

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
QUÍMICA INDUSTRIAL

JULIAN BENITO GARCIA

**UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS COMBINADOS DE CONSERVAÇÃO NO
PROCESSAMENTO DE MAMÃO (*Carica papaya L.*) FORMOSA**

Porto Alegre

JULIAN BENITO GARCIA

**UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS COMBINADOS DE CONSERVAÇÃO NO
PROCESSAMENTO DE MAMÃO (*Carica papaya L.*) FORMOSA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto à atividade de ensino “Trabalho de Conclusão de Curso - QUI” do Curso de Química Industrial como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – U.F.R.G.S.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Rios

Porto Alegre
2015

RESUMO

Os mamões da variedade Formosa são apreciados pela qualidade de sua polpa, porém o tamanho do fruto dificulta seu consumo e a manutenção da qualidade durante o transporte, onde podem ocorrer injúrias e acarretar em perdas significativas do produto. Desta forma, o processamento do mamão previamente à sua comercialização permite um melhor aproveitamento do fruto, evita perdas, facilita o transporte e a estocagem, além de oferecer praticidade e um produto diferenciado de alto valor agregado. Neste sentido, o presente trabalho objetivou a utilização de diferentes métodos de conservação combinados para manutenção da qualidade de mamão Formosa. Os métodos de conservação utilizados foram a impregnação com solução de lactato de cálcio 2,5% (m/v), pH 3,5 a 35°C por 240 min., branqueamento por 1,5 min. a 90°C em pH 3,5 e 7,0, desidratação osmótica a 70°Brix, 50°C por 120 e 150 min. e secagem convencional a 50 e 60°C por 30 e 150 min. Os resultados mostraram que a etapa de impregnação aumentou o teor de cálcio em relação a amostra *in natura* e assim o produto final estaria apto à rotulagem como alimento “enriquecido em cálcio”, com um fornecimento acima de 100% da quota diária recomendada do nutriente. Este aumento no teor de cálcio conferiu uma resistência à penetração e ao esmagamento superior a do mamão *in natura*. A acidificação do mamão na etapa de impregnação mostrou-se insuficiente, uma vez que após as 4 horas o mamão possuiu uma acidez ligeiramente maior do que o necessário para a utilização dos parâmetros de branqueamento. Esta acidez, no entanto, foi suficiente para garantir que o produto final apresentasse um pH abaixo de 4,5, o mínimo recomendado para evitar a proliferação de microrganismos patogênicos. O branqueamento previamente à desidratação osmótica aumentou significativamente a perda de água; entretanto, a impregnação com cálcio dificultou na redução de umidade. Foi constatado que a utilização da proporção da solução de desidratação osmótica para a de mamão na razão de 4:1 se altera significativamente no decorrer do processamento e desta maneira torna-se necessário a utilização de proporções maiores. De acordo com os parâmetros de cor ao final do processamento as amostras apresentaram uma luminosidade semelhante, uma coloração levemente mais avermelhada e amarelada.

Palavras-Chave: Impregnação. Branqueamento. Lactato de cálcio. Desidratação osmótica. Secagem convencional.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	OBJETIVOS	6
1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	ATRIBUTOS DE QUALIDADE	7
2.2	O MAMÃO	8
2.3	PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO	9
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	MATERIAL	20
3.2	EXPERIMENTOS	21
3.3	ANÁLISES	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	TEOR DE UMIDADE E ATIVIDADE DE ÁGUA	26
4.2	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	29
4.3	TEOR DE GLICÍDIOS REDUTORES, NÃO REDUTORES E TOTAIS	30
4.4	SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)	31
4.5	COR	32
4.6	CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO	33
4.7	FORÇA PENETRANTE E DE ESMAGAMENTO	35
5	CONCLUSÃO	37
6	CUSTOS	38
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura mundial é responsável pela produção de mais de 800 milhões de toneladas, sendo o Brasil o terceiro maior produtor de frutos. Dentre os frutos mais consumidos e produzidos no Brasil estão, em ordem decrescente, a laranja, a banana, o mamão e a maçã.

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto climatérico amplamente cultivado em todos os países tropicais e muitas regiões subtropicais do mundo, sendo esta espécie a mais cultivada dos mamoeiros. É uma excelente fonte de pró-vitamina A e C, carotenoides, cálcio, ferro, fósforo, dentre outros.

O Brasil é o segundo produtor mundial de mamão, principalmente nos Estados da Bahia e Espírito Santo, o que coloca o país entre os principais exportadores. As variedades mais exploradas no país são a Papaya e a Formosa.

Os mamões Formosa são especialmente apreciados pela qualidade de sua polpa, mas um dos fatores limitantes ao seu consumo é o tamanho do fruto, que pode chegar a 30 cm de comprimento e pesar cerca de 2kg. Soma-se isso às dificuldades em manter a qualidade durante seu transporte, onde podem ocorrer injúrias mecânicas, estresses físicos e biológicos. Se o fruto for danificado há uma consequente redução de sua vida útil, o que provoca a desvalorização comercial, além de acarretar perdas significativas da sua produção na ordem de 30 a 45%.

Desta forma, o processamento do mamão previamente à sua comercialização permite um maior aproveitamento do fruto colhido, evita perdas pós-colheita, facilita o transporte e a estocagem, oferece praticidade ao eliminar o tempo de preparo, além de fornecer ao mercado um produto diferenciado de alto valor agregado.

Concomitantemente, as tendências de consumo revelam que os consumidores estão cada vez mais à procura de alimentos seguros, nutritivos, saudáveis, com alta qualidade, conveniência e o mais próximo possível do natural.

Frutos processados se inserem neste contexto, em que são manipulados com o propósito de alterar sua apresentação com a finalidade de facilitar o seu consumo. Normalmente são descascados, picados e pode-se aplicar um ou vários processos de conservação. Entretanto, o processamento pode ocasionar alterações físicas e fisiológicas que afetam a viabilidade e a qualidade; assim é de fundamental interesse a avaliação, adequação e otimização dos processos de conservação de

forma a viabilizar diferentes opções do produto.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho objetivou a aplicação de diferentes métodos de conservação combinados para manutenção da qualidade de mamão processado, um fruto acessível geograficamente, com elevada disponibilidade e reconhecida demanda no mercado brasileiro.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estudar e pesquisar sobre os diversos métodos de conservação utilizados na indústria alimentícia, dentre eles, os mais utilizados para a conservação de frutos, tais como impregnação com sais de cálcio, branqueamento, pasteurização, desidratação osmótica, secagem convencional, etc., e a influência dos parâmetros do processamento nas variáveis de interesse e a sua relação com a alteração nas características de qualidade;
- b) Determinar critérios de conservação, com base na literatura, nas características do fruto, tais como teor de umidade, atividade de água, acidez, sólidos solúveis totais, concentração de cálcio, firmeza, dentre outros;
- c) Desenvolver e aplicar um método combinado de conservação no processamento do mamão, de forma a atingir determinados valores considerados como ideais para a conservação, segundo a literatura;
- d) Avaliar as características de qualidade do fruto ao longo do processamento, e a sua variação em relação ao fruto *in natura*;
- e) Definir o peso, o formato e a apresentação da unidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ATRIBUTOS DE QUALIDADE

Os atributos de qualidade referem-se às características organolépticas – cor, sabor, textura e aroma – valores nutricionais, segurança, dentre outros, do alimento; e são consideradas como base em qualquer resolução de problema associado a estes. São as características que indicam ao consumidor a qualidade do produto em questão e por isso as suas alterações e variáveis responsáveis são excessivamente estudadas. Uma lista das principais modificações ocorridas nos alimentos durante a manipulação, processamento e armazenamento e seu respectivo atributo de qualidade afetado é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das alterações durante manipulação, processamento e/ou armazenamento.

Atributo	Alteração
Textura	Perda de solubilidade Perda de capacidade de retenção de água Endurecimento Amolecimento
Sabor	Desenvolvimento de rancidez Desenvolvimento de sabor cozido ou caramelo Desenvolvimento de sabores indesejados
Cor	Desenvolvimento de sabores desejados Escurecimento Branqueamento Desenvolvimento de cores indesejadas
Valor nutricional	Perda, degradação ou alteração da biodisponibilidade de proteínas, lipídeos, vitaminas, minerais e outros componentes benéficos à saúde
Segurança	Geração de substâncias tóxicas Desenvolvimento de substâncias com efeito protetor à saúde Inativação de substâncias tóxicas

Fonte: Adaptado de DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Introdução à química de alimentos. In: _____. *Química de alimentos de Fennema*. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 1, p. 17. Tradução de Adriano Brandelli *et al.*

2.2 O MAMÃO

O mamão é um fruto climatérico, pertencente à classe das dicotiledôneas, sendo uma das 21 espécies do gênero *Carica*. A espécie *Carica papaya* L. provavelmente originária das planícies do leste da América Central, do México ao Panamá, é amplamente cultivada em todos os países tropicais e muitas regiões subtropicais do mundo, sendo esta espécie a mais cultivada dos mamoeiros (RIGOTTI, 2009).

Atualmente, o Brasil é o segundo produtor mundial de mamão, principalmente nos estados da Bahia e Espírito Santo, responsáveis por cerca de 90% da produção nacional, o que coloca o país entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu (RODRIGUES, 2005; ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

O mamão é produzido no país durante quase todos os meses do ano e em praticamente todo o território nacional. As cultivares mais exploradas no país estão classificadas em dois grupos, conforme o tipo de fruto: Solo – *Sunrise Solo* e *Improved Sunrise Solo Line 72/12* – e Formosa – *Tainung* nº 1 e nº 2. As cultivares da variedade Formosa são adequadas somente à comercialização no mercado interno, enquanto que as da variedade Solo são comercializadas nos mercados interno e externo (TRINDADE, 2000).

O fruto do mamão é amplamente cultivado para o consumo *in natura* e para uso em sucos, doces e geléias de frutos secos e cristalizados. De acordo com a variedade, sua massa pode variar entre 200g e 10kg, e a espessura da polpa de 1,5 a 4 cm. A polpa do fruto é branco-esverdeada quando não madura e torna-se amarela, alaranjada ou laranja-avermelhada com o amadurecimento (MORTON, 1987; PAULL *et al.*, 1997, FRUTI SERIES, 2000).

De acordo com a cultivar o mamão completa a maturação na planta 4 a 6 meses após a abertura da flor, que ocorre cinco a oito meses após a germinação das sementes, porém pode não amadurecer normalmente se colhido muito imaturo.

Para comercialização e consumo, deve-se colher os frutos quando apresentarem estrias ou faixas com 50% de coloração amarela. O fruto maduro tem casca lisa, amarela ou alaranjada, bastante fina, facilmente danificável, e pequenas lesões podem ser precursoras de contaminações microbiológicas (TRINDADE, 2000).

Akamine e Goo (1971) afirmam que o mamão com pelo menos 3% de amarelo na casca se enquadra no grau de estágio requerido para 11,5% de sólidos solúveis, e alcança um máximo de 14,5% com 80% de coloração amarela na casca.

Entretanto, para produtos processados, o grau de maturação do mamão deve ser outro. Paull e Chen (1997) realizaram estudos com o objetivo de obter frutos processados com qualidade de polpa satisfatória e relacionaram o ponto de colheita e as mudanças fisiológicas, e constataram que mamões com 55 a 80% da casca amarela possuem mais de 50% de matéria comestível e são mais facilmente retiradas as sementes, sendo, portanto, a maturação ideal para tais produtos.

Segundo Ritzinger e Souza (2000) a maturação do mamão pode ser classificada como demonstrado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Classificação do estágio de maturação para o mamão.

Estágio de maturação	Maturação	Descrição
0	Verde	Fruto desenvolvido com casca 100% verde
1	Amadurecendo	Até 15% da superfície da casca amarela, rodeada de verde claro
2	1/4 madura	Entre 15 e 25% da superfície da casca amarela, com áreas próximas em verde-claro
3	1/2 madura	Entre 25 e 50% da superfície da casca amarela, com áreas próximas em verde-claro
4	3/4 madura	Entre 50 e 75% da superfície da casca amarela, com áreas próximas em verde-claro
5	Madura	Entre 75 a 100% da superfície da casca amarela, somente a extremidade do pedúnculo é verde a partir da área de constrição

Fonte: Adaptado de RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. *Mamão: Fitossanidade*. Cruz das Almas: Embrapa, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 91p. (Frutas do Brasil, 11)

2.3 PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO

2.3.1 Branqueamento e pasteurização

O branqueamento, escaldamento e cozimento são termos utilizados para se

referir à prática do aquecimento dos alimentos crus por um breve período de tempo e à temperatura de ebulição ou próximo dela, pode ser feito em vapor ou água em ebulição e possui dois objetivos principais (CRUESS, 1973):

a) inativar ou destruir as enzimas naturais responsáveis pelas alterações indesejáveis na cor, odor, sabor, textura e perda de vitaminas, durante a secagem e armazenamento;

b) cozinhar parcialmente os tecidos e tornar as membranas celulares mais permeáveis à transferência de umidade, assim, a eficiência na secagem aumenta e a desidratação torna-se mais completa e rápida.

Possui também a função de reduzir ou eliminar microrganismos indesejáveis e produzir mudanças desejáveis na cor, textura e sabor. Mas simultaneamente a isto podem ocorrer mudanças desagradáveis, tais como a degradação de nutrientes essenciais. Por este motivo o processo térmico deve ser otimizado para assegurar a máxima retenção de nutrientes, desnaturação das enzimas e esterilização microbiológica do alimento (MAGALHÃES, 1992).

O mamão contém inúmeros tipos de enzimas, tais como o ácido ascórbico oxidase, catalase, invertase, papaína, polifenoloxidase, peroxidase e pectinesterase, sendo as três últimas termorresistentes (AYLWARD; HAISMAN, 1969).

Dentre as 3 enzimas termorresistentes, a peroxidase se comporta como a mais resistente (AYLWARD; HAISMAN, 1969), e por isso a sua inativação é usada como um indicador adequado de branqueamento no processamento de vegetais (LOPEZ; BURGOS, 1995). Contudo, Nath e Ranganna (1983) verificaram que em frutos mais ácidos, a pectinesterase torna-se a mais resistente, portanto utilizaram-na como indicador de branqueamento. Estes mesmos autores (1980, 1981) verificaram, também, que em pedaços de mamão enlatado a taxa de inativação da pectinesterase era maior em pH 3,8 que pH 4,0, aconselhável portanto, a utilização de meios mais ácidos para tal processo.

Levi *et al.* (1985) verificaram que ao realizar o branqueamento em pedaços de mamão com água em ebulição, a enzima pectinesterase é totalmente inativada, enquanto que com a utilização de xarope de sacarose em ebulição uma alta atividade da enzima se mantém. Este dado foi confirmado por Magalhães (1992) que concluiu que ao branquear a polpa de mamão, a adição de sacarose até uma concentração de 20° Brix aumentou o tempo de redução decimal em média de 3 vezes, enquanto que para 30° Brix aumenta de 5 vezes.

No geral, às temperaturas relativamente mais baixas, a velocidade de inativação das enzimas é maior que a de destruição dos microrganismos, entretanto, uma vez que a velocidade de destruição dos microrganismos aumenta mais rapidamente com a temperatura, existe certo ponto em que as velocidades se igualam, sendo este o ponto ideal para o processamento (MAGALHÃES, 1992). Em adição a isto, de acordo com Lund (1975), o processamento térmico deve ser realizado atentando-se o componente prejudicial ao alimento mais resistente ao tratamento.

2.3.1.1 Destruição de microrganismos

Microrganismos patogênicos, juntamente com os deterioradores, podem contaminar os produtos de origem vegetal por fontes diversas (MORETTI, 2007).

Desta forma, o tratamento térmico aplicado a frutos acondicionados em recipientes hermeticamente fechados, permite a obtenção de produtos sob condições de “esterilidade comercial”, em que os microrganismos patogênicos e deterioradores do alimento são destruídos ou inibidos a ponto de não poderem se desenvolver em condições normais de armazenamento (DURIGAN, 2000).

O pH é o fator mais importante a ser considerado, pois é em função dele que o produto deverá receber um tratamento térmico mais ou menos intenso. Os microrganismos de importância para a saúde pública não conseguem se desenvolver em pH 4,5 ou menor (DASTUR *et al.*, 1968; LEITÃO, 1973; NANJUNDASWAMY *et al.*, 1973).

O *Clostridium pasteurianum* é uma bactéria não patogênica, encontrada no solo que apresenta uma alta tolerância ao açúcar e ao meio ácido e pode se desenvolver e esporular em alimentos com pH acima de 3,7. Sendo assim, pode ser utilizada como indicador de alimentos processados.

A equação de inativação térmica da destruição do *Clostridium pasteurianum* obtida por Magalhães (1992):

$$\text{Log } D = 9,5586 - 0,1138T \quad \text{Log } D = 9,5586 - 0,1138T$$

(1)

D: Redução decimal;

T: Temperatura (°C).

2.3.1.2 Desnaturação de enzimas

As enzimas são proteínas solúveis que estão presentes naturalmente nos alimentos, provenientes dos tecidos de plantas, animais e microrganismos, e têm o poder de acelerar e catalisar uma reação química.

As pectinases formam um grupo de enzimas que degradam substâncias pécticas. As substâncias pécticas são os principais componentes dos tecidos, responsáveis pelas mudanças de textura nos vegetais, com redução de firmeza devido ao amolecimento progressivo, causado pela solubilização de protopectinas em pectinas ou ácido péctico (MACEDO *et al.*, 2005).

A enzima pectinesterase presente no mamão é termorresistente e age transformando a protopectina insolúvel da lamela média em pectinas solúveis, o que provoca o amolecimento da polpa (BIALE, 1960).

Como no geral as enzimas termorresistentes possuem taxas de inativação térmica menores que as bactérias, fungos e leveduras, o processo térmico deve levar em conta a inativação destas enzimas. Segundo Magalhães (1992), um processamento térmico equivalente a 2,3 reduções decimais da atividade da porção termorresistente da pectinesterase aplicado à polpa de mamão “formosa” acidificada em pH 3,8 é suficiente para garantir um produto microbiologicamente seguro e livre da atividade enzimática da pectinesterase.

A equação de inativação térmica da porção termorresistente da pectinesterase obtida:

$$\text{Log } D = 10,7696 - 0,1278T \quad \text{Log } D = 10,7696 - 0,1278T$$

(2)

D: Redução decimal;

T: Temperatura (°C).

A comparar as duas equações (destruição do *cl. Pasteurianum* e de

inativação térmica da pectinesterase), pode-se concluir que com a utilização de temperaturas acima de 86,5°C, os valores de D da inativação térmica da porção termorresistente são menores que os da destruição do *cl. Pasteurianum*, e pode assim ser utilizada como indicador de esterilização a presença da enzima como utilizado por Magalhães (1992) e Nath e Ranganna (1981).

Magalhães (1992) também concluiu que ao realizar 1,7D (98% de inativação da enzima) foi suficiente para que não ocorresse a detecção de atividade e para destruição completa da flora microbiana naturalmente presente, porém somente acima de 2,3 reduções decimais pode-se garantir um produto microbiologicamente seguro e livre de contaminação por *cl. Pasteurianum*.

2.3.2 Desidratação

A desidratação ou secagem é um processo muito utilizado na preservação de frutos. É realizada, de modo geral, com a utilização de energia térmica para a remoção de parte ou quase a totalidade da água contida nos frutos para a redução da atividade de água e o aumento do teor de sólidos solúveis, o que dificulta a proliferação de microrganismos e reações enzimáticas e não enzimáticas.

Pode ser utilizada também como forma de reduzir significativamente os custos de estocagem e transporte dos produtos, devido à redução de volume e massa.

A secagem convencional com ar quente não fornece um coeficiente de transferência de massa muito efetivo (FERNANDES *et al.*, 2006), torna-se dispendiosa por necessitar de grandes áreas e tempo de exposição elevado. Além disso, pode gerar produtos de baixa qualidade, com texturas fibrosas, difícil ou incompleta reidratação, perda de suculência e considerável contração com enrugamento causado pelo colapsamento das células (ROSA; GIROUX, 2001), o que pode trazer mudanças indesejadas tais como perda de valor nutricional, cor e aromas (JAIN; VERMA, 2003).

Sendo assim, a desidratação osmótica, por utilizar baixas temperaturas, fornece degradação mínima dos nutrientes e preservação das características, sendo uma alternativa útil na concentração dos frutos (TORREGGIANI, 1993).

Este processo trata-se de um método de secagem em que se submete o alimento, inteiro ou em pedaços, a soluções aquosas hipertônicas de sais e/ou

açúcares de alta pressão osmótica para produzir assim força motriz suficiente para provocar a movimentação da água contida no alimento para o meio externo.

A estrutura complexa da parede celular dos tecidos vegetais age como uma membrana semipermeável parcialmente seletiva gerando fluxos, dos quais os principais são a difusão de água do tecido para a solução e a difusão de solutos da solução para o tecido tratado. Como a membrana responsável pelo transporte osmótico não é perfeitamente seletiva, outros solutos presentes nas células podem ser arrastados para a solução infusora durante o processo. A taxa de transferência de água dos tecidos vegetais depende de fatores como a temperatura e concentração da solução osmótica, razão de massa entre amostra e solução desidratante, nível de agitação, geometria e tamanho da amostra (RASTOGI *et al.*, 2002).

De acordo com Pokharkar *et al.* (1997) as principais vantagens de se utilizar a desidratação osmótica como pré-tratamento à secagem convencional são a inibição do escurecimento enzimático e a retenção da cor natural e de compostos voláteis.

Apesar das inúmeras vantagens que a desidratação osmótica oferece à secagem de alimentos, essa técnica possui a inconveniência da transferência de massa se reduzir no decorrer do processamento, desta forma, deve ser complementada com outros métodos de secagem, tal como a convencional.

Fernandes *et al.* (2006) analisaram processos de desidratação osmótica seguido de secagem convencional a fim de confeccionar um modelo de secagem otimizado, com menores tempo de processamento e custo. Foram analisadas amostras de mamão tratadas osmoticamente em soluções de concentração 50 e 70° Brix e temperaturas de 50 e 70°C e chegou-se à conclusão de que ambas influenciam na transferência de massa de água do fruto para a solução, sendo a influência da concentração mais pronunciada.

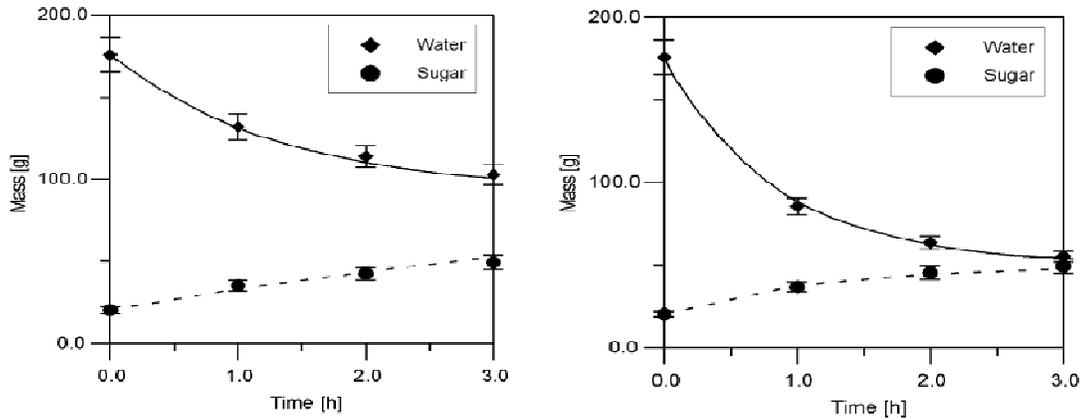
A difusão da sacarose da solução para o fruto é induzida da mesma forma, no entanto, por ser desprezível, considera-se como uma variável não influenciada pelos parâmetros utilizados, sendo, portanto, apenas dependente do tempo.

Na Figura 1 abaixo se encontram os gráficos de perda de água e ganho de açúcar do mamão no decorrer do tempo para as soluções de 50°Brix e 50°C e 70° Brix e 50°C, respectivamente.

Pode-se perceber que a concentração da solução não influencia de forma

significativa no aumento de açúcares, contudo a perda de água sim.

Figura 1 – Comparação entre perda de água e ganho de açúcar no decorrer do tempo para as soluções de 50°Brix e 50°C e 70°Brix e 50°C.



Fonte: FERNANDES, F. A. N. et al. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. Food Research International, v. 39, p. 492-498, 2006.

Jain *et al.* (2011) ao avaliarem a otimização dos parâmetros da desidratação osmótica em cubos de mamão, tais como a temperatura, concentração da solução e tempo de desidratação formulou duas equações que descrevem a (3) perda de água e o (4) ganho de açúcar.

$$WL = 63,6550 - 1,5627T - 0,6615C - 6,075\theta + 0,0286T^2 + 0,00925C^2 + 0,7900\theta^2$$

$$WL = 63,6550 - 1,5627T - 0,6615C - 6,075\theta + 0,0286T^2 + 0,00925C^2 + 0,7900\theta^2 \quad (3)$$

$$SG = 14,2089 - 0,8303T - 0,04487C - 0,5125\theta + 0,01058T^2 + 0,002825TC$$

$$SG = 14,2089 - 0,8303T - 0,04487C - 0,5125\theta + 0,01058T^2 + 0,002825TC \quad (4)$$

WL: Perda de água (g de H₂O/100g de amostra inicial);

SG: Ganho de açúcar: (g de sacarose/100g de amostra inicial);

T: Temperatura (°C);

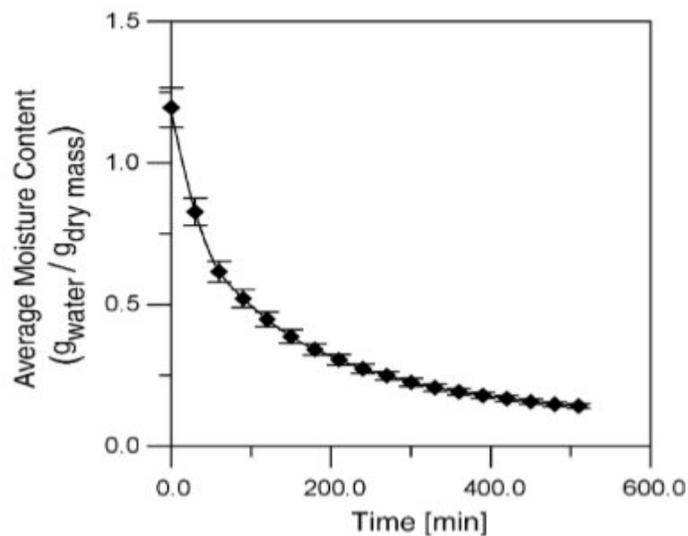
C: Concentração solução osmótica (°Brix);

θ: Tempo (horas).

Este mesmo autor realizou análise sensorial para determinar a quantidade ideal de ganho de açúcar e concluiu que o ganho de 4% de açúcar no fruto processado alcançou a maior pontuação e melhor qualidade segundo os provadores.

Segundo Fernandes *et al.* (2006) os tipos de pré-tratamentos, tais como o osmótico, realizados anteriormente à secagem convencional, não influenciam de forma significativa na secagem posterior. Portanto, ao realizar a secagem dos mamões, frescos e tratados osmoticamente, a 60°C com uma velocidade de 2,5 m/s foi construído o gráfico mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Conteúdo de umidade ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ base seca) médio no decorrer da secagem convencional.



Fonte: Adaptado de FERNANDES, F. A. N. et al. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. Food Research International, v. 39, p. 492-498. 2006.

Determinado o coeficiente de transferência de massa de água na secagem por ar quente, pode-se determinar o ponto o qual a transferência de massa na desidratação osmótica se torna inferior, e assim proceder à secagem convencional, até se alcançar o teor de umidade requerido.

2.3.3 Conteúdo de umidade e atividade de água

A atividade de água (a_w) é uma variável relacionada diretamente com o crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos e com as reações

hidrolíticas que podem ocorrer em um alimento. Através do cálculo desse parâmetro pode-se determinar as condições em que o fruto terá maior estabilidade.

Em baixas pressões, a a_w é a razão entre a pressão de vapor de uma solução com a pressão de vapor da água pura à mesma temperatura.

Segundo Ordóñez (2005), valores de a_w abaixo de 0,6 se detém a atividade microbiana e em 0,2-0,3 cessam as reações químicas, tanto enzimáticas quanto não-enzimáticas. Em menores valores a oxidação lipídica começa a ocorrer. Para se alcançar boas conservações nos alimentos é indicado que a a_w seja abaixo de 0,70.

Uma propriedade importante dos materiais, relacionada à desidratação, é a isoterma de dessorção de umidade, já que isso irá determinar o grau de secagem requerido para obter um produto estável (LERICI *et al.*, 1985).

Udomkun *et al.* (2015) investigaram o comportamento da sorção de umidade de mamões frescos, tratados osmoticamente e desidratados correlacionando às mudanças estruturais e na composição. Foi verificado qual modelo matemático – GAB, Oswin e Halsey – melhor se enquadraria para o cálculo do conteúdo de umidade com a respectiva a_w e concluiu que no intervalo estudado (0,113–0,907) o modelo matemático de Halsey conjecturou com os frutos frescos, pré-tratados e secos.

$$Xe = \left[\frac{-\exp(a + bTc)}{\ln(a_w)} \right]^{1/c} \quad Xe = \left[\frac{-\exp(a + bTc)}{\ln(a_w)} \right]^{1/c} \quad (8)$$

Xe: conteúdo de umidade no equilíbrio (kg.kg⁻¹ base seca)

a_w : atividade de água.

Tc: temperatura (°C).

a, b e c: coeficientes do modelo.

Na Tabela 3 abaixo, estão especificadas os coeficientes encontrados.

Tabela 3 – Coeficientes do modelo matemático de Halsey calculados.

Fruto	a	b	c	R ²	MAPE
Fresco	-1,585	-0,0083	1,255	0,9882	7,51
Tratado osmoticamente	-1,896	-0,0047	1,201	0,9938	3,74
Seco	-1,979	-0,0067	0,9686	0,9912	5,45

Fonte – Adaptado de UDOMKUN, P. et al. Sorption behaviour of papayas as affected by compositional and structural alterations from osmotic pretreatment and drying. *J. of Food Science*, v.157, p.14-23, 2015.

2.3.4 Sais de cálcio

No processamento de alimentos, muitas vezes se deseja ou é necessária a aplicação de calor em alguma etapa para se controlar certas propriedades, tais como umidade, atividade de água, teor de sólidos solúveis, etc. Entretanto, a temperatura utilizada pode favorecer o aumento da permeabilidade da membrana plasmática, o que ocasiona perdas de componentes importantes como minerais e vitaminas, além de amolecer excessivamente os tecidos (CRUESS, 1973).

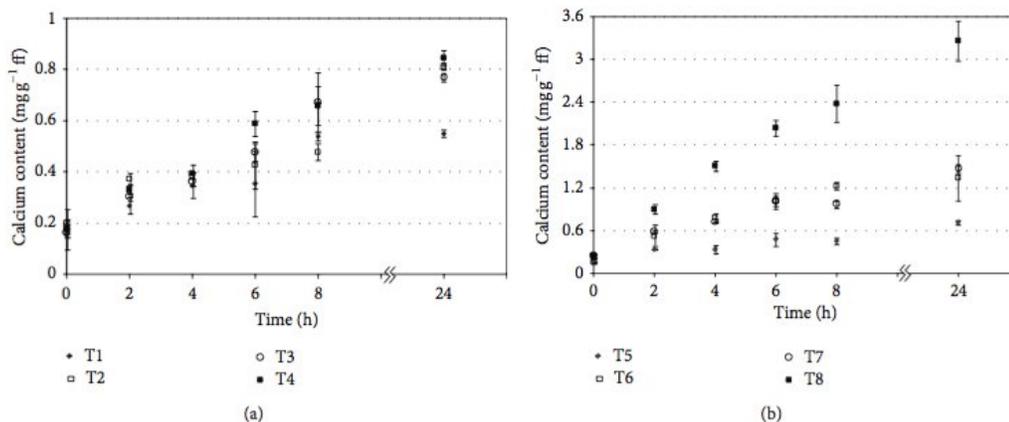
Os sais de cálcio tem sido bastante utilizados como coadjuvantes na tecnologia de fabricação de alimentos, com a função de impedir o amolecimento excessivo do produto pelo calor e dificultar a perda de sólidos solúveis (LOVERA; RAMALLO; SALVADORI, 2014).

O cálcio se relaciona com a firmeza do tecido devido à formação de ligações intermoleculares com os grupos carboxílicos livres do ácido péctico contido nas paredes celulares (GRAS; VIDAL; BETORET, 2003), com a formação de sais insolúveis como o pectato de cálcio, sendo o aumento da firmeza proporcional ao teor de cálcio contido no tecido (GRANT *et al.*, 1973).

Porém, os sais de cátions divalentes, tais como o cálcio e o magnésio, são caracterizados por apresentarem sabores azedos e salgados. Como alternativa, por possuírem paladar menos intenso, tem sido considerada a utilização de gluconato, glicerofosfato, citrato e lactato de cálcio, em substituição ao cloreto de cálcio (LAWLESS *et al.*, 2003), além de também apresentarem maiores solubilidades.

Lovera, Ramallo e Salvadori (2014) estudaram o efeito do processamento – fonte de cálcio, concentração, temperatura, pH e tempo de cozimento – no conteúdo de cálcio e firmeza em mamões em calda e concluíram que a concentração e a temperatura não interferem na absorção do gluconato de cálcio, enquanto que o lactato de cálcio é influenciado por tais parâmetros.

Figura 4 – Conteúdo de cálcio em mamão durante tratamento de impregnação com (a) gluconato de cálcio e (b) lactato de cálcio.



Fonte: LOVERA, N.; RAMALLO, L.; SALVADORI, V. Effect of processing conditions on calcium content, firmness, and color of papaya in syrup. *Journal of Food Processing*, v. 2014, Article ID 603639, 8 p., 2014.

O conteúdo de cálcio no mamão forneceu um aumento na resistência relativa do fruto, com variação de 1 a 5, sem fornecer maiores resistências acima de 70mg/100g. O contínuo aumento no conteúdo de cálcio sem o aumento da resistência pode ser relacionado à difusão do cálcio no tecido do fruto sem reagir com a pectina contida nas paredes celulares.

Udomkun *et al.* (2013) ao analisarem a utilização de cloreto e lactato de cálcio no pré-tratamento na desidratação osmótica de mamões, concluíram que com a impregnação antes da desidratação osmótica, as amostras obtiveram conteúdo de umidade, sólidos solúveis totais e a_w menores que a amostra seca sem tratamento.

O tratamento com lactato de cálcio forneceu um produto com a_w inferior ao com cloreto de cálcio.

O acréscimo na concentração de cálcio influenciou na diminuição do ganho de sólidos solúveis totais e perda de umidade. Este resultado deve estar associado com o efeito do cálcio em fortalecer a estrutura da parede celular com a interação com o ácido péctico na lamela do meio para formar pectato de cálcio. Silva *et al.* (2007) mencionam que a limitação da sacarose para dentro do tecido do fruto pode ser atribuída à presença da metil-ester-pectina, que é hidrolisada pela pectinametilesterase (PME) e são gerados grupos carboxílicos que fazem ligações cruzadas com cátions divalentes tais como o cálcio, e assim formam-se barreiras que dificultam a mobilidade de moléculas maiores.

O conteúdo de açúcar não é influenciado com a fonte de cálcio, entretanto as amostras pré-tratadas forneceram menores conteúdos comparados com o

controle.

Segundo a resolução Nº 54 da Diretoria Colegiada da ANVISA, para poder considerar e rotular um alimento como “fonte” ou “rico” em vitaminas ou minerais, este deve fornecer na porção uma quantia mínima correspondente a 15% ou 30%, respectivamente, da quota diária recomendada dos nutrientes citados para adultos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

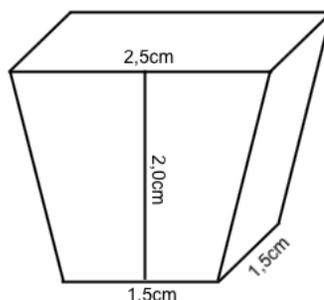
Os mamões Formosa – *Carica papaya* L. – foram adquiridos na Central de Abastecimento da cidade de Porto Alegre – CEASA, Porto Alegre/RS. Os frutos foram cultivados na Bahia por sistema de produção tradicional.

No Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos (ICTA/UFRGS), no Laboratório de Compostos Bioativos, os frutos foram estocados em câmaras resfriadas em torno de 10°C até a sua utilização – menos de 2 dias. No dia do processamento, os frutos foram retirados da refrigeração e esperou-se alcançar à temperatura ambiente antes de iniciar a etapa de impregnação que foi realizada na temperatura de 35°C.

Com a finalidade de garantir a reprodutibilidade foram selecionados 4 mamões frescos com 50-75% da superfície da casca amarela, correspondente ao 4º estágio de maturação com massa de 1,19kg ± 0,17kg.

Os mamões foram lavados em água corrente com detergente neutro, descascados manualmente, retiradas as sementes e cortados em pedaços com formato de paralelepípedo com as dimensões especificadas conforme a Figura 5.

Figura 5 – Dimensões dos pedaços de mamão cortados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os pedaços cortados foram limpos em água corrente e imersos em água deionizada com 200 ppm de hipoclorito de sódio à temperatura ambiente por 10 minutos e secos em papel absorvente.

3.2 EXPERIMENTOS

Com base no referencial teórico foram definidos 2 experimentos com parâmetros diferentes nas etapas de branqueamento (diferentes pHs), desidratação osmótica (diferentes tempos) e secagem convencional (diferentes tempos e temperaturas), descritos nas Tabelas 4 e 5 abaixo.

Tabela 4 – Parâmetros definidos para cada uma das etapas no experimento 1.

Parâmetro	Impregnação	Branqueamento	Desidratação osmótica	Secagem convencional
pH	3,5	3,5	7,0	x
Conc. sacarose (°Brix)	x	x	70	x
Conc. lactato de cálcio (% m/v)	2,5	x	x	x
Temperatura (°C)	35	90	50	50
Tempo (min.)	240	1,5	120	30

Tabela 5 – Parâmetros definidos para cada uma das etapas no experimento 2.

Parâmetro	Impregnação	Branqueamento	Desidratação osmótica	Secagem convencional
pH	3,5	7,0	7	x
Conc. sacarose (°Brix)	x	x	70	x

Conc. lactato de cálcio (% m/v)	2,5	x	x	x
Temperatura (°C)	35	90	50	60
Tempo (min)	240	1,5	150	150

3.2.1 Impregnação

As soluções utilizadas para a impregnação foram preparadas com água deionizada, lactato de cálcio P.A (2,5% m/v) e acidificadas com ácido clorídrico P.A até o pH de 3,5 (LOVERA; RAMALLO; SALVADORI, 2014).

Os pedaços de mamão foram imersos na solução de impregnação a 35°C por 240 min., mantendo-se a razão de massa solução/mamão de 4/1, conforme utilizado por diversos autores (LOVERA; RAMALLO; SALVADORI, 2014; JAIN *et al.*, 2011; FERNANDES *et al.*, 2006), para evitar a diluição da solução de impregnação devido à transferência de massa de água e solutos. Após, retirou-se os mamões, enxaguou-se em água destilada e secou-se em papel absorvente.

3.2.2 Branqueamento

O branqueamento foi realizado com água destilada acidificada com ácido clorídrico P.A em pH 3,5 (experimento 1) e 7,0 (experimento 2) a 90°C por 1,5 min. Posteriormente as amostras foram resfriadas em água destilada com gelo e secas em papel absorvente (MAGALHÃES, 1992).

3.2.3 Desidratação osmótica

A solução desidratante foi preparada com água deionizada e sacarose comercial até um teor de sólidos solúveis totais de 70°Brix e o pH foi ajustado para 7,0 com ácido clorídrico P.A. Os pedaços de mamão foram imersos na solução à temperatura de 50°C por 120 min, (experimento 1) e 150 min. (experimento 2). Após retirou-se os mamões, mergulhou-se em água destilada fria com gelo e secou-se com papel absorvente (UDOMKUN *et al.*, 2015; JAIN *et al.*, 2011; FERNANDES *et al.*, 2006).

3.2.4 Secagem convencional

Os pedaços de mamão desidratados foram secos em estufa (modelo TLK48, DeLeo, Brasil) a 50°C por 30 min. (experimento 1) e 60°C por 150 min. (experimento 2), embalados em filme plástico (multicamada nylon-polietileno) e selados em embaladora a vácuo (modelo TM250, Fastvac, Brasil).

3.3 ANÁLISES

3.3.1 Umidade ou substâncias voláteis a 105°C

O teor de umidade das amostras *in natura* e após as etapas de impregnação, desidratação osmótica e secagem convencional foi realizado conforme descrito nos itens 012/IV e 015/IV (Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 98, p.102–103). Pesou-se cerca de 10 g de amostra em cápsula de porcelana de 8,5 cm de diâmetro previamente seca a 105°C por 2h, resfriada em dessecador até temperatura ambiente e tarada. Aqueceu-se à 105°C durante 3 horas e resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente. Repetiu-se o procedimento de aquecimento por 30 minutos e resfriamento até peso constante. O resíduo seco foi utilizado na sequência para determinação do teor de cálcio. A umidade foi expressa em % m/m de água na amostra inicial.

3.3.2 Atividade de água

A medida da atividade de água das amostras *in natura* e após as etapas de impregnação, desidratação osmótica e secagem convencional foi realizada com o equipamento LabMaster aw (Novasina, Suíça). Para tanto, as amostras embaladas foram retiradas de seus sacos plásticos, secou-se o excesso de água com papel absorvente e esperou-se atingir a temperatura ambiente e então foram analisadas.

3.3.3. Potencial hidrogeniônico

A determinação do pH da amostra *in natura* e após as etapas de impregnação e secagem convencional foi baseado nos itens 016/IV e 017/IV (Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 103–104 e p. 580–581). Pesou-se cerca de 10g de

amostra e homogeneizou-se com Ultra-Turrax (T25, IKA, China) com 100 mL de água destilada e mediu-se o pH em um potenciômetro (HI 2221 Calibration Check pH/ORP Meter, HANNA Instruments, Italia) previamente calibrado.

3.3.4 Glicídios totais e redutores

A determinação do teor de glicídios totais e redutores da amostra *in natura* e após a etapa de desidratação osmótica foi realizada de acordo com metodologia de Lane–Eyon (AOAC, 2005). Pesou-se cerca de 10 g da amostra e homogeneizou-se com Ultra-Turrax (T25, IKA, China). Adicionou-se 10 mL de solução de ferrocianeto de potássio 15% e 10mL de solução sulfato de zinco 30%. Avolumou-se até 250mL, agitou-se e esperou-se precipitar. A solução foi filtrada e separou-se 30 mL para a determinação de glicídios totais, em que se adicionou 4mL de ácido clorídrico P.A e deixou-se em banho-maria a 60°C por uma hora. Neutralizou-se com hidróxido de sódio 40% e avolumou-se até 100 mL. A solução restante foi utilizada para a determinação dos glicídios redutores por titulação com solução de Fehling.

A sacarose foi determinada pela diferença entre açúcares totais e redutores, multiplicada pelo fator 0,95 (fator de conversão do açúcar invertido em sacarose). Os resultados foram expressos em g de glicose/100g de polpa.

3.3.5 Sólidos solúveis totais

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) da amostra *in natura* e após as etapas de impregnação e secagem convencional foi baseado no item 315/IV (Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 583–584). Pesou-se cerca de 10g de amostra e homogeneizou-se com Ultra-Turrax (T25, IKA, China) com 100 mL de água destilada. O sobrenadante foi analisado em refratômetro (Atago Co., Tóquio, Japão).

3.3.6 Cor

Para a determinação da cor, foram realizadas 8 replicatas da amostra *in natura* e após as etapas de impregnação, desidratação osmótica e secagem convencional. As medidas foram realizadas em colorímetro (Hunter Lab system, modelo Miniscan XE, EUA) através dos parâmetros de cor CIELab. Os parâmetros

L* (luminosidade), a* (vermelho-verde) e b*(amarelo-azul) foram determinados após calibração com um disco branco (L_o^* : 94.97; a_o^* : 0.12 e b_o^* : 1.7).

Os resultados foram avaliados por Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$) com a utilização do software Statistica 10.0 (STATSOFT Inc., São Paulo, Brasil).

3.3.7 Concentração de cálcio

A concentração de cálcio da amostra *in natura* e após a etapa de impregnação foi realizada conforme item 018/IV (Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 105–106) e Lovera *et al.* (2014). Pesou-se aproximadamente 2g de amostra previamente seca, homogeneizou-se em cápsula de porcelana de 50 mL pré-aquecida a 550°C e resfriada em dessecador e calcinou-se em forno mufla (Elektro Therm, Alemanha) a 525°C. Após, as cinzas foram dissolvidas com ácido clorídrico 2M, filtrada e diluída com água deionizada até o volume de 25 mL. A solução foi analisada por espectrometria de absorção atômica de chama (F AAS) conforme item 977.29 (AOAC, 1984, p. 503-504). O equipamento (AAAnalyst 200, Perkin-Elmer, EUA) foi operado entre os intervalos de 0,100 – 0,820 para absorbância e 20 – 95% para a transmitância.

Às amostras em solução foi adicionado solução de Schinkel 1% (v/v), constituída de sais de Lantânio e de Césio, que atuam como agente liberador e supressor de ionização. Uma vez tratadas, as amostras foram diluídas em 40, 80 e 400 vezes em água Milli-Q, com volume aferido a 20 mL.

O comprimento de onda utilizado foi de 422,67nm com largura de fenda de 0,6nm e razão acetileno/ar 2,7/10,0. Para a quantificação usou-se uma solução padrão de cálcio na concentração de 1000 mg/mL. A curva de calibração foi construída com os pontos de 2, 3, 4 e 5 ppm de concentração.

3.3.8 Força penetrante e de esmagamento

A força penetrante e de esmagamento foram determinadas na amostra *in natura* e após as etapas de impregnação, branqueamento e secagem convencional, as quais foram medidas com penetrômetro digital (modelo PCE, FM 200) e os resultados expressos em Newton (N).

A força de esmagamento foi determinada em texturômetro (TA.XT Plus Texture Analyser, Extralab, Brasil) e os resultados expressos em Newton (N). O teste foi realizado no modo de compressão até 95% da amostra, com uma sonda de 75mm e velocidades do pré-teste, teste e pós-teste de respectivamente 1, 2 e 10 mm/s e força de gatilho de 10g.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEOR DE UMIDADE E ATIVIDADE DE ÁGUA

Foram determinados os teores de umidade e atividade de água das amostras *in natura* e após as etapas de impregnação, desidratação osmótica e secagem convencional. Os resultados de teor de umidade e atividade de água para os experimentos 1 e 2 são apresentados nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6 – Valores de umidade (%m/m base úmida) e atividade de água do mamão *in natura* e após as etapas de impregnação, desidratação osmótica e secagem convencional para o experimento 1.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação	Desidratação osmótica	Secagem convencional
Umidade (% m/m)	91,65 ± 0,21	94,39 ± 0,06	68,00 ± 1,04	66,53 ± 0,17
Atividade de água	0,965 ± 0,003	0,967 ± 0,001	0,949 ± 0,002	0,943 ± 0,001

Tabela 7 – Valores de umidade (%m/m base úmida) e atividade de água do mamão *in natura* e após as etapas de impregnação, desidratação osmótica e secagem convencional para o experimento 2.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação	Desidratação osmótica	Secagem convencional
--	-------------------------------	--------------------	------------------------------	-----------------------------

	<i>natura</i>		osmótica	convencional
Umidade (% m/m)	90,78 ± 0,20	92,94 ± 0,17	62,40 ± 2,33	42,03 ± 3,00
Atividade de água	0,980 ± 0,001	0,988 ± 0,001	0,937 ± 0,001	0,876 ± 0,002

A umidade do mamão Formosa *in natura* apresentou um valor de 91,65% e 90,78%, ou seja, um teor mais elevado daqueles encontrado por Fernandes *et al.* (2006) que ao investigarem a otimização da desidratação de mamões – variedade não especificada – encontraram 87,83% e Udomkun *et al.* (2015) que ao analisarem mamões *in natura* do cultivar *Pluk Mai Liede* encontraram um valor de 88,56%.

A atividade de água de 0,965 e 0,980, por sua vez, mostrou ser menor que aquelas encontradas por Udomkun *et al.* (2014, 2015) que ao estudar as isotermas de adsorção e a utilização de sais de cálcio na melhoria na qualidade de mamões cv. *Pluk Mai Liede* encontraram valores de 0,995 e 0,990 respectivamente, e também Lovera, Ramallo e Salvadori (2014) que encontraram o valor de 0,989 ao pesquisar os efeitos do cálcio nos atributos de qualidade do mamão Formosa.

Após a impregnação com lactato de cálcio 2,5% m/v, o teor de umidade aumentou de 2,4 a 3,0% em relação à umidade inicial. A atividade de água acompanhou o aumento da umidade, provavelmente devido à transferência de água da solução – hipotônica – para o mamão – hipertônico – assim como também há transferência de massa de sólidos solúveis do mamão para a solução. Este fenômeno pode implicar em perdas de sólidos solúveis – discutido no item 7.4. O aumento de umidade na etapa de impregnação não é desejado, pois obrigatoriamente a etapa de desidratação seria estendida.

Após a desidratação osmótica, a umidade atingiu, no experimento 1, 68,00%, enquanto para o experimento 2, 62,40%. Porém, ao utilizar os parâmetros empregados nos experimentos 1 e 2 do presente trabalho na equação estabelecida por Jain *et al.* (2011) – equação 3 – o teor de umidade final deveria ser de 81,87 e 80,16%, respectivamente.

Ainda de acordo com os mesmos autores, devido à natureza quadrática da equação (3), quanto maior os parâmetros temperatura, concentração e tempo, menor a perda de água até um determinado limite, após o qual o valor volta a subir e a equação torna-se válida.

Isto pode ser percebido pelo fato de que ao estimar a perda de água com a

equação estabelecida pelos mesmos autores, com a aplicação do parâmetro “tempo de desidratação osmótica” de 2 e 2,5 h – utilizados nos experimentos 1 e 2 – verifica-se que quanto maior o tempo de desidratação, menor é a perda de água, o que não condiz com a realidade. Portanto, a utilização da equação para prever-se a perda de água nos parâmetros utilizados nos 2 experimentos não é válida.

Estes autores ao realizarem a desidratação osmótica de mamões frescos – variedade *Taiwan Red* – de umidade de 87,5%, com soluções de 70°Brix e temperatura de 50°C por 5 horas, alcançaram a umidade final de 67,6%. Esta diferença entre os valores obtidos pelos autores e os valores obtidos neste trabalho pode ser explicada pelo fato de que os mamões da variedade *Taiwan Red* e *Formosa* podem apresentar características fisiológicas diferenciadas. Além disso os autores não realizaram branqueamento previamente à desidratação osmótica, o que segundo Garcia (2012) aumenta significativamente a perda de água e o ganho de açúcar devido aos danos causados às células, que leva à perda de permeabilidade seletiva.

Fernandes *et al.* (2006) ao avaliarem os mesmos parâmetros utilizados neste estudo – 50°C, 70° Brix e 2h – obtiveram umidade final de 56,6%, entretanto não foi realizada a etapa de impregnação com solução de cálcio previamente à desidratação.

Udomkun (2013) relata que o acréscimo na concentração de cálcio influencia na diminuição da perda de umidade, e isto está associado com o efeito do cálcio em fortalecer a estrutura da parede celular com a interação com o ácido péctico na lamela do meio para formar pectato de cálcio, o que dificulta na transferência de massa.

Juntamente a isto, Fernandes *et al.* realizaram a desidratação osmótica com a solução ajustada a pH 3 e, atualmente, na literatura consultada não há pesquisas relacionadas à influência do pH na desidratação osmótica. Portanto, não se pode prever o impacto na desidratação devido a esta característica.

Após a secagem convencional por 30 min a 50°C, o mamão alcançou um teor de umidade de 66,53% e atividade de água de 0,943. Estes resultados demonstram que o tempo não foi suficiente para atingir uma atividade de água inferior a 0,70 e assim prevenir a deterioração do fruto por atividades microbiana, enzimática e não enzimática. A redução da umidade influenciou fracamente na diminuição da atividade de água, pois devido à natureza logarítmica da equação de

Halsey e Oswin (equações 8 e 9), obtida pelas isotermas de adsorção de umidade, percebe-se que somente após um certo valor de umidade há uma redução impactante na atividade de água (Figura 6).

A fim de se reduzir a atividade de água e o teor de umidade final das amostras aumentou-se o tempo de desidratação osmótica para 2,5h, com posterior secagem convencional por 2,5h a 60°C. No final destas etapas o mamão alcançou a umidade de 42,03% e apresentou atividade de água de 0,876.

Portanto para se alcançar o conteúdo de umidade necessário para se obter a atividade de água abaixo de 0,70 e assim prevenir a deterioração do alimento (FENNEMA *et al.*, 2010) deve-se alterar os processo de desidratação osmótica e secagem convencional.

4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O pH do produto final (após a secagem) também possui sua devida relevância, uma vez que os microrganismos de importância para a saúde pública não conseguem se desenvolver em pH 4,5 ou menor (DASTUR *et al.*, 1968; LEITÃO, 1973; NANJUNDASWAMY *et al.*, 1973).

Deste modo foi analisado o pH das amostras *in natura* e após as etapas de impregnação e secagem convencional. Os valores de pH para os experimentos 1 e 2 são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Acidez (pH) do mamão *in natura* e após as etapas de impregnação e secagem convencional para o experimento 1 e 2.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação	Secagem convencional
pH (experimento 1)	5,87 ± 0,00	4,09 ± 0,04	4,30 ± 0,01
pH (experimento 2)	5,88 ± 0,02	4,21 ± 0,02	4,49 ± 0,03

Os mamões Formosa *in natura* nos dois experimentos apresentaram pH levemente acima do valor definido por Rigotti (2006) de 5,0 a 5,7. Isto serve de indicativo de que o fruto está maduro, pois de acordo com Brody (1996) o teor de

ácidos orgânicos nos frutos tende a diminuir durante o processo de maturação devido à oxidação dos ácidos.

Após a impregnação de 4 horas, o fruto apresentou pH de 4,08 e 4,21, portanto, o ajuste de pH 3,5 da solução de impregnação não foi suficiente para reduzir o pH do fruto até 3,8 conforme recomendado por Magalhães (1992) para a inativação enzimática e controle microbiológico.

Após as etapas de desidratação osmótica e secagem convencional, o produto chegou ao pH de 4,30 e 4,49, nos experimentos 1 e 2, respectivamente. Assim, para o produto final, o pH atingiu um valor abaixo do mínimo recomendado para evitar a proliferação de microrganismos patogênicos de importância pública que não conseguem se desenvolver em pH 4,5 ou menor (DASTUR *et al.*, 1968; LEITÃO, 1973; NANJUNDASWAMY *et al.*, 1973).

4.3 TEOR DE GLICÍDIOS REDUTORES, NÃO REDUTORES E TOTAIS

Com a finalidade de avaliar a quantidade de açúcares incorporados após a etapa de desidratação osmótica, foram determinados o teor de açúcares redutores e sacarose na amostra *in natura* e após a referida etapa. Os valores de glicídios redutores e sacarose para os experimentos 1 e 2 se encontram nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

Tabela 9 – Teor de glicídios redutores, não redutores e totais (%m/m base seca) do mamão *in natura* e após a etapa de desidratação osmótica para o experimento 1.

	Mamão <i>in natura</i>	Desidratação osmótica
Teor de glicídios redutores (%m/m)	48,38 ± 0,72	18,78 ± 0,28
Teor de glicídios não redutores (%m/m)	ND*	32,72 ± 0,32
Teor de glicídios totais (%m/m)	48,38 ± 0,72	53,22 ± 0,28

*ND = não detectado

Tabela 10 – Teor de glicídios redutores, não redutores e totais (%m/m base seca) do mamão *in natura* e após a etapa de desidratação osmótica para o experimento 2.

	Mamão <i>in natura</i>	Desidratação osmótica
Teor de glicídios	45,12 ± 0,98	35,07 ± 0,98

reduzores (%m/m)		
Teor de glicídios não reduzores (%m/m)	ND*	13,46 ± 0,87
Teor de glicídios totais (%m/m)	45,12 ± 0,98	49,24 ± 0,58

*ND = não detectado

Estudos têm indicado que o teor de glicídios reduzores do mamão *in natura* apresenta-se na faixa de 5,4 a 11,0 %m/m (base úmida) (RIGOTTI, 2009). Os mamões *in natura* utilizados no presente trabalho apresentaram teores de glicídios reduzores de 4,04 e 4,16% (base úmida) para o experimento 1 e 2, respectivamente, e portanto se encontram abaixo desta faixa.

Os mamões utilizados foram selecionados com base em suas colorações, correspondentes ao 4º estágio de maturação (RITZINGER; SOUZA, 2000). Ao considerar que a primeira estria amarela torna-se visível na superfície do fruto somente aos 145 DDA (CALEGARIO *et al.*, 1997) e que após os 135 DDA as concentrações de sacarose decrescem rapidamente e as de glicose e frutose aumentam (CHAN JR. *et al.*, 1979), pode-se concluir que os valores obtidos de açúcares reduzores e não reduzores correspondem a um fruto maduro e concordam com Selvaraj *et al.* (1982) que afirmam que a percentagem de sacarose no mamão é muito menor do que as percentagens de glicose e frutose.

A baixa quantidade de sacarose e a alta quantidade de açúcares reduzores quantificados no experimento 2 após a etapa de desidratação osmótica demonstram que o branqueamento não foi efetivo para a desnaturação da enzima invertase, que segundo Garcia (2012) existe em grandes quantidades no mamão e é responsável pela rápida hidrólise da sacarose. O pH ótimo de trabalho para esta enzima é de 3,5-5,5 e a temperatura de 45–65°C, portanto a acidez do fruto, juntamente com a temperatura utilizada na etapa de desidratação osmótica fornecem condições favoráveis à inversão da sacarose. (BORA *et al.*, 2005; AMAYA–DELGADO *et al.*, 2005; GÁSCON, 1981). O branqueamento pode não ter sido tão eficiente no 2º experimento quanto no 1º devido à influência do pH do meio.

Pode-se perceber que o teor de glicídios totais para o experimento 1 aumentou de 4,80 ± 0,67%, um valor próximo ao calculado pela equação de Jain *et al.* (2011) – equação 4 – de 4,87%. Para o experimento 2 o teor de glicídios totais aumentou de 4,12 ± 0,88% e também se encontra próximo ao valor calculado de

4,61%. Pela Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$) estes valores não possuem diferença significativa.

Estes valores estão próximos ao valor de 4%, sugerido por Jain *et al.* (2011) como a melhor quantia de açúcar incorporado para a conferência de melhor sabor.

4.4 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)

Tabela 11 – Teor de sólidos solúveis totais no mamão *in natura* e após as etapas de desidratação osmótica e secagem convencional.

	Mamão <i>in natura</i>	Desidratação osmótica	Secagem convencional
Sólidos solúveis totais (° Brix – experimento 1)	9,5 ± 0,7	5,5 ± 0,1	27,2 ± 0,3
Sólidos solúveis totais (° Brix – experimento 2)	8,8 ± 0,4	6,6 ± 0,4	37,9 ± 1,9

O teor de SST do mamão Formosa *in natura* se enquadrou dentro dos resultados encontrados por diversos autores, de 7,0 a 13,5°Brix (RIGOTTI, 2009); 9,84 e 10,02°Brix (UDOMKUN, 2014, 2015); 10,10°Brix (FERNANDES *et al.*); 10 e 12,5°Brix (LOVERA; RAMALLO; SALVADORI, 2014).

Após a etapa de impregnação os SST diminuíram, provavelmente devido à transferência de massa dos frutos para a solução. A perda de sólidos solúveis não é interessante, pois compostos importantes tais como açúcares, vitaminas hidrossolúveis, minerais e outros compostos não nutrientes, como antioxidantes, podem ser perdidos. Esta perda pode ser reduzida com a adição de sacarose à solução de impregnação até se alcançar valores próximos de SST presentes no fruto.

Após a secagem convencional foi determinado o teor de SST para a caracterização do produto final e foi verificado que o teor de SST aumentou de 2,9 e 4,3 no experimento 1 e 2, respectivamente. Esta elevação ocorreu devido à redução de umidade e à incorporação de açúcares no tecido do fruto.

Na etapa de desidratação osmótica, a proporção de massa de solução desidratante para a de mamão foi de 4/1, conforme utilizado por vários autores (LOVERA; RAMALLO; SALVADORI, 2014; JAIN *et al.*, 2011; FERNANDES *et al.*, 2006). Entretanto, o valor de SST ajustado primeiramente a 70,0°Brix, após o período de 2h atingiu o valor de 63,0°Brix. Esta redução foi significativa, pois como

demonstrado por alguns autores (GARCIA, 2012; JAIN *et al.*, 2011; FERNANDES *et al.*, 2006; RODRIGUES, 2005) uma diminuição no teor de SST de 70°Brix para 60°Brix impacta fortemente na taxa de transferência de massa de água do mamão para a solução. Portanto, para a determinação de taxas de transferência, maior reprodutibilidade e confiança dos valores encontrados na prática deve-se utilizar razões maiores que 4/1 na solução de desidratação osmótica.

4.5 COR

Os parâmetros de cromaticidade a^* e b^* , e luminosidade L^* dos dois experimentos se encontram abaixo nas Tabela 12 e 13.

Tabela 12 – Parâmetros da cor (CIELab) para as amostras de mamão *in natura* e após as etapas de impregnação, desidratação osmótica e secagem convencional para o experimento 1.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação	Desidratação osmótica	Secagem convencional
L*	52,89 ^a ± 2,85	50,02 ^{ab} ± 2,16	48,29 ^b ± 2,80	50,01 ^{ab} ± 3,86
a*	24,38 ^b ± 2,23	25,81 ^b ± 2,66	25,46 ^b ± 1,36	29,01 ^a ± 2,14
b*	35,20 ^b ± 3,30	38,91 ^{ab} ± 2,06	37,43 ^{ab} ± 3,31	40,02 ^a ± 3,90

Letras minúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Tabela 13 – Parâmetros da cor (CIELab) para as amostras de mamão *in natura* e após as etapas de impregnação, desidratação osmótica e secagem convencional para o experimento 2.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação	Desidratação osmótica	Secagem convencional
L*	54,14 ^a ± 2,47	51,82 ^a ± 2,87	51,23 ^a ± 1,69	53,03 ^a ± 3,11
a*	23,55 ^c ± 2,68	23,15 ^c ± 2,66	27,13 ^b ± 2,25	30,66 ^a ± 2,05
b*	37,53 ^b ± 2,76	42,13 ^a ± 3,22	42,75 ^a ± 2,15	45,15 ^a ± 3,47

Letras minúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

No experimento 1 a impregnação não causou nenhuma diferença significativa nos 3 parâmetros, enquanto a desidratação osmótica influenciou apenas o parâmetro de luminosidade. O produto após secagem convencional permaneceu sem alteração em relação ao fruto *in natura* somente para luminosidade, enquanto os parâmetros a^* e b^* se alteraram.

No experimento 2 a impregnação causou uma diferença significativa no

parâmetro b^* e a desidratação osmótica influenciou apenas o parâmetro a^* . O produto após secagem convencional permaneceu sem alteração em relação ao fruto *in natura* somente para luminosidade, enquanto os parâmetros a^* e b^* se alteraram.

Para ambos experimentos pode-se concluir que o produto final, após a secagem convencional, possui uma luminosidade semelhante, uma coloração mais avermelhada e amarelada, demonstrados pela elevação nos parâmetros a^* e b^* , respectivamente.

4.6 CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO

A concentração de cálcio foi determinada nas amostras *in natura* e após a etapa de impregnação. Os valores de concentração de cálcio para os experimentos 1 e 2 se encontram nas Tabelas 14 e 15, respectivamente.

Tabela 14 – Concentração de cálcio (ppm) na amostra *in natura* e após a etapa de impregnação para o experimento 1.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação
Conc. Cálcio (ppm) - base úmida	107	1.646
Conc. Cálcio (ppm) - base seca	1.281	29.317

Tabela 15 – Concentração de cálcio (ppm) na amostra *in natura* e após a etapa de impregnação para o experimento 2.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação
Conc. Cálcio (ppm) - base úmida	180	1.209
Conc. Cálcio (ppm) - base seca	1.958	17.124

O mamão Formosa *in natura* utilizado no experimento 1 apresentou uma concentração de cálcio de 107 ppm (base úmida), um valor abaixo da faixa determinada por Morton (1987), de 129 a 408 ppm, enquanto que o mamão utilizado no experimento 2 apresentou uma concentração de cálcio de 180 ppm (base úmida) e se situou dentro desta faixa, também conferiu com os valores encontrados por Lovera, Ramallo e Salvadori (2014) que ao analisarem a influência do cálcio nos atributos de qualidade do mamão Formosa verificaram que o mamão *in natura* apresentava uma concentração de 145 a 227 ppm.

As amostras de mamão tratadas com a solução de impregnação, apresentaram no final do período de 4 horas uma concentração de cálcio equivalente a 29.317 e 17.124 ppm (base seca) no experimento 1 e 2, respectivamente; o que corresponde a um aumento de 23 e 9 vezes, respectivamente, da concentração inicial de cálcio na amostra *in natura*. Esta diferença entre os resultados é inerente à variação dos frutos, uma vez que os parâmetros utilizados foram os mesmos.

A concentração de cálcio em base úmida, após a etapa de impregnação, alcançou o valor de 1.646 e 1.209 ppm. Estes resultados estão próximos dos valores encontrados por Lovera, Ramallo e Salvadori (2014), em que amostras de mamão Formosa tratadas por 4 horas com solução de lactato de cálcio na concentração de 1,5 % m/m e temperaturas de 30 e 45°C obtiveram, respectivamente, 800 e 1500ppm.

Ao considerar que todo o cálcio que penetra as amostras de mamão não é perdido nas próximas etapas (branqueamento, desidratação osmótica e secagem convencional), pode-se concluir que o produto final (após a secagem convencional) alcançou uma concentração de 9.821 e 10.883 ppm (base úmida) no experimento 1 e 2, respectivamente. Portanto uma porção de 100g do produto final possuiria cerca de 982 a 1.088 mg e para ambos seria permitido a rotulagem como alimento “enriquecido em cálcio”, com um fornecimento acima de 100% da quota diária recomendada do nutriente de 800mg/dia.

Na etapa de impregnação a proporção de massa de solução de lactato de cálcio para a de mamão foi de 4/1, conforme utilizado por vários autores (LOVERA; RAMALLO; SALVADORI, 2014; JAIN *et al.*, 2011; FERNANDES *et al.*, 2006). O pH da solução de impregnação inicialmente ajustado em 3,50, após as 4h de processamento chegou a 3,61, o que revelou um pequeno aumento, portanto para esta etapa a razão de 4/1 pode ser utilizada sem grandes alterações no decorrer do processo.

4.7 FORÇA PENETRANTE E DE ESMAGAMENTO

Nas Tabelas 16 e 17 estão mostrados os valores de força penetrante e força de esmagamento nos experimentos 1 e 2, respectivamente.

Tabela 16 – Força penetrante e de esmagamento (N) no mamão *in natura* e após as etapas de impregnação, branqueamento e secagem convencional para o experimento 1.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação	Branqueamento	Secagem convencional
Força penetrante (N)	4,53 ^b ± 0,33	8,80 ^a ± 0,42	4,40 ^b ± 0,31	3,87 ^b ± 0,15
Força de esmagamento (N)	71,37 ^b + 14,88	167,08 ^{ab} ± 74,56	130,97 ^{ab} ± 25,31	187,86 ^a ± 37,76

Letras minúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Tabela 17 – Força penetrante e de esmagamento (N) no mamão *in natura* e após as etapas de impregnação, branqueamento e secagem convencional para o experimento 2.

	Mamão <i>in natura</i>	Impregnação	Branqueamento	Secagem convencional
Força penetrante (N)	2,90 ^b ± 0,08	4,49 ^a ± 0,34	3,51 ^b ± 0,40	3,64 ^b ± 0,63
Força de esmagamento (N)	17,66 ^b ± 2,31	20,27 ^{ab} ± 1,92	8,56 ^c ± 0,68	25,81 ^a ± 3,24

Letras minúsculas iguais nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Após a etapa de impregnação, os pedaços de mamão adquiriram uma resistência à penetração de 1,5 a 1,9 vezes superior e uma resistência ao esmagamento de 2,3 a 1,1 vezes maior que aquela encontrada no mamão *in natura*. Estes resultados não coincidem com aqueles encontrados por Lovera, Ramallo e Salvadori (2014), pois os autores ao utilizarem uma solução de concentração de cálcio de 1,5% m/m na temperatura de 30°C com 4h de impregnação, relataram concentrações de 80ppm de cálcio e obtiveram mamões com resistência 4 vezes maior que o mamão *in natura*.

Os valores encontrados de firmeza demonstram que a impregnação com cálcio foi eficiente e proporcionou um aumento na resistência à penetração e ao esmagamento após esta etapa. Este aumento ocorreu provavelmente à formação de ligações intermoleculares com os grupos carboxílicos livres do ácido pécico contido nas paredes celulares e consequente formação de sais insolúveis como o pectato de cálcio (GRANT *et al.*, 1973; GRAS; VIDAL; BETORET, 2003).

Esta firmeza adquirida devido à impregnação de cálcio foi perdida em parte no restante do processamento e obteve-se um produto com resistência à penetração sem diferenças significativas (para um nível de confiança de 95%) se comparado a do mamão *in natura*. A resistência ao esmagamento, por sua vez, apresentou uma elevação de 2,6 a 1,5 vezes e apresentou diferença significativa. Estes resultados

são satisfatórios, pois enquanto a resistência à penetração praticamente iguala-se ao produto fresco, a consistência ainda permanece maior.

A diferença de firmeza adquirida entre os 2 experimentos coincide com a diferença na incorporação de cálcio (item 4.5), o que demonstra que a concentração de cálcio no tecido é proporcional ao aumento da firmeza no fruto.

5 CONCLUSÃO

A etapa de impregnação com lactato de cálcio aumentou o teor de cálcio em relação a amostra *in natura* e assim o produto final estaria apto à rotulagem como alimento “enriquecido em cálcio”, com um fornecimento acima de 100% da quota diária recomendada do nutriente. Este aumento no teor de cálcio conferiu uma resistência à penetração e ao esmagamento superior a do mamão *in natura*.

Foi constatado que a utilização da proporção da solução de impregnação para a de mamão na razão de 4:1 conferiu resultados reprodutíveis e confiáveis em relação a acidificação do fruto. Entretanto, esta solução deve ser concentrada até um teor de sólidos solúveis totais próximo ao encontrado no fruto para evitar perdas de sólidos solúveis essenciais e o aumento da umidade do fruto.

A acidificação do mamão na etapa de impregnação mostrou-se insuficiente, uma vez que após as 4 horas o mamão apresentou uma acidez ligeiramente maior do que o necessário para a utilização dos parâmetros de branqueamento. Esta acidez, no entanto, foi suficiente para garantir que o produto final possuísse um pH abaixo de 4,5, o mínimo recomendado para evitar a proliferação de microrganismos patogênicos.

O branqueamento previamente à desidratação osmótica aumentou significativamente a perda de água. Por sua vez, a impregnação com cálcio dificultou na redução de umidade.

Foi constatado que a utilização da proporção da solução de desidratação osmótica para a de mamão na razão de 4:1 se altera significativamente no decorrer do processamento e desta maneira torna-se necessário a utilização de proporções maiores.

Após a etapa de secagem convencional no experimento 1 obteve-se uma redução significativa da umidade, entretanto a atividade de água foi pouco influenciada e permaneceu próxima à do mamão *in natura*. Após a etapa de secagem convencional no experimento 2, obteve-se um teor de umidade menor, porém a atividade de água ainda permaneceu acima do almejado.

De acordo com os parâmetros de cor ao final do processamento, as amostras apresentaram uma luminosidade semelhante, uma coloração levemente mais avermelhada e amarelada.

6 CUSTOS

Os custos dos reagentes e matérias-primas estão relacionados na Tabela 18 abaixo.

Tabela 18 – Custos dos reagentes e matérias-primas utilizados.

Material	Custo
Mamão Formosa	R\$ 4,49/kg
HCl 37% (P.A)	R\$ 51,00/L
Açúcar comercial	R\$ 1,99/kg
Lactato de cálcio (P.A)	R\$ 314,9/kg
Energia	R\$ 220,00 MW/h

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz Ltda., 2015. 104 p. ISSN 1808–4931.

AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 13. ed. Washington, DC: AOAC, 1984, p. 503-504.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo*. 2. ed. Lavras, 2005. 785 p.

CRUESS, W. V. *Produtos industriais de frutas e hortaliças*. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1973. 2v. Tradução de Heitor Airlie Tavares.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. *Química de alimentos de Fennema*. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p. Tradução de Adriano Brandelli *et al.*

FERNANDES, F. A. N. *et al.* Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. *Food Research International*, v. 39, p. 492-498, 2006.

GARCIA, C. C. *Avaliação da desidratação de mamão utilizando métodos combinados*. 2012. 200f. Tese (Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), São José do Rio Preto, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JAIN, S. K. *et al.* Studies on moisture sorption isotherms for osmotically dehydrated papaya cubes and verification of selected models. *J. of Food Science*, v.47, n. 3, p. 343–346, 2010.

LEMUS-MONDACA, R. *et al.* Coupled 3D heat and mass transfer model for numerical analysis of drying process in papaya slices. *J. of Food Engineering*, v. 113, p. 109–117, 2013.

LOVERA, N.; RAMALLO, L.; SALVADORI, V. Effect of processing conditions on calcium content, firmness, and color of papaya in syrup. *Journal of Food Processing*, v. 2014, Article ID 603639, 8 p., 2014.

MAGALHÃES, M. M. A. *Estudo cinético da inativação térmica de enzimas termorresistentes, com ou sem adição de sacarose na polpa de mamão “formosa” (Carica Papaya L.) acidificada e o estabelecimento do processamento térmico requerido*. 1992. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

MORTON, J. Papaya. In: _____. *Fruits of warm climates*. Miami, FL, 1987. p. 336–346. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton>>. Acesso em: 04 outubro 2015.

NATH, N; RANGANNA, S. Determination of thermal process schedule for totapuri mango. *Journal of Food Technology*, v. 15, p. 251–264, 1980.

RIOS, A. O; FLORES, S. H. *Apostila de análise de alimentos*. Porto Alegre: U.F.R.G.S., 2014. 127 p.

RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. *Mamão: Fitossanidade*. Cruz das Almas: Embrapa, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 91 p. (Frutas do Brasil, 11).

RODRIGUES, A. C. C. *Estudo da desidratação osmótica com aditivos e do acondicionamento sob atmosfera modificada de pedaços de mamão formosa*. 2005. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

UDOMKUN, P. et al. Effect of calcium chloride and calcium lactate applications with osmotic pretreatment on physicochemical aspects and consumer acceptances of dried papaya. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 19, p. 1122–1131, 2013.

