

## Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos<sup>(1)</sup>

Eliana Janet Sanjinez Argandoña<sup>(2)</sup>, Cintia Nishiyama<sup>(2)</sup> e Míriam Dupas Hubinger<sup>(2)</sup>

Resumo – A desidratação osmótica associada à adição de ácidos fracos representa uma alternativa de processamento brando, resultando em um produto com características sensoriais praticamente inalteradas e apropriado para o consumo imediato. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos ácidos cítrico e láctico na obtenção de melão osmoticamente desidratado e na qualidade final do produto. Pedacinhos de melão (*Cucumis melo inodorus*, cultivar: Gold Mine), de 40x30x15 mm, foram imersos em três tipos de soluções (sacarose + ácido cítrico, sacarose + ácido láctico e sacarose) com diferentes concentrações de sacarose (50 a 70°Brix). A desidratação osmótica foi realizada em temperatura controlada (30 a 50°C) por até três horas. A adição de ácidos não influenciou significativamente na variação da cromaticidade. No entanto, a concentração da solução desidratante e a temperatura tiveram efeitos significativos no aumento da luminosidade do produto. A tensão na ruptura foi menor nas amostras processadas em relação à fruta fresca, porém a deformação na ruptura foi significativamente mais alta nas amostras tratadas com ácido láctico a 50°C, fornecendo produtos mais viscoelásticos, porém mais firmes.

Termos para indexação: *Cucumis melo inodorus*, ácido cítrico, ácido láctico, desidratação.

### Quality of osmotically dehydrated melon in sucrose solutions with addition of acids

Abstract – The combination of osmotic dehydration and weak acids addition is a mild process that results in a final product with organoleptic characteristics very similar to fresh and “ready to eat” fruit, appropriate for immediate consumption. The purpose of this work was to evaluate the influence of citric and lactic acids on the production of osmotically dehydrated melon and on its final quality. Melon (*Cucumis melo inodorus*, cultivar Gold Mine) pieces of 40x30x15 mm were immersed in three types of dehydrating solutions (sucrose + citric acid, sucrose + lactic acid and control) of different concentrations (50 to 70°Brix). Osmotic dehydration was carried out for up to three hours under controlled temperature (30 to 50°C). The addition of acids had no significant influence on chroma parameters. However, solution concentration and process temperature increased lightness significantly. The fracture stress was weaker in processed samples as compared to fresh ones, but the fracture strain was much higher for samples treated with lactic acid at 50°C, resulting in more viscoelastic but firmer products.

Index terms: *Cucumis melo inodorus*, citric acid, lactic acid, dehydration.

### Introdução

Nos últimos anos, o cultivo de melão tem aumentado significativamente no Brasil, e é um produto de grande aceitação nos mercados interno e externo. Em muitos países, o teor mínimo de sólidos solúveis totais para a sua aceitação varia de 8 a 11°Brix

(Menezes et al., 1995, 1998; Gonzalves et al., 1996), o que requer que a fruta permaneça na planta até que sua maturação ocorra completamente. No entanto, na tentativa de capitalizar lucros no início das estações de cultivo ou aumentar o período de vida útil pós-colheita, o melão tem sido oferecido no mercado com um baixo teor de sólidos.

Na atualidade, a demanda por produtos naturais, saudáveis, saborosos e à base de frutas tem crescido muito (Torreggiani & Bertolo, 2001). Particular atenção tem sido dada a processos que preservem características sensoriais e estrutura física. O uso da desidratação osmótica em soluções concentradas, ou sua combinação a outros processos, tem sido

<sup>(1)</sup> Aceito para publicação em 9 de abril de 2002.

<sup>(2)</sup> Universidade Estadual de Campinas, Fac. de Engenharia de Alimentos, Dep. de Engenharia de Alimentos, Caixa Postal 6121, CEP 13083-970 Campinas, SP. E-mail: eliana@ceres.fea.unicamp.br, cintian@ceres.fea.unicamp.br, mhub@ceres.fea.unicamp.br

efetivo na redução do colapso estrutural de frutos delicados, mesmo quando posteriormente se aplicam processos agressivos como congelamento ou tratamento térmico (Maestrelli et al., 2001).

A desidratação osmótica é geralmente usada como uma etapa anterior ao processo de congelamento, liofilização, secagem a vácuo, secagem por ar quente e, mais recentemente, na obtenção de frutas tropicais a alta umidade (Mastrangelo et al., 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 a um gradiente de concentração. Nesse sentido, o pré-tratamento osmótico pode melhorar aspectos nutricionais, sensoriais e funcionais dos alimentos, sem mudar sua integridade, sendo efetivo mesmo à temperatura ambiente, de maneira que o dano térmico à textura, cor e aroma do alimento é minimizado (Ponting, 1973; Torreggiani, 1993).

A utilização de aditivos combinados com diversos tipos de açúcar no processo osmótico, no caso especial de acidulantes, além da ação antioxidante, auxilia no aumento da taxa osmótica (Heng et al., 1990; Rodrigues, 1999). Os ácidos utilizados diminuem o pH, e os ânions não-dissociados têm efeito nocivo ao crescimento microbiano. Entre os ácidos orgânicos, o ácido láctico mostrou-se mais eficiente no aumento da taxa osmótica que o acético e o cítrico (Heng et al., 1990). Rodrigues (1999) observou que soluções combinadas de sacarose, ácido láctico e lactato de sódio apresentaram melhores respostas de redução de atividade de água, textura e cor do mamão quando comparadas com solução de sacarose, ácido cítrico e lactato de sódio.

Como os hábitos dos consumidores tornaram-se mais sofisticados, a importância da textura como atributo de qualidade vem aumentando significativamente. Para estabelecer técnicas eficientes de preservação com o mínimo dano ao produto, o comportamento da textura das frutas deve ser estudado (Mastrangelo et al., 2000). Vários fatores, como a entrada de solutos e o tempo e temperatura de processamento, podem influenciar a textura final de frutas. O comportamento reológico de produtos desidratados tem sido estudado através de ensaios de compressão e relaxação de tensões para avaliar a elasticidade e a viscosidade natural dos produtos (Peleg, 1997; Krokida et al., 1999). A cor, associada à qualidade, pode ser utilizada como indicador de transformações naturais dos alimentos frescos e fornece

ao consumidor a correlação visual direta entre frescor e sabor (Paiva et al., 1999). O tratamento osmótico, em certas condições, pode favorecer a retenção dos pigmentos da fruta, evitar o escurecimento enzimático e fornecer produtos mais atraentes para o consumo (Paiva et al., 1999; Krokida et al., 2000).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência dos ácidos cítrico e láctico na obtenção de melão osmoticamente desidratado e na qualidade final do produto.

### Material e Métodos

Melões (*Cucumis melo inodorus*) da cultivar Gold Mine, doados pelo Ceasa, Campinas, SP, foram selecionados de modo a se obter frutos mais homogêneos quanto ao conteúdo de umidade (aproximadamente  $92 \pm 1,28\%$ ) e conteúdo de sólidos solúveis totais (10 a 11°Brix). Cada fruta foi lavada, enxugada, descascada e cortada em pedaços de 30x40x15 mm.

As soluções desidratantes foram preparadas com água destilada e sacarose nas concentrações de 50, 60 e 70°Brix. A cada solução desidratante foi adicionada a solução de ácido láctico ou cítrico (ambos a 0,1 M) até atingir pH 4.

As frutas cortadas foram pesadas e imersas em frascos de 600 mL, contendo soluções de sacarose + ácido cítrico, sacarose + ácido láctico ou sacarose (solução controle) previamente aquecidas à temperatura de processo. Três concentrações de solução de sacarose (50, 60 e 70°Brix) e três temperaturas (30, 40 e 50°C) foram utilizadas. A relação amostra:solução foi 1:10 (p/p). A desidratação osmótica foi realizada em uma mesa incubadora à temperatura controlada com agitação (120 rpm) por até três horas, com retirada de amostras de 15 em 15 minutos até a primeira hora, posteriormente de hora em hora até completar as três horas de desidratação, para avaliar a cinética do processo. Após três horas de tratamento, a fruta foi retirada da solução, imersa em água, para retirada do xarope, levemente enxugada com papel absorvente, para a remoção da solução em excesso, e pesada.

A caracterização da matéria prima foi realizada por meio de análises dos teores de cinzas, proteínas, umidade, acidez total titulável, açúcares redutores e totais (Ranganna, 1978) e sólidos solúveis totais por refratometria. O pH foi determinado com peagômetro Analyser, modelo 300.

A atividade de água das amostras foi determinada em higrômetro Aqualab CX-2T (Decagon, USA), previamente calibrado com amostras padrão de soluções saturadas de NaCl e KCl e água deionizada. Foram consideradas as leituras com desvios de  $\pm 0,003$ . Todas as determinações foram feitas em triplicata.

A cor instrumental foi avaliada através de um espectrofotômetro de bancada Color Quest II, marca Hunter Lab. O módulo de calibração utilizado foi reflectância especular excluída (RSEX), com uma fonte de iluminação D65 e ângulo visual de 10°. As coordenadas CIELab ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ) foram lidas diretamente do aparelho e as diferenças de cor ( $\Delta E$ ), croma ( $\Delta C$ ) e tom ( $H^*$ ), em relação à fruta fresca (amostra padrão), foram calculadas pelas equações 1, 2 e 3 (Ferreira, 1991).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}; \quad (1)$$

$$\Delta C = \sqrt{a_o^{*2} + b_o^{*2}} - \sqrt{a_d^{*2} + b_d^{*2}}; \quad (2)$$

$$H^* = \frac{(\tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}) \times 180}{\pi}; \quad (3)$$

sendo  $L^*$  a luminosidade;  $a^*$  o parâmetro de croma vermelho-verde;  $b^*$  o parâmetro de croma amarelo-azul. Os subíndices o e d representam a amostra fresca e desidratada, respectivamente. As leituras foram realizadas em amostras escolhidas aleatoriamente com seis repetições para cada tratamento. Para cada amostra, foram realizadas três leituras, mudando a área de focalização do espectro em cada leitura. O desvio-padrão entre as leituras foi de 0,05 a 1,00.

Ensaio de compressão foram realizados em um texturômetro universal TA XT2-Stable Micro Systems, a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , com uma placa de acrílico de 60 mm de diâmetro e velocidade de compressão de  $1 \text{ mm s}^{-1}$ . Para cada condição de processo (concentração de 50 a 70°Brix e temperatura de 30 a 50°C), os ensaios de textura foram realizados em 16 amostras desidratadas osmoticamente e oito amostras sem tratamento, escolhidas ao acaso.

A amostragem foi de 50 pontos por segundo com deformação da fruta até 80% da sua altura inicial. Curvas de

força-deformação foram obtidas e através delas calculadas a tensão na ruptura ( $\sigma$ ) e a deformação na ruptura ( $\epsilon_H$ ) pelas equações 4 e 5, respectivamente.

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

$$\epsilon_H = \left| \ln \left( \frac{H(t)}{H_0} \right) \right|; \quad (5)$$

em que  $F(t)$  é a força do material (N) em um tempo  $t$ (s);  $A(t)$  é a área em função do tempo ( $\text{m}^2$ );  $H_0$  e  $H(t)$ , a altura da amostra inicial (m) a um tempo  $t$ (s).

A elasticidade das amostras e o trabalho foram calculados através dos gráficos T (tensão) x  $\epsilon_H$  (deformação), o trabalho (W) dado pela área sob a curva, e o módulo de elasticidade (E) dado pelo coeficiente angular da curva tensão-deformação, como descrito por Thybo & Nielsen (1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, por meio do software Statistica 5.0.

## Resultados e Discussão

Os resultados obtidos foram bastante uniformes, próximos aos encontrados por Menezes et al. (2001), em pesquisa realizada com os genótipos TSX 32096 e SUNEX 7057 (Tabela 1). A variação no conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), provavelmente, deve-se à influência das condições edafoclimáticas, do genótipo e do estágio de maturação da fruta (Pinto et al., 1995). Porém esse resultado está de acordo com o valor de 10,10%, obtido por Menezes et al. (1998) para o genótipo Gold Mine.

**Tabela 1.** Caracterização físico-química dos genótipos de melão amarelo (*Cucumis melo inodorus*).

Análises químicas <sup>(1)</sup>	Gold Mine	TSX32096 e SUNEX 7057 <sup>(1)</sup>
Umidade (%)	92,10±1,28	-
Proteína (%)	0,40±0,02	-
Cinzas (%)	0,56±0,03	-
Açúcares totais (%)	9,34±1,93	7,00 a 9,50
Açúcares redutores (%)	5,58±1,66	5,34 a 3,89
Acidez titulável (g 100 mL <sup>-1</sup> )	0,21±0,01	0,11 a 0,07
pH	5,50±0,36	5,92
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,00±1,45	11,50
Atividade de água ( $a_w$ )	0,980±0,003	-

<sup>(1)</sup>Menezes (2001).

Os teores de sólidos solúveis totais foram mais elevados nas amostras desidratadas osmoticamente com adição do ácido láctico e temperaturas de 40 e 50°C (Tabela 2). Esse incremento deve-se à transferência migratória da água e do açúcar no interior do tecido celular da fruta, favorecida pela ação do ácido e a elevação da temperatura. O conteúdo médio superior a 9% é bastante desejável sob o ponto de vista comercial, em virtude do SST ser um importante fator de qualidade em muitos países, inclusive no Brasil (Menezes et al., 1998, 2001). Assim, o aumento do conteúdo de sólidos solúveis na fruta pela desidratação osmótica pode favorecer sua comercialização. No entanto, um elevado conteúdo de SST pode contribuir para a redução da vida útil da fruta (Menezes et al., 2001).

Os efeitos da adição de ácidos na desidratação osmótica de melão no croma e na luminosidade são mostrados na Tabela 3. Como o parâmetro  $a^*$  varia do índice de saturação verde (-) ao vermelho (+), os valores negativos de  $a^*$  são justificáveis devido à coloração da variedade do melão utilizado (verde-amarelo).

Em comparação à fruta fresca, os valores de croma ( $a^*$  e  $b^*$ ) apresentaram-se inferiores após o tratamento osmótico (Tabela 3), provavelmente graças à ligeira degradação dos carotenóides promovida pela adição dos ácidos (maior ATT, Tabela 2) e pelo próprio processo de desidratação osmótica. Houve diminuição significativa de  $a^*$  nos tratamentos com ácido láctico a 70 e 50°Brix e 30 e 50°C, respectivamente.

**Tabela 2.** Análises físico-químicas de amostras de melão processadas com adição de ácidos em soluções de sacarose por três horas<sup>(1)</sup>.

Ensaio (n°)	Concentração (°Brix)	Temperatura (°C)	Ácido	pH	SST (°Brix)	ATT (g 100 mL <sup>-1</sup> )
1	50	30	Cítrico	5,5 0,1	11,5 1,0	0,22 0,01
2	70	30	Cítrico	5,7 0,1	13,0 1,0	0,23 0,02
3	50	30	Lático	5,6 0,0	10,0 0,9	0,23 0,01
4	70	30	Lático	5,6 0,1	13,5 1,2	0,24 0,01
5	60	40	Cítrico	5,5 0,1	13,0 1,0	0,22 0,01
6	60	40	Lático	5,4 0,1	15,0 1,0	0,24 0,01
7	60	40	Sem	5,6 0,2	17,0 1,3	0,20 0,02
8	50	50	Lático	5,7 0,0	15,0 0,5	0,23 0,03
9	70	50	Lático	5,5 0,1	16,0 0,8	0,22 0,01
10	50	50	Cítrico	5,7 0,2	12,5 0,5	0,25 0,01
11	70	50	Cítrico	5,5 0,0	16,0 1,2	0,23 0,01

<sup>(1)</sup>SST: sólidos solúveis totais; ATT: acidez total titulável.

**Tabela 3.** Influência do tratamento osmótico com adição de ácidos em solução de sacarose na variação da cor do melão desidratado osmoticamente em relação à fruta fresca<sup>(1)</sup>.

Tratamento	L*	a*	b*	H*	E	C
Fruta fresca ( <i>in natura</i> )	65,80a	-1,03a	16,50ad	-86,44a	-	-
Ácido cítrico, 50°Brix e 30°C	61,97b	-1,76b	9,36e	-79,35b	8,16b	7,05b
Ácido cítrico, 70°Brix e 30°C	75,53e	-1,66b	10,55b	-81,06c	11,42c	5,90c
Ácido láctico, 50°Brix e 30°C	62,61b	-1,48c	11,55f	-82,68d	5,91d	4,94d
Ácido láctico, 70°Brix e 30°C	69,97c	-2,43d	10,58b	-77,03e	7,38b	5,73c
Ácido cítrico, 50°Brix e 50°C	81,10d	-1,42c	16,06ac	-84,94f	15,31e	0,46ae
Ácido cítrico, 70°Brix e 50°C	80,05d	-1,24e	15,81c	-85,52f	14,27e	0,72e
Ácido láctico, 50°Brix e 50°C	71,06c	-2,04f	16,70d	-83,02df	5,36d	0,24a
Ácido láctico, 70°Brix e 50°C	81,02d	-1,46c	15,04g	-84,45f	15,29e	1,47f

<sup>(1)</sup>Médias com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; L\* (luminosidade): b, c, d; a\* (croma verde-vermelho): b, c; b\* (croma azul-amarelo): a, b, c, d; H\* (tonalidade): d, f; ΔE (variação total de cor): b, d, e; ΔC (índice de croma): a, c, e.

Com relação ao parâmetro  $b^*$ , os tratamentos a 50°C, independentemente do tipo de ácido adicionado, apresentaram valores mais próximos à fruta fresca com grau de significância de  $P < 0,05$ , em relação às amostras tratadas com ácido láctico e solução de sacarose a 50°Brix (Tabela 3). Este fato parece estar associado ao ligeiro escurecimento químico do xarope devido à elevação da temperatura (50°C) e ao tempo de tratamento, acentuando a cor amarela da solução e influenciando diretamente o produto processado (Sanjinez-Argandoña, 1999), uma vez que a presença de ácidos associada ao tratamento térmico favorece a inibição de enzimas, evitando o escurecimento enzimático (Monsalve-González et al., 1993; Forni et al., 1997).

Após a desidratação osmótica, os valores da luminosidade ( $L^*$ ) em relação a todos os casos foram significativamente mais altos, em relação à fruta fresca ( $P < 0,05$ ), com exceção dos tratamentos a 50°Brix e 30°C, os quais apresentaram valores inferiores à menor incorporação de açúcares (Tabela 2). O aumento da luminosidade deve-se à impregnação do açúcar ocorrida durante o processo de desidratação (Krokida et al., 2000). Na desidratação osmótica de kiwis por 3,5 horas, com solução de sacarose a 62°Brix e 40°C, Vial et al. (1991) observaram aumento de  $L^*$  e diminuição de  $a^*$  com relação à fruta fresca. Paiva et al. (1999) também reportaram valores de  $L^*$  mais altos após o tratamento osmótico.

Houve influência significativa da concentração da solução desidratante e da temperatura no aumento dos valores da luminosidade, independente do tipo de ácido adicionado (Tabela 3).

O índice de saturação ( $\Delta C$ ) e o ângulo de tom ( $H^*$ ) podem melhorar o entendimento das variações da cor encontradas nas amostras. O  $\Delta C$  indica a variação do grau de intensidade do croma ( $a^*$  e  $b^*$ ) da amostra tratada com relação à fresca. Quanto menor o valor, menor a variação. Desta forma, as amostras tratadas a 50°C apresentaram valores de  $\Delta C$  de 0,24 a 1,47, mostrando haver pouca diferença em relação à fruta fresca. Por sua vez, os valores da tonalidade ( $H^*$ ) das frutas tratadas a 50°C não apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) com relação à fruta fresca, independentemente do tipo de ácido adicionado (Tabela 3). Os valores de  $H^*$  são negativos pela influência dos valores de  $a^*$ , também negativos por

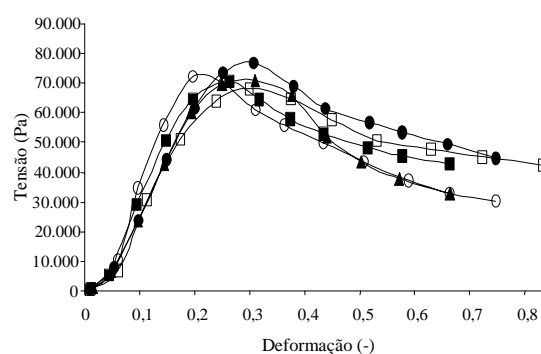
causa da ausência da coloração vermelha na fruta.

A diferença total de cor, válida para uma comparação geral dos processos, apresentou resultados mais elevados nos tratamentos a 50°C por causa do aumento na luminosidade em comparação à fruta fresca.

Curvas típicas de tensão vs. deformação obtidas nos testes de compressão para uma mesma amostra de melão (no caso, fresca) são mostradas na Figura 1. A força necessária para comprimir a amostra de forma a causar uma deformação irreversível (ruptura) é tomada como índice de dureza, neste caso, observada pela tensão máxima das curvas. A heterogeneidade das curvas ocasiona resultados com desvio-padrão elevado, difícil de ser evitado, já que as propriedades mecânicas de um material celular são determinadas pela estrutura e pelos constituintes de sua parede celular, afetados pelas condições de processamento. Portanto, pequenas variações no nível de maturação, variedade, época de colheita e possíveis erros experimentais, influenciam nos resultados e conseqüentemente, aumentam o desvio-padrão entre as amostras (Peleg, 1997; Lewicki & Lukaszuk, 2000).

Os valores obtidos nos tratamentos de compressão para a tensão máxima na ruptura ( $T_{max}$ ), deformação ( $\epsilon H$ ), módulo de elasticidade ( $E$ ) e trabalho aplicado ( $W$ ) são mostrados na Tabela 4.

A tensão aplicada às frutas processadas foi menor do que a da fruta fresca, diminuindo com o aumento da concentração da solução desidratante e a temperatura, independentemente do tipo de ácido



**Figura 1.** Curva de tensão ( $T$ ) vs. deformação ( $\epsilon H$ ) na ruptura de melão sem tratamento (fruta fresca) em cinco amostras (1: ●; 2: ○; 3: □; 4: ▲; 5: ■) provenientes de uma mesma fruta.

adicionado, isto é, as amostras desidratadas foram menos resistentes à compressão do que a amostra fresca. É possível que os tratamentos a 50°C favoreçam a hidrólise de vários polissacarídeos estruturais (sendo as substâncias pécnicas os principais) e comprometam a permeabilidade e a seletividade da parede celular da fruta, facilitando a incorporação de açúcares, o que torna o produto mais borrachento e firme, apesar de menos rígido (menor T e maior  $\epsilon H$ ). Lewicki & Lukaszuk (2000), ao medirem a tensão na ruptura de maçãs *in natura* e após desidratação osmótica, observaram também um considerável decréscimo no valor da tensão da fruta, quando esta era submetida a esse tipo de processamento (valores na ordem de  $10^6$  Pa para a fruta fresca e  $10^5$  Pa para a fruta processada). Monsalve-González et al. (1993) constataram o amolecimento de maçãs desidratadas osmoticamente em soluções acidificadas (0,2% ácido cítrico e ascórbico) de sacarose (52°Brix) e glicose (41°Brix). O amolecimento da fruta foi maior nas duas primeiras horas de tratamento osmótico, mantendo-se posteriormente inalterado, atribuindo a mudança da textura à perda de água, ao ingresso de açúcares na fruta, além dos fatores enzimáticos, fisiológicos e químicos, como a decomposição de substâncias pécnicas presentes.

A influência dos ácidos é observada na deformação ( $\epsilon H$ ). A incorporação do ácido láctico apresentou valores de  $\epsilon H$  significativamente mais elevados que a incorporação do ácido cítrico ( $P < 0,05$ ), aumentando com o aumento da temperatura. A deformação máxima pode ser associada à resistência do material

ao rompimento (Garcia et al., 2000), podendo esta característica ser atribuída à plasticidade da estrutura da amostra após tratamento, por causa do ganho de açúcares durante o processo osmótico, em que os açúcares tendem a ocupar os espaços intra e intercelulares no lugar da água, deixando o produto mais viscoelástico. Comportamento semelhante foi verificado por Krokida et al. (2000), nos ensaios de compressão-relaxação, em maçãs e bananas osmodesidratadas, em 50% de solução de glicose a 40°C por 10 horas, alcançando valores máximos de deformação de 0,6 e 0,95, respectivamente.

Esse aumento da viscoelasticidade do material, pela incorporação do açúcar no processo osmótico, pode ser uma condição importante e desejável no desenvolvimento de novos produtos. Torreggiani (1993) relata que a combinação do processo osmótico à secagem fornece um produto mais macio, com baixa atividade de água, pronto para consumo ou como ingrediente em bolos, sorvetes e iogurte.

O trabalho necessário para romper o material também foi maior com as amostras tratadas com ácido láctico a 50°C, devido à maior plasticidade delas. Porém, os elevados desvios encontrados não permitem que se estabeleça uma tendência.

O módulo de elasticidade (E) pode ser associado à rigidez do material. Quanto maior o valor de E menor a deformação elástica do material, ou seja, sob a ação de uma força externa o produto é deformado, alterando permanentemente sua forma original (Garcia et al., 2000). Os valores de E nas amostras desidratadas com adição do ácido láctico variaram en-

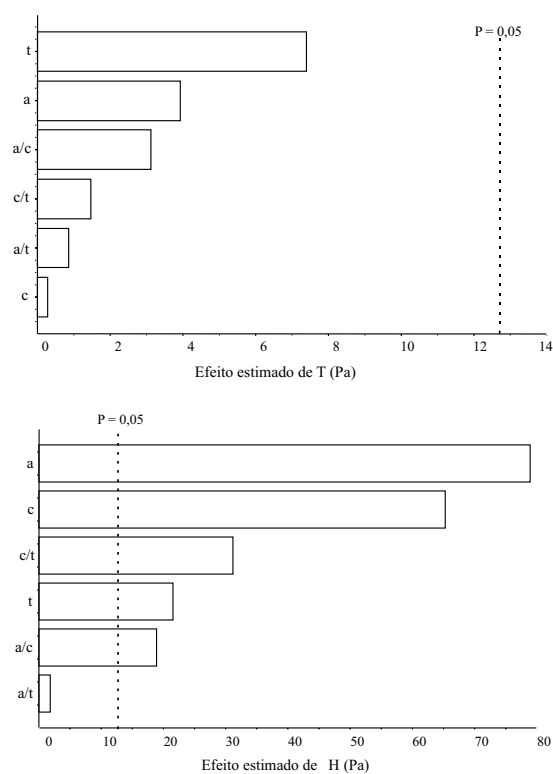
**Tabela 4.** Efeito do tratamento osmótico com adição de ácidos (cítrico e láctico) em solução de sacarose a 50 e 70°Brix a 30 e 50°C, nas propriedades mecânicas do melão<sup>(1)</sup>.

Tratamento	$E \times 10^4$ (Pa)	$S^2 \times 10^4$	$\epsilon H$	$S^2$	$T_{max} \times 10^4$ (Pa)	$S^2 \times 10^4$	W (kJ/m <sup>3</sup> )	$S^2 \times 10^4$
Fruta fresca ( <i>in natura</i> )	42,7	5,5	0,220	0,07	7,4	1,31	10,5	0,49
Ácido cítrico 50°Brix, 30°C	34,1	3,8	0,323	0,04	7,1	0,41	8,4	0,06
Ácido cítrico 70°Brix, 30°C	34,5	4,5	0,233	0,04	5,6	1,58	7,4	0,30
Ácido láctico 50°Brix, 30°C	20,2	7,1	0,436	0,07	5,3	1,11	4,3	0,17
Ácido láctico 70°Brix, 30°C	18,7	3,8	0,336	0,02	3,9	0,46	6,5	0,10
Ácido cítrico 50°Brix, 50°C	25,9	21,6	0,352	0,05	6,4	2,24	12,6	0,38
Ácido cítrico 70°Brix, 50°C	19,1	1,9	0,371	0,06	4,6	0,37	8,1	0,24
Ácido láctico 50°Brix, 50°C	17,6	1,6	0,530	0,16	6,7	1,75	20,9	0,69
Ácido láctico 70°Brix, 50°C	13,7	1,8	0,546	0,19	4,0	0,43	13,0	0,43

<sup>(1)</sup>E: módulo de elasticidade;  $S^2$ : desvio-padrão;  $\epsilon H$ : deformação na ruptura;  $T_{max}$ : tensão na ruptura; W: trabalho.

tre  $20,2 \times 10^4$  Pa (50°Brix, 30°C) e  $13,7 \times 10^4$  Pa (70°Brix, 50°C) e, com ácido cítrico, entre  $34,5 \times 10^4$  Pa (70°Brix, 30°C) e  $19,1 \times 10^4$  Pa (70°Brix, 50°C), diminuindo com o aumento da concentração de sacarose e a temperatura em relação à fruta fresca ( $42,7 \times 10^4$  Pa). Krokida et al. (2000), Lewicki & Lukaszuk (2000) e Mastrangelo et al. (2000) também obtiveram uma diminuição do módulo de elasticidade e explicam este fenômeno pela alteração do tecido celular com consequente perda de turgor, devido às condições do processamento. Contudo, a adição de ácidos não mostrou ter influência significativa nesse parâmetro, apesar da diminuição observada.

A avaliação estatística dos efeitos principais das variáveis concentração da solução desidratante, temperatura, tipo de ácido e de suas interações com relação à tensão e deformação na ruptura (Figura 2) mos-



**Figura 2.** Efeitos principais e de interações da concentração, temperatura (t) e ácido (a) no tratamento osmótico de melão sobre a tensão (T) e deformação (eH) na ruptura de melão desidratado osmoticamente. Efeito da interação do ácido com a concentração (a/c), da concentração com a temperatura (c/t), do ácido com a temperatura (a/t).

trou que, apesar de se observar valores menores de tensão no melão processado do que na fruta fresca, os efeitos não foram significativos ( $P < 0,05$ ). Entretanto, a deformação na ruptura foi significativamente afetada por todas as variáveis de trabalho, com exceção da combinação ácido/temperatura. O efeito significativo dos ácidos na deformação, associado à concentração da solução desidratante, parece favorecer a incorporação dos açúcares na fruta e consequentemente, aumentar a plasticidade do produto (Figura 2). Amostras desidratadas em solução de sacarose a 70°Brix com adição de ácido lático a 50°C apresentaram maior valor de deformação (0,546).

## Conclusões

1. O processo osmótico em soluções de sacarose associado à adição de ácidos e temperaturas elevadas favorece ao incremento de sólidos solúveis totais e à conservação da cor.

2. A textura da fruta é alterada pelo processamento osmótico tornando-se mais viscoelástica.

3. O ácido lático na desidratação osmótica com solução de sacarose fornece produtos com melhores atributos de qualidade que o ácido cítrico.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas.

## Referências

- FERREIRA, V. L. **Colorimetria em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. 42 p.
- FORNI, E.; SORMANI, A.; SCALISE, S.; TORREGGIANI, D. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. **Food Research International**, Oxford, v. 30, n. 2, p. 87-94, 1997.
- GARCIA, A.; SPIN, J. A.; SANTOS, C. A. **Ensaio dos materiais**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000. 247 p.
- GONZALVES, F. C.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. Vida útil pós-colheita de melão 'Piel de Sapo' armazenado em

- condição ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 49-52, 1996.
- HENG, K.; GUIBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality. **Sciences des Aliments**, Versailles, v. 10, p. 831-848, 1990.
- KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. **Drying Technology**, New York, v. 18, p. 937-950, 2000.
- KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B. Viscoelastic behaviour of dehydrated products during rehydration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 40, p. 269-277, 1999.
- LEWICKI, P. P.; LUKASZUK, A. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 45, p. 119-126, 2000.
- MAESTRELLI, A.; SCALZO, R.; LUPI, D.; BERTOLO, G.; TORREGGIANI, D. Partial removal of water before freezing: cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo* var. *reticulatus* Naud). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 255-260, 2001.
- 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**, Chichester, v. 80, p. 769-776, 2000.
- MENEZES, J. B.; CASTRO, E. B.; PRAÇA, E. F.; GRANGEIRO, L. C.; COSTA, L. B. A. Efeito do tempo de insolação pós-colheita sobre a qualidade do melão amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 80-81, 1998.
- MENEZES, J. B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.; CARVALHO, H. A. Caracterização pós-colheita do melão amarelo "Agroflora 646". **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 150-153, 1995.
- MENEZES, J. B.; GOMES, J. J.; ARAÚJO, N. S. E.; SIMÕES, A. N. Armazenamento de dois genótipos de melão amarelo sob condições ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 42-49, 2001.
- MONSALVE-GONZÁLEZ, A. M.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; CAVALIERI, R. P. Mass transfer and textural changes during processing of apples by combined methods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, p. 1118-1124, 1993.
- PAIVA, M.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. J.; CAPELLAS, M.; FERRAGUT, V. Changes in microstructural, textural and colour characteristics during ripening of Manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation. **International Dairy Journal**, Oxford, v. 9, p. 91-98, 1999.
- PELEG, M. Review: mechanical properties of dry cellular solid foods. **Food Science and Technology International**, London, v. 3, p. 227-240, 1997.
- PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; COSTA, N. D.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, J. R. Aplicação de N e K via água de irrigação em melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 192-195, 1995.
- PONTING, J. D. Osmotic dehydration of fruits: recent modifications and applications. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 8, p. 18-20, 1973.
- RANGANNA, S. **Manual analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: McGraw-Hill, 1978. 634 p.
- RODRIGUES, A. C. C. **Influência dos aditivos na obtenção de mamão desidratado osmoticamente**. 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. **Desidratação de goiaba por imersão e secagem**. 1999. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- THYBO, A. K.; NIELSEN, M. Influence of uniaxial compression rate on rheological parameters and sensory texture prediction of cooked potatoes. **Journal of Texture Studies**, Trumbull, v. 31, p. 25-40, 1999.
- TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, Oxford, v. 26, p. 59-68, 1993.
- TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 247-253, 2001.
- VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, Versailles, v. 11, n. 1, p. 63-84, 1991.