

A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças

Fruits and vegetables with osmotic dehydration pretreatment

RIALA6/1621

Mariana Buranelo EGEA^{1*}, Luciana Pereira LOBATO²

*Endereço para correspondência. ¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rod. Sul Goiana Km 01, Caixa Postal 66, Zona Rural, Rio Verde, Goiás, Brasil, CEP 75.901-970, Tel.: (64) 3620-5600.

E-mail: mariana.egea@ifgoiano.edu.br

²Universidade Federal de Sergipe, UFS, Lagarto, Brasil

Recebido: 30.06.2014 - Aceito para publicação: 30.11.2014

RESUMO

A desidratação osmótica é uma operação importante para transformar os alimentos de origem vegetal perecíveis em novos produtos com valor agregado e com maior vida de prateleira. Este processo é responsável pela remoção de água, em que as frutas e hortaliças são submetidas à imersão em solução hipertônica que tenha alta pressão osmótica. O presente trabalho apresenta uma revisão sobre a desidratação osmótica abrangendo-se a definição do processo, as variáveis e as alterações desejáveis e indesejáveis nos procedimentos realizados com os produtos de origem vegetal.

Palavras-chave. impregnação, secagem osmo-convectiva, perda de massa, incorporação de sólidos.

ABSTRACT

Osmotic dehydration is a crucial operation unit used for transforming the perishable vegetal product into the new produces containing an added nutritional value and much longer shelf life. This process is responsible for removing the water from fruits and vegetables. Accordingly, the fruits and vegetables are subjected to the immersion into a hypertonic solution which causes a high osmotic pressure in the system. The present study aimed at presenting a review on the osmotic dehydration involving the process definition, the process variables and the desirable and undesirable changes in procedures carried on in products of vegetable source.

Keywords. Impregnation, osmo-convective drying, loss in mass, solids incorporation.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de produtos de origem vegetal. No entanto, estima-se que, entre a colheita e a chegada à mesa do consumidor (incluindo as etapas de colheita, transporte e armazenamento), ocorram perdas quantitativas ou qualitativas em torno da metade da produção, ou seja, de 30 - 40 % das frutas e hortaliças nunca chegam ao consumidor. Dentre os vegetais, os valores são mais elevados para pimentão, quiabo, pepino e alho (35 % a 42 %) e para frutas, o maior problema ocorre em banana e morango (38 % - 40 %)¹. Assim, a ciência e a tecnologia de alimentos sugerem novos processos de industrialização para reduzir estas perdas².

A desidrataçãoo smótica (DO), ou alternativamente denominada impregnação ou saturação, é uma operação importante para transformar os frutos perecíveis em novos produtos com valor agregado e com maior vida de prateleira^{3,4}. Neste processo ocorre a remoção de água onde as frutas e hortaliças são submetidas à imersão em solução hipertônica que tenha alta pressão osmótica. Nas células vegetais, a parede celular, que contém numerosos interstícios relativamente grandes, não se apresenta como a principal barreira, sendo permeável à água e a pequenos solutos. A direção da força de remoção de água acontece entre o alimento e a solução, onde a membrana semipermeável deixa que a difusão aconteça do alimento para a solução e desta para o alimento^{5,6}.

Na concepção de Raoult-Wack⁶, a desidrataçãoo smótica é um pré-tratamento onde são obtidos produtos de umidade intermediária ou ainda aqueles onde se aplicam tratamentos como secagem, congelamento ou embalagem como tratamento final visando sua maior conservação. Suas principais vantagens são a redução de perdas de características sensoriais do alimento acompanhada de melhora na textura, aumento da estabilidade de pigmentos, modificação na proporção de açúcares:acidez e ganho de processamento por redução de gasto de energia em tratamentos finais. Ainda, ocorre a diminuição da umidade, dos custos com embalagem e transporte. Além disso, esta etapa como pré-processamento ajuda a diminuir a quantidade de energia gasta nas etapas que seguem à desidrataçãoo smótica^{5,6}.

A melhora na qualidade pode ser atribuída ao uso de operações com temperaturas moderadas, que podem ser baixas comparadas a outros processamentos (aproximadamente 25 °C) e neste caso, a água é removida do produto sem mudança de fase, conservando a estrutura celular vegetal. A não ocorrência de mudança de fase com a

remoção de água na fase líquida faz com que a transferência de massa e de calor sejam eficientes, facilitando os processamentos realizados após a desidrataçãoo smótica⁶.

Em contrapartida, neste processo ocorre a perda de alguns sólidos naturais do alimento, como açúcares, minerais, entre outros nutrientes, e ganho de sólidos elevado, afetando o perfil nutricional do alimento. Outro problema é o tratamento da solução de desidrataçãoo smótica que ainda não possui um aproveitamento específico e geralmente é usada em grandes proporções de fruta:solução. Essas soluções, que possuem altas concentrações de sólidos, têm custo elevado e ocasionam um problema quanto a sua reutilização pela dificuldade de controle do processo. No entanto, estudos têm sido realizados com a finalidade de reuso da solução osmótica ou de separação de compostos extraídos do alimento⁷⁻⁹.

O objetivo desta revisão bibliográfica foi apontar os aspectos positivos e negativos da realização da desidrataçãoo smótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças.

TRANSFERÊNCIA DE MASSA NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Na desidrataçãoo smótica de produtos sólidos com alto conteúdo de água em soluções aquosas concentradas (como soluções de açúcar ou sal) três tipos de fluxos estão envolvidos (Figura 1). O primeiro é um fluxo de saída de água do alimento para a solução. O segundo fluxo é de transferência de sólidos da solução para o produto e, o terceiro fluxo, é o de saída de solutos do produto (ácidos orgânicos, minerais, vitaminas, etc.) para a solução, o qual é quantitativamente insignificante comparado com os dois primeiros fluxos, mas deve ser considerado na composição final do produto^{4,5}.

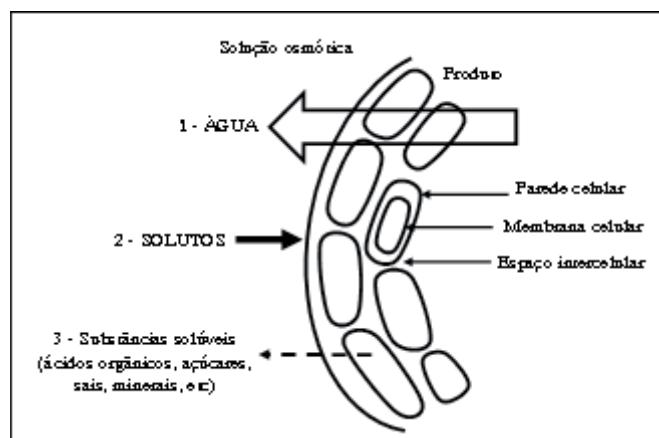


Figura 1. Esquema dos fluxos envolvidos na transferência de massa da desidrataçãoo smótica de frutas e hortaliças

Fonte: adaptado de Lenart⁵

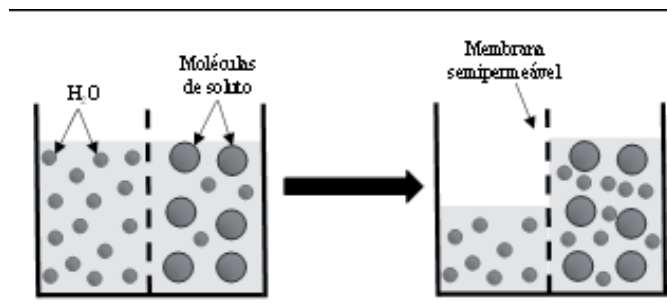


Figura 2. Esquema demonstrando a osmose
Fonte: o autor (2014)

Considerando todo o processo de desidratção osmótica, muitos mecanismos podem atuar ao mesmo tempo, dependendo das condições de operação e da natureza do produto. Estes podem ser: difusão, osmose, interação dos fluxos e encolhimento dos produtos, os quais podem diminuir o volume inicial em até 50 %⁶. A difusão é um fenômeno de transporte de matéria onde um soluto é transportado devido aos movimentos das moléculas de um fluido. Estes movimentos fazem com que, do ponto de vista macroscópico, o soluto passe das zonas mais elevadas de concentração para zonas de baixa concentração. A osmose, como mostrado na Figura 2, é o nome dado ao movimento do solvente, no caso a água, entre meios com concentrações diferentes de solutos, separados por uma membrana semipermeável. A solução menos concentrada é denominada hipotônica e a mais concentrada hipertônica¹⁰.

Assim como no processo de secagem, o processo de desidratção osmótica pode influenciar o encolhimento, que é a diminuição das dimensões do produto, devido à alteração na microestrutura do tecido fresco, em que se verifica um aumento de cavidades, células alongadas, dentre outras modificações¹¹, promovidas pelo stress térmico e principalmente pela remoção de umidade. Notou-se que o comportamento do alimento em uma determinada geometria é fator de alteração do encolhimento¹². Simal et al¹³, desidratando maçãs previamente tratadas por desidratção osmótica, concluíram que houve maior encolhimento para as maçãs que não haviam sido tratadas osmoticamente.

Muitos são os fatores que influenciam diretamente na velocidade de transferência de massa durante o processo osmótico: a temperatura, a agitação, tempo de duração, concentração e composição da solução (peso molecular e natureza do soluto) e a permeabilidade da membrana da fruta ou hortaliça (estrutura do sólido, a área

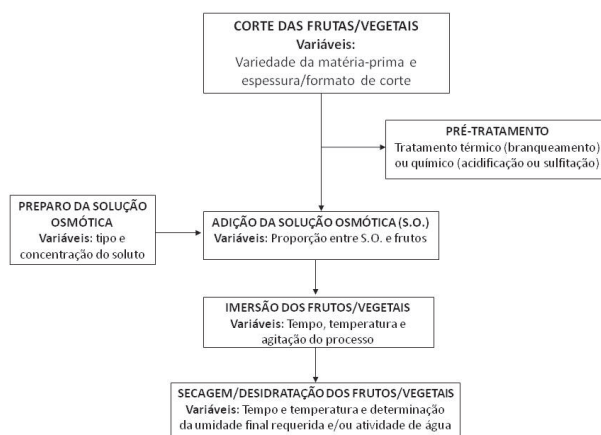


Figura 3. Fluxograma das etapas básicas da desidratção osmótica de frutas e vegetais
Fonte: o autor (2014)

da superfície do alimento submetido ao processamento), modo de contato produto-solução (fase sólido-líquido), pressão do processo e proporção produto/solução⁶.

ESTRUTURA DOS ALIMENTOS DESIDRATADOS

A perda de água e ganho de sólidos são controlados principalmente pelas características físicas das matérias-primas utilizadas na desidratção osmótica. Em altas (>40 °C) ou baixas (<10 °C) temperaturas, as mudanças na estrutura das frutas afetam as suas propriedades de desidratção e de impregnação⁴. Assim, estudar a microestrutura dos alimentos durante o fenômeno de desidratção osmótica é importante para elucidar os mecanismos de transferência de massa¹⁴.

Paes et al¹⁵ observaram em maçãs que o aumento da temperatura de processamento da desidratção osmótica (45-55 °C) afetou a textura causando amolecimento do tecido vegetal que ocorreu provavelmente pela modificação da estrutura associada a danos causados na membrana. No entanto, a modificação da membrana celular poderia torná-la menos seletiva, facilitando a saída de líquido da célula. Este aumento de perda de água sem uma grande modificação no ganho de açúcar foi observado por outros autores¹⁶.

A utilização de pré-tratamentos para inibir o escurecimento enzimático como o branqueamento, realizados anteriormente à desidratção osmótica, também podem alterar a estrutura celular de frutas. Egea et al¹⁷ observaram aumento na concentração de agente

osmótico, com conseqüente aumento na transferência de massa, em maçãs nos tratamentos onde o branqueamento por tratamento térmico foi realizado. De acordo com Matussek et al¹⁸, o branqueamento torna as membranas de tecido de plantas mais permeáveis à mobilidade dos sólidos envolvidos na desidratção osmótica, provavelmente por afetar a estrutura.

O impacto negativo da desidratção osmótica na integridade celular dos tecidos vegetais e o efeito benéfico do cálcio no processo já foi verificado em goiabas¹⁹, morangos²⁰ e maçãs²¹. Para preservar a integridade estrutural da parede celular dos alimentos desidratados osmoticamente podem-se adicionar sais de cálcio na solução osmótica. O Ca²⁺ promove uma interação entre os íons cálcio e a pectina da parede celular, proporcionando maior rigidez na estrutura celular de frutas e hortaliças²².

Neste sentido, Ferrari et al²³ estudaram as propriedades mecânicas e a estrutura celular do melão desidratado osmoticamente, onde adicionou-se lactato de cálcio na solução osmótica de sacarose ou maltose. Na presença de sacarose, a perda de água decorrente do processo osmótico causou intensa plasmólise do citoplasma, resultando em perda de turgor e conseqüente diminuição da resistência da parede que levaram à variação da forma e tamanho das células, ficando algumas células deformadas e até colapsadas. O tratamento com maltose causou menos danos celulares que o tratamento com sacarose. Nele o citoplasma se manteve intacto e foram observados apenas alguns danos à parede celular das frutas. Com a adição de lactato de cálcio, nos ensaios de sacarose e de maltose, houve preservação estrutural das frutas, demonstrando a vantagem da utilização de íons cálcio nos tratamentos osmóticos.

VARIÁVEIS DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

A taxa de remoção de água e incorporação de sólidos durante a desidratção osmótica depende de diversos fatores, tais como: concentração e temperatura da solução, tempo de contato, grau de agitação da solução, forma e tamanho do sólido, razão solução/sólido e nível de vácuo, se aplicado²⁴. Os efeitos da concentração de soluto, da temperatura e do tempo de contato têm sido estudados em várias frutas e vegetais^{2,25-29}.

Tipo e concentração do agente osmótico

Como já foi dito antes, durante o processo

osmótico de desidratção observam-se três tipos básicos de transferência de massa que ocorrem simultaneamente: a saída de água do produto para a solução hipertônica, a saída de alguns solutos do produto e a entrada de soluto da solução para o produto. A partir desta transferência é possível introduzir uma quantidade desejada de princípio ativo, agente conservante, qualquer soluto de interesse nutricional ou que seja capaz de conferir ao produto uma melhor qualidade sensorial¹⁶. A Figura 3 mostra um fluxograma das principais etapas do processo de desidratção osmótica.

Durante o processo de desidratção, alguns solutos presentes no xarope podem não migrar efetivamente para as células das frutas e hortaliças, mas tão somente penetrar nos espaços intracelulares e ali se alojar, em razão das alterações na permeabilidade e seletividade da estrutura do tecido celular devido à maturação, condições de estocagem e pré-tratamentos químicos sofridos pelo produto^{4,5,10}. Essa impregnação do soluto no alimento, de certo modo, possibilita a formulação de produtos funcionais e favorece a preservação sensorial e nutricional dos mesmos, sendo um diferencial dentre os demais processos de desidratção³⁰.

A escolha do soluto é uma questão fundamental por estar relacionada com as alterações nas propriedades sensoriais e no valor nutricional do produto final, além do custo de processo. Características dos agentes osmóticos usados, como seu peso molecular e comportamento iônico, afetam significativamente a desidratção, tanto na quantidade de água removida quanto no ganho de sólidos⁵. A sacarose é tida como um ótimo agente osmótico, especialmente quando a DO é empregada como etapa preliminar à secagem convectiva, pois previne o escurecimento enzimático e a perda de aromas. É esperado que quanto maior a concentração de sacarose na solução osmótica, maior é o ganho de sólidos nas frutas².

O uso de cloreto de sódio como agente osmótico é desejável quando o gosto de sal mantém ou melhora o sabor do produto processado. Constitui um excelente agente osmótico, e pode ser usado combinado com a sacarose⁵.

Estudos demonstrando o uso combinado do sal e da sacarose como agentes osmóticos devem ser realizados antes da adequação das etapas do processamento. Na desidratção de abóbora foi possível perceber que quanto maior o teor de sacarose na solução e maior o tempo de DO, maior o conteúdo de sacarose e menor o

teor de sal. Isso ocorre por que o ganho de sal em geral ocorreu preponderantemente na primeira hora de DO, enquanto que o de sacarose prosseguiu na segunda hora de processo. Portanto, a massa de sacarose contribuiu para diminuir o teor de sal na massa seca total, após 2 h de DO²⁶.

Em cupuaçu, quando foi comparado o uso de uma solução binária (sacarose a 40 °Brix) e solução ternária (80 % de sacarose + 20 % de cloreto de sódio) foi observado uma redução de 14,75 % e 25,08 %, respectivamente na umidade do produto. A maior eficiência da solução sacarose + sal é resultado do gradiente criado tanto pelo sal como pela sacarose, que favorece a remoção de uma maior quantidade de água das células. Também, o sal inibe a formação da barreira de açúcar, ocasionando também maiores taxas de desidratção³.

Outros agentes desidratantes já foram testados: açúcar invertido em abacaxi²⁵, combinação de açúcar invertido, sucralose e sacarose em goiaba³¹, maltose em melão²² e fruto-oligossacarídeos em maçãs^{17,18,32}.

Queiroz et al³¹ combinando agentes osmóticos (sacarose, sucralose e açúcar invertido), observou que a perda de água é significativamente menor nas amostras submetidas à solução de sacarose (0,3 g.mL⁻¹) e sucralose (0,2 g.L⁻¹) e maior em soluções de açúcar invertido. Este comportamento ocorre possivelmente devido ao efeito osmótico mais acentuado do açúcar invertido por conter monossacarídeos (glicose e frutose) que exercem maior efeito osmótico que a sacarose, devido sua menor massa molecular. Menor massa molecular do agente osmótico facilita a penetração nos tecidos vegetais e dificulta a formação de camada nas periferias, impedindo a cristalização e permitindo a maior saída de água³³.

Agentes osmóticos que acrescentam valor nutricional aos alimentos, como é o caso dos fruto-oligossacarídeos, que aumentam o teor de fibras solúveis quando ingeridos na dieta humana, já foram estudados para serem usados na desidratção osmótica de maçã^{17,18,32}. A única restrição com relação ao uso deste produto no processo de DO é pelo seu custo mais elevado e serem necessárias soluções com altas concentrações de agentes desidratantes. Portanto, seria necessário um estudo para a reutilização desta solução ou para a recuperação deste ingrediente da solução.

Tempo, temperatura e agitação da desidratção osmótica

No geral, quanto maior o tempo e a temperatura de imersão em solução osmótica maior a incorporação

de sólidos nos produtos vegetais. A agitação é muito utilizada no processo osmótico por que os fluxos contínuos de entrada de sólidos e saída de água criam gradientes em volta do produto vegetal dificultando a continuidade destes fluxos^{5,6}.

Veja-Gálvez et al³⁰ estudaram o efeito da concentração (40, 50 e 60 %) e da temperatura (30, 40, 50 °C) da solução sobre a desidratção osmótica na papaia chilena (*Vasconcellea pubescens*). Quando se aumenta a concentração da solução acontece maior remoção de água, sendo que ela é mais alta na concentração de 60 % para todas as temperaturas e o mesmo aconteceu com os sólidos solúveis. Isto indica que a temperatura não teve influência sobre a difusividade efetiva da água e dos sólidos solúveis neste caso.

A maior perda de água do processo de DO ocorre nos primeiros 30 min do processo pela alta diferença de gradiente sólido-solução existente¹⁰. Em abacaxi^{25,34} e em goiabas³¹ os parâmetros que caracterizam a transferência de massa deixaram de apresentar diferenças significativas depois de 45 min de imersão. Entretanto, em jenipapo³⁵ os fluxos de massa em soluções de 30, 50 e 70 % de sacarose, começaram a reduzir consideravelmente depois de 2 h de desidratção osmótica, atingindo o equilíbrio apenas às 12, 24 e 32 h de imersão, respectivamente. Em jaca, a perda de água durante o processo osmótico em concentrações de 40 e 50 °Brix a 43 °C ocorreu mais intensamente durante as primeiras 4 h. Enquanto isso, a incorporação de sólidos é maior nas duas primeiras horas²⁹.

Porto et al³⁶ estudando o processo osmótico para uvas *Crimson Seedless* testou a temperatura (30 a 50 °C), o tempo (1 a 4 h) e concentração de sacarose (40 a 50 °Brix) na perda de umidade, incorporação de sólidos e índice de eficiência de desidratção. Estes autores observaram que dentro das condições estudadas a concentração de sacarose e o tempo de imersão apresentaram efeitos positivos sobre a perda de umidade e a incorporação de sólidos enquanto a temperatura não apresentou influência em nenhuma variável resposta estudada. Neste caso, a melhor condição para desidratção osmótica da uva para maior índice de desidratção é quando este processo é realizado em solução osmótica com 42 °Brix, por 1,6 h de imersão e a 46 °C.

Assim, para definir a eficiência dos processos osmóticos é preciso considerar o tipo de agente osmótico escolhido, a temperatura e o tempo de processo. Além disso, cada tecido vegetal apresenta uma permeabilidade ao tipo de agente osmótico.

QUALIDADE DE PRODUTOS DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE

Dentre as diversas metodologias utilizadas para melhorar as características sensoriais de frutas e hortaliças desidratadas, a desidratção osmótica, como pré-tratamento, tem apresentado bons resultados.

A qualidade do alimento engloba o aspecto de segurança, suas propriedades nutricionais e sensoriais. A aceitação do produto pelo consumidor está diretamente relacionada com a qualidade do mesmo⁵.

Aspectos nutricionais

O ácido ascórbico ou vitamina C é um poderoso antioxidante naturalmente presente em muitos alimentos. Quanto ao teor de vitamina C, perdas elevadas deste nutriente ocorrem no que se refere ao processamento osmótico quando comparado com frutas *in natura*³⁷. As etapas de corte e agitação expõem a vitamina C ao oxigênio, com conseqüente oxidação³⁸. Além disso, o processo osmótico onde se utiliza o aumento de temperatura é responsável pela degradação térmica desta vitamina²⁷. No entanto, estas perdas de vitamina C diminuem com a realização do processo osmótico como pré-tratamento para a secagem convectiva, como já foi comprovado para laranjas³⁷ e maçã^{17,32}.

Martins et al²⁷ estudando passas de caju elaboradas por desidratção osmótica, concluíram que os maiores teores de vitamina C foram observados após 3 h de imersão na solução osmótica com até 50 °Brix e 40 °C. Entretanto, as perdas de vitamina C foram elevadas (86 a 95 %) quando comparadas ao teor de vitamina C do pseudofruto *in natura*. Estes autores justificam que a redução da estabilidade neste caso aconteceu por que o processamento dos frutos consistiu de corte ao meio, imersão em solução aquosa e secagem em temperaturas de até 65 °C.

O mesmo comportamento ocorre com o conteúdo de fenóis totais e atividade antioxidante. Estudando laranjas desidratadas osmoticamente, Mendes et al.³⁷ observaram perdas de conteúdo fenólico e atividade antioxidante de 45,1 % e 37,3 % menores que na secagem convencional demonstrando a eficiência do processo para a preservação das propriedades funcionais do produto.

Cor

Os pigmentos nos alimentos são instáveis e suscetíveis às reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o processamento ou armazenamento¹.

De grande importância tecnológica é a relação existente entre a cor dos alimentos e outros fatores de qualidade, como a composição química e o grau de desenvolvimento e alteração, sendo estes os motivos para se utilizar a cor como índice de transformações naturais dos alimentos frescos ou de mudanças ocorridas no processo industrial.

Muitos produtos de origem vegetal necessitam que antes da desidratção osmótica seja realizado um tratamento para inibição enzimática como prevenção ao escurecimento enzimático. Estes tratamentos (térmicos ou químicos) modificam a coloração final destes produtos. Campos et al³⁹ estudando o branqueamento com ácido cítrico e ácido ascórbico em carambola realizado anteriormente à desidratção osmótica, observaram que todos os tratamentos conduziram a uma redução no escurecimento (parâmetro L*) da carambola, independente da concentração de ácido cítrico utilizada. Menores concentrações de ácido cítrico ou ácido ascórbico no branqueamento, foram menos eficientes em evitar o escurecimento enzimático. Em maçãs, quando o branqueamento utilizando inativação térmica (70 °C por 3 min) foi comparado com o tratamento químico (imersão em solução de 1 % em ácido cítrico por 15 min), foi observado que este último é mais eficiente em manter os valores de L* mais altos.¹⁷

Demczuk Junior et al⁴⁰ avaliaram pré-tratamentos de ácido cítrico, ácido ascórbico e cloreto de cálcio e compararam com o tratamento controle em desidratção osmótica de kiwi. Foi observado que a maior variação total de cor aconteceu no pré-tratamento das fatias em ácido cítrico e o menor valor para o tratamento controle. As fatias de kiwi sofreram alterações nos parâmetros de cor ao longo do tempo de processamento osmótico, tornando-se mais escuras (diminuição de L*), menos verdes (aumento de a*) e menos amarelas (diminuição de b*). As amostras do tratamento controle sofreram as maiores variações na luminosidade L*, já as fatias pré-tratadas com cloreto de cálcio foram as que melhor mantiveram a cor original do kiwi.

Mendes et al³⁷ estudando laranjas desidratadas osmoticamente e submetidas a secagem não encontraram diferença significativa ($p < 0,05$) comparadas àquelas somente submetidas a secagem convectiva para o parâmetro L*. Diferente disso, para pêssegos²⁸ houve diminuição significativa neste parâmetro que, em conjunto com um aumento no parâmetro a* (vermelho) poderia estar associada com as reações de escurecimento enzimático\não enzimático. Além disso, em pêssegos

foi observado que houve conservação do parâmetro de maior importância para determinar a cor amarelo destes frutos (parâmetro b^* referente à cor amarelo). Este comportamento é atribuído à lipossolubilidade do pigmento e/ou a menor exposição da fruta ao ar, que causaria menor oxidação do pigmento.

Textura

Nas frutas, as propriedades mecânicas estão intimamente ligadas à estrutura celular. A firmeza da parede celular está relacionada com a composição de pectina na sua estrutura mais externa, conhecida como lamela média. A sua importância está no efeito “ligante” que promove na parede celular, provocando a adesão das células entre si. Além de variar de acordo com o grau de maturação da fruta, a pectina é bastante sensível ao calor, podendo alterar sua composição na lamela média, conforme a intensidade do processo de desidratção osmótica ou secagem⁴¹.

O processo tem grande aplicabilidade em alimentos sólidos de todos os tipos como, frutas, hortaliças, carnes, ervas, etc. Durante o processo podem ser aplicados pectina e íons cálcio como revestimento com a finalidade de manter ainda mais as características desejáveis do alimento²⁰.

A desidratção osmótica favorece a maciez do tecido e o menor encolhimento durante a secagem devido à impregnação do soluto desidratante durante o processamento. Isto faz com que quanto maior a entrada de sólidos, menor seja a resistência à compressão do produto comparado com o não desidratado osmoticamente⁴².

Germer et al²⁸ estudando a desidratção osmótica em pêssegos variando a temperatura (30 a 50 °C) e a concentração de xarope de sacarose (45 a 65 °Brix) e secos em secagem convectiva à 65 °C observaram o aumento da força máxima aplicada na análise de textura instrumental. Os valores de força máxima foram três vezes maiores em pêssegos desidratados osmoticamente e secos por secagem convectiva (53 a 74 N) que o necessário para corte de fruta *in natura* (16 a 24 N).

Os processos combinados de desidratção osmótica e secagem com ar quente podem fornecer produtos mais tenros a baixas atividades de água que produtos desidratados sem pré-tratamento, o que pode ser agradável para comer na forma de “snacks” ou para incorporar em produtos de panificação, sorvetes, queijos ou iogurte³.

Ferrari et al²³ estudou a influência do lactato de cálcio (0, 0,5, 1,0 e 1,5 %, p/v) e do tipo de açúcar (sacarose ou maltose, 40 °Brix) nas propriedades mecânicas de pedaços de melão desidratados osmoticamente. A adição de lactato de cálcio na solução osmótica de sacarose ou maltose resultou em maiores valores de tensão na ruptura para as frutas (maior manutenção da textura), 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 em concentrações de até 1,0 %.

Assim, a desidratção osmótica, apesar de diminuir a rigidez da parede celular, aumenta a força máxima aplicada pela incorporação de sólidos durante a impregnação.

ATIVIDADE DE ÁGUA

Em geral, o objetivo da desidratção osmótica é maximizar a perda de água, e ao mesmo tempo, minimizar o ganho de soluto por parte do sólido. Contudo, a DO geralmente não é capaz de abaixar a atividade de água a níveis que dispensem técnicas adicionais para conservação de alimentos. Os autores concordam que a desidratção osmótica não deve ser utilizada como único tratamento, pois os valores de atividade de água obtidos com a realização deste tratamento não garantem a estabilidade física, química e microbiológica do alimento. Assim, são necessários outros métodos de conservação para complementar esta técnica, diminuindo a atividade de água até um valor que garanta a estabilidade durante o armazenamento do produto, conforme relatado por vários autores^{17,20,32}. Diferente disto, Martins et al²⁷ desidratando pseudofrutos de caju-do-cerrado conseguiu a estabilidade do seu produto ($A_w < 0,60$) somente com a utilização da desidratção osmótica.

TRATAMENTOS FINAIS

Segundo vários autores que estudaram a combinação de secagem convectiva e desidratção osmótica, as amostras desidratadas osmoticamente requerem menor tempo de secagem que as amostras sem esse pré-tratamento⁴¹. Outra vantagem da desidratção osmótica como pré-tratamento antes da secagem convectiva de alimentos é que ela minimiza os impactos negativos desta última, como perda de aroma,

escurecimento enzimático e perda da cor natural dos alimentos¹⁶. Além disso, também tem sido observado um efeito protetor sobre a estrutura do alimento, gerando produtos mais flexíveis e macios⁵.

Perez et al³, estudando a desidratção osmótica como pré-tratamento antes da secagem convectiva em cupuaçu, observou que houve redução no tempo de secagem quando uma solução binária (sacarose a 40 °Brix) foi usada na solução osmótica. Esta observação é um bom indicativo de redução do custo com energia elétrica na secagem convectiva.

Queji et al² avaliando a secagem após a desidratção osmótica de tomates observaram menor tempo de secagem convectiva. Os tomates que ficaram imersos em solução osmótica apresentaram umidade inicial anterior à secagem convectiva menor e, por isso, foi gasto um menor tempo para a concentração dos sólidos incorporados e das substâncias presentes naturalmente no tomate. Estes autores concluíram que a perda de água e a incorporação de sólidos variaram em cada caso, mas as vantagens como redução de tempo de secagem, manutenção da boa aparência do produto e maior rendimento econômico, estão sempre presentes.

Apesar do uso mais comum ser a desidratção osmótica como pré-tratamento para a secagem convectiva, este processamento também já foi utilizado como pré-tratamento em goiabas minimamente processadas⁴³. Em goiabas minimamente processadas por desidratção osmótica branda, acompanhada de armazenamento em embalagens de polietileno tereftalato e estocadas à 5 °C foi verificado uma vida de prateleira de 24 dias resultando num produto mais estável à contaminação microbiológica e de melhor aceitação pelo consumidor.

Existem estudos que utilizam o tratamento osmótico como pré-tratamento para o congelamento. Em variedade de morangos submetidos ao processo osmótico na presença de íons cálcio e submetidos ao congelamento, foi observado uma maior dureza, melhorando a aparência global e uma maior retenção de água no descongelamento destes produtos²⁰. Outros autores fazendo um estudo semelhante, também em morangos, afirmaram que a melhora na retenção de água nas células vegetais é devido a uma menor quantidade de cristais de gelo provocando menores danos nas células.⁴⁴ Assim, são necessários estudos para avaliar o melhor tratamento final que poderia ser realizado com frutas e vegetais que garantam a sua qualidade microbiológica

e físico-química, suas características físicas e sensoriais desejáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade de água de produtos desidratados osmoticamente é, normalmente, alta ao final do processo, fazendo com que estas frutas e hortaliças sejam consideradas perecíveis. Assim, desidratção osmótica é um pré-tratamento que pode agregar valor no produto final, seja ele refrigerado, congelado ou desidratado mantendo características como cor, pela concentração de pigmentos, e textura, pela manutenção da estrutura celular ou impregnação de solutos em frutas e hortaliças.

REFERÊNCIAS

1. Chitarra MIF, Chitarra ABC. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005.
2. Queji MFD, Pessoa LS. Influência do tratamento osmótico na produção de tomate desidratado. *Rev Bras Tecnol Agroind*. 2011;5(1):282-92.
3. Perez LG, Oliveira FMN, Andrade JS, Moreira Filho M. Cinética de secagem da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pré desidratada por imersão-impregnação. *Rev Ciênc Agron*. 2013;44(1):102-6.
4. Torreggiani D, Bertolo G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structure effects. *J Food Eng*. 2001;49(1-2):247-53.
5. Lenart A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. *Dry Technol*. 1996;14(2):391-413.
6. Raoult-Wack AI. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends Food Sci Technol*. 1994;5(8):255-60.
7. Germer SPM, Queiroz MR, Aguirre JM, Barbari SA, Silveira NFA. Reuse of Sucrose Syrup in the Osmotic Dehydration of Peaches. *Dry Technol*. 2012;30(14):1532-40.
8. Oliveira LA, Lordelo FS, Tavares JIQ, Cazetta ML. Elaboração de bebida fermentada utilizando calda residual da desidratção osmótica de abacaxi (*Ananas comosus* L.). *Rev Bras Tecnol Agroind*. 2012; 6 (1): 702-12.
9. Oliveira LA, Lordelo FS, Tavares JIQ, Cazetta ML. Aproveitamento da calda residual da cristalização de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) para elaboração de bebida fermentada. *Magistra*. 2013; 25 (2): 157-63.
10. Kowalska H, Lenart A. Mass Exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *J Food Eng*. 2001; 49 (2-3): 137-40.
11. Lewicki PP, Pawlak G. Effect of drying on microstructure of plant tissue. *Dry Technol*. 2003; 21 (4): 657-83.
12. Puigalli JR, Jomaa W, Jannot Y. Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits: application to banana. *J Food Eng*. 2004; 64 (1): 103-9.
13. Simal S, Deya R, Frau M, Rossello C. Simple modelling o fair drying curves of fresh and osmotically pre-dehydrated apple cubes. *J Food Eng*. 1997; 33 (1-2): 139-150.

14. Barat JM, Fito P, Chiralt A. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. *J Food Eng*. 2001; 49 (2-3): 77-85.
15. Paes SS, Stringari G B, Laurindo JB. Effect of vacuum impregnation temperature on the mechanical properties and osmotic dehydration parameters of apples. *Braz Arch Biol Technol*. 2008; 51 (4): 799-806.
16. Ponting JD, Watters GG, Forrey RR, Jackson R, Stanley WL. Osmotic Dehydration of Fruits. *Food Technol*. 1966; 20 (10): 125-8.
17. Egea MB, Silva RSSF, Yamashita F, Borsato D. Optimizing dehydration of apples *Malus Domestica* with fructo-oligosaccharide incorporation. *Braz Arch Biol Technol*. 2012; 55 (5): 751-62.
18. Matussek A, Czukur B, Merész P. Comparison of sucrose and fructo-oligosaccharides as osmotic agents in apple. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 2008; 9 (3): 365-73.
19. Pereira LM, Carmello-Guerreiro SM, Hunbinger MD. Effect of calcium salts on the texture, structure and sensory acceptance of osmotically dehydrated guavas. *J Sci Food Agric*. 2007; 87 (6): 1149-56.
20. Buggenhout SV, Grauwet T, Loey AV, Hendrickx M. Use of pectinmethylesterase and calcium in osmotic dehydration and osmodehydrofreezing of strawberries. *Eur Food Res Technol*. 2008; 226 (5): 1145-54.
21. Quiles A, Hernando I, Pérez-Munuera I, Llorca E, Larrea V, Lluch MA. The effect of calcium and cellular permeabilization on the structure of the parenchyma of osmotic dehydration 'granny smith' apple. *J Sci Food Agr*. 2004; 84 (13): 1765-70.
22. Martín-Diana AB, Ricoa D, Frías JM, Barat JM, Henehana GTM, Barry-Ryana C. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a Review. *Trends Food Sci Tech*. 2007; 18 (4): 210-8.
23. Ferrari CC, Yassui PY, Carmello-Guerreiro SM, Hubinger MD. Propriedades mecânicas e estrutura celular de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose ou maltose, com adição de lactato de cálcio. *Ciênc Agrotec*. 2011; 35 (4): 765-73.
24. Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Niranjana K, Knorr D. Recent development in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends Food Sci Tech*. 2002; 13 (2): 48-59.
25. Dionello RG, Berbert PA, Molina MAB, Pereira RC, Viana AP, Carlesso VO. Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. *Ciênc Tecnol Alimen*. 2009; 29 (1): 232-40.
26. Borin I, Frascareli EC, Mauro MA, Kimura M. Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. *Ciênc Tecnol Alimen*, 2008; 28 (1): 39-50.
27. Martins MCP, Cunha TL, Silva MR. Efeito das condições da desidratção osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado. *Ciênc Tecnol Alimen*. 2008; 28 (Supl): 158-65.
28. Germer SPM, Queiroz MR, Aguirre JM, Berbari SAG, Anjos VD. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. *Rev Bras Eng Agríc Ambient*. 2011; 15 (2): 161-9.
29. Duarte MEM, Ugulino SMP, Mata Merm, Gouveia DS, Queiroz AJM. Desidratação osmótica de fatias de jaca. *Rev Ciênc Agron*. 2012; 43 (3): 478-83.
30. Vega-Gálvez A, Palacios M, Boglio F, Pássaro C, Jeréz C, Lemus-Mondaca R. Deshidratción osmótica de La papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. *Ciênc Tecnol Alimen*. 2007; 27 (3): 470-7.
31. Queiroz VAV, Berbert PA, Molina MAB, Gravina GA, Queiroz LR. Mecanismos de transferência de massa na desidratção osmótica de goiaba em soluções de sacarose, sucralose e açúcar invertido. *Revista Eng Agríc*. 2010; 30 (4): 715-25.
32. Egea MB, Borsato D, Silva RSSF, Yamashita F. Osmo-dehydrated functional product containing fructo-oligosaccharides: physical, chemical and sensorial characteristics. *Braz Arch Biol Technol*. 2012; 55 (6): 927-36.
33. Riva M, Campolongo S, Leva AA, Maestrelli A, Torreggiani D. Structure-property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes. *Food Res Int*. 2005; 38 (5): 533-42.
34. Dionello RG, Berbert PA, Molina MAB, Viana AP, Carlesso VO, Queiroz VAV. Desidratação por imersão-impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido. *Ciênc Tecnol Alimen*. 2007; 27 (4): 787-92.
35. Andrade SAC, Neto BB, Nóbrega AC, Azoubel PM, Guerra NB. Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana* L.). *J Food Eng*. 2007; 78, (2): 551-5.
36. Porto MAL, Guerra NB, Vasconcelos MAS, Siqueira AMO, Andrade SAC. Otimização da desidratção osmótica de uva Crimson Seedless. *Rev Ciênc Agron*. 2014; 45 (2): 249-56.
37. Mendes GRL, Freitas CH, Scaglioni PT, Schmidt CG, Furlong EB. Condições para desidratção osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. *Rev Bras Eng Agríc Ambient*. 2013; 17 (11): 1210-6.
38. Fernandes AG, Maia GA, Souza PHM, Costa JMC, Figueredo RW, Prado GM. Comparação dos teores de vitamina C, carotenoides totais, antocianinas totais e fenólicos do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. *Aliment Nutr*. 2007; 18 (4): 431-8.
39. Campos CDM, Sato ACK, Tonon RV, Hubinger MD, Cunha RL. Effect of process variables on the osmotic dehydration of star-fruit slices. *Ciênc Tecnol Alimen*. 2012; 32 (2): 357-65.
40. Demczuk Junior B, Fachin DT, Ribani RH, Freitas FJS. Degradação da cor e do ácido ascórbico na desidratção osmótica de kiwi. *Boletim CEPPA*. 2008; 26 (2): 229-38.
41. Brandelero RPH. Processamento de Abacaxi por Métodos Combinados [dissertação de mestrado] Londrina (PR): Universidade Estadual de Londrina; 2001.
42. Lewicki PP, Lukaszuk A. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. *J Food Eng*. 2000; 45 (3): 119-26.
43. Pereira LM, Rodrigues ACC, Sarantópoulos CIGL, Junqueira VCA, Cardello HMAB, Hubinger MD. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. *Ciênc Tecnol Alimen*. 2003; 23 (3): 427-33.
44. Moraga G, Martínez-Navarrete N, Chiralt A. Compositional changes of strawberry due to dehydration, cold storage and freezing – thawing processes. *J Food Process Pres*. 2006; 30 (4): 458-74.