

PROPRIEDADES MECÂNICAS E ESTRUTURA CELULAR DE MELÃO DESIDRATADO OSMOTICAMENTE EM SOLUÇÕES DE SACAROSE OU MALTOSE, COM ADIÇÃO DE LACTATO DE CÁLCIO

Mechanical properties and cellular structure of osmodehydrated melon in sucrose or maltose solutions with calcium lactate addition

Cristhiane Caroline Ferrari¹, Paula Yukari Yassui², Sandra Maria Carmello-Guerreiro³, Miriam Dupas Hubinger⁴

RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, estudar a influência do lactato de cálcio e do tipo de açúcar nas propriedades mecânicas e na estrutura celular de pedaços de melão desidratados osmoticamente. O processo foi conduzido por duas horas com agitação de 120 rpm e temperatura controlada (30° C), utilizando-se soluções desidratantes de sacarose ou maltose a 40°Brix, contendo lactato de cálcio em concentrações de 0, 0,5, 1,0 e 1,5% (p/v). As amostras foram submetidas às determinações de perda de água, ganho de sólidos, incorporação de cálcio, propriedades mecânicas (tensão e deformação na ruptura) e microscopia óptica. Os ensaios com maltose, em ação conjunta com o sal, promoveram uma maior perda de água e um menor ganho de sólidos. A adição de lactato de cálcio na solução osmótica de sacarose ou maltose resultou em maiores valores de tensão na ruptura para as frutas, sendo que tal aumento foi mais pronunciado nos ensaios com sacarose, devido à maior incorporação de cálcio observada nesses tratamentos. O lactato de cálcio mostrou-se eficiente na preservação da estrutura celular das amostras, quando utilizado em concentrações de até 1,0%. A maltose apresentou um maior efeito protetor na manutenção da funcionalidade da membrana celular, enquanto que o processo realizado apenas com soluções de sacarose, assim como os ensaios realizados com concentração de sal igual a 1,5% provocaram danos na parede celular e intensa plasmólise do citoplasma.

Termos para indexação: Desidratação osmótica, melão, tensão na ruptura, cálcio, microscopia óptica, parede celular.

ABSTRACT

The purpose of this work was to study the influence of calcium lactate and sugar type on mechanical properties and cellular structure of osmodehydrated melon pieces. The process was carried out for two hours under controlled temperature (30° C) and agitation (120 rpm), using a 40°Brix sucrose or maltose solution containing calcium lactate (0 to 2,0%). Samples were analyzed with respect to water loss, solids and calcium gain, mechanical properties (stress and strain at rupture) and structure by light microscopy. Maltose treatments in combination with the salt action promoted higher water loss and lower solids gain rates. The calcium lactate addition in the sucrose or maltose solution resulted in higher stress at rupture values. This increase was more pronounced for sucrose treatments, due to the higher calcium uptake observed in these experiments. Calcium lactate was efficient in the maintenance of melon cellular structure when used at concentrations up to 1,0%. Maltose showed a higher protector effect in cellular membrane functionality, while the treatment performed only with sucrose solution as well as both treatments with salt concentration at 1,5% caused an intense cytoplasm plasmolysis and cell wall damages.

Index terms: Osmotic dehydration, melon, stress at rupture, calcium, light microscopy, cell wall.

(Recebido em 8 de outubro de 2008 e aprovado em 11 de setembro 2009)

INTRODUÇÃO

O melão é uma fruta tropical de elevado valor comercial, também apreciado por suas características sensoriais. Entretanto, apresenta uma vida útil pós-colheita relativamente curta à temperatura ambiente, o que tem dificultado consideravelmente a sua comercialização nos mercados mais distantes dos centros de produção, contribuindo, desse modo, para o elevado índice de desperdício desse fruto. Na tentativa de prolongar o período de vida útil pós-colheita, o melão é frequentemente colhido

antes da sua completa maturação, não alcançando o teor mínimo de sólidos solúveis totais de 8 a 10°Brix, utilizado como guia de mercado para a aceitação do produto em muitos países (LIMA et al., 2004).

Desse modo, a utilização do processo de desidratação osmótica representa uma alternativa tecnológica viável para a redução das perdas pós-colheita e manutenção da qualidade do produto final, garantindo uma fruta com maior teor de açúcar, devido principalmente à retirada parcial da água e ao efeito protetor do soluto utilizado. Isso pode significar uma melhora das qualidades

¹Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP – Cx. P. 6121 – 13083-862 – Campinas, SP – criscaferrari@gmail.com

²Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP – Campinas, SP

³Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP – Instituto de Biologia – Departamento de Botânica – Campinas, SP

⁴Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP – Campinas, SP

sensoriais, um aumento de vida de prateleira e características mais uniformes do produto pré-processado, além de um maior aproveitamento da disponibilidade da fruta no país.

Entre as variáveis de processo, a composição da solução osmótica, ou seja, o tipo de soluto e a concentração, está diretamente relacionada às alterações nutricionais e propriedades sensoriais do produto final (RASTOGI et al., 2002). Embora a sacarose seja o agente desidratante mais utilizado para frutas, outros dissacarídeos têm sido empregados no processo, como a maltose, devido ao seu maior efeito protetor na preservação da estrutura celular e nas propriedades de cor. Além disso, esse açúcar possibilita uma maior perda de água e um ganho de sólidos reduzido, evitando um impacto negativo nas propriedades sensoriais do produto, por consequência da indesejável e elevada impregnação de sólidos (FERRANDO; SPIESS, 2001; FERRARI et al., 2005).

Apesar das vantagens do processo de desidratação osmótica, os fluxos de transferência de massa (perda de água e incorporação de solutos) podem provocar algumas mudanças na textura, e conseqüentemente, danos na estrutura celular do produto, dependendo das condições de processo e das características do produto (CHIRALT et al., 2001).

Uma maneira de preservar a integridade estrutural da parede celular dos alimentos desidratados osmoticamente é através da adição de sais de cálcio na solução osmótica, visando manter as características de textura do produto final. O emprego desses sais para favorecer a preservação da estrutura celular de frutas e hortaliças processadas tem sido amplamente estudado nos últimos anos. O efeito firmador do Ca^{+2} pode ser explicado pela interação entre os íons de cálcio e a pectina da parede celular, proporcionando maior rigidez na estrutura celular das frutas (MARTÍN-DIANA et al., 2007). Diversos trabalhos na literatura têm reportado este efeito benéfico dos sais de cálcio na manutenção da textura de bananas minimamente processadas (MELO et al., 2009; VILAS-BOAS et al., 2009), goiabas (PEREIRA et al., 2007) e mangas desidratadas osmoticamente (TORRES et al., 2006).

Objetivou-se neste trabalho, estudar a influência do lactato de cálcio e do tipo de açúcar (sacarose ou maltose) nos fluxos de transferência de massa do processo e na manutenção das propriedades mecânicas e da estrutura celular das amostras de melão desidratadas osmoticamente.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foi utilizado melão amarelo (*Cucumis melo* L.) fornecido pelo CEASA Campinas/SP. Os critérios de

seleção utilizados para padronização das amostras foram: coloração da casca (amarelo intenso) e da polpa (de branco esverdeado à creme), de acordo com a classificação do CEAGESP (PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA, 2004), aparência (tamanho e formato: 17-19 cm de comprimento, 13-14 cm de diâmetro e massa de 2000-2300 g) e teor de sólidos solúveis totais (8-9°Brix), determinados por refratometria, com o auxílio de um refratômetro de bancada Zeiss (Jena - Alemanha), a fim de se obter amostras relativamente homogêneas.

Os agentes desidratantes usados foram a sacarose (CoperSucar União – Piracicaba - Brasil), maltose (xarope de milho de alta maltose Malteggill® 63/82 – Cargill – São Paulo – Brasil) e lactato de cálcio (LabSynth – São Paulo – Brasil).

A sanitização da matéria-prima foi feita com ácido peracético (TSUNAMI 100 - Ecolab Química Ltda - São Paulo – Brasil), na concentração de 80 ppm (CHIUMARELLI et al., 2010; FERRARI et al., 2010). Os frutos inteiros foram imersos nessa solução por 3 minutos.

Métodos

Desidratação Osmótica

As soluções desidratantes foram preparadas com água destilada na concentração de 40°Brix de sacarose ou maltose. A adição de lactato de cálcio às soluções desidratantes foi feita em concentrações de 0, 0,5, 1,0 e 1,5% (p/v), de acordo com a Tabela 1. A atividade de água das amostras foi determinada em triplicata com a utilização do equipamento Aqualab, modelo CX-2 (Decagon Devices Inc., Pullman, EUA), à 25° C.

Tabela 1 – Valores médios de atividade de água e composição das soluções utilizadas nos ensaios de desidratação osmótica de melão.

Tratamento	Tipo de Açúcar	Concentração de Cálcio	Aw média das soluções ± DP
T1	Sacarose	0%	0,966 ± 0,003
T2	Sacarose	0,5%	0,958 ± 0,002
T3	Sacarose	1,0%	0,958 ± 0,001
T4	Sacarose	1,5%	0,957 ± 0,001
T5	Maltose	0%	0,957 ± 0,001
T6	Maltose	0,5%	0,953 ± 0,001
T7	Maltose	1,0%	0,952 ± 0,001
T8	Maltose	1,5%	0,949 ± 0,001

Os frutos foram descascados manualmente, cortados em cubos de 20 mm, pesados e então colocados em frascos de 600 ml com a solução desidratante previamente aquecida à 30° C. A relação amostra:solução utilizada foi de 1:10 (p/p), para garantir a concentração da solução constante durante todo o processo. Os ensaios de desidratação osmótica foram conduzidos em um banho termostático, marca Tecnal (Piracicaba – Brasil), modelo TE-420 com agitação (120 rpm) durante 2 horas (Ferrari et al., 2005). Após o processo, as amostras foram drenadas e pesadas novamente para a determinação da perda de massa em relação à massa inicial do produto (Equação 1). A perda de água (Equação 2) e o ganho de sólidos (Equação 3) foram calculados a partir do conteúdo de umidade das amostras, de acordo com a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2002). As análises foram realizadas em triplicata.

$$PM(\%) = 100 \cdot \left[1 - \frac{m_f}{m_o} \right] \quad (1)$$

sendo: PM = perda de massa do produto desidratado (%); m_o = massa inicial do produto (g) e m_f = massa final do produto (g).

A perda de água (PA) em termos percentuais foi calculada pela equação:

$$PA(\%) = 100 \cdot \left[\frac{m_{w0} - m_{wf}}{m_{w0}} \right] \quad (2)$$

sendo: PA = perda de água do produto desidratado (%); m_{w0} = massa inicial de água na amostra (g) e m_{wf} = massa final de água na amostra (g).

O ganho de sólidos (GS) foi calculado por meio da seguinte equação:

$$GS(\%) = 100 \cdot \left[\frac{m_{sf} - m_{s0}}{m_{s0}} \right] \quad (3)$$

sendo: GS = incorporação de sólidos do produto desidratado (%); m_{s0} = massa inicial de sólidos na amostra (g) e m_{sf} = massa final de sólidos na amostra (g).

Determinação do teor de cálcio

Foi utilizado um espectrômetro de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplado,

modelo ICP 2000 (BAIRD, Massachusetts, EUA) (AOAC, 2002).

Determinação das propriedades mecânicas

A tensão e a deformação na ruptura das frutas foram determinadas, com o auxílio do texturômetro Universal Testing Machine, modelo TATX-Plus, marca Stable Micro Systems (Survey – Inglaterra). Realizou-se um ensaio de compressão uniaxial a altas deformações da amostra, utilizando-se uma placa cilíndrica de acrílico lubrificada de 60 mm de diâmetro, a uma velocidade de compressão 1mm/s e 80% de deformação da amostra. Os dados de força e altura fornecidos pelo equipamento foram convertidos à tensão (σ_H) e deformação (ε_H) de Hencky, de acordo com as Equações 4 a 6. A tensão na ruptura foi calculada pelo valor do pico da curva tensão-deformação.

$$\sigma_H = \frac{F(t)}{A(t)} \quad (4)$$

$$\varepsilon_H = -\ln \left(\frac{H(t)}{H_o} \right) \quad (5)$$

$$A(t) = \frac{A_o H_o}{H(t)} \quad (6)$$

onde: σ_H = tensão de Hencky (Pa); ε_H = deformação (%); $F(t)$ = força (N) em função do tempo t (s); $A(t)$ = área (m²) em função do tempo (s), A_o = área inicial da amostra (m²); H_o = altura inicial da amostra (m); $H(t)$ = altura da amostra (m) em função do tempo (s).

Análise da estrutura celular

Amostras, medindo aproximadamente 5x3x3 mm foram cortadas com gilete e retiradas da porção da porção central dos cubos de melão. A seguir, elas foram fixadas em solução contendo 4% (v/v) de glutaraldeído, 0,2 M de fosfato de potássio, 0,1 M ácido cítrico monohidratado e 4% (p/v) de sacarose a pH 7,0. Em seguida, realizou-se a desidratação em série alcoólico-etílico até álcool 100%, utilizando soluções alcoólicas a 30 e 50% com adição de 4% de sacarose (com o intuito de se evitar a plasmólise celular) e soluções alcoólicas a 70 e 100% sem adição do açúcar. As amostras desidratadas (série alcoólica-etílico) foram infiltradas em resina hidroxil metacrilato (HistoResin, Leica Microsystems-Jung, Heidelberg, Alemanha),

seccionadas a 8 μ m de espessura, utilizando micrótomo rotativo (820 Spencer Microtome, American Optical Corporation, Nova York, EUA), montadas em lâminas e coradas com azul de toluidina a 0,05% em tampão acetato (pH 4,7). Finalmente, as amostras foram observadas ao microscópio óptico Olympus BX51 (Olympus Optical CO., Tóquio, Japão), de acordo com a seqüência experimental descrita por Pereira et al. (2007).

Análise Estatística

Os resultados foram avaliados estatisticamente através da Análise da Variância, aplicando o teste de Duncan, ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perda de Água, Perda de Massa e Ganho de Sólidos

De acordo com a Figura 1, as amostras processadas osmoticamente com soluções de maltose, com ou sem adição de lactato de cálcio, apresentaram maior perda de água e de massa e uma menor capacidade de impregnação de sólidos em duas horas de processo. Em um trabalho anterior, Ferrari et al. (2005) também verificaram tal ocorrência no estudo da cinética de transferência de massa de pedaços de melão desidratados osmoticamente, em solução de sacarose ou maltose (40 – 60°Brix) por 8 horas,

o que pode ser atribuído à maior pressão osmótica e solubilidade das soluções de maltose, promovendo um maior efeito desidratante.

O lactato de cálcio não apresentou efeito significativo na perda de massa e no ganho de sólidos do produto final. Entretanto, a adição de lactato de cálcio nas soluções osmóticas proporcionou um aumento estatisticamente significativo da perda de água das frutas. Lewicki et al. (2002) observaram maiores fluxos de perda de água quando cloreto de cálcio (2%) foi utilizado como pré-tratamento no processo osmótico de quartos de tomate. A formação de uma estrutura aberta, devido às interações entre as moléculas de pectina através de ligações com íons cálcio, favorece a transferência de massa, resultando em maiores perda de água. Em trabalhos similares, Mastrantonio et al. (2005) e Pereira et al. (2007) verificaram maiores taxas de perda de água em goiabas desidratadas osmoticamente, em soluções de sacarose ou maltose com lactato de cálcio. O efeito combinado da ação dos açúcares e sais na solução osmótica acarretou um maior efeito desidratante, devido ao aumento do gradiente de pressão osmótica.

Incorporação de Cálcio

Pela Tabela 2, observa-se o teor de cálcio da amostra fresca (controle) e das frutas processadas osmoticamente por duas horas.

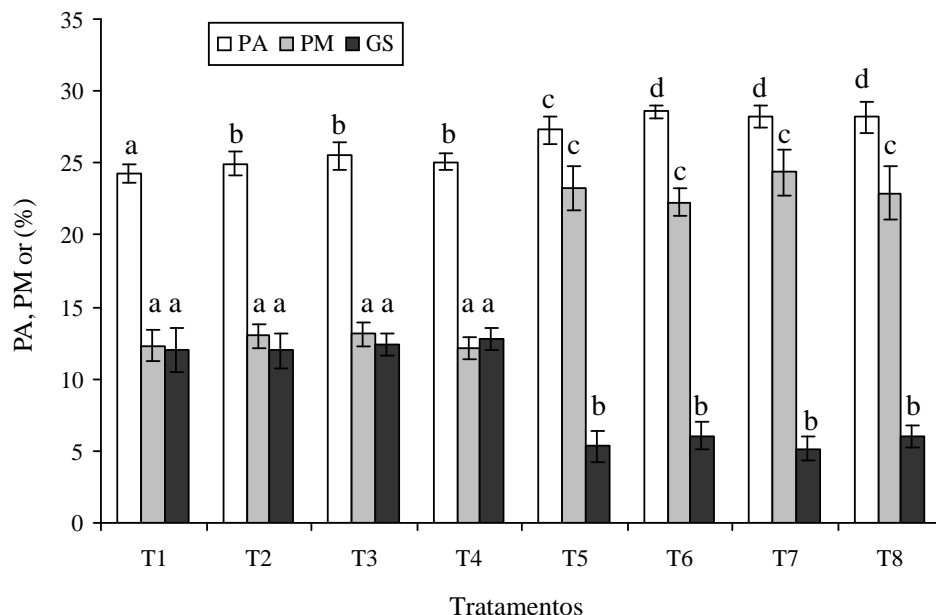


Figura 1 – Perda de água (PA), perda de massa (PM) e ganho de sólidos (GS) das amostras de melão submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos (T1 a T8), por duas horas. Colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos para $p \leq 0,05$.

Tabela 2 – Teor de cálcio das amostras de melão fresca (controle) e submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos (T1 a T8), por duas horas.

Tratamento	Teor de cálcio \pm DP (g kg ⁻¹ massa seca)
Fresca	0,894 \pm 0,007 a
T1	0,542 \pm 0,003 b
T2	1,397 \pm 0,019 c
T3	2,057 \pm 0,011 d
T4	2,567 \pm 0,011 e
T5	0,603 \pm 0,006 b
T6	1,070 \pm 0,020 f
T7	1,648 \pm 0,043 g
T8	2,400 \pm 0,006 h

Letras diferentes indicam diferenças significativas para $p \leq 0,05$.

O melão *in natura* apresentou uma quantidade de cálcio igual a 0,894 \pm 0,008 g/kg de massa seca. A adição de lactato de cálcio nas soluções osmóticas resultou num aumento significativo ($p \leq 0,05$) do teor final de cálcio das frutas desidratadas osmoticamente, atingindo valores de até 2,567 \pm 0,011 g/kg de massa seca. Tal aumento foi superior para as frutas processadas com sacarose, o que pode estar

associado ao maior efeito desidratante da maltose e a sua menor capacidade de incorporação de sólidos, conforme discutido no item anterior. Lewicki et al. (2002), desidratando osmoticamente tomates em solução de sacarose 60°Brix) contendo 2% de cloreto de cálcio à 30° C por 3 horas, verificaram um aumento do conteúdo de cálcio, apresentando valores em torno de 7 vezes maior que o do produto fresco.

Em relação ao efeito da concentração do sal de cálcio, verificou-se que, quanto maior a concentração do sal adicionado à solução de sacarose ou maltose, maior a incorporação dos íons Ca⁺² na fruta após o processo. Comportamento semelhante foi reportado por Torres et al. (2006) e Castelló et al. (2009) na desidratação osmótica com ou sem aplicação de pulso de vácuo de fatias de manga ou maçã, respectivamente, em soluções de sacarose e lactato de cálcio (0 – 2%). Além disso, observou-se que, pelo processo osmótico a pulso de vácuo proporcionou maior impregnação de íons Ca⁺² nas amostras, em relação ao processo realizado à pressão atmosférica, devido à ação dos mecanismos hidrodinâmicos promovidos pela alteração na pressão.

Propriedades Mecânicas: Tensão e Deformação na Ruptura

Na Figura 2, observa-se os valores de tensão e deformação na ruptura das amostras *in natura* e submetidas aos tratamentos osmóticos. O processo

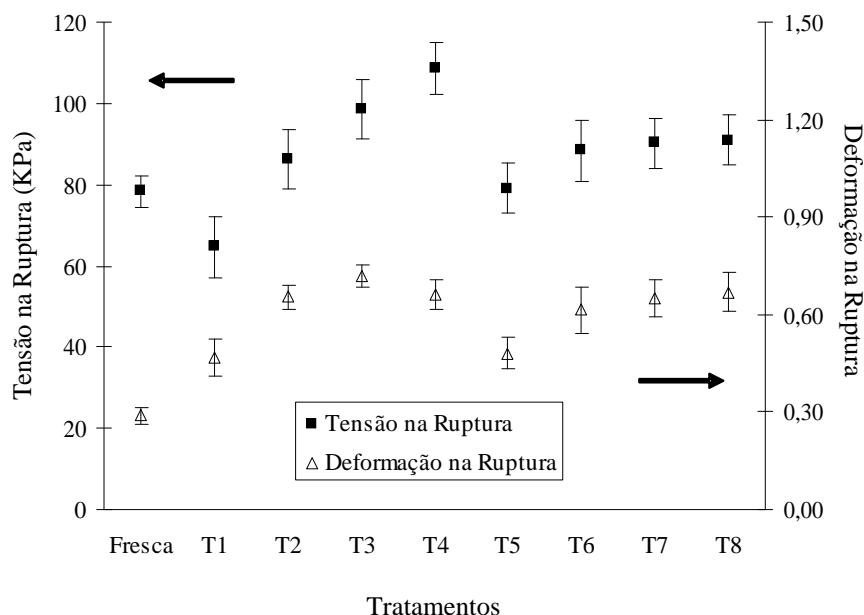


Figura 2 – Tensão e deformação na ruptura das amostras de melão fresca (controle) e submetidas aos diferentes tratamentos osmóticos (T1 a T8) por duas horas.

osmótico realizado apenas com solução de sacarose provocou uma redução significativa da tensão na ruptura das frutas. Tal ocorrência também foi relatada por Prinzivalli et al. (2006) em morangos desidratados osmoticamente. A mudança de textura no processo osmótico é atribuída principalmente aos fluxos de perda de água e ganho de sólidos e a fatores químicos e enzimáticos, como a decomposição da pectina presente na parede celular.

A adição de lactato de cálcio na solução osmótica de sacarose ou maltose resultou em maiores valores de tensão na ruptura, implicando em uma característica mais acentuada de dureza nas frutas. Entretanto, tal aumento foi mais intenso nos ensaios com sacarose, devido à maior incorporação de íons Ca^{+2} nas frutas submetidas ao tratamento osmótico com esse açúcar. Além disso, verificou-se que quanto maior a concentração de lactato de cálcio adicionada na solução de sacarose, maior a tensão na ruptura das amostras. Tal comportamento também foi observado por Pereira et al. (2007) durante a desidratação osmótica de metades de goiaba, empregando-se soluções de sacarose a 60°Brix e lactato de cálcio (0-2,0%). Por outro lado, Castelló et al. (2009) constataram uma redução da tensão nas fatias de maçãs desidratadas osmoticamente com solução de glicose e 2% de lactato de cálcio. É possível que, nesse caso, a elevada incorporação de íons Ca^{+2} tenha apresentado um efeito negativo na estrutura celular das frutas, provocando danos estruturais, como a plasmólise do citoplasma, sendo que o efeito benéfico do sal na textura das frutas foi observado apenas na concentração de 1% de lactato de cálcio.

A deformação na ruptura das amostras também sofreu influência do processo osmótico e da adição de lactato de cálcio na solução desidratante. A amostra *in natura* apresentou uma deformação na ruptura de $0,289 \pm 0,026$. As frutas desidratadas com ou sem o sal de cálcio apresentaram valores de deformação superiores aos da amostra fresca (Figura 2). Adicionalmente, maiores valores de deformação na ruptura foram obtidos para as frutas processadas osmoticamente com adição de lactato de cálcio, porém o aumento da concentração de sal não provocou diferenças estatisticamente significativas nesse parâmetro de textura. Torres et al. (2006) também não verificaram um efeito significativo da adição de lactato de cálcio na solução desidratante nos valores da deformação na ruptura de fatias de manga desidratadas osmoticamente. De acordo com Mayor et al. (2007), a diminuição da umidade ao longo do processo osmótico ocasiona um aumento da deformação na ruptura das amostras processadas. Isso pode estar

associado aos fluxos de perda de água e ganho de sólidos ao longo do processo, no qual os açúcares tendem a ocupar os espaços intercelulares, observando-se uma redução da elasticidade, deixando a estrutura mais plástica.

Análise da Estrutura Celular: Microscopia Óptica

Na Figura 3a ilustra-se um corte transversal do mesocarpo de melão fresco, visualizando o vacúolo e os espaços intercelulares. O tecido da amostra apresenta células de formato arredondado e túrgidas com parede celular bem definida, estruturada e fina. A maior parte do volume celular é ocupado pelo vacúolo, onde se encontra a maior porção de água da célula.

Na desidratação osmótica com sacarose sem cálcio (Figuras 3b), observa-se intensa plasmólise do citoplasma (setas tracejadas) causada pela perda de água decorrente do processo, resultando na perda de turgor e consequente diminuição da resistência da parede que levaram à variação na forma e tamanho das células, ficando algumas células deformadas e até colapsadas. Prinzivalli et al. (2006) trabalhando com desidratação osmótica de fatias de morango, em soluções de sacarose a 60°Brix e temperatura de 25° C durante 6 horas, observaram uma perda de turgor, e consequentemente, alterações no tamanho e forma das células, além da retração do citoplasma após uma hora de processo.

As amostras processadas com maltose sem adição de lactato de cálcio (Figura 3f), apresentaram menos danos celulares em relação ao tratamento conduzido apenas com sacarose. Nesse caso, o citoplasma se manteve intacto e foram observados apenas alguns danos à parede celular das frutas (setas cheias). Apesar da perda de água decorrente do processo, o formato arredondado e o turgor das células foram mantidos, sugerindo uma possível maior preservação da estrutura celular pela maltose.

A adição de lactato de cálcio na solução desidratante em concentrações de 0,5 e 1,0%, nos ensaios com sacarose (Figura 3c e 3d) e maltose (Figura 3g e 3h) promoveu a preservação estrutural das frutas, mesmo apresentando alguns danos na parede celular em relação à amostra sem tratamento. Entretanto, uma intensa plasmólise do citoplasma foi observada nos ensaios realizados com sacarose ou maltose e 1,5% de lactato de cálcio (Figura 3e e 3i). O impacto negativo da desidratação osmótica na integridade celular dos tecidos vegetais e o efeito benéfico do cálcio no processo já foi verificado em goiabas (PEREIRA et al., 2007), morangos (BUGGENHOUT et al., 2008) e maçãs (QUILES et al., 2004).

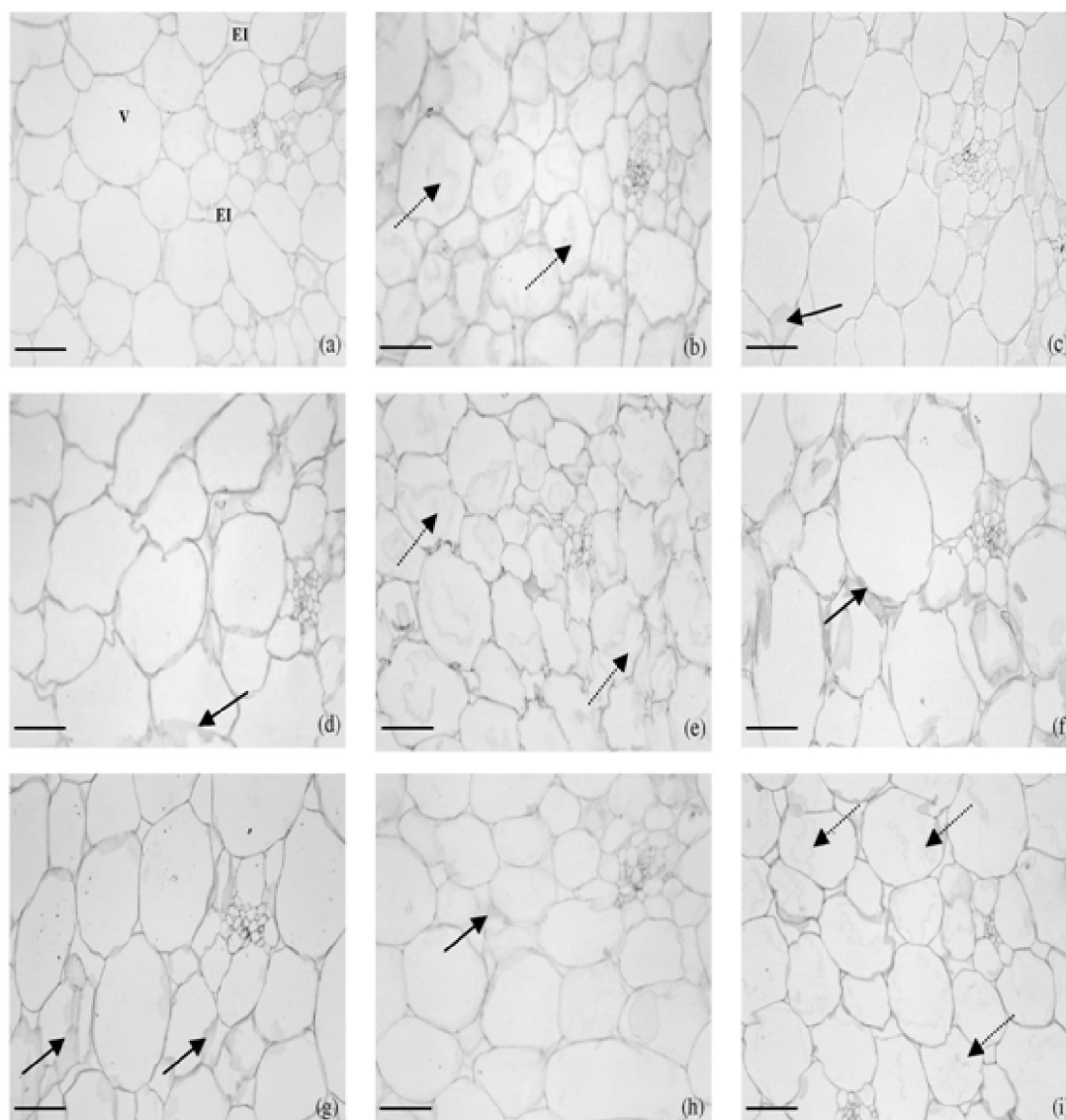


Figura 3 – Cortes transversais do mesocarpo (tecido parenquimático) de amostras de melão fresco (a) e submetidos à desidratação osmótica em solução de sacarose (b, c, d, e) e maltose (f, g, h, i) a 40°Brix. (b) e (f) sem adição de lactato de cálcio; (c) e (g) com adição de 0,5% de lactato de cálcio; (d) e (h) com adição de 1,0% de lactato de cálcio; (e) e (i) com adição de 1,5% de lactato de cálcio. barra = 140 μ m. setas tracejadas: plasmólise do citoplasma; setas cheias: danos na parede celular; V = vacúolo; EI = espaço intercelular.

CONCLUSÃO

Os ensaios com maltose, em ação conjunta com o lactato de cálcio, promoveram uma maior perda de água e um menor ganho de sólidos nas frutas, devido ao maior efeito desidratante desse açúcar. A adição de lactato de cálcio na solução osmótica de sacarose ou maltose resultou em maiores valores de tensão na ruptura para as frutas,

sendo que tal aumento foi mais pronunciado nos ensaios com sacarose, devido à maior incorporação de íons Ca^{+2} observada nesses tratamentos. O sal de cálcio mostrou-se eficiente na preservação da estrutura celular das amostras tratadas com sacarose ou maltose, quando utilizado em concentrações de até 1,0%. A maltose apresentou um maior efeito protetor na preservação da funcionalidade da

membrana celular, provocando apenas alguns danos na parede celular das frutas, enquanto que a sacarose acarretou uma intensa plasmólise do citoplasma.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à CAPES e à FAPESP, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17.ed. Arlington, 2002.

BUGGENHOUT, S.V. et al. Use of pectinmethylesterase and calcium in osmotic dehydration and osmodehydrofreezing of strawberries. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v.226, n.6, p.1145-1154, 2008.

CASTELLÓ, M.L. et al. Influence of osmotic dehydration on texture, respiration and microbial stability of apple slices (var. granny smith). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.91, n.1, p.1-9, 2009.

CHIRALT, A. et al. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: cryoprotectant effect. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.49, n.2/3, p.129-135, 2001.

CHIUMARELLI, M. et al. Cassava starch coating and citric acid to preserve quality parameters of fresh-cut "Tommy Atkins" mango. **Journal of Food Science**, Chicago, v.75, n.5, p.297-304, 2010.

FERRANDO, M.; SPIESS, W.E.L. Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose and trehalose solutions. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.49, n.2/3, p.115-127, 2001.

FERRARI, C.C. et al. Structural changes, mechanical properties and sensory preference of osmodehydrated melon pieces with sucrose and calcium lactate solutions. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v.13, n.1, p.112-130, 2010.

FERRARI, C.C. et al. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.564-570, 2005.

LEWICKI, P.P.; VU LE, H.; POMARANSKA-LAZUCA, W. Effect of pre-treatment on drying of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.54, n.2, p.141-146, 2002.

LIMA, A.S. et al. Estudo das variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de melão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.2, p.282-286, 2004.

MARTÍN-DIANA, A.B. et al. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a Review. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v.18, n.4, p.210-218, 2007.

MASTRANTONIO, S.D.S.; PEREIRA, L.M.; HUBINGER, M.D. Osmotic dehydration kinetics of guavas in maltose solutions with calcium salt. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.16, n.4, p.309-314, 2005.

MAYOR, L.; CUNHA, R.L.; SERENO, A.M. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. **Food Research International**, Amsterdam, v.40, n.4, p.448-460, 2007.

MELO, A.A.M.; VILAS-BOAS, E.V.B.; JUSTO, C.F. Uso de aditivos químicos para a conservação pós-colheita de banana 'maçã' minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p.228-236, jan./fev. 2009.

PEREIRA, L.M. et al. Effect of calcium salts on the texture, structure and sensory acceptance of osmotically dehydrated guavas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.87, n.6 p.1149-1156, 2007.

PRINZIVALLI, C. et al. Effect of osmosis time on structure, texture and pectin composition of strawberry tissue. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v.224, n.1, p.119-127, 2006.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de Classificação de Melão**. São Paulo: CEAGESP, 2004. 6p. (CQH. Documentos, 27).

QUILES, A. et al. The effect of calcium and cellular permeabilization on the structure of the parenchyma of osmotic dehydrated 'granny smith' apple. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.84, n.13, p.1765-1770, 2004.

RASTOGI, N.K. et al. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v.13, n.1, p.48-59, 2002.

TORRES, J.D. et al. Influence of process conditions on mechanical properties of osmotically dehydrated mango.

Journal of Food Engineering, Oxford, v.74, n.2, p.240-246, 2006.

VILAS-BOAS, E.V.B.; REIS, C.M.F.; MELO, A.A.M. Uso de misturas químicas para a manutenção da firmeza de banana 'prata' minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p.237-244, jan./fev. 2009.