial é melhorado porque o tratamento osmótico não muda a integridade do alimento, de maneira que o dano térmico à textura, à cor e ao aroma é minimizado. A manutenção dessas características pode aumentar o tempo de vida útil e a probabilidade de aceitação do produto processado, pelos consumidores (Barros Netto, 2001).

Diversas pesquisas têm sido feitas com hortaliças (batata-inglesa, cenoura, batata-baroa, pimentão, vagem e beterraba), dando ênfase aos parâmetros que influem no processo de desidratação osmótica (Islam & Flink, 1982; Lenart & Grodecka, 1989; Caliani, 2004; Caliani & Soares Júnior, 2004). Dentre as variáveis estudadas, podem-se citar temperatura da solução osmótica, tempo de contato com a solução, concentração da solução e branqueamento da matéria-prima.

O objetivo deste trabalho foi otimizar as condições para a desidratação osmótica da mandioca e avaliar sensorialmente o produto depois de desidratado osmoticamente, congelado e frito.

## MATERIAL E MÉTODOS

Raízes de mandioca, de tamanhos uniformes, foram adquiridas no CEASA de Belo Horizonte-MG. Os agentes osmóticos utilizados foram a sacarose (açúcar comercial) e o cloreto de sódio (sal comercial).

Para o estudo dos efeitos da desidratação osmótica nessa mandioca, utilizou-se o delineamento rotacional composto, associado ao método de superfície de resposta (MSR) (Tabela 1).

Todos os testes foram realizados em triplicata. Estudou-se o efeito de quatro variáveis independentes: concentração de NaCl ( $X_1$ ) e concentração de sacarose ( $X_2$ ) na solução; tempo de contato da mandioca com

solução ( $X_3$ ) e temperatura da solução ( $X_4$ ). A variável-resposta avaliada foi a perda de umidade (Y). Estas variáveis e as faixas de trabalho foram definidas após ensaios preliminares. Os valores reais foram codificados em cinco níveis diferentes: -2, -1, 0, 1, 2 (Tabela 2).

A variável-resposta, ou perda de umidade do

produto em base úmida, foi determinada por pesagem antes e após o tratamento.

Depois de selecionadas de acordo com o tamanho e o diâmetro, as raízes foram lavadas, descascadas e cortadas em “fatias” com espessura de 1,0 cm e diâmetro aproximado de 4,0 cm. Foram, então, pesadas para

**Tabela 1.** Estrutura dos tratamentos

Tratamento	Sal ( $X_1$ )	Açúcar ( $X_2$ )	Tempo ( $X_3$ )	Temperatura ( $X_4$ )
1	-1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1	-1
3	-1	+1	-1	-1
4	+1	+1	-1	-1
5	-1	-1	+1	-1
6	+1	-1	+1	-1
7	-1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	-1
9	-1	-1	-1	+1
10	+1	-1	-1	+1
11	-1	+1	-1	+1
12	+1	+1	-1	+1
13	-1	-1	+1	+1
14	+1	-1	+1	+1
15	-1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	-2	0	0	0
21	+2	0	0	0
22	0	-2	0	0
23	0	+2	0	0
24	0	0	-2	0
25	0	0	+2	0
26	0	0	0	-2
27	0	0	0	+2
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0

Fonte: (Barros Netto *et al.*, 2001)

**Tabela 2.** Níveis codificados e reais das variáveis independentes

Variáveis	Níveis codificados/Níveis reais				
	-2	-1	0	1	2
$X_1$ : NaCl [g.(100mL de solução) <sup>-1</sup> ]	0	2	4	6	8
$X_2$ : Sacarose [g.(100mL de solução) <sup>-1</sup> ]	0	15	30	45	60
$X_3$ : Tempo (min)	10	20	30	40	50
$X_4$ : Temperatura (°C)	30	40	50	60	70

obtenção do peso inicial e acondicionadas em béqueres cobertos por vidro de relógio.

As soluções foram preparadas em concentrações diferentes de açúcar e sal em água destilada, de acordo com o delineamento experimental (Tabelas 1 e 2). A solução foi dividida em porções de 100 mL e transferida para béqueres de 250 mL numerados. Logo após, os béqueres foram colocados no banho-maria até atingirem a temperatura desejada, que variou de 30°C a 70°C (Tabelas 1 e 2).

Após a solução atingir a temperatura desejada, as amostras (em triplicata) foram imersas, nos béqueres, nas soluções correspondentes. Elas foram retiradas depois de um intervalo que variou entre 10 e 50 minutos, também de acordo com o delineamento experimental (Tabelas 1 e 2). O excesso de solução osmótica foi drenado e a superfície seca com papel-toalha para se obter o peso final. Imediatamente depois disso, as porções desidratadas foram ensacadas a vácuo, identificadas e congeladas em freezer comum a -18°C, por um período de 30 dias.

Antes e após o processo de desidratação, realizaram-se determinações de massa da amostra, em balança analítica. Em seguida, foram realizados os cálculos da porcentagem de perda de água de cada tratamento. O cálculo da perda de umidade foi realizado pela expressão:

$$\text{Perda de Umidade} = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

em que a perda de umidade é dada em grama de água.(100 grama)<sup>-1</sup> da amostra;  $M_i$  é a massa inicial em gramas, antes da desidratação; e  $M_f$ , a massa final em gramas, após a desidratação.

Depois de obtidas as respostas para todos os tratamentos, procederam-se à determinação das condições ótimas. Os gráficos bi e tridimensionais, a análise de variância (ANOVA) e a descrição matemática do processo foram obtidos através dos programas computacionais *Statística 5.0* (1995) e *The SAS System* (1996).

Para a realização da análise sensorial, utilizaram-se as amostras das três melhores condições de desidratação osmótica onde se obtiveram as maiores perdas de umidade, juntamente com uma amostra controle “não desidratada”, somente congelada nas mesmas condições das anteriores. A fritura foi realizada, sem o prévio cozimento das amostras, em fritadeiras industriais, em temperatura de 180°C, durante 4 minutos, utilizando-se óleo de soja.

A análise sensorial para a avaliação da preferência do produto foi aplicada a 40 consumidores. Foram avaliados os seguintes atributos (Moraes, 1993): aparência (escala hedônica de 9 pontos), textura (escala estruturada variando de -4 a 4, tendo o valor zero como ideal), sabor (escala hedônica de 9 pontos) e intenção de compra (escala hedônica de 5 pontos). As médias dos resultados da avaliação sensorial dessas três amostras (tratamentos) mais a controle (sem desidratação) foram analisadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), para checar a diferença entre médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Otimização da concentração osmótica

As médias dos resultados experimentais de perda de umidade para cada tratamento estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Médias de perda de umidade [g.(100 g de amostra)<sup>-1</sup>] dos tratamentos experimentais aplicados para desidratação osmótica

Tratamento	Perda de umidade [g.(100 g de amostra) <sup>-1</sup> ]	Tratamento	Perda de umidade [g.(100 g de amostra) <sup>-1</sup> ]
1	5,47	16	6,94
2	3,35	17	6,12
3	5,32	18	6,16
4	6,64	19	6,06
5	6,22	20	5,71
6	4,93	21	5,84
7	6,69	22	5,21
8	7,37	23	7,64

continua...

continuação

Tratamento	Perda de umidade [g.(100 g de amostra) <sup>-1</sup> ]	Tratamento	Perda de umidade [g.(100 g de amostra) <sup>-1</sup> ]
9	4,85	24	5,40
10	2,41	25	5,66
11	4,95	26	4,06
12	6,52	27	0,14
13	5,26	28	5,99
14	4,78	29	6,09
15	5,74	-	-

A estimativa da perda de umidade da mandioca, em função das concentrações de sal e de sacarose, do tempo de contato do produto com a solução e da temperatura da solução, é representada matematicamente pela seguinte equação:

$$Y = 6,084000 - 0,054167 X_1 + 0,007333 X_1 X_1 + 0,740000 X_2 + 0,169833 X_2 X_2 + 0,372500 X_3 - 0,053917 X_3 X_3 - 0,515833 X_4 - 0,911417 X_4 X_4 + 0,693750 X_1 X_2 + 0,111250 X_1 X_3 + 0,078751 X_1 X_4 - 0,112500 X_2 X_3 + 0,050000 X_2 X_4 - 0,027500 X_3 X_4$$

Os termos concentração de sacarose ( $X_2$ ), temperatura da solução ( $X_4$ ), interação da concentração de sacarose e sal ( $X_2 X_1$ ) e o efeito quadrático da temperatura da solução ( $X_4 X_4$ ) dessa regressão influenciaram significativamente a perda de umidade da mandioca ( $Y$ ) a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), excluindo-se o tempo ( $X_3$ ), que foi significativo a 5% de probabilidade. Os demais termos da equação não foram estatisticamente significativos ( $p > 0,05$ ).

A Tabela 4 mostra que o modelo de regressão para a perda de umidade foi significativo ( $p < 0,01$ ) e o coeficiente de variação foi de 12,64%. Apesar da falta de ajuste ser significativa, pode ser considerada aparente, pois o quadrado médio do erro experimental foi pequeno (Box & Drapper, 1987). O coeficiente de determinação do modelo ( $R^2$ ) explicou que 89,52% da variação na resposta é explicado pela função estimada.

Para melhor verificação do efeito das variáveis estudadas sobre a perda de umidade ( $Y$ ) em g de água.(100g)<sup>-1</sup> de amostra, elaboraram-se gráficos de superfície de resposta e curvas de nível, fixando-se a concentração de sacarose ( $X_2$ ) e o tempo de contato com a solução ( $X_3$ ) em 60 g por 100 mL de solução e 50 minutos (Figura 1).

Pela análise dos gráficos, verificaram-se perdas de umidade acima de 10,9 g de água por 100 g de amostra. Essas perdas encontram-se na área de máximo da Figura 1, ou seja, temperatura de contato de 40 a 55°C e teor de NaCl acima de 7,2 g por 100 mL de solução.

A perda de umidade de mandioca foi máxima próxima da temperatura da solução de 50°C, diminuindo com a elevação da temperatura (Figura 1), o que pode ser explicado pela absorção de água durante a gelatinização do amido, que alterou a tendência de aumento da perda de umidade com a elevação da temperatura da solução no processo de concentração osmótica. Segundo Ciacco e Cruz (1982), o amido de mandioca nativa tem faixa de temperatura de gelatinização entre 58 e 70°C.

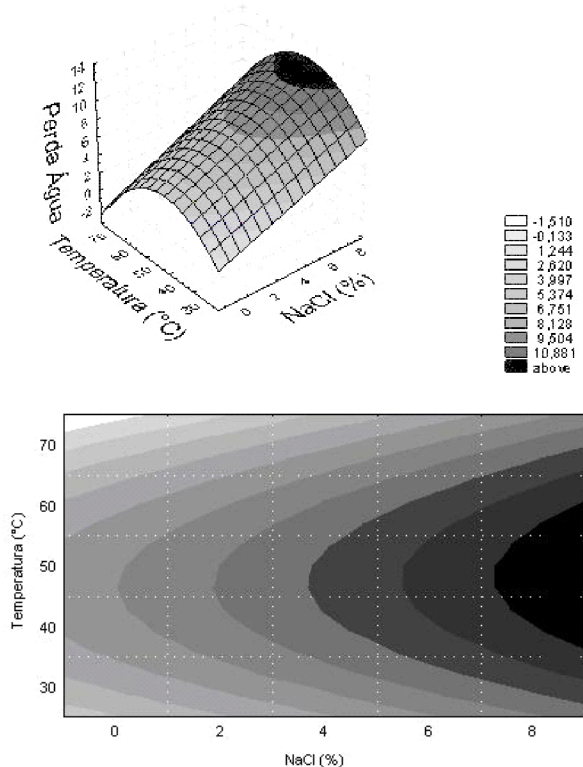
Esses teores são diferentes dos resultados obtidos na desidratação osmótica de batata-baroa por Caliar *et al.* (2004), onde a máxima perda de água encontrada foi de 17,5 g de água por 100 g de amostra, utilizando-se solução com 4 g de NaCl e 45 g de sacarose por 100 mL

**Tabela 4.** Análise de variância para perda de umidade em g.(100 g de amostra)<sup>-1</sup> da mandioca por desidratação osmótica

Fonte de variação	Graus de liberdade	Som a dos quadrados	Quadrado médio	F calculado	F tabelado
Regressão	14	56,381819	0,8952	8,54	3,71
Resíduo	14	6,599395	0,471385		
Falta de ajuste	10	6,582875	0,658288	159,39	10,05
Erro puro	4	0,016520	0,004130		
Total	28	62,981214			

de solução, tempo de contato de 30 minutos e temperatura de 50°C.

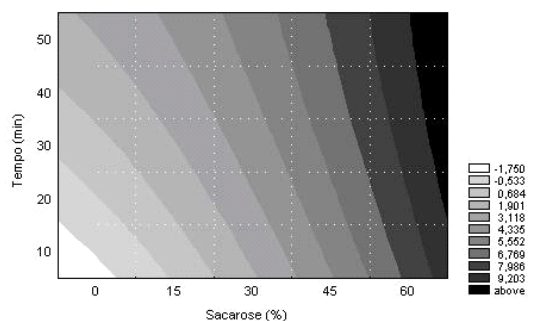
Para observação do efeito das outras variáveis, foram elaboradas as Figuras 2, 3 e 4, que representam as isoquantas da perda de umidade de mandioca (Y) em g de água por 100g de amostra em função do tempo de contato ( $X_3$ ) e da concentração de sacarose ( $X_2$ ), com a concentração de NaCl ( $X_1$ ) fixada em 8 g por 100 mL de solução e a temperatura ( $X_4$ ) fixada em 30°C, 50°C e 70°C respectivamente.



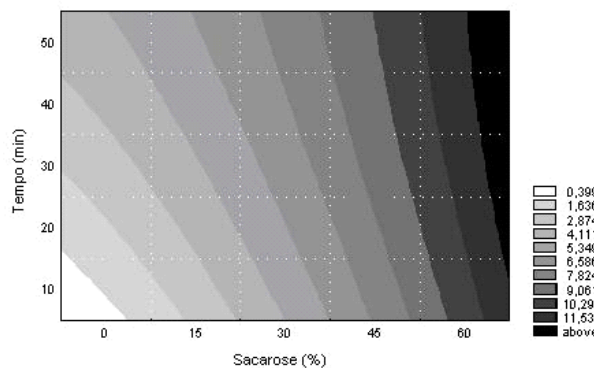
**Figura 1.** Superfície de resposta e respectivas isoquantas da perda de umidade de mandioca (Y) em g de água por 100g de amostra, em função da concentração de NaCl ( $X_1$ ) em g por 100 mL de solução e da temperatura ( $X_4$ ) em °C da solução. Com o tempo e a concentração de sacarose fixados em 50 minutos e 60 g por 100 mL de solução, respectivamente.

Pode-se observar, pela análise das Figuras 2, 3 e 4, que a perda máxima de umidade de mandioca foi de 9,203 g, 11,536 g e 7,325 g de água por 100g de amostra, nas temperaturas de 30°C, 50°C e 70°C, respectivamente.

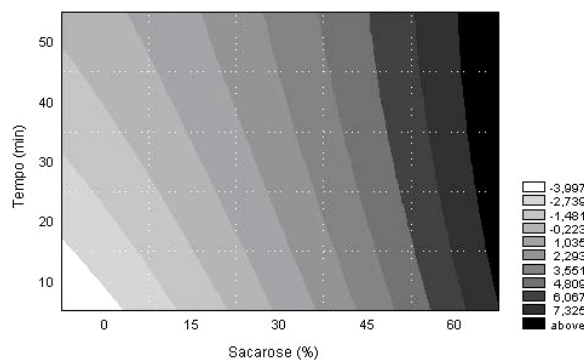
Dentro da área experimental estudada, a máxima perda de umidade foi de 11,54 g de água por 100g de mandioca. E ocorreu na região do gráfico (Figura 3) acima da curva formada, entre o ponto de 60% de concentração



**Figura 2.** Isoquantas da perda de umidade de mandioca (Y) em g de água por 100g de amostra, em função do tempo de contato ( $X_3$ ) em minutos e da concentração de sacarose ( $X_2$ ) em g por 100 mL de solução. Com a temperatura da solução e a concentração de NaCl fixados em 30°C e 8 g por 100 mL de solução, respectivamente



**Figura 3.** Isoquantas da perda de umidade de mandioca (Y) em g de água.(100g)<sup>-1</sup> de amostra, em função do tempo de contato ( $X_3$ ) em minutos e da concentração de sacarose ( $X_2$ ) em g por 100 mL de solução. Com a temperatura da solução e a concentração de NaCl fixados em 50°C e 8 g por 100 mL de solução, respectivamente.



**Figura 4.** Isoquantas da perda de umidade de mandioca (Y) em g de água.(100g)<sup>-1</sup> de amostra, em função do tempo de contato ( $X_3$ ) em minutos e da concentração de sacarose ( $X_2$ ) em g por 100 mL de solução. Com a temperatura da solução e a concentração de NaCl fixados em 70°C e 8 g por 100 mL de solução, respectivamente.

de sacarose e 20 minutos de tempo de contato da solução e o ponto de 53% de concentração de sacarose e 50 minutos de tempo de contato da solução, com a temperatura da solução e a concentração de NaCl fixados em 50°C e 8 g por 100 mL de solução, respectivamente.

Caliari & Soares Júnior (2004) verificaram, em beterraba (cortes com 3,0 cm x 1,0 cm) desidratada por concentração osmótica, chegaram a uma perda máxima de umidade próxima a 54% da massa original, com uma concentração de 4 g de cloreto de sódio e 60 g de sacarose por 100 mL de solução, 50 minutos de tempo de contato e 70°C. A grande diferença de perda de água reflete a resistência à transferência de massa na mandioca.

#### Avaliação sensorial

Para a avaliação sensorial, foram escolhidas três amostras entre os pontos experimentais do delineamento, com maiores perdas de umidade: amostra 1 – tratamento 8 (6 g NaCl e 45 g sacarose por 100 mL de solução, 40 minutos e 40°C); amostra 2 – tratamento 16 (6 g NaCl e 45 g sacarose por 100 mL de solução, 40 minutos e 60°C); e amostra 3 – tratamento 23 (4 g NaCl e 60 g sacarose por 100 mL de solução, 30 minutos e 50°C), com perdas de 7,37 g água por 100 g amostra, 6,94 g água por 100 g amostra e 7,64 g água por 100 g amostra, respectivamente.

Esta avaliação não foi realizada somente para o tratamento de maior desidratação, pois as concentrações de sal e açúcar, o tempo de contato e a temperatura da solução poderiam influenciar positiva ou negativamente nos resultados da avaliação sensorial.

As médias dos atributos sensoriais de aparência, textura, sabor e intenção de compra das amostras de mandioca desidratadas em diferentes tratamentos e para a amostra controle, todas congeladas e fritas, estão apresentadas na Tabela 5.

Os testes estatísticos para o atributo aparência mostraram que os consumidores detectaram uma diferença significativa da amostra 2 para o controle e a amostra 3.

O tratamento osmótico, em certas condições, pode evitar o escurecimento e fornecer produtos mais atraentes para o consumo (Paiva *et al.*, 1999; Krokida *et al.*, 2000).

O que poderia explicar a melhor aparência da amostra 2 é que este tratamento utilizou a maior temperatura na desidratação osmótica (60°C). Esta temperatura provavelmente causou um branqueamento na mandioca, o que é capaz de reduzir as quinonas formadas após a oxidação de compostos fenólicos pelas enzimas do grupo das polifenoloxidasas (PPO), inibindo a ação destas e retardando o escurecimento enzimático (Friedman, 1996; Paranaba *et al.*, 1996).

Atualmente, os hábitos dos consumidores têm se tornado mais sofisticados, e a importância da textura como atributo de qualidade vem aumentando proporcionalmente. Vários fatores, como a entrada de solutos, o tempo e a temperatura de processamento, podem influenciar a textura final de vegetais (Mastrangelo *et al.*, 2000). A textura final do produto cozido é a principal característica de qualidade exigida pelos consumidores de mandioca (Pereira & Béleia, 2004).

Quanto à textura, a amostra controle apresentou o melhor resultado, porém estatisticamente não diferiu das amostras 1 e 2. A pior textura foi apresentada pela amostra 3, provavelmente seja devido à maior concentração de sacarose utilizada na desidratação osmótica (60g).

Segundo Borges e Menegalli (1994), durante a desidratação osmótica, ocorre incorporação prévia de

**Tabela 5.** Média dos resultados de aparência, textura, sabor e intenção de compra das amostras de mandioca desidratada sob diferentes tratamentos, e para a amostra controle (sem desidratação), congeladas e fritas

Tratamento <sup>2</sup>	Atributos Sensoriais <sup>1</sup>			
	Aparência	Textura	Sabor	Intenção de Compra
Controle	6,18 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	4,20 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>
Amostra 1	6,78 <sup>a,c</sup>	0,75 <sup>a,b</sup>	6,95 <sup>b</sup>	3,33 <sup>b</sup>
Amostra 2	7,65 <sup>b,c</sup>	0,25 <sup>a,b</sup>	7,23 <sup>b</sup>	3,18 <sup>b</sup>
Amostra 3	6,55 <sup>a</sup>	0,10 <sup>b</sup>	6,38 <sup>b</sup>	3,28 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> - resultados de média de 40 consumidores;

<sup>2</sup> - controle: amostra congelada não desidratada osmoticamente; amostra 1: 6 g NaCl e 45 g de sacarose por 100 ml de solução, 40 minutos e 40°C, amostra 2: 6 g NaCl e 45 g de sacarose por 100 ml de solução, 40 minutos e 60°C, amostra 3: 4 g NaCl e 60 g de sacarose por 100 ml de solução, 30 minutos e 50°C, com perdas de umidade de 7,37 g água por 100 g amostra, 6,94 g água por 100 g amostra e 7,64 g água por 100 g amostra, respectivamente;

<sup>3</sup> - Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

sacarose, formando uma camada superficial que se espessa com o tempo, aumentando a resistência ao movimento da água, diminuindo, assim, a taxa posterior de secagem. Neste trabalho, a camada de sacarose superficial pode ter reduzido a taxa de perda de umidade durante o processo de fritura, causando modificações estruturais no produto, refletidas pela textura “emborrachada” obtida na amostra 3.

Com relação ao atributo sabor e intenção de compra, foi evidenciada uma preferência dos consumidores pelas amostras previamente desidratadas, que não apresentaram diferenças significativas entre si.

Verificaram-se, em diversos trabalhos com frutas e hortaliças, que a desidratação osmótica apresentou vantagens sobre outros métodos, que consistem, entre outras, em minimizar os danos causados pelo calor à cor, à textura e ao sabor, além de diminuir o escurecimento enzimático (Miranda, 2001).

A amostra 2, que obteve a terceira maior perda de umidade entre os 29 tratamentos, apresentou vantagens sensoriais sobre as demais, pois obteve a maior nota nos atributos de aparência e sabor, foi superior à amostra 3 na textura, não diferiu das demais neste atributo, e ainda não foi estatisticamente diferente na intenção de compra das outras amostras desidratadas.

Nas condições de pré-tratamento osmótico estudadas, não ocorreu a pré-gelatinização do amido da mandica (com exceção do tratamento 27, devido a temperatura de 70°C), pois, durante a gelatinização, normalmente ocorre absorção de água. Entretanto, a perda de umidade provavelmente criou canais por onde a água saiu do tecido, facilitando a posterior entrada de óleo quente e promovendo melhor troca térmica durante a fritura e conseqüente gelatinização do amido, sem necessitar da etapa prévia de cozimento.

## CONCLUSÕES

O modelo de superfície de resposta obtido permitiu prever que a desidratação de mandioca por concentração osmótica possibilitou perda máxima de umidade em torno de 11,5 g de água por 100 g de amostra, com concentração de 8 g de cloreto de sódio e 60 g de sacarose por 100 mL de solução, em 20 minutos de contato e temperatura de 50°C.

A mandioca osmoticamente desidratada obtida em temperatura de 60°C, em contato de 40 minutos e teor

de NaCl e sacarose de 6 g e 45 g por 100 mL de solução, respectivamente (perda de 6,94 g água por 100 g de amostra), apresentou maior preferência sensorial entre as amostras avaliadas. A desidratação osmótica nessas condições, seguida de congelamento, pode ser uma opção para substituição da mandioca pré-cozida congelada, uma vez que não compromete a textura do produto, não fica emborrachada, tem aparência e sabor melhores. Portanto, a mandioca desidratada osmoticamente e congelada pode ser uma nova alternativa de produto de conveniência para o mercado.

## REFERÊNCIAS

- Barros Netto B de, Scarmínio IS & Bruns RE (2001) Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas, Unicamp. 401p.
- Borges SV & Menegalli FC (1994) Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga. Pesquisa Agropecuária Brasileira 29:637-42.
- Box GEP & Drapper NR (1987) Empirical model-building and response surfaces. New York, John Wiley & Sons. 309p.
- Caliari M & Soares Júnior MS (2004) Estudo da desidratação osmótica de pimentão, vagem e beterraba pela metodologia de superfície de resposta. Estudos 31:1655-1665.
- Caliari M, Soares Júnior MS, Fernandes TN & Gonçalves Júnior S (2004) Desidratação osmótica de batata baroa (*Arracacia xanthorrhiza*). Pesquisa Agropecuária Tropical 34:15-20.
- Ciaccio CF & Cruz R (1982) Fabricação do amido e sua utilização. São Paulo, Secretaria da Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia. 152p.
- Embrapa (2005) disponível em <www.embrapa.br>, acessado em 10/04/2005.
- Filgueira FAR (2000) Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, UFV. 402p.



- Friedman M (1996) Food browning and its prevention: an overview. *Journal Agricultural Food Chemistry* 44:631-653.
- Gregório SR, Soares AG, Modesta RCD & Correia TBS (1996) Avaliação de mandioca congelada após o processo de cura em câmara climatérica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 16:108-110.
- Islam MN & Flink J M (1982) Dehidration of potato II: osmotic concentration and its effects on air drying behaviour. *Journal of Food Technology*, 17:387-403.
- Krokida MK, Karathanos VT, Maroulis ZB & Marinou-Kouris D (2000) Effect of osmotic dehidration on color and sorption characteristics of apple and banana. *Drying Technology* 18:937-950.
- Lenart A & Grodecka E (1989) Influence of the osmotic substance on the kinetics of convection drying of apples and carrots. *Food Technology and Nutrition* 18:27-35.
- Mastrangelo MM, Rojas AM, Castro MA, Gerschenson LN & Alzamora SM (2000) Texture and structure of glucose-infused melon. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80:769-776.
- Miranda LA (2001) Características tecnológicas, agronômicas e de qualidade de mandioca de mesa. Tese de doutorado. Londrina, Universidade Estadual de Londrina. 92p.
- Moraes MAC (1993) Métodos para avaliação sensorial dos alimentos. Campinas, Unicamp. 93p.
- Ohlsson T (1994) Minimal processing-preservation methods of the future: an overview. *Trends in Food Science and Technology* 5:342-344.
- Paiva M, Guamis B, Trujillo AJ, Capellas M & Ferragut V (1999) Changes in microstructural, textural and colour characteristics during ripening of Manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation. *International Dairy Journal* 9:91-8.
- Paranaba JLV, Chagas SJR & Costa L (1996) Efeito da poda e do uso de embalagens na conservação de raízes de mandioca durante o armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 31:269-276.
- Paschoalino JE, Pereira AS, Bernhardt LW, Figueiredo IB & Shirose I (1980) Avaliação de algumas variedades de mandioca ao processo de congelamento. *Boletim do Ital* 17:73-82.
- Pereira LTP & Béleia AP (2004) Isolamento, fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 24:59-63.
- Pearl RC (1990) Trends in consumption and processing of fruits and vegetables in the United States. *Food Technology* 44:102-104.
- Ponting JD (1973) Osmotic dehidration of fruits: recent modifications and applications. *Process Biochemistry* 8:18-20.
- Statística for Windows (1995) Release 5.0. Tulsa, StatSoft Inc. 1 CD-ROM.
- The SAS System for Windows (1996) 6.12. Cary, SAS Institute Inc. 1 CD-ROM.
- Torreggiani D (1993) Osmotic dehidration in fruit and vegetable processing. *Food Research International* 26:59-68.