



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

FRANCISCA IMILENA PEREIRA DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO ULTRASSOM E DESIDRATAÇÃO
OSMÓTICA NA SECAGEM, COR, TEXTURA E ENZIMAS DO MAMÃO
FORMOSA**

FORTALEZA

2014

FRANCISCA IMILENA PEREIRA DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO ULTRASSOM E DESIDRATAÇÃO
OSMÓTICA NA SECAGEM, COR, TEXTURA E ENZIMAS DO MAMÃO
FORMOSA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Química.

Área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes

Co- Orientadora: Profa. Dr^a Sueli Rodrigues

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

-
- O47i Oliveira, Francisca Imilena Pereira de.
Influência do pré-tratamento ultrassom e desidratação osmótica na secagem, cor, textura e enzimas do mamão formosa / Francisca Imilena Pereira de Oliveira. – 2014.
119 f. : il. , enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.
Orientação: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes.
Coorientação: Profa. Dra. Sueli Rodrigues.
1. Engenharia Química. 2. Cavitação. 3. Frutas - Desidratação. I. Título.

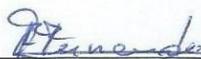
FRANCISCA IMILENA PEREIRA DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO ULTRASSOM E DESIDRATAÇÃO
OSMÓTICA NA SECAGEM, COR, TEXTURA E ENZIMAS DO MAMÃO
FORMOSA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Química. Área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

Aprovada em: 03/10/2014

BANCA EXAMINADORA



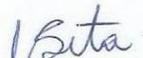
Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes
Universidade Federal do Ceará



Prof. Dr. Edy Souza de Brito
Embrapa



Prof. Dr. Ebenézer de Oliveira Silva
Embrapa



Dra. Nair do Amaral Sampaio Neta
Universidade Federal do Ceará



Dra. Aila Maria Souza Fontenelle
Universidade Federal do Ceará

*À memória de minha amada avó Caetana, a
mulher mais linda, doce, forte e corajosa que
já conheci em toda minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por me abençoar e me proteger todos os dias.

Aos meus pais, José Hilton (*in memoriam*) e Iraci Oliveira, pela educação, carinho e dedicação ao longo de minha vida.

Aos meus irmãos, Iselena, Irailton e Ivilena, pela oportunidade de tê-los como irmãos e por compartilhar muitas histórias ao longo da vida.

Agradeço imensamente ao meu orientador Professor Dr. Fabiano André Narciso Fernandes, pelas oportunidades, os valiosos ensinamentos, apoio, paciência, dedicação, confiança, por seu incentivo constante e amizade.

Agradeço à professora Sueli Rodrigues por ter gentilmente cedido o laboratório para realização das análises durante todo o curso.

Aos professores: que gentilmente aceitaram o convite de participar desta banca de defesa de tese, contribuindo assim, para o enriquecimento deste trabalho.

À família Labiotec e aos amigos mais que amigos, irmãos de laboratório, pela excelente convivência, como se fossemos verdadeiramente uma família. Impossível citar nomes, pois cada um deles, sem exceção, sabe exatamente a importância única e a diferença que fazem em minha vida e que com certeza levarei para sempre do lado esquerdo do peito.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Química, pelos ensinamentos, colaboração e amizade durante todo o meu percurso na pós-graduação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo e pelo apoio financeiro.

À Universidade Politécnica de Valencia (UPV) e a todos os colegas, professores e amigos que me apoiaram durante a minha estada na Espanha. Obrigada pela oportunidade de aprendizado.

À Universidade Federal do Ceará, pela possibilidade de cursar uma pós-graduação; por todas as oportunidades a que me foi dada todos esses anos.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

*"Não importa tanto o tema da tese quanto à
experiência de trabalho que ela comporta."*

(Umberto Eco)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
1.1 Mamão	17
1.1.1 Caracterização botânica	18
1.1.2 Variedades comerciais	19
1.1.3 Produção no Brasil	20
1.1.4 Produção mundial	21
1.2 Ultrassom	21
1.2.1 Características das ondas ultrassônicas	23
1.2.2 Cavitação	23
1.2.3 Pré-tratamento ultrassônico em frutas	24
1.3 Secagem	25
1.3.1 Curva padrão de secagem	27
1.3.2 Secagem de frutas e desidratação osmótica	29
1.4 Tipos de agente osmóticos	32
1.4.1 Glicose	32
1.4.2 Frutose	33
1.4.3 Sacarose	34
1.5 Análises colorimétrica	35
1.6 Textura	37
1.6.1 Análise instrumental	37
1.7 Análise enzimática	38
1.7.1 Polifenoloxidase (PPO)	39
1.7.2 Protease (enzimas proteolíticas)	40
REFERÊNCIAS	42
CAPÍTULO 2 EFEITO DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO EM ULTRASSOM COM GLICOSE E FRUTOSE E AVALIAÇÃO DA COR DURANTE A SECAGEM DO MAMÃO FORMOSA	
1 INTRODUÇÃO	50
2 MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1 Desidratações osmóticas	52
2.2 Pré-tratamento em ultrassom	52
2.3 Secagens em estufa de circulação de ar (60°C)	52
2.4 Análise colorimétrica	53
2.5 Perda de água, Ganho de açúcar, Perda de peso	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1 Perdas de água (Wl)	55
3.2 Ganhos de açúcar (Sg)	57
3.3 Perdas de peso (Wr)	58
3.4 Parâmetros colorimétricos	59
4 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66
CAPÍTULO 3 AVALIAÇÃO DA COR DURANTE A SECAGEM DO MAMÃO FORMOSA EM SACAROSE SUBMETIDO AO PRÉ-TRATAMENTO EM ULTRASSOM	
1 INTRODUÇÃO	71
2 MATERIAL E MÉTODOS	72

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
3.1	Análise do parâmetro L^* da cor do mamão Formosa	75
3.2	Análise do parâmetro a^* da cor do mamão Formosa	77
3.3	Análise do parâmetro b^* da cor do mamão Formosa	79
4	CONCLUSÃO	81
	REFERÊNCIAS	82
CAPÍTULO 4	ANÁLISE DA TEXTURA DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO EM ULTRASSOM E SECAGEM EM ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR A 60°C	
1	INTRODUÇÃO	86
2	MATERIAL E MÉTODOS	87
2.1	Textura	88
2.4.1	Análise da força compressão do mamão formosa	89
2.4.2	Análise da dureza do mamão formosa	89
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
3.1	Textura do fruto <i>controle</i>	91
3.2	Textura da fruta desidratada em solução osmótica de sacarose	91
3.3	Textura da fruta desidratada em solução osmótica de frutose	94
3.4	Textura da fruta desidratada em solução osmótica de glicose	96
4	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
CAPÍTULO 5	ANÁLISE ENZIMÁTICA DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO EM ULTRASSOM	
1	INTRODUÇÃO	102
2	MATERIAL E MÉTODOS	103
2.1	Mamão sonicado em solução osmótica de sacarose	104
2.2	Mamão macerado e sonicado	104
2.3	Suco sonicado	106
2.4	Protease	106
2.5	Polifenoxidase (PPO)	107
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	107
3.1	Enzimas proteolíticas	107
3.1.1	Mamão sonicado em solução osmótica de sacarose (0°Brix, 25°Brix, 50°Brix)	107
3.1.2	Mamão macerado e sonicado (20, 40, 60min).	108
3.1.3	Suco sonicado	109
3.2	Polifenoxidase (PPO)	109
3.2.1	Mamão sonicado em solução osmótica de sacarose (0°Brix, 25°Brix, 50°Brix)	109
3.2.2	Mamão macerado e sonicado (20 40,60 min)	111
3.2.3	Suco sonicado	111
4	CONCLUSÃO	112
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	CONCLUSÕES	116
	APÊNDICE	117

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1	Polpa do mamão formosa	17
Figura 2	Mamão <i>Formosa (Tainung n° 1)</i> e <i>Solo (Sunrise solo)</i>	19
Figura 3	Processo de formação das bolhas de cavitação ocasionado pelo ultrassom	24
Figura 4	Curva padrão de secagem	28
Figura 5	Esquema da desidratação osmótica de frutos	30
Figura 6	D-Glucose	33
Figura 7	D-Frutose	34
Figura 8	Molécula de sacarose	35
Figura 9	Representação gráfica dos valores de L^* , a^* , b^*	36
Figura 10	Gráfico representando a força de penetração no alimento	38
Figura 11	Mecanismo de reação da enzima Polifenoloxidase	40
Figura 12	Centros ativos da PPO	40

CAPÍTULO 2 EFEITO DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO EM ULTRASSOM COM GLICOSE E FRUTOSE E AVALIAÇÃO DA COR DURANTE A SECAGEM DO MAMÃO FORMOSA

Figura 1.	Fluxograma representando o esquema do pré-tratamento osmótico do mamão formosa (<i>Carica Papaya</i>) em ultrassom com glicose e frutose e análise da cor durante a secagem.	54
Figura 2a-2b	Parâmetros colorimétricos do mamão formosa submetido à sonicação e tratado osmoticamente em 25°Brix de solução osmótica de frutose.	59
Figura 3a-3b	Parâmetros colorimétricos do mamão formosa submetido à sonicação e tratado osmoticamente em 50°Brix de solução osmótica de frutose.	61
Figura 4a-4b	Parâmetros colorimétricos do mamão formosa submetido à sonicação e tratado osmoticamente em 25°Brix de solução osmótica de glicose.	62
Figura 5a-5b	Parâmetros colorimétricos do mamão formosa submetido à sonicação e tratado osmoticamente em 50°Brix de solução osmótica de glicose.	63

CAPÍTULO 3 AVALIAÇÃO DA COR DURANTE A SECAGEM DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO EM ULTRASSOM.

Figura 1	Fluxograma representando o esquema da análise dos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) do mamão formosa (<i>Carica papaya</i>) sonicado, desidratado osmoticamente e seco em três temperaturas diferentes.	74
-----------------	---	----

CAPÍTULO 4 ANÁLISE DA TEXTURA DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO EM ULTRASSOM E SECAGEM EM ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR A 60°C.

Figura 1	Texturômetro de bancada (Texture Analyzer ct3 Brookfield)	89
Figura 2	Fluxograma representando o esquema da análise de textura do mamão formosa (<i>Carica Papaya</i>) sonicado, desidratado osmoticamente e seco a 60°C (Compressão e Dureza).	90
Figura 3	Estrutura do mamão após sonicação	93

CAPÍTULO. 5 ANÁLISE ENZIMÁTICA DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO EM ULTRASSOM.

Figura 1	Fluxograma representando o esquema da análise enzimática do mamão formosa (<i>Carica papaya</i>) sonicado, desidratado osmoticamente.	105
-----------------	---	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Tabela 1	Composição nutricional do mamão	18
Tabela 2	Produção brasileira de mamão em 2011	20
Tabela 3	Produção mundial de mamão em 2011	21
CAPÍTULO 2	EFEITO DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO EM ULTRASSOM COM GLICOSE, FRUTOSE E AVALIAÇÃO DA COR DURANTE A SECAGEM DO MAMÃO FORMOSA.	
Tabela 1	Perda de água do mamão formosa	56
Tabela 2	Ganho de açúcar do mamão formosa	57
Tabela 3	Perda de peso do mamão formosa	59
CAPÍTULO 3	AVALIAÇÃO DA COR DURANTE A SECAGEM DO MAMÃO FORMOSA EM SACAROSE SUBMETIDO AO PRÉ-TRATAMENTO EM ULTRASSOM.	
Tabela 1	Análise do parâmetro L^* do mamão formosa	75
Tabela 2	Análise da cor do parâmetro a^* do mamão formosa	77
Tabela 3	Análise da cor do parâmetro b^* do mamão formosa	79
CAPÍTULO 4	ANÁLISE DA TEXTURA DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO EM ULTRASSOM E SECAGEM EM ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR A 60°C.	
Tabela 1	Dureza do mamão formosa desidratado em solução osmótica de sacarose com ultrassom e sem ultrassom (0°, 25°, 50° Brix).	92
Tabela 2	Força de compressão do mamão formosa desidratado em solução osmótica de sacarose com e sem ultrassom.	93
Tabela 3	Dureza do mamão formosa desidratado em solução osmótica de frutose com e sem aplicação do ultrassom.	95
Tabela 4	Força de compressão do mamão formosa desidratado em solução osmótica de frutose com e sem ultrassom.	96
Tabela 5	Dureza do mamão formosa desidratado em solução osmótica de glicose com e sem ultrassom.	97
Tabela 6	Força de compressão do mamão formosa desidratado em solução osmótica de glicose com e sem ultrassom	97
CAPÍTULO 5	ANÁLISE ENZIMÁTICA DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO EM ULTRASSOM.	
Tabela 1	Atividade da enzima protease em mamão formosa em diferentes concentrações osmóticas.	108
Tabela 2	Atividade da enzima protease em mamão formosa macerado.	108
Tabela 3	Atividade da enzima protease em suco de mamão sonicado.	109
Tabela 4	Atividades da enzima PPO em mamão formosa em diferentes concentrações osmóticas.	110
Tabela 5	Atividade da enzima PPO em mamão macerado.	111
Tabela 6	Atividade da enzima PPO em suco de mamão sonicado.	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - por cento

AG- Grupo controle

US- Ultrassom

WI- Perda de água

SG- Ganho de açúcar

X_i - Fração de sólidos

X_w - Fração de água

ΔE = Diferença total de cor

ΔC = Cromaticidade

RESUMO

OLIVEIRA, F. I. P. **Influência do pré-tratamento ultrassom e desidratação osmótica na secagem, cor, textura e enzimas do mamão formosa** . 2014. 120f.

Tese – Programa de Pós Graduação em Engenharia Química.

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

As frutas desidratadas ou frutas secas, como também são conhecidas, são utilizadas em diversas situações e épocas do ano. Na verdade, esses alimentos tão saborosos, são também muito ricos nutricionalmente. Os mamões da variedade formosa são especialmente apreciados pela qualidade de sua polpa e indicado para quem possui o estômago sensível, por ser uma grande fonte de fibras ajuda no funcionamento do intestino. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da desidratação osmótica assistida por ultrassom na qualidade do mamão formosa. As duas primeiras etapas da pesquisa consistiram em analisar parâmetros de cor do mamão após o processo de sonicação e desidratação osmótica utilizando agentes osmóticos tais como: glicose, frutose e sacarose em diferentes temperaturas (60°C, 70°C e 80°C). Os resultados obtidos mostraram que as ondas ultrassônicas aliadas a agentes osmóticos favoreceram a remoção de água da fruta e a perda de sólidos quando o aumento da concentração osmótica e tempo de ultrassom foram elevados. As etapas seguintes tiveram como objetivo analisar a textura e a atividade das enzimas do fruto processado. Os resultados obtidos nestas etapas mostraram que o ultrassom promoveu a redução da dureza e resistência à compressibilidade do mamão tornando-o mais macio e mais fácil de mastigar e promoveu a inativação das enzimas do mamão formosa.

Palavras- chave: Ultrassom; Mamão Formosa; Sonicação; Cor; Desidratação osmótica.

ABSTRACT

OLIVEIRA, F. I. P. **Influence of pre-treatment ultrasound osmotic dehydration and drying, color, texture and papaya enzymes** 2014. 121f.

Thesis - Graduate Program in Chemical Engineering.

Federal University of Ceará, Fortaleza.

The dried fruit or dried fruit, as they are also known, are used in different situations and seasons. In fact, these foods so tasty, are also very rich nutritionally. Papayas the beautiful variety is particularly appreciated for the quality of its pulp and indicated for those with sensitive stomach, because it is a great source of help fibers in bowel function. So the objective of this study was to evaluate the effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration on the quality of Formosa papaya. The first two stages of the study consisted of evaluating color parameters after the sonication and osmotic dehydration using glucose, fructose and sucrose as osmotic agents at different temperatures (60°C, 70°C and 80°C). The results showed that ultrasonic waves coupled with osmotic agents like sucrose, fructose and glucose have favored removal of water and gain of solids when the osmotic concentration and time of ultrasound are high. The following steps aimed to analyze the texture and activity of enzymes of the processed fruit. The results obtained in these steps showed that ultrasound caused a reduction of hardness and compressibility of papaya making it softer and easier to chew and promoted the inactivation of papaya enzymes.

Keywords: Ultrasound; Formosa Papaya; Sonication; Color; Osmotic Dehydration.

INTRODUÇÃO

Na fruticultura mundial e também na brasileira o mamão é considerado um dos frutos mais cultivados e consumidos nas regiões tropicais e subtropicais. é excelente fonte de cálcio, pró-vitamina A e vitamina C (ácido ascórbico), por isso são amplamente utilizados em dietas alimentares. De polpa carnosa, alaranjada e suculenta, com sabor e aroma característicos, o mamão formosa é consumido principalmente *in natura*. Entretanto, também pode ser processado nas formas de polpa congelada e como ingrediente em produtos como sorvetes e doces.

Mercados como o Europeu tem grande interesse por produtos que eles consideram exóticos, tanto para consumo direto como para uso em bolos, tortas, molhos entre outros produtos alimentícios. Estes produtos tem um valor de venda alto, tornando as frutas brasileiras um produto de alto valor comercial se vendidos sobre a alcunha de “sabores exóticos”.

Muitas frutas produzidas no Nordeste têm um ciclo de amadurecimento rápido e algumas não podem ser congeladas, o que dificulta sua conservação após a colheita. A este fato, somam-se os problemas de transporte, estradas mal cuidadas entre outros, que dificultam e tornam mais caro o transporte das frutas frescas ou refrigeradas até o consumidor.

A secagem prolonga o tempo de consumo da fruta como produto acabado, e como matéria prima podendo ser adicionada em alimentos mais elaborados aumentando a oferta em épocas em que a safra tenha finalizado, além de poder contribuir com a redução das perdas em decorrência da deterioração, esta técnica consegue retirar grande parte da água livre da fruta, permitindo o transporte e armazenamento a um custo relativamente baixo.

O tratamento ultrassônico representa um emergente e promissor pré-tratamento, com a finalidade de preservar a qualidade do alimento, e envolve a imersão do material em água ou soluções hipertônicas aquosas, na qual o ultrassom é aplicado (FERNANDES *et al.*, 2008, FUENTE-BLANCO *et al.*, 2006; MASON, 1998).

A tecnologia do ultrassom tem grande eficiência quando utilizado em temperatura ambiente (MASON, 1998). Além disso, permite a remoção de umidade do material sólido sem produzir mudança de fase, reduz o tempo do processamento, quando utilizado como pré-tratamento da secagem de frutas e seu uso pode ser interessante para a indústria de alimentos.

Quanto à qualidade da fruta desidratada existem problemas sensoriais ligados ao sabor, textura e coloração destas frutas que dependendo do tratamento sofrem modificações que podem ou não ser aceitas pelo consumidor, e, portanto também devem ser estudadas.

Esta tese será apresentada em forma de capítulos englobando os seguintes temas:

Capítulo 1: Apresenta a revisão bibliográfica mostrando os principais assuntos envolvidos neste trabalho de pesquisa. Definição de alguns temas abordados e características principais do mamão Formosa, como: composição nutricional, caracterização botânica, variedades comerciais, produção no Brasil e produção mundial.

Capítulo 2: Avalia os efeitos do pré-tratamento osmótico e a cinética de perdas de água, ganho de açúcar, perda de peso e características sensoriais da cor durante a secagem do mamão formosa (*Carica papaya*) sonicado, utilizando os agentes osmóticos, frutose e glicose como solutos.

Capítulo 3: Avalia o efeito de diferentes temperaturas na cor do mamão formosa, durante a secagem em estufa de circulação de ar, aliado ao uso do ultrassom e soluções osmóticas de sacarose.

Capítulo 4: Foi realizado um estudo da análise da textura do fruto sonicado variando tempo de sonicação, agentes osmóticos e concentração das soluções osmóticas, seguidas de secagem em estufa de circulação de ar a 60°C por 24 horas.

Capítulo 5: Aborda a influência do ultrassom na inativação das enzimas proteolíticas e da enzima Polifenoloxidase presentes no mamão formosa, variando tempo e concentração osmótica, bem como a forma de processamento do fruto.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Mamão

Em relação a expansão e produção mundial de frutas tropicais, a América Latina vem despontando como um dos mais importantes produtores e exportadores. Essa forte expansão, tanto na América Latina como em outras regiões tropicais abriu novos espaços à produção e diversificação de frutas, trazendo aos consumidores uma vasta variedade de produtos, com os quais, a maioria deles, ainda não estava familiarizada. (ARAÚJO, 2009).

As frutas tropicais são de grande interesse para a indústria de alimentos, principalmente devido ao sabor e aroma característicos (RIBEIRO, SABAA-SRUR, 1999).

Mamão, papaia ou ababaia é o fruto do mamoeiro ou papaeira, em Angola e Moçambique utilizam-se os termos mamão/mamoeiro para identificar o fruto mais arredondado, identificando papaia/papaeira com o fruto mais alongado e mais adocicado. São bagas ovaladas, com casca macia e amarela ou esverdeada. Sua polpa é de uma cor laranja forte, doce e macia. Há uma cavidade central preenchida com sementes negras e rugosas, envolvidas por um arilo transparente.



Figura 1 – Polpa do mamão formosa. Fonte: Frutnorte.

O mamão é considerado umas das mais nutritivas frutas, rico em vitaminas A, C e do complexo B, fonte de sais minerais como cálcio, potássio e magnésio, Ele é fonte de β -caroteno, que é principal percussor da vitamina A. (MAMÃO, 2013).

A Tabela 1 mostra a composição nutricional do mamão para cada 100g do fruto.

Tabela 1 – Composição nutricional do mamão formosa (*Carica papaya*)

	Valores para 100 g de mamão		
Energia	40kcal	Proteína	0,5g
Carboidrato	10,4g	Fibra alimentar	1,0g
Cálcio	22mg	Potássio	126mg
Magnésio	22mg	Vitamina C	82,2mg

Fonte: Brazilianfruit. Consultado em 18/12/2013.

São geralmente consumidos *in natura*, em saladas e sucos. Antes da maturação, sua casca apresenta um látex leitoso que deve ser retirado antes do consumo. Este látex contém substâncias nocivas às mucosas, sendo usado, inclusive, culinariamente, como amaciante de carnes. Tem um alto teor de papaína, uma enzima proteolítica, que é usada em medicamentos para tratamento de distúrbios gastrointestinais e para reabsorção de hematomas. (MAMÃO, 2013).

1.1.1 Caracterização Botânica

Segundo Dantas (2000), O mamoeiro cultivado comercialmente (*Carica papaya L.*) é planta nativa da América Tropical, pertencente à seguinte classificação botânica:

Reino: Vegetal, Divisão: Embryophita siphonogama, Subdivisão: Angiospermae, Classe: Dicotyledoneae, Subclasse: Archiclamydeae, Ordem: Violales, Subordem: Caricácea, Família: Caricaceae, Gênero: *Carica*, Espécie: (*Carica papaya L.*).

1.1.2 Variedades comerciais

A Figura 2 mostra as cultivares de mamão mais exploradas no Brasil e são classificadas em dois grupos: Formosa ('Tainung nº 1') e Solo ('Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72-12').

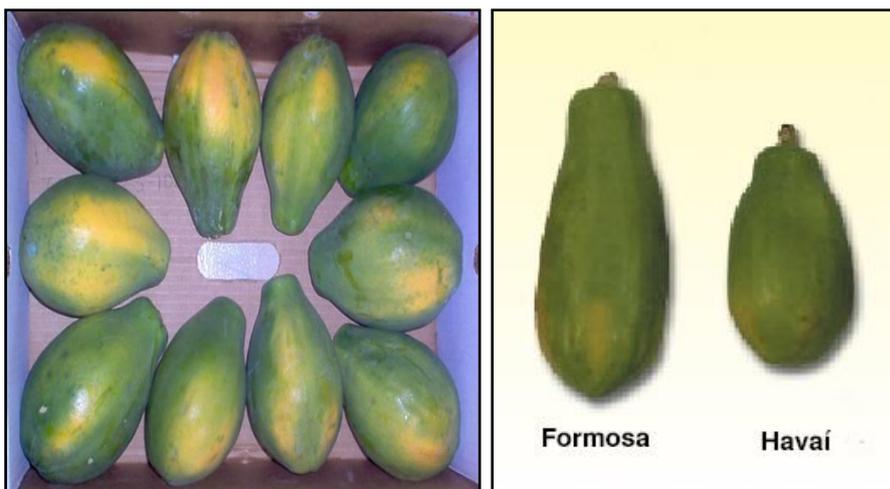


Figura 2 – Mamão Formosa (Tainung nº 1) e Solo (Sunrise solo). Fonte: Frutnorte.

As variedades de mamoeiro atualmente existentes em nossas condições são poucas, genericamente, considera-se o cultivo de três grupos de mamoeiro. (OLIVEIRA, 2004; BORGES, 2002).

O grupo "Comum", bastante disseminado em cultivos caseiros, produz frutos grandes de até dois quilos, com a cor da polpa variando de amarelo a avermelhado.

O grupo "Solo" é constituído por planta melhor trabalhada geneticamente, com diversas variedades sendo exploradas em várias regiões do mundo, conhecidos como "papaia" ou mamão havaiano, que produzem frutos de tamanho pequeno, de 300 a 650 gramas, de polpa avermelhada.

a) Sunrise Solo, conhecida como mamão *Havaí*, *Papaya* ou *Amazônia*.

Tem forma de pêra e peso médio de 500g. Possui polpa vermelha alaranjada de boa qualidade e cavidade interna estrelada. A produção começa entre 8 e 10 meses após o plantio, produzindo em média 40t/ha/ano.

b) Improved Sunrise Solo cv. 72/12, conhecida como mamão Havaí. A polpa é espessa e de coloração vermelha alaranjada, de boa qualidade, com boa resistência ao transporte e maior resistência ao armazenamento. A produção começa a partir do nono mês após o plantio

O grupo "Formosa" é constituído por alguns híbridos que se caracterizam pela produção de frutos de polpa avermelhada e de tamanho médio, entre 1 e 1,3 quilo.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

a) **Tainung nº 1**, apresenta casca de coloração verde claro e cor de polpa laranja-avermelhada, de ótimo sabor. A produção média é de 60t/ha/ano.

b) **Tainung nº 2**, apresenta polpa vermelha de bom sabor, maturação rápida, com pouca resistência ao transporte. A produção média é de 60 t/ha/ano (Fig. 10).

1.1.3 Produção no Brasil

As Tabelas 2 e 3 mostram respectivamente os dados da produção de mamão no Brasil e produção mundial.

Em relação à produção no Brasil segundo dados do IBGE (2011) o estado da Bahia configura-se como sendo o maior produtor de mamão com 928,035 toneladas em 2011, seguidos por Espírito Santo e Ceará com uma produção anual de 560,576 e 112.579 toneladas respectivamente.

Tabela 2 – Produção brasileira de mamão em 2011.

Estados	Área colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento (t/ha)
Bahia	15.264	928.035	60.80
Espírito Santo	7.069	560.576	79.30
Ceará	2.612	112.579	43.10

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2011. Consultado em 26/07/2013.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

1.1.4 Produção mundial

Tabela 3 - Produção mundial de mamão em 2011

Papaya Country	Element Area Harv (ha)	Element producton (t)	Element Yeld (t/há)
Índia	104.307	4.180.080	40.07
Brazil	40.07	1.854.340	52.19
Indonésia	11.055	958.251	86.68

Fonte: FAO- Produção mundial de mamão, 2011. Consultado em 26/07/2013.

Em relação à produção mundial, segundo dados da FAO (2011), a Índia representa o maior produtor mundial de mamão, com 4180,080 toneladas produzidas anualmente. O Brasil vem em segundo lugar, com 1854,340 toneladas ao ano e um rendimento de 52,19t/ha. A Indonésia em terceiro, com uma produção anual de 958,251 toneladas.

De acordo com Fernandes *et al.* (2006a), em um estudo realizado com mamão, de um ponto de vista biológico, diversas frutas tropicais, sofrem perdas significativas por causa da decomposição após a colheita e são extremamente perecíveis não permitindo o uso do congelamento para sua conservação.

1.2 Ultrassom

O ultrassom é definido por Butz; Tauscher, (2002) como sendo ondas de pressão com frequências de 20 kHz ou mais. A aplicação de ultrassom no processamento de alimentos começou nos anos que precederam a Segunda Guerra Mundial, os alimentos em geral podem sofrer diversos tipos de deteriorações. Essas deteriorações são responsáveis pela perda de qualidade dos alimentos e podem ser: reações químicas, alterações microbiológicas e físicas (AZEREDO, 2012)

O ultrassom vem sendo empregado como uma tecnologia moderna, capaz de melhorar as condições de processamento de muitos produtos, (SILVA, 2012; FERNANDES 2006a, 2006b; FONTELES 2011; COSTA, 2011; JUSTUS, 2012), como uma tecnologia emergente, há a necessidade de estudos aprofundados para seu emprego, buscando melhor padronização e quantificação.

Vários pesquisadores relataram que o uso do ultrassom pode ser usado eficientemente: Na desidratação osmótica de frutas (FERNANDES, 2008), na inativação de

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

enzimas por processos de deterioração em alimentos, (O'DONNELL *et al.*, 2010), na homogeneização de sucos (TIWARI *et al.* 2009).

Mulet *et al.* (2002) afirma que, no passado, apenas ultrassom de baixa potência em alta frequência eram usados em análises de alimentos, porém nas últimas décadas foi descoberta a possibilidade de se usar o ultrassom de alta potência em baixa frequência com capacidade de causar um fenômeno denominado “bolhas de cavitação” (MASON *et al.*, 2005; PIYASENA *et al.*, 2003).

Atualmente na indústria alimentícia a empregabilidade do ultrassom se faz da seguinte maneira:

a) Baixa potência, ultrassom de alta frequência (<1 W/cm²; >100 kHz).

Excelente para medir as propriedades do meio em que elas se espalham, particularmente a uma velocidade, impedância ou parâmetros relacionados como a composição, as mudanças de fase, e distribuição de tamanho de partículas do alimento já que eles não produzem qualquer alteração. (BHANDARI,2007)

b) Alta potência, ultrassom de baixa frequência (10-1000 W/cm²; 20-100 kHz)

Podem causar alterações, através de efeitos físicos, químicos e mecânicos, no material em que se aplicam ou afetar o andamento de um processo, mas acabam por melhorar a qualidade do processo. É comum usá-lo em combinação com outras tecnologias de processamento. (BHANDARI,2007)

1.2.1 Características das ondas ultrassônicas

Os parâmetros fundamentais que caracterizam as ondas de ultrassom são a velocidade (c), comprimento de onda (λ), frequência (f), amplitude (A) e intensidade (I).

A velocidade é a velocidade de propagação de um som num meio e está relacionada com o comprimento de onda e a frequência:

$$C = \lambda f$$

As ondas ultrassônicas dependem das propriedades físicas do meio através do qual as ondas se propagam. Para sólidos e líquidos, a velocidade está relacionada com a densidade (ρ) e o módulo de elasticidade de uma base sólida, a granel ou módulo de elasticidade para um líquido (K):

$$C = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

1.2.2 Cavitação

A cavitação é o fenômeno quando uma onda ultrassônica intensa passa através de um líquido, que cria regiões de compressão (pressão positiva) e de rarefação (pressão negativa). Se a pressão negativa durante a rarefação é alta o suficiente, uma cavidade ou bolha pode formar-se no líquido. Desse modo podem formar dois tipos principais de cavidades: transiente e estável. (BHANDARI,2007)

Cada um deles demonstra um tipo diferente de comportamento de uma bolha de gás que é submetida a um campo ultrassônica. A cavitação transitória ocorre quando uma cavidade experimentando vibração aumenta de tamanho progressivamente ao longo de um número de ciclos de compressão e rarefação, até colapsa violentamente, causando alta pressão e mudança de temperatura. As bolhas crescem durante a rarefação e sofrem colapso durante o ciclo de compressão.

A ocorrência ou não da cavitação, depende de uma variedade de fatores, tais como: a frequência de vibração (se for crescente aumenta a potência necessária para produzir cavitação), a intensidade da vibração (relacionada com a amplitude), a viscosidade do solvente, tensão superficial e pressão de vapor, a atenuação da vibração (maior atenuação com maior frequência), presença de bolhas de gás como núcleos de cavitação e a pressão e temperatura ambiente. (BHANDARI,2007).

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

A figura 3 mostra o processo de formação de bolas de cavitação ocasionado pelo ultrassom.

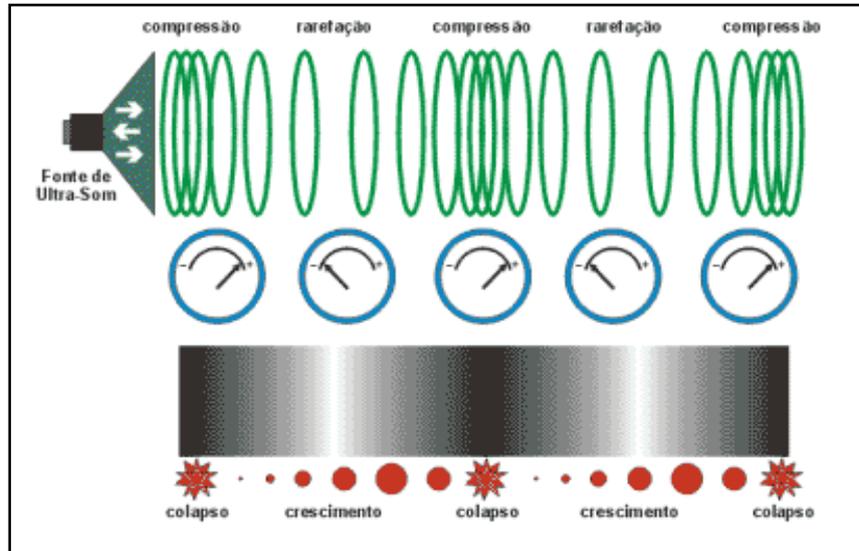


Figura 3 processo de formação das bolhas de cavitação ocasionado pelo ultrassom. Fonte: Alfatest.

1.2.3 Pré-tratamento ultrassônico em frutas

Envolve a imersão da fruta na água ou em uma solução aquosa hipertônica a que o ultrassom é aplicado. A vantagem de usar o ultrassom é que o processo pode ser realizado em temperatura ambiente e nenhum aquecimento é exigido, se reduzir probabilidade da degradação do alimento (MASON, 1998).

Estudos referentes ao uso do ultrassom e suas características tem demonstrado que o efeito das ondas ultrassônicas é similar a uma esponja quando espremida e liberada rapidamente devido as compressões a que são submetidas e que a porosidade do fruto ocasionada devido a desordem que o ultrassom provoca nas células são responsáveis pela criação dos micro canais que aumentam a transferência convectiva de massa no fruto. (FUENTE- BLANCO ET AL. 2006)

Desta maneira o processo de secagem via ultrassom pode permitir o uso de baixas temperaturas ou de tempos mais curtos de tratamento, este processo pode ser útil para a desidratação vegetal sem afetar suas características e qualidades principais.

1.3 Secagem

Segundo Gava (1984) a secagem é uma das técnicas mais antigas de conservação de alimentos utilizadas pelo homem e consiste na remoção de água ou qualquer outro líquido do alimento na forma de vapor para o ar não saturado.

A primeira máquina para desidratar frutas e vegetais por meios artificiais foi construída na França em 1795, entretanto a desidratação só passou a ser aplicada de forma significativa na primeira Guerra Mundial, em razão da necessidade de alimentos em larga escala destinado a suprir as tropas em combate. (ROMERO, 1997)

Muitos alimentos passam pelo processo de secagem por necessidade de conservação, por outro lado existem ainda os alimentos que passam pelo processo para adquirirem sabores refinados, como é o caso do tomate seco, vendido por altos preços no mercado. Esta técnica vem sendo constantemente estudada e aperfeiçoada para obtenção de produtos com maior qualidade e menor tempo de processamento.

A umidade dos produtos alimentícios é reduzida até atingir o nível de 10-15%, para que não haja atividade dos microrganismos presentes nos alimentos evitando assim a perda da qualidade. A Agência de Vigilância Sanitária, ANVISA, limita em 25 % de teor de água nos alimentos. O peso e volume dos alimentos também são alterados, podendo facilitar o processo de embalagem, transporte e armazenamento destes produtos.

A secagem e desidratação de produtos alimentícios são usadas como técnicas de preservação. Os microrganismos que provocam a decomposição dos alimentos não podem crescer e se multiplicar na ausência de água. Além disso, muitas enzimas que causam mudanças químicas nos alimentos, não podem exercer atividade enzimática sem a presença da água (ROMERO, 1997).

As vantagens da técnica de secagem de alimentos podem ser assim definidas:

- Facilidade na conservação do produto;
- Proteção contra microrganismos;
- Redução de peso;
- Economia de energia por não precisar de refrigeração;
- Disponibilidade do produto em qualquer época do ano;

As variáveis que determinam o perfil de secagem de um alimento são:

- Pressão de vapor,
- Temperatura de bulbo seco;
- Temperatura de bulbo úmido;
- Umidade Relativa do ar;
- Volume específico (volume úmido);

Existem dois métodos básicos de secagem: natural e artificial (ou desidratação).
(EVANGELISTA, 1984)

a) A secagem natural é a simples exposição do alimento ao sol colocados em piso apropriado, capaz de reter calor e fazer com que o alimento perca água por aquecimento do piso e superfície ligeiramente próxima ou ainda em galpões com ventiladores e aspiradores. É o método mais comum em pequenas propriedades que trabalham com grãos.(GAVA 1984)

Este método é bastante econômico já que não emprega gasto de energia para uso de equipamentos sofisticados de secagem, porém lento e necessita de grandes áreas de exposição dos alimentos. As condições climáticas da região onde se deseja por em prática a secagem do alimento devem ser consideradas, pois as propriedades psicrométricas são determinantes para uma efetiva secagem.

b) secagem artificial é um método de desidratação de alimentos, o calor é produzido artificialmente em estufas ou galpões (armazéns climatizados) preparados para esta finalidade. Há um maior controle de temperatura, umidade e corrente do ar.

É um método relativamente rápido, não exige grandes áreas de secagem e exige capital e mão de obra especializada. A desidratação dos alimentos é feita por meio de vapor superaquecido, sistema a vácuo, uso de gases inertes ou pela aplicação direta de calor (GAVA 1984).

1.3.1 Curva padrão de secagem

De acordo com Brod *et al.* (1999) o fenômeno da secagem não pode ser generalizado para materiais biológicos, pois possuem características próprias e propriedades que podem sofrer importantes alterações durante a secagem.

As características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. Entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem. O processo de secagem, baseado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos, De acordo com a curva representada na figura 4:

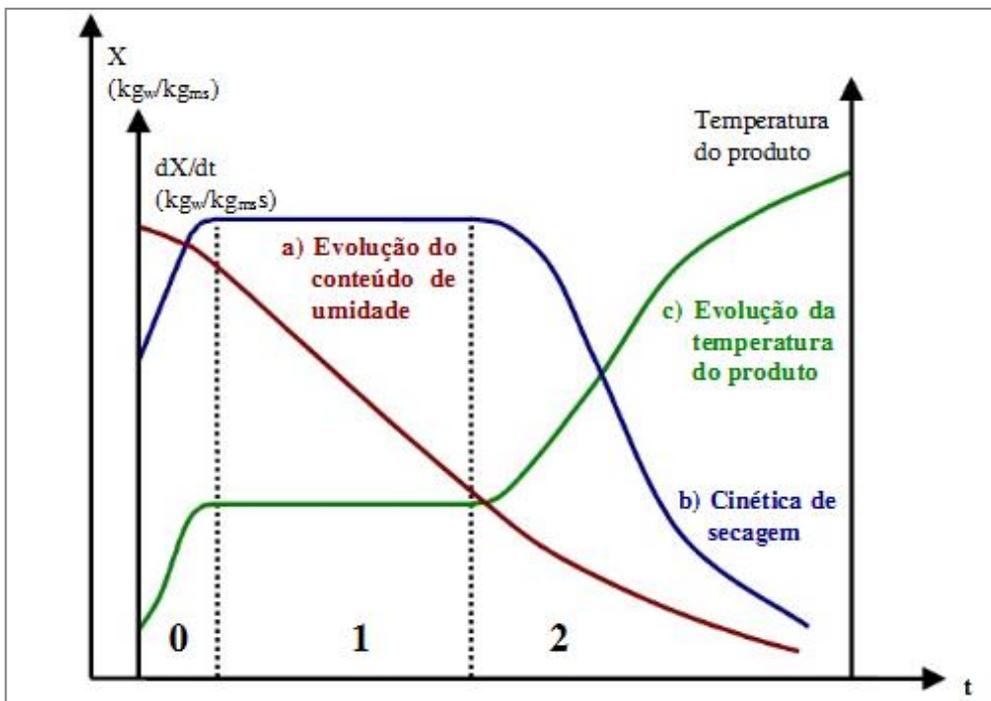


Figura 4- Curva padrão de secagem

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem, conteúdo de umidade do produto em base seca (X), em relação à evolução do tempo de secagem (t). (figura 4)

A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto, variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt em relação à evolução do tempo. (figura 4)

A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto (T) em relação à evolução do tempo t), Analisando os períodos: (figura 4)

a) Primeiro período

Representa o início da secagem. Nesse período ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água.

b) Segundo período

Caracteriza-se pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. A transferência de massa e de calor é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante.

c) Terceiro período

A taxa de secagem é decrescente. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. (BROD *et al.* 1999)

1.3.2 Secagens de frutas e desidratação osmótica

Entende-se por fruta seca ou dessecada o produto obtido pela perda parcial da água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos (BRASIL, 1977).

Em geral, as frutas e hortaliças são produtos com expectativa de vida útil relativamente curta, e a exigência do consumidor tem aumentado por produtos alimentícios saudáveis, naturais e saborosos, não apenas por produtos acabados, mas também por ingredientes para serem adicionados nos alimentos complexos (RIZZOLO *et al.*, 2007) como produtos para sucos, sorvetes, cereais, laticínios com adição de frutas frescas ou processadas, doces, compotas, panificação, dentre outros (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; LIMA *et al.*, 2008; DERMESONLOUGLOU, 2006 TAVARES, 2002; PEIRÓ *et al.*, 2006).

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

Ponting *et al.* (1966) estão entre os primeiros a sugerirem a desidratação baseada no processo de troca osmótica. Segundo Rastogi *et al.* (2002) a desidratação por osmose consiste em um processo de remoção de água das frutas que utiliza as paredes naturais das células como uma membrana semipermeável que sofre influência da concentração da solução desidratante, tempo e temperatura do processo, agitação, presença de aditivos, aplicação de pulso de vácuo, tamanho, geometria do produto e proporção fruta/solução. A desidratação osmótica não consegue remover totalmente a água da fruta e, portanto, deve ser seguida por secagem em estufa ou outro equipamento de secagem.

Os processos de desidratação osmótica podem causar mudanças na fisiologia dos tecidos vegetais, no entanto, o uso de tratamentos brandos normalmente não afeta significativamente a qualidade sensorial e nutricional das frutas e hortaliças e contribui para a obtenção de uma maior vida de prateleira dos produtos minimamente processados (TORRES *et al.*, 2006).

De acordo com Raoult-wack (1994) durante o processo de desidratação osmótica podem ocorrer três tipos de transferência de massa com fluxo contracorrente:

- Fluxo de água do sólido para solução,
- Transferência de soluto da solução para o sólido e
- Fluxo de solutos do sólido para a solução.

Alves (2002) em um trabalho realizado com tomates desidratados osmoticamente observou que a taxa de desidratação osmótica é influenciada pela concentração da solução osmótica e a temperatura do processo e que as amostras desidratadas osmoticamente secam em menores tempos que as amostras não desidratadas.

A secagem precedida de tratamento osmótico foi apontada por vários autores como uma alternativa econômica e segura para a conservação de produtos alimentícios. (TONON, 2006; PARK *et al.* 2009; DIONELLO, 2007; SOUSA, 2003).

Esta combinação resulta também em melhores características sensoriais e nutritivas, quando comparadas com os produtos diretamente desidratados. A produção de alimentos de umidade intermediária é especialmente indicada para países em desenvolvimento, pois requerem tecnologias simples, seus produtos são bastante estáveis sob

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

temperatura ambiente, além da economia de energia e baixo capital de investimento. (MALTINI *et al.*, 1990).

Na Figura 5 pode se observar o movimento da água no interior do material a ser seco. De acordo com a figura a água deve migrar do interior do fruto até a superfície do material

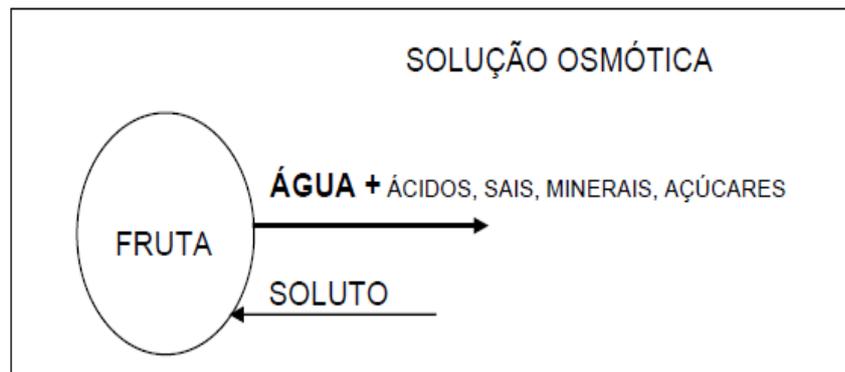


Figura 5- Esquema da desidratação osmótica de frutos.

A pré-secagem por osmose, seguida de uma secagem com ar quente tem sido muito utilizada na produção de frutas desidratadas e parcialmente desidratadas (ANTONIO, 2002; SANTOS, 2003).

1.4 Tipos de agentes osmóticos

A escolha do agente osmótico é uma questão fundamental por estar relacionada com as alterações nas propriedades sensoriais e no valor nutritivo do produto final, além do custo de processo (LENART, 1996;).

Segundo Osório (2007), para a escolha do agente osmótico se deve levar em conta as mudanças do valor nutritivo do produto final bem como o custo do processo.

Características do agente osmótico usado, como peso molecular e comportamento iônico, afetam significativamente a desidratação, tanto na quantidade de água removida quanto no ganho de sólidos. (ERTEKIN; CAKALOZ, 1996; BORIN *et al.* 2008, ANTONIO *et al.* 2006, AZOUBEL, 2004).

Segundo Martim (2006), a escolha do tipo e concentração da substância desidratante é uma questão complexa e está diretamente relacionada com as propriedades sensoriais do produto final e com o custo do processamento.

No caso de desidratação de frutas, geralmente são utilizados como agentes osmóticos açúcares como a sacarose, frutose, glicose e xarope de milho, por sua compatibilidade sensorial. Geralmente, soluções de sacarose são usadas para frutas e cloreto de sódio para hortaliças, alimentos de origem animal, porém, o uso do cloreto de sódio como substituto da sacarose não obteve boa aceitação em testes organolépticos devido ao gosto salgado incorporado à fruta (HAWKES; FLINK, 1978).

Soluções combinadas de sacarose-sal reduziram a penetração do mesmo, porém, a taxa de perda de água também foi reduzida. Agentes osmóticos, especialmente os açúcares, têm importante papel como protetor de compostos, salientando que a utilização da sacarose permite a formação de uma camada na superfície, que forma uma barreira para remoção de água e ganho de sólidos (AZOUBEL; 2004), mas em contrapartida melhora a qualidade global dos processamentos posteriores (FERRANDO; SPIESS, 2001).

1.4.1 Glicose

A glicose, glucose ou dextrose, um monossacarídeo, é o carboidrato mais importante na biologia. A glucose é um dos principais produtos da fotossíntese de carboidratos maiores, como sacarose e maltose. Amido e celulose são polímeros de glucose. (LEHNINGHER 2007).

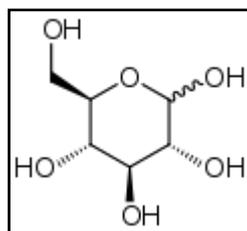


Figura 6 – D-Glucose

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

A utilização de solutos de menor PM, como glicose, favorece maior incorporação de massa por sua velocidade de penetração celular, interferindo no processo de saída de água, efeito desejado em alguns casos (TORREGGIANI, 1993, MAROUSIS *et al.*, 1989).

1.4. 2 Frutose

Também conhecida como açúcar das frutas, é um monossacarídeo ($C_6H_{12}O_6$), com os carbonos dispostos em anel, muito encontrado em frutas. É também conhecida como *levulose*, pois uma solução saturada é capaz de transformar luz linearmente polarizada em luz circularmente polarizada, com giro vetorial para esquerda. É mais doce que a sacarose, que é o açúcar refinado comum, encontrada em cana-de-açúcar, que é um dissacarídeo proveniente da junção da frutose com glicose (dextrose). (LEHNINGHER; 2007)

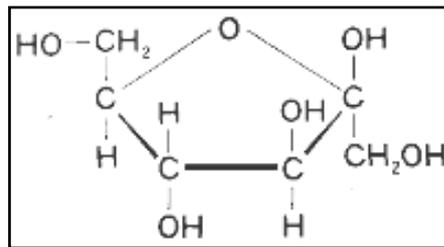


Figura 7 – D-Frutose

1.4.3 Sacarose

A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) é um dissacarídeo utilizado desde 200AC, mais conhecido como açúcar de mesa e é produzido a partir da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) (20% de sacarose) ou beterraba (*Beta alba* L.) (17% sacarose). A sua importância deve-se a fatores como: aceitabilidade universal, palatabilidade, alta disponibilidade, baixo custo de produção, alta solubilidade em água (2g/g H_2O a $20^\circ C$) e alta pressão osmótica em solução aquosa.

Possui alta qualidade adoçante e por isso é adotada como padrão de doçura relativa e de perfil de sabor (BRASIL, 1977; ROBINSON, 1991, BRASIL, 2005).

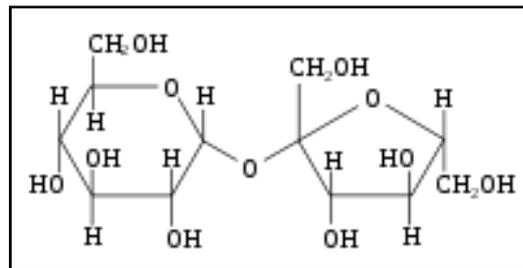


Figura 8 molécula de sacarose

A sacarose é considerada o melhor agente desidratante, principalmente quando a desidratação é utilizada como pré-tratamento para secagem, sua presença na superfície do material representa um obstáculo ao contato com o oxigênio, resultando em uma redução do escurecimento enzimático como também limita ou reduz o uso de SO₂, e aumenta a estabilidade dos pigmentos durante o processamento e subsequente período de estocagem (TONON, BARONI E HUBINGER, 2006; FORNI *et al.* 1997).

De acordo com Aikali, Ariaahu e Nkpa (2006) este agente osmótico é considerado de menor custo em relação aos açúcares de baixo peso molecular.

Lenart (1996) afirma que a sacarose é tida como um ótimo agente osmótico, especialmente quando a desidratação osmótica é empregada como etapa preliminar à secagem convectiva, pois previne o escurecimento enzimático e a perda de aromas.

1.5 Análises colorimétricas

A cor é considerada um dos fatores externos mais importantes da qualidade de frutos e influencia os consumidores no momento em que esse fruto é adquirido (COCOZZA, 2003). Cada fruto tem uma faixa visível de cor que depende de uma série de fatores. Pode-se utilizar a cor como índice de transformação natural dos alimentos frescos ou de mudanças ocorridas no processo industrial (ARGANDOÑA, 1999).

Segundo Paiva *et al.* (1999) a cor, associada à qualidade, pode ser utilizada como indicador de transformações naturais dos alimentos frescos e fornece ao consumidor a correlação visual direta entre frescor e sabor

No colorímetro são considerados parâmetros como claridade ou brilho, representado pela Luminosidade (L*) e a relação entre a^*/b^* no qual é obtido tanto o Ângulo

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

Hue (Ângulo da Cor) como a Cromaticidade (saturação ou intensidade da Cor) (COCOZZA, 2003). Frutas desidratadas apresentam mudanças significativas na cor, sabor e textura durante a estocagem. Frequentemente, as mudanças são de ordem química. Pode haver escurecimento do produto devido à oxidação de pigmentos, sendo que este mecanismo ocorre com mais intensidade nas frutas com teores intermediários de umidade (CANTO *et al.*, 1987).

As desordens de cor em frutas podem ser causadas por vários fatores como reações de escurecimento enzimático e não enzimático, entretanto, as frutas são menos sensíveis que as hortaliças à deterioração de cor, quando submetidas a desidratações osmóticas. (LOZANO; IBARZ; 1997),

O tratamento osmótico, em certas condições, pode favorecer a retenção dos pigmentos da fruta, evitar o escurecimento Enzimático e fornecer produtos mais atraentes para o consumo (KROKIDA *et al.*, 1999). A Figura 9 representa os valores de L^* , a^* e b^* de acordo com o modelo da escala CIE/Lab.

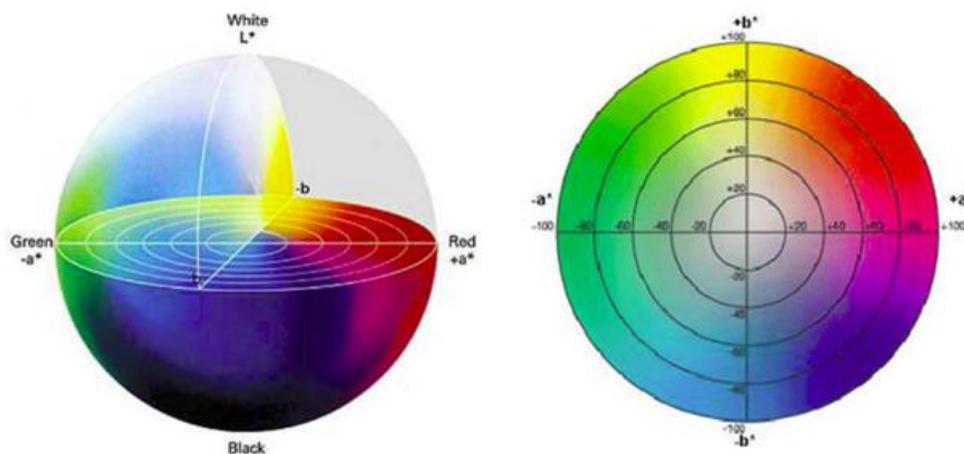


Figura 9- representação gráfica dos valores de L^* , a^* , b^* modelo CIE/Lab.

Fonte: CIE (1976)

De acordo com a figura proposta pela comissão internacional de iluminação (CIE) 1976, é possível observar que L^* varia de 0 (preto) a 100 (branco), que guarda as informações de luminosidade, e os canais a^* e b^* comportam a informação de cor. Em a^* , valores positivos indicam magenta e negativos verde, enquanto em b^* , valores negativos indicam azul e positivo amarelo.

1.6 Textura

Segundo a Norma ISO (1992), textura é o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detectáveis pelos receptores mecânicos e tácteis e, eventualmente pelos receptores visuais e auditivos. Segundo Lawless (1998) textura é uma propriedade sensorial; e um atributo sensorial multidimensional, sendo definido pelo conjunto de propriedades de um alimento capaz de ser percebida pelos órgãos do sentido que inclui sensações como aspereza, suavidade, granulação. Mastrangelo *et al.*, (2000) define textura como sendo as características físicas do alimento que está sendo percebido através da mastigação ou das características químicas que são percebidos através do gosto.

Dependendo da textura os alimentos podem ser classificados da seguinte maneira:

- Líquidos: aqueles em que a textura é definida pela viscosidade
- Géis: textura é uma função da elasticidade
- Fibrosos: possuem fibras macroscópicas
- Frágeis: alimentos com pouca resistência à mastigação

Para estabelecer técnicas eficientes de preservação com o mínimo dano ao produto, o comportamento da textura das frutas deve ser estudado.

Nas propriedades texturais de cada grupo é necessário determinar certos parâmetros físico-químicos: tensão superficial, viscosidade, consistência, entre as moléculas de adesão a outras partículas. Vários fatores, como a entrada de solutos e o tempo e temperatura de processamento, podem influenciar a textura final de frutas. (PAIVA, 1999).

O comportamento reológico de produtos desidratados tem sido estudado através de ensaios de compressão e relaxação de tensões para avaliar a elasticidade e a viscosidade natural dos produtos (PELEG, 1997; KROKIDA *et al.*, 1999). Segundo Argandoña (2002) A textura da fruta é alterada pelo processamento osmótico tornando-se mais visco elástico.

1.7 Análise Instrumental

Realizada através de texturômetro. Os tipos de testes mais utilizados são:

a) Penetração simples;

Medida da força necessária para atingir uma determinada profundidade no alimento, ou qual a profundidade atingida para uma determinada força de penetração do alimento. A Figura 10 representa a força de penetração no alimento.

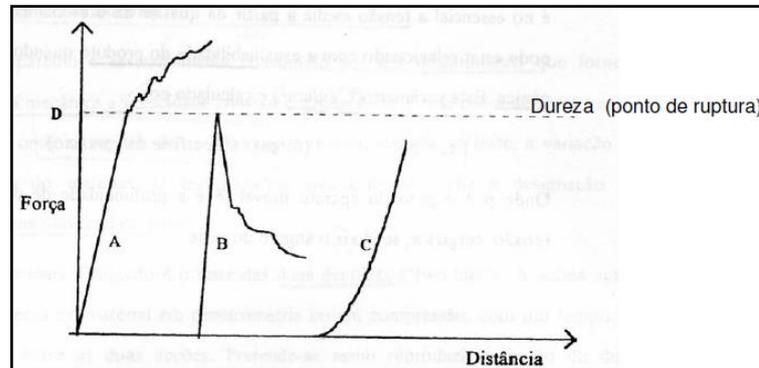


Figura 10 gráfico representado a força de penetração no alimento.

O ponto de ruptura corresponde à pressão máxima que o alimento suporta antes do rompimento (por exemplo, a força máxima que deve ser feita durante a sua mordida para que o alimento se "quebre").

b) Compressão:

Mede-se a resistência do material à compressão; Mede a força necessária para provocar determinada deformação ou qual a deformação causada por uma força;

c) Dureza (*hardness*):

Força máxima registrada no primeiro ciclo de penetração ou compressão. Na maior parte dos casos a dureza está relacionada com a força de ruptura do material. Unidades: N ou kgf.

1.8 Enzimas

As enzimas são fundamentais para qualquer processo bioquímico, agindo em sequências organizadas elas catalisam centenas de reações (LENNINGER, 2007).

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

São um grupo de substâncias orgânicas de natureza normalmente proteica com atividade intra ou extracelular que têm funções catalisadoras, catalisando reações químicas que, sem a sua presença, dificilmente aconteceriam. Isso é conseguido através do abaixamento da energia de ativação necessária para que se dê uma reação química, resultando no aumento da velocidade da reação e possibilitando o metabolismo dos seres vivos. A capacidade catalítica das enzimas torna-as adequadas para aplicações industriais, como na indústria farmacêutica ou na alimentar (LEHNINGHER; 2007).

1.8.1 Polifenoloxidase (PPO em frutas e vegetais).

A Polifenoloxidase (EC 1.14.18.1) é uma enzima intracelular encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais. Sua atividade pode variar em função da espécie, variedade, estágio de maturação, condições de cultivo e mesmo com as práticas de manuseio e armazenamento adotados (VIGYAZO, 1981).

O escurecimento enzimático é causado por esta enzima também chamada de fenolase, fenoloxidase, catecolase, cresolase e tirosinase. Segundo Girner *et al.* (2002), as polifenoloxidase possuem cobre em sua estrutura molecular, atividade de importância principalmente para o catecol e catalisam reações de oxidorredução em que a própria PPO funciona como receptor de elétrons. A PPO é amplamente distribuída na natureza em plantas, micro-organismos e animais. A distribuição da PPO em frutas e vegetais pode ser diferente uma vez que a proporção de enzimas solúveis varia com a maturidade dentro do seu papel na natureza.

Fennema (1993); Whitaker (1995) afirmaram que 50% das perdas dos frutos se deve a formação de pigmentos escuros, proporcionando mudanças indesejáveis na aparência e nas características organolépticas dos produtos que oxidam um amplo grupo de fenóis sem a necessidade de H₂O₂, também está envolvida na rota Biosintética dos fenilpropanóides. Possuem a capacidade de produzir quinonas, por meio da oxidação de fenóis.

As melanoidinas são originadas pelos fenóis encontrados na polpa do fruto que se polimerizam e formam compostos escuros. A figura 11 mostra o mecanismo descrito da PPO, a reação catalisada é como se segue:

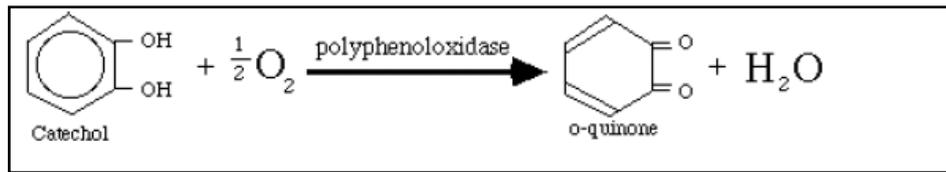


Figura 11 Mecanismo de reação da enzima Polifenoloxidase

Frutas e vegetais têm uma ampla variedade de compostos fenólicos dos quais apenas uma pequena parte destes são substratos para PPO. Os mais importantes são:

- Catequinas (3-hidroxi flavanes),
- Esteres de ácido cinâmico clorogênico (ácido 3 - O-cafeoyl-D-quinico),
- 3,4-dihidroxi penilalanina (L-DOPA) .

A figura 12 mostra o centro ativo da enzima PPO

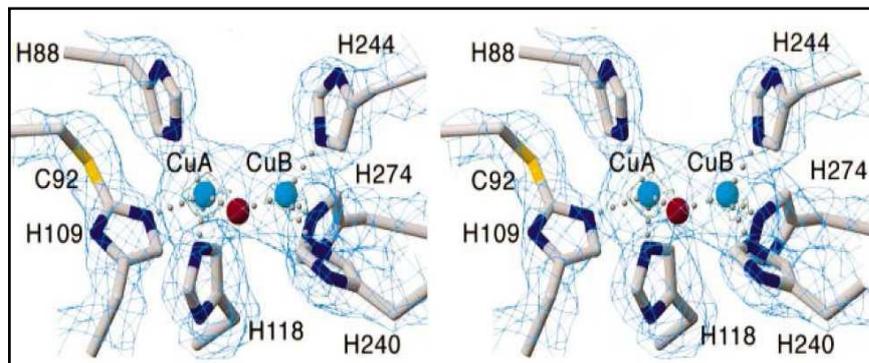


Figura 12: Centros ativos da PPO.

1.8.2 Enzimas proteolíticas

As proteínas são formadas por polímeros que seguem uma sequência de dezenas ou centenas de aminoácidos interligados por ligações peptídicas. As enzimas capazes de quebrar ligações peptídicas de cadeias proteicas são denominadas de proteases (LIMA *et al.*, 2008)

A papaína (E.C. 3.4.22.2) é uma enzima proteolítica com massa molecular de 23,406 a qual possui uma cadeia de polipeptídios de 212 aminoácidos, é extraída geralmente do líquido leitoso do fruto verde ou do caule do mamoeiro. Sua importância comercial deve-se aos variados usos nas indústrias têxteis, farmacêutica, cosméticas e alimentícias. (GALINDO-ESTRELLA *et al.*, 2009). Nesta última, destaca-se sua ação como amaciante de

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

carnes agindo nas fibras musculares e nos componentes do tecido conectivo e na indústria de bebidas, é usada para hidrolisar as proteínas de alto peso molecular na clarificação de cerveja evitando a turbidez durante o armazenamento prolongando (AEHLE., 2007).

Vários estudos têm reportado a extração de papaína empregando diferentes reagentes na etapa de precipitação (MARRERO, 1977; MONTI *et al.*, 2000).

Segundo Liener (1974) a papaína é definida como sendo uma sulfidril protease, apresenta baixa especificidade, hidrolisando ligações amida e éster, tanto em peptídeos como em proteínas.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

REFERÊNCIAS

- AEHLE, W. 2007. Enzymes in industry, production and applications. WEINHEIM: WILEY-VCH VERLAG GMBH & CO. 517 p. Afaq, S. e Iqbal, J. 2001. Immobilization and stabilization of papain on chelating sepharose: a metal chelate regenerable carrier. *Electronic J. Biotech.* 4 (3): 120 – 124, 2007.
- AIKALI, J. S., ARIAHU, C. C., NKPA, N. N. Kinetics of osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 30, p. 597-607, 2006.
- ALVES, S. M. SILVEIRA A. M. Estudo da secagem de tomates desidratados e não desidratados osmoticamente **Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra** Vol. 21 (1): 21-30, 2002 .
- ANTONIO, G. C., KUROSZAWA, L. E., XIDIEH MURR, F. E., PARK, K. J. Otimização da desidratação osmótica de batata doce (*Ipomoea batatas*) utilizando metodologia de superfície de resposta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 2, p. 135-141, abr.-jun. 2006.
- ANTONIO, G. C. Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de banana nanica (*Musa cavendishi*) e de mamão formosa (*Carica papaya* L.) **Dissertação de mestrado em Engenharia de Alimentos**. UNICAMP, 104p. 2002
- ANVISA Agencia nacional de vigilância sanitária 2013.
- ARAÚJO L, C; NAUMOV A. **Aduando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil** : Embrapa Agroindústria Tropical, 238 p. 2009.
- AZEREDO, H.M.C .Fundamentos de estabilidade dos alimentos, Embrapa Brasilia DF 2 ed. rev. e ampl. pag. 326. 2012.
- AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 291-295, 2004.
- AZUARA, E., CORTÉS, R., GARCIA, H. S., BERISTAIN, C. I. Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 27, p. 409-418, 1992.
- BHANDARI, P.J. TORLEY AND BHESH R. Ultrasound in Food Processing and Preservation. *Handbook of Food Preservation, Second Edition*. página 713 à 732.
- BILHALVA, A B. Contribuição ao estudo da saturação de frutas com açúcares. **Dissertação de Mestrado em Ciências em Tecnologia de Alimentos**, UNICAMP. 69p. 1976.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. 2002. Fertirrigação em fruteiras tropicais. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 114-121.

BORIN, I., FRASCARELI, E. C., MAURO, M. A., KIMURA, M. Efeito do pré- tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 39-50, jan – mar. 2008.

BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Emerging technologies: chemical aspects. **Food Research International**, Ottawa, CA, v. 35, n. 2-3, p. 279-284, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução nº 271 de 2005. Fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que devem obedecer os Açúcares e Produtos para Adoçar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 22 de setembro de 2005. Disponível na World Wide Web: <http://www.anvisa.gov.br>. Consultado em 18/01/2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução nº 15 de 1977. Estabelece o padrão de identidade e qualidade para frutas cristalizadas e glaceadas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 15 de julho de 1977. Disponível na World Wide Web: <http://www.anvisa.gov.br>. Consultado em 10/09/2003.

BROD, F.P.R., ALONSO, L.F.T., PARK, K.J. Secagem de produtos agrícolas. **XI SEMEAGRI Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp**. Campinas: Agrológica Empresa Júnior de Eng. Agrícola. 122 p.1999.

CANTO, W. L.; SILVEIRA, E. T. F.; LEITE, R. S. S. F.; MAIA, L. M.; GASPARINO FILHO, J.; YATSUYANAGI, K. **Processamento e mercado de frutas secas**, 1ª edição, n. 23, Campinas: ITAL, 1987.

COCOZZA, F. Maturação e conservação de manga *Tommy Atkins* submetida a aplicação pós colheita de –metilciclopropeno. **Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola**, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. Campinas, 198p.2003.

CHENLO, F., MOREIRA, R., FERNÁNDEZ-HERRERO, C., VÁZQUEZ, G. Mass transfer during osmotic dehydration of chestnut using sodium chloride solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 73, p. 164-173, 2006.

DANTAS, J. L. L., CASTRO NETO, M. T. de. Aspectos botânicos e fisiológicos. In: Trindade, A. V. Mamão. Produção: aspectos técnicos. Brasília: **EMBRAPA -CNPMT**, p. 11-14.2000.

DERMESONLOUOGLU, E. K. TAOUKIS, P. S. Osmo dehydro freezing of sensitive fruit and vegetables: Effect on quality characteristic and shelf life. **13th World Congress of Food Science & Technology**. 2006.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

DIONELLO, R. G.; BERBERT, P.; MOLINA, M. A.; BERBERT, A. P. V.; CARLESSO, V. O.; QUEIROZ, V. A. V.; Desidratação por imersão-impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido **Ciênc. Tecnol. Aliment.** out.-dez. 2007

ERTEKIN, F. K.; CAKALOZ, T. Osmotic dehydration of peas: influence of process variables on mass transfer. **Journal of Food Processing and Preservation, Westport, Conn., USA**, v. 20, n. 2, p. 87-104, 1996.

EVANGELISTA J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1984.

FAO. Disponível em < www.fao.org.br > Acesso em 02 dez 2011

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acriba, 1993. p. 501- 503.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. **Food Research International**, v.39,n.4,.2006a

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. **Journal of Food Engineering, in press**. 2006b.

FERNANDES, F.A.N., GALLÃO, M.I., RODRIGUES, S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pré treatment on cell structure: Melon dehydration. **LWT- Food and science and Technology**, v41, p.604-610, 2008.

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

FONTELES, T. V. Desenvolvimento de uma nova bebida funcional probiótica a base de suco de melão cantaloupe sonificado, **Dissertação de mestrado Universidade Federal do Ceará** pag 74. 2011.

FORNI, E., SORMANI, A., SCALISE, S., TORREGGIANI, D. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. **Food Research International**, v. 30, n. 2, p. 87-94, 1997.

FUENTE-BLANCO, S.; SARABIA, E. R. F.; ACOSTA-APARICIO, V. M., BLANCO-BLANCO, A.; GALLEGO-JUAREZ, J. A. **Food drying process by power ultrasound. Ultrasonics Sonochemistry**, v. 44, p. 523–527, 2006.

FRUTNORTE DISPONIVEL EM: <<http://www.frutnorte.com.br>> Acesso em 20 dezembro 2013.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

GALINDO-ESTRELLA, T.; HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, R.; MATEOS-DÍAZ, J.; SANDOVAL-FABIÁN, G.; CHEL-GUE- GUERRERO, L., RODRIGUEZ BUENFIL, I.; E GALEGOS-TINTORÉ. Proteolytic activity in enzymatic extracts from *Carica papaya* L. cv. Maradol harvest byproducts. **Proc. Biochem.** 44(1):77 – 82, 2009

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos.** São Paulo: Nobel, 1984.

GIRNER, J.; ORTEGA, M.; MESEGUE, M.; GIMENO, V.; BARBOSA-CANOVAS, G. V.; MARTIN, O. Inactivation of peach polyphenoloxidase by exposure to pulsed electric fields. **Journal of Food Science.** v. 67, n. 4, p. 264-267, 2002.

HAWKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation, Westport, Connecticut, USA,** v. 2, n. 4, p. 265-284, 1978.

IBGE. Disponível em <[http://www. ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) >. Acesso em: 26 jun 2013

ISO. Sensory Analysis – Vocabulary international organization for standardization ISSO 5492: 1992, 1992.

JUSTUS ,A. Influência da aplicação de ondas de ultrassom na desidratação osmótica de tomates. **Dissertação de mestrado, Universidade federal de Lavras, Minas gerais.** pág. 118. 2012.

KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B. Viscoelastic behaviour of dehydrated products during rehydration. **Journal of Food Engineering,** Oxford, v. 40, p. 269-277, 1999.

LAWLESS, H.T.; HEYMMAN, H. Sensory Evaluation of Food principles and practices. New York. Chapman & Hall. 1998.

LEHNINGHER, Nelson, D. L. COX, M.M. **Princípios de bioquímica** quinta edição. (ano 2007) pag 1296.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: **technology and application.** **Drying Technology,** New York, US, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

LIENER, I. E. The sulfhydryl proteases. In: WHITAKER, J.R. **Food related enzymes.** Washington: American Chemistry Society,. 374p. (Advances in Chemistry Series, 136).1974.

LIMA, S. L. T.; JESUS, M. B.; SOUSA, R. R. R.; OKAMOTO, A. K. LIMA, R.;FRACEDO, L. F. Estudo da Atividade Proteolítica de Enzimas Presentes em Frutos. **Química nova na escola.** p. 47-49. 2008.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

LOZANO, J. E.; IBARZ, A. Color changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperature. **Journal of Food Engineering**, v. 31, n. 3, p. 365-373, 1997.

MALTINI, E.; TORREGGIANI, D.; FORNI, E.. Osmotic properties of fruit juice concentrates. In: SPIESS, W.L.E.; SCHUBERT, H. **Engineering and food, physical properties and process control**; London: Elsevier Science Publishing Company, 1990, v. 1, p. 567-573.

MAMÃO: REFERÊNCIAS NUTRICIONAIS E DIETÉTICAS Disponível em: <<http://www.brazilianfruit.org.br>> Acesso em 18 dezembro 2013.

MARRERO, M. Obtención industrial de papaína purificada a partir del látex del fruto de la carica papaya L. **Rev. Cubana de Farmacia** 11(1):35 - 39.1997.

MASON, T. J. Power ultrasound in food processing – the way forward. In M. J. W. Povey & T. J. Mason (Eds.), *Ultrasounds in food processing* (pp. 104–124). Glasgow: Blackie Academic and Professional. 1998

MASON, T. J.; RIERA, E.; VERCET, A.; LOPEZ-BUESA, P. Application of ultrasound. In: SUN, D. W. **Emerging technologies for food processing**. London, GB: Elsevier,. p. 323-351. 2005.

MASTRANGELO, M. M.; ROJAS, A. M.; CASTRO, M. A.; GERSCHENSON, L. N.; ALZAMORA, S. M. Texture and structure of glucose-infused melon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 769-776, 2000.

MAROUSIS, S. N.; HASSABALLAH, A. A.; SARAVACOS, G. D. Effects of Sugars on the Water Diffusivity in Hydrated Granular Starches. **Journal of Food Science**, Oxford, n. 6, v. 54, p.1496-1500, 1989.

MARTIM, NELISA SITA P. P. Estudo das Características de Processamento da Manga (Mangífera Indica L.) Variedade Tommy Atkins Desidratada. **Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Paraná**, Tecnologia de Alimentos, 2006.

MONTI, R.; BASILIO, C. A.; TREVISAN, H. C.; E CONTIERO, J. Purification of papain from fresh látex of Carica papaya. *Braz. arch. biol. technol.* **43(5):501 -507**.2000

O'DONNELL, C.P., TIWARI, B.K., BOURKE, P., CULLEN, P.J. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. **Trends in Food Science & Technology**, v.21, p 358-367, 2010.

OLIVEIRA, A. M.G.; SOUZA, L. F. S.; VAN RAIJ, B.; JESUS, A. F.; BERNARDI, M. A. C. C. 2004. Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado. Circular Técnica, 69. Embrapa Mandioca e Fruticultura - Cruz das Almas – BA.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

OSORIO, C.; FRANCO, M. S.; CASTAÑO, M. P.; GONZÁLEZ-MIRET, M.L.; HEREDIA, F. J.; MORALES, A. L. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, London, n° 8, v.7, p. 353-359, 2007.

PAIVA, M.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. J.; CAPELLAS, M.; FERRAGUT, V. Changes in microstructural, textural and colour characteristics during ripening of Manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation. **International Dairy Journal**, Oxford, v. 9, p. 91-98, 1999.

PARK, K. J; ANTONIO, G.C.; OLIVEIRA, R.A. DE; PARK, K.J.B. Conceitos de processo e equipamentos de secagem. 121p. 2007. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concproceqsec_07.pdf>. Acesso em: 25 de agosto. 2009.

PELEG, M. Review: mechanical properties of dry cellular solid foods. **Food Science and Technology International**, London, v. 3, p. 227-240, 1997.

PEIRÓ, R., DIAS, V. M. C., CAMACHO, M. M., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. micro nutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, v. 74, p. 299-307, 2006.

PIYASENA, P.; MOHAREB, E.; MCKELLAR, R. C. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, NL, v. 87, n. 3, p. 207-216, 2003.

PONTING, J. D. WALTERS, G. G.; FORREY, R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic Dehydration of Fruits. **Food Technology**. V. 20. n° 10. outubro 1966. p.125-130.

RAOULT-WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science and Technology*, Cambridge, England, v. 5, n. 8, p. 255-260, 1994.

RASTOGI, N. K. *et al.* Recent Developments in Osmotic Dehydration: Methods to Enhance Mass Transfer. **Trends in Food Science & Technology**, v. 13, n. 1, p. 48-59, 2002.

RIBEIRO, M. S. e SABAA-SRUR, A. U.O. Saturação de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Rosa com açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.19, n.1. Jan./Abr. 1999. p.118-122.

RIZZOLO, A., GERLI, F.M PRINZIVALLI, C., BURATTI, S., TORREGGIANI, D. Headspace volatile compounds during osmotic dehydration of strawberries (cv Camarosa): Influence of osmotic solution composition and processing time. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 529-535, 2007

ROBINSON, D. **Bioquímica y Valor Nutritivo de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia. 1991 p.3-15.

ROMERO, J. T.; GABAS, A. L.; YAMASHITA, F.; TELIS, V. R. N.; MENEGALLI, F. C. Secagem de produtos alimentícios, **São José do Rio Preto: UNESP**, 1997. p. 58.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

SABLANI, S. S., RAHMAN, M. S. Effect of concentration, temperature and sample geometry on equilibrium coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**, v. 36, p. 65-71, 2003.

SANJINEZ, E. J.; ARGANDOÑA, C. N.; HUBINGER, M. D.; Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 37, n. 12, p. 1803-1810, dez. 2002

SANTOS, C. de N. P. dos. Elaboração de um estruturado de polpa de manga *Mangifera indica* L. cv *Tommy Atkins*) parcialmente desidratada por osmose. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP**. Campinas, 2003. 79 p.

SILVA, L.C.A, Efeito da desidratação osmótica assistida por ultrassom no processo de secagem convectiva de abacaxi pérola: Engenharia de alimentos **Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Ceará**. Pag:98. 2012.

SOUSA P. M .; MAIA,G.A .; SÁ MEN S. F;FIGUEIREDO, R. W .;SOUZA A. C. R. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP**, v. 25, n. 3, p. 414-416, dezembro. 2003.

TAVARES, J. T. Q., SILVA, C. L., CARDOSO, R. L., SILVA, M. A.,CARVALHO, L. A., SANTOS, C. M. G. Aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio em frutos de jameiro vermelho (*Eugenia malaccensis* L.). **Magistra**, v. 14, n. 2, p. 61-65, jul. / dez. 2002.

TIWARI,B.K MUTHUKUMARAPPAN, K., O'DONNELL, CULLEN, P.J Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice innovative. **Food and science and emerging technology**, v.10, p166-171, 2009.

TONON, R, V TONON; BARONI , A. F.; HUBINGER, M. D,. Estudo da Desidratação Osmótica de Tomate em Soluções Ternárias pela Metodologia de Superfície de Resposta **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, 2006.

TOOREGGIANI, D. BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 247-253, 2001.

TORRES, J. D. *et al.* Influence of Process Conditions on Mechanical Properties of Osmotically Dehydrated Mango. **Journal of Food Engineering** , Pag. 240–246 2006

VIGYAZO, L Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **CRC Critical Review of Food Nutrition**, 15: 49-127. 1981.

WHITAKER, J. R. Polyphenoloxidase. In: WONG, D.W.S. (Ed.) **Food enzymes: structure and mechanism**. New York: Chapman & Hall, p. 271- 307 1995.

CAPÍTULO 2

Influência dos agentes osmóticos frutose e glicose na desidratação assistida por ultrassom e avaliação da cor durante a secagem do mamão formosa.

EFEITO DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO EM ULTRASSOM COM GLICOSE E FRUTOSE E AVALIAÇÃO DA COR DURANTE A SECAGEM DO MAMÃO FORMOSA.

F. I. P. OLIVEIRA¹, F. A. N. FERNANDES¹ S. RODRIGUES²

¹ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Química, Campus do Pici, Bloco 709, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil;

² Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Campus do Pici, Bloco 858, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil.

Email: imylena@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A procura e a aceitação de um determinado produto são baseadas em sua qualidade. O mamão formosa (*Carica papaya*) nativo da América tropical é disponível para o consumo ao longo de todo o ano e tem boa aceitabilidade entre crianças e adultos devido as suas características nutricionais e coloração atrativa.

Estudos anteriores comprovaram a presença de carotenóides em quantidades significativas nesta fruta. (CHANDRIKA, *et al.* 2003; KIMURA, 1991; PHILIP 1988; WILBERG 1995; YAMAMOTO, 1964). Os primeiros relatos apresentaram os teores em porcentagens relativas ou equivalentes de β -caroteno e não em concentrações absolutas. Os mamões da variedade formosa possuem uma cor laranja bem acentuada característica do fruto, que indicam a presença dos carotenóides.

No caso de frutas e hortaliças, evidencia-se que os dois mais importantes atributos de qualidade são a cor e a textura, principalmente o primeiro, pois o consumidor geralmente julga, inicialmente, a qualidade de um produto pela aparência. A cor é a mudança mais óbvia que ocorre em muitos frutos e o principal critério de aceitação utilizado pelos consumidores (WILLS *et al.*,1982). A avaliação da cor em alimentos é um tema de grande interesse na indústria alimentar e é feita por avaliação visual ou instrumental.

Tem sido relatado na literatura que os métodos de processamento, tais como o branqueamento, desidratação e ultrassom resultam na degradação ou formação de isômeros cis dos carotenóides (BORCHGREVINK ;CHARLEY, 1966; LEE; AMMERMAN, 1974;

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

TEIXEIRA NETO *et al.*, 1981;. BUSHWAY; WILSON, 1982, SAGUY AI, 1985,. CHEN; CHEN, 1994).

A cinética de secagem, taxa de remoção de água e a desidratação osmótica que é uma técnica que envolve a imersão do fruto em uma solução aquosa hipertônica, ocorrendo transferências de massa em fluxo contra corrente durante o processo, dependem de fatores tais como: a concentração de soluto, temperatura, tempo de contato e têm sido relatada na literatura por muitos autores: (HAWKES; FLINK, 1978; QUINTERO-RAMOS *et al.*, 1993; SERENO *et al.*, 2001, MAURO; MENEGALLI, 1995; RASTOGI *et al.* 1997; ASKAR *et al.*, 1996).

Recentemente, a desidratação osmótica em frutos tem sido estudada em conjunto com a aplicação de ondas ultrassônicas que reduz uma maior quantidade de água do que o processo convencional de desidratação osmótica, levando a formação dos micros canais que facilitam a secagem e o movimento de líquidos no interior do fruto. Outra vantagem é que essa tecnologia pode ser aplicada em temperatura ambiente, o que reduz a probabilidade de danos ou degradação nos frutos.

Desta forma, este trabalho de pesquisa teve como objetivo principal analisar a influência dos agentes osmóticos frutose e glicose nas concentrações de 25 e 50°Brix sobre a cinética de secagem e sobre o atributo sensorial cor do mamão formosa desidratado. Os tempos de sonicação variaram entre 10, 20 e 30 minutos. e temperatura de 60°C em estufa de circulação de ar. Para avaliação da cor das amostras de mamão formosa nas formas *in natura*, sonicada e desidratada, foram utilizados os parâmetros L^* (luminosidade), a^* (vermelho-verde), b^* (amarelo-azul) de acordo com a escala CIE/Lab foi feita uma comparação da perda de cor entre a fruta *in natura* e a processada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os mamões da variedade formosa (*Carica papaya*) foram adquiridos no comercio local de Fortaleza, higienizados em água corrente para retirada das sujidades e cortados em cubos de aproximadamente 3 centímetros.

Para realização dos cálculos das taxas de secagem foi realizada uma pesagem dos pedaços de mamão, em balança analítica digital(em triplicata). Os frutos foram

acondicionados em Erlenmeyers (250mL), contendo 100 mL de solução osmótica e levados ao banho de ultrassom. Em seguida foi realizada a etapa de secagem.

2.1 Desidratações osmóticas

As soluções osmóticas foram preparadas dissolvendo-se os agentes osmóticos em água destilada, resultando em soluções de 25 e 50° Brix, em massa de glicose e frutose. As amostras foram divididas da seguinte maneira:

- Mamão formosa em solução de frutose a 25%
- Mamão formosa em solução de frutose e ultrassom a 25%
- Mamão formosa em solução de frutose a 50%
- Mamão formosa em solução de frutose e ultrassom a 50%
- Mamão formosa em solução de glicose a 25%
- Mamão formosa em solução de glicose e ultrassom a 25%
- Mamão formosa em solução de glicose a 50%
- Mamão formosa em solução de glicose e ultrassom a 50%

2.2 Pré-tratamento em ultrassom

Os frutos foram colocados em um banho de ultrassom de 25 kHz, 150 watts de potência e volume útil de 2,7 L (Unique modelo USC1450) e submetidos à sonicação por 10, 20 e 30 min. Um grupo denominado controle foi separado, onde os frutos foram colocados imersos em solução osmótica nas concentrações de 25 e 50°Brix sem aplicação de ultrassom, para fins de comparação.

2.3 Secagens em estufa de circulação de ar

As amostras foram colocadas em placas de petri devidamente identificados e levadas a estufa de circulação de ar na temperatura de 60°C. Foram realizadas cinco pesagens, a cada 60 minutos e uma ultima pesagem foi realizada ao final de 24, horas para realização dos cálculos das taxas de perda de água, ganho de sólido.

O teor de umidade em base seca é a relação entre a massa de água contida no produto e a massa de matéria seca: Uma amostra do mamão *in natura* sem os respectivos tratamentos osmóticos e de sonicação foi colocada em estufa de circulação de ar a 60°C para determinação da umidade em base seca.

2.4 Análise colorimétrica

A polpa do fruto foi analisada utilizando o colorímetro da marca Konica-Minolta modelo CR 300. Foram analisados os parâmetros L^* , a^* e b^* que, representam respectivamente, a luminosidade, a intensidade de vermelho e amarelo presente nas amostras. Foram feitas cinco medições, a cada 60 minutos, para obtenção das médias e desvio padrão das amostras. A comparação das médias foi realizada através do teste de Tukey 95% de significância.

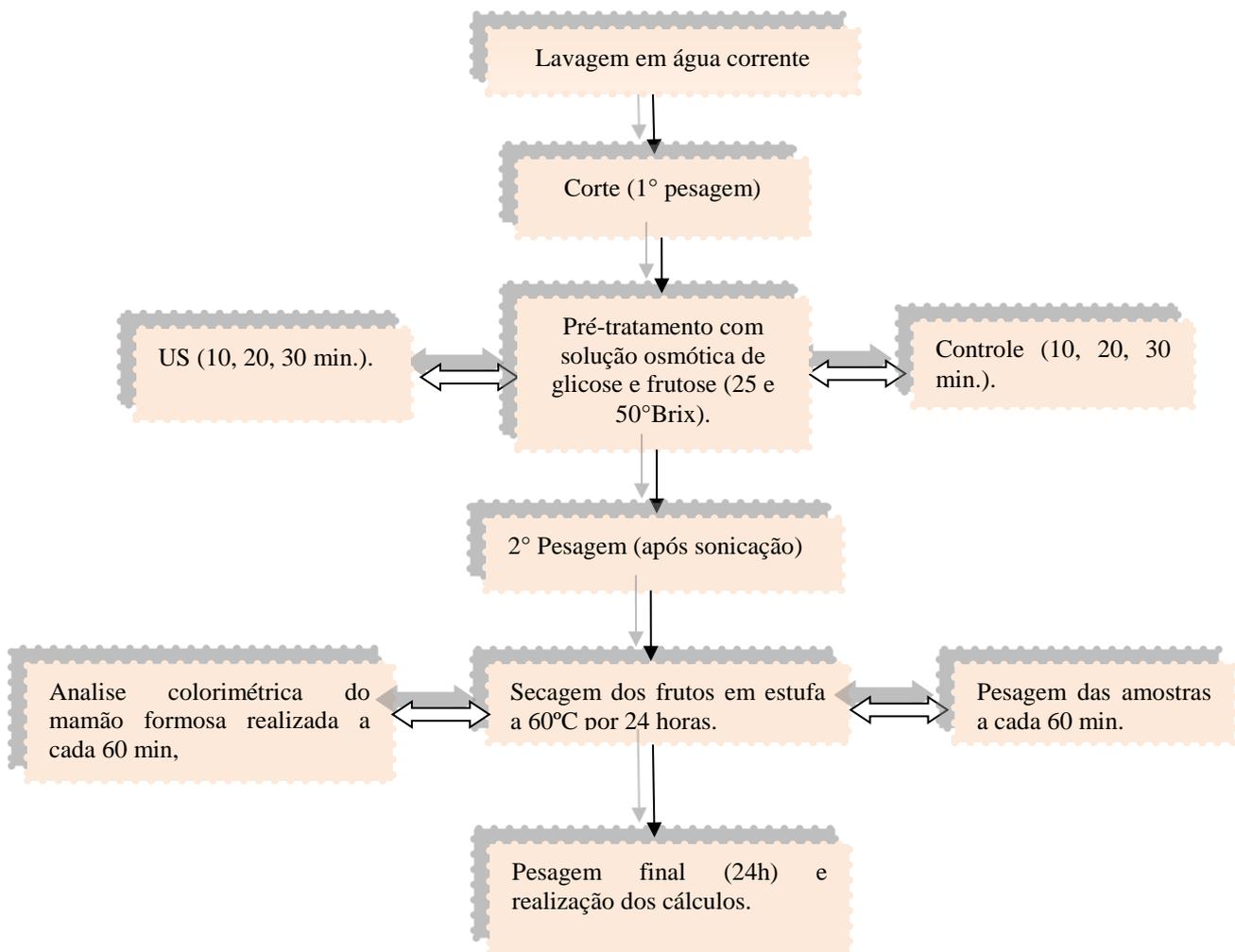
A diferença total de cor (ΔE) e a cromaticidade (ΔC) foram calculadas de acordo com as equações 1 e 2 (FERREIRA, 1991). Os sub índices s e 0 representam a amostra padrão e sonicada, respectivamente. Os resultados obtidos encontram-se expostos no Apêndice 1-2.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\Delta C^* = \sqrt{(a_0^{*2} + b_0^{*2}) - (a_s^{*2} + b_s^{*2})} \quad (2)$$

A Figura1 representa o processo de pré- tratamento osmótico do mamão formosa em ultrassom.

Figura 1. Fluxograma representando o esquema do pré-tratamento osmótico do mamão formosa (*Carica papaya*) em ultrassom.



Os efeitos do pré-tratamento osmótico sobre a cinética de secagem (perda de água/perda de peso e ganho de sólidos) foram calculados fazendo-se uso das seguintes formulas:

2.5 Perda de água, Ganho de açúcar

1. Perda de água (WL)

$$WL = \frac{P_i \cdot X_W - (P_{us} - P_{24h})}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

2. Ganho de açúcar (SG) (2)

$$SG = \frac{P_{24h} - P_i \cdot X}{P_i \cdot X_i} \times 100$$

3. Fração de sólidos (X_i) (3)

$$X_i = \frac{P_{f_{ms}}}{P_{i_{ms}}}$$

4. Fração de água (X_w) (4)

$$X_w = 1 - X_i$$

Onde:

 P_i – Peso inicial do fruto P_{us} – Peso final do fruto P_{24} – Peso após 24 horas em estufa X_i – Fração de sólidos no fruto X_f – Fração de água no fruto M_s – Massa seca do fruto

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perdas de água (W_l)

A Tabela 1 mostra a perda de água do mamão, submetido às concentrações de 25 e 50°Brix em soluções de glicose e frutose e sonicado.

Tabela 1- Perda de água do mamão formosa submetido ao pré-tratamento osmótico com e sem o uso do ultrassom em 25 /50°Brix, de frutose e glicose.

Meio líquido Concentração	PERDA DE ÁGUA <i>W</i>		
	TEMPO (MIN.)		
	10	20	30
Frutose 25% US	8,43 ± 1,37	2,11 ± 1,18	1,31 ± 1,1
Frutose 50% US	11,1 ± 0,20	11,59 ± 1,99	2,84 ± 1,75
Glicose 25% US	42,05±13,41	6,29 ± 0,98	3,60 ± 2,20
Glicose 50% US	34,54±4,80	12,34 ± 11,44	14,62 ± 4,07
Frutose 25% C	3,93 ± 2,63	10,45 ± 7,41	10,36 ± 1,39
Frutose 50% C	5,26 ± 3,47	7,76 ± 3,34	5,67 3,07
Glicose 25% C	0,67 ± 0,05	2,61 ± 1,32	26,07 ± 5,83
Glicose 50% C	14,86 ± 10,17	22,10 ± 20,80	36,32 ± 22,61

Os resultados obtidos apresentaram uma oscilação nos valores nos tempos de tratamento estudados tanto para frutose como para glicose, essa oscilação pode ter sido favorecida pela distorção das células do fruto causada pelos efeitos do ultrassom, como cavitação, formação de micro canais e efeito esponja facilitando a transferência de água do fruto para o meio líquido. Resultados semelhantes a estes foram mostrados em estudos com morangos (GARCIA- NOGUEIRA *et al.*, 2010), maçã Fuji (ALMEIDA, 2012) e tomates (JUSTUS, 2012).

Para os frutos sonicados os resultados obtidos mostraram que a maior perda de água ocorreu no fruto submetido a solução osmótica de glicose em concentração de 25°Brix em 10 min. de tratamento. Para os frutos do grupo controle a maior perda de água foi obtida em solução osmótica de glicose e concentração de 50°Brix por 30 min.

A escolha do soluto é uma questão fundamental por estar relacionada com as alterações nas propriedades sensoriais e no valor nutritivo do produto final, além do custo de processo (LENART, 1996).

Segundo Torreggiani (1993), na desidratação osmótica, a perda de água é acompanhada por incorporação de sólidos como consequência das trocas difusionais que ocorrem durante o processo, devido aos gradientes de concentração.

3.2 Ganhos de açúcar (Sg)

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos do ganho de açúcar no fruto sonificado e tratado osmoticamente e sem sonificação.

Tabela 2- Ganho de açúcar do mamão formosa submetido ao pré-tratamento osmótico com e sem o uso do ultrassom em 25 e 50°Brix de frutose e glicose.

Meio líquido Concentração	GANHO DE AÇUCAR Sg (%)		
	TEMPO (MIN)		
	10	20	30
Frutose 25% US	74,10 ± 46,88	94,6 ± 29,16	57,7 ± 37,46
Frutose 50% US	94,8 ± 11,98	111 ± 14,23	116,3 ± 16,69
Glicose 25% US	91,1 ± 27,63	147 ± 101,96	99,1 ± 78,34
Glicose 50% US	83,8 ± 12,09	203,9 ± 71,55	162 ± 4,85
Frutose 25% C	61,8 ± 7,19	67,4 ± 11,22	77,2 ± 2,53
Frutose 50% C	103,9 ± 18,07	99,4 ± 54,21	132,1 ± 56,20
Glicose 25% C	53,5 ± 12,68	62,7 ± 25,95	100 ± 0,01
Glicose 50% C	146 ± 16,34	179 ± 70,79	173 ± 14,38

O maior ganho de açúcar foi obtido nos frutos submetidos a um tempo de tratamento de 20 min. e concentração de 50°Brix em solução osmótica de glicose tanto para os frutos do grupo controle como para os frutos sonificados. Resultados semelhantes a estes foram apresentados por Goularte (2000) em um estudo realizado com maçãs Fuji onde se utilizou agentes osmóticos tais como sacarose, maltodextrina e glicose de milho e o tratamento com glicose apresentou a maior média de sólidos solúveis, diferindo significativamente dos tratamentos controle, maltodextrina e sacarose.

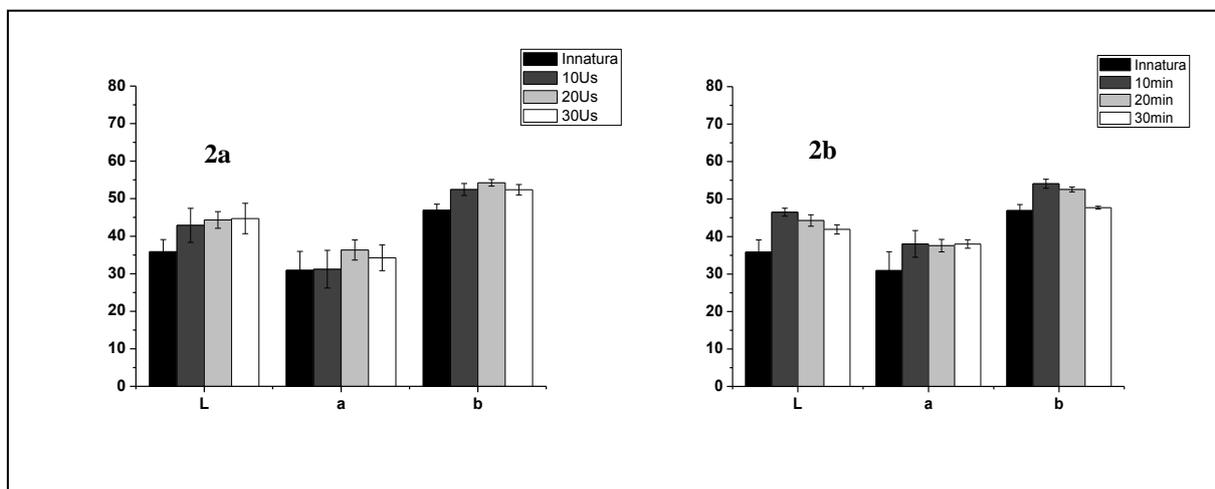
Torregiani (1993) afirma que a glicose é um carboidrato de baixo peso molecular e atravessa a membrana da célula com facilidade. Este fato, aliado ao desarranjo provocado pelas ondas ultrassônicas, pode ter sido o principal responsável pelo ganho de sólidos dos frutos quando a concentração foi aumentada.

Alguns autores Karathanos *et al.*, (1995); Rahman; Lamb, (1991); Simal *et al.*, (1997) evidenciam em seus trabalhos que a diminuição nas taxas de ganho de sólidos é um fenômeno desejável durante a desidratação osmótica, pois favorece as características originais dos frutos e vegetais. A presença de solutos impregnados no tecido vegetal geralmente diminui a eficiência da secagem.

Bidwell (1979) afirma que esse comportamento é esperado quando se considera o efeito das interações da água com os sólidos solúveis, que são maiores do que as interações com substâncias celulósicas e proteicas, que também constituem os tecidos vegetais

Parâmetros colorimétricos

As Figuras 2a e 2b apresentam os resultados das análises da cor do mamão formosa sonicado e do mamão formosa tratado osmoticamente sem sonicação em solução osmótica de frutose nos tempos de 10,20,30 min, em 25°Brix na temperatura de 60°C.



Figuras 2a - 2b Parâmetros colorimétricos do mamão formosa submetido à sonicação e mamão formosa tratado osmoticamente em 25°Brix de solução osmótica de frutose.

Os resultados obtidos da cor do mamão formosa sonicado em 25°Brix de frutose mostraram que nas condições de processamento estudadas a luminosidade L^* foi maior no tempo de sonicação de 30 minutos diferindo significativamente ao nível de 95% do fruto *in natura*. Os parâmetros a^* e b^* que indicam respectivamente a tonalidade de vermelho e amarelo no fruto se mostraram superiores em 20 min. de sonicação, mas apenas o parâmetro b^* apresentou diferença significativa de acordo com o teste de Tukey em comparação com o fruto *in natura*.

De acordo com o gráfico 2b obtido na análise de cor do mamão formosa submetido à desidratação osmótica sem sonicação pode-se observar que o fruto *in natura* em todos os parâmetros estudados se mostrou inferior. O tempo de desidratação osmótica de 10

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

min, mostrou os maiores valores para todos os parâmetros estudados, mas apenas o parâmetro a^* não mostrou diferença significativa de 95% quando comparado com o fruto *in natura*.

De acordo com Ahmed (2002) qualquer mudança observada nos valores de a^* e b^* refletem mudanças nos valores de L^* .

Dessa forma observa-se que as amostras *in natura* apresentaram escurecimento, à medida que o tempo de tratamento em ultrassom aumentou. Este resultado pode ser atribuído à degradação e isomerização dos carotenóides pelo calor, tempo de processamento ou exposição à luz (MACDOUGALL, 2002; SATO, SANJINEZ-ARGANDOÑA; CUNHA, 2004). Provavelmente, houve aumento da concentração dos pigmentos naturais do mamão, decorrente dos processos de tratamento aplicados e da secagem a 60°C.

Nsonzi e Ramaswamy (1998), ao avaliar a qualidade de amoras pré-tratadas osmoticamente, observaram que a perda de cor, durante a secagem convectiva, foi minimizada quando o contato com a solução osmótica foi menor.

Segundo Oliveira (2010), os resultados para análise de cor na polpa do jambo em sacarose mostraram que o valor de L^* decresceu para três concentrações estudadas (0,25, 50°Brix), o valor de a^* e b^* se mostraram altos após 5 horas de tratamento térmico em estufa a 60°C.

As Figuras 3a e 3b apresentam os resultados das análises da cor do mamão formosa sonicado e tratado osmoticamente sem sonicação em frutose nos tempos de 10, 20,30 min. em 50°Brix na temperatura de 60°C.

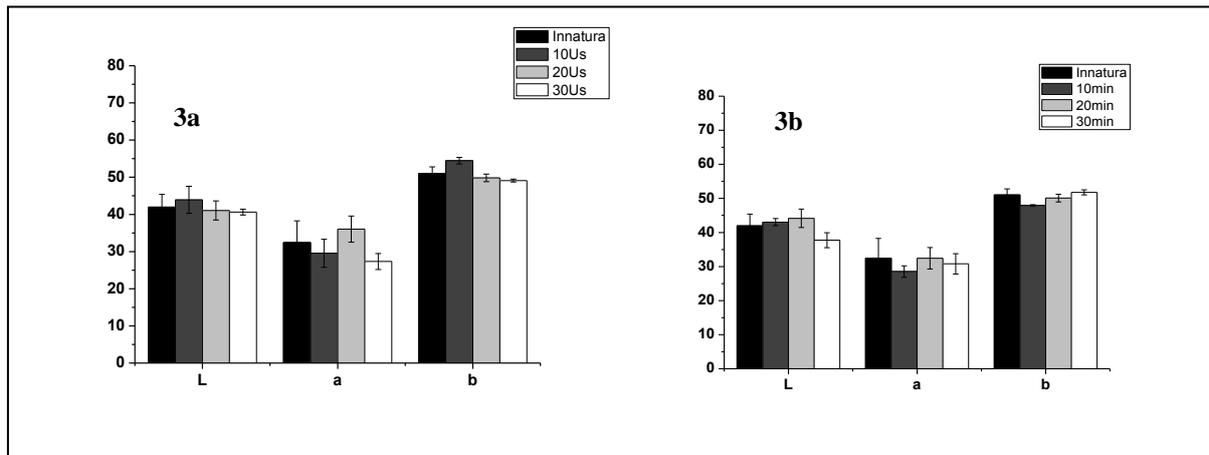


Figura 3a-3b Parâmetros colorimétricos do mamão formosa submetido à sonicação e mamão formosa tratado osmoticamente em 50°Brix de frutose.

Os resultados obtidos mostraram que o valor dos parâmetros colorimétricos do fruto *in natura* permaneceu inferior. Os valores de L^* e b^* foram maiores no tempo de sonicação de 10 min., mas apenas o parâmetro b^* apresentou diferença significativa em relação ao fruto *in natura*. O valor de a^* apresentou-se mais alto em 20 min. de sonicação, não diferindo significativamente do fruto *in natura*.

De acordo com o gráfico 3b, para os frutos estudados, nas mesmas condições de processamento 50°Brix de frutose e sem o tratamento ultrassônico, os resultados mostram que o fruto *in natura* se mostrou maior para o parâmetro a^* , mas estatisticamente não mostrou diferença significativa quando comparada com os demais tratamentos estudados.

Yoshida e Antunes, (2009), Baldiwin *et al.*, (1996) afirmaram que quanto maior o valor de a^* maior será o escurecimento da amostra. Os demais parâmetros L^* e b^* se mostraram altos nos tempos de tratamento 20 e 30 min. respectivamente, mas estatisticamente não houve diferença significativa quando comparados com a amostra *in natura*.

Chen, Peng; Chen, (1995) relataram em seus trabalhos realizados com cenoura que condições extremas de temperatura e pressão causam isomerização de carotenóides durante a sonicação do suco de cenoura..

As Figuras 4a e 4b apresentam os resultados das análises da cor do mamão formosa sonicado e do mamão tratado osmoticamente sem sonicação em glicose nos tempos de 10,20,30 min. em 25°Brix na temperatura de 60°C.

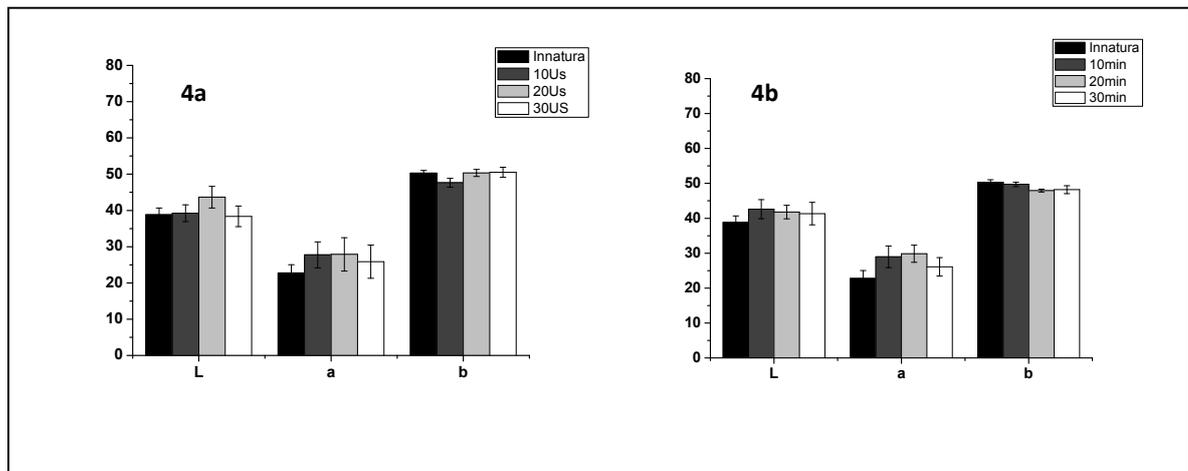


Figura 4a- 4b Parâmetros colorimétricos do mamão formosa submetido à sonicação em 25°Brix de glicose e mamão tratado osmoticamente sem sonicação.

Para os frutos sonicados e submetidos a 25°Brix de glicose a luminosidade e o parâmetro a^* , foram maiores no tempo de sonicação de 20 min. O parâmetro b^* mostrou um valor mais alto no tempo de 30 min. de sonicação. As amostras não apresentaram diferença significativa quando comparadas com a amostra *in natura* tratada nas mesmas condições.

De acordo com o gráfico 4b os resultados obtidos nos frutos tratados osmoticamente sem sonicação mostraram que a luminosidade foi maior em 10 min. de desidratação osmótica. O fruto *in natura* se mostrou superior em relação ao parâmetro b^* , que indica a quantidade de amarelo presente no fruto, mas não apresentou diferença significativa ao nível de 95% quando comparado com os demais tratamentos. Apenas o parâmetro a^* que apresentou um valor mais alto aos 20min em solução osmótica apresentou diferença significativa quando comparado com o fruto *in natura*.

Considerando a cor característica do mamão formosa, pode-se afirmar que não houve alteração na cor amarela do fruto fresco quando comparado com os demais frutos submetidos aos tratamentos osmóticos em 25°Brix de glicose.

Matuska; Lenart; Lazarides, (2006) relataram que um processo com altas temperaturas resulta em degradação da cor após a segunda hora de pré-tratamento osmótico de morangos.

O processo de cavitação que o ultrassom provoca nas amostras é o principal responsável pelas alterações de cor devido a reações físicas, químicas e biológicas (SALA *et al.*,1995).

As Figuras 5a e 5b apresentam os resultados das análises da cor do mamão formosa sonicado e do mamão tratado osmoticamente sem sonicação em glicose nos tempos de 10,20,30 min em 50°Brix na temperatura de 60°C.

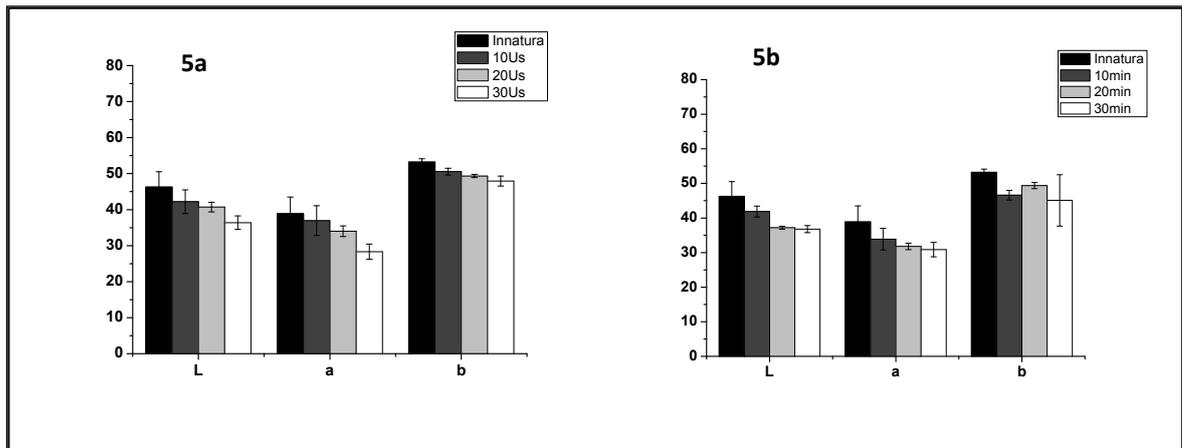


Figura 5a-5b Parâmetros colorimétricos do mamão formosa submetido à sonicação em 50°Brix de glicose e do mamão tratado osmoticamente sem sonicação.

De acordo com os gráficos as amostras tratadas utilizando 50°Brix de glicose para os valores de L^* , a^* , b^* os frutos submetidos à sonicação e os frutos tratados osmoticamente sem sonicação, de uma maneira geral, apresentaram valores decrescentes, quando o tempo de tratamento foi aumentado e quando comparados com à fruta *in natura*.

Apenas o parâmetro b^* do fruto *in natura* mostrou diferenças significativas em comparação com as demais amostras sonicadas, o que caracteriza um escurecimento do fruto *in natura* devido à impregnação osmótica e o ganho de sólido pelo mesmo. Os parâmetros L^* e a^* do fruto *in natura* diferiram significativamente apenas das amostras tratadas no tempo 30 min. de sonicação.

Para as amostras do grupo controle a luminosidade não apresentou diferença significativa quando comparada com as amostras tratadas por 10 min. e o parâmetro b^* apresentou diferenças significativas apenas quando comparado com a amostra tratada por 30 min. em solução osmótica de glicose a 50°Brix.

Segundo Souza *et al.*, (2003) em seus trabalhos realizados com banana (*Musa spp.*) o maior grau de escurecimento nos frutos durante a secagem é promovido pelo teor de sólidos solúveis do xarope empregado na etapa de osmose, ou seja; quanto maior o ganho de sólidos, maior o grau de escurecimento do fruto.

A cromaticidade ΔC indica a variação da intensidade do croma (a^* e b^*) da amostra tratada com relação à *in natura*. De acordo com os apêndices 1 e 2 os valores de ΔC da fruta seca e fresca foram menores na concentração de 25°Brix em solução osmótica glicose e tempos de sonicação de 20 e 10 min. respectivamente.

Para os frutos não sonicados os menores valores foram encontrados na concentração de 25°Brix de glicose e tempos de tratamento osmótico de 20 e 30 min. Quanto menor a variação do grau de intensidade do croma mais a cor das amostras tratadas se aproximam da *in natura*.

Diferenças perceptíveis nos parâmetros de cor podem ser analiticamente classificadas em: muito distintas ($\Delta E > 3$).

De acordo com os Apêndices 1-2 de um modo geral as amostras do fruto seco e fresco apresentaram diferenças perceptíveis muito distintas ($\Delta E > 3$). Apenas as amostras sonicadas e tratadas com glicose e frutose em concentração de 50°Brix por 10 e 20 min e a amostra não sonicada tratada em frutose em concentração de 50°Brix por 20 min do mamão formosa fresco apresentaram um $\Delta E < 3$.

Em um trabalho realizado por Almeida (2012) com maçãs Fuji afirmou-se que a redução no tempo de secagem proporcionada pela sonicação, promove uma diminuição significativa na diferença total de cor entre a fruta *in natura* e a fruta desidratada.

CONCLUSÃO

O uso do ultrassom aliado aos agentes osmóticos glicose e frutose favoreceu a remoção de água da fruta e o ganho de sólidos quando o aumento da concentração osmótica e tempo de ultrassom foram elevados, provavelmente devido à cavitação e o baixo peso molecular dos agentes osmóticos utilizados.

Todos os parâmetros em 50°Brix de glicose nos frutos sonicados e nos frutos do grupo controle apresentaram diferenças significativas em relação ao tempo de 30 min. de tratamento, evidenciando neste estudo que, quanto maior a concentração do agente osmótico e o tempo de tratamento utilizado seja em ultrassom ou desidratação osmótica, menor a luminosidade, a tonalidade vermelha e amarelo presente no fruto.

REFERÊNCIAS

AHMED, J.,SHIVHARE,,U.S.,KAUR.M. thermal colour degradation kinetics of mango puree. **International journal of food Properties**, v.5,p 359-366,2002.

ALMEIDA, P.S.; Influência do Tratamento Ultrassônico na Desidratação Convectiva de Maça Fuji. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)** - Universidade Federal do Ceará, Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 2012

ASKAR, A. *et al.* Osmotic and solar dehydration of peach fruits. **Fruit Processing**, Schonborn, Alemanha, v. 6, n. 7, p. 258-262, 1996.

BALDWIN, E. A. *et al.* Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 151-163, 1996.

BERISTAIN, C. I.; AZUARA, E.; CORTÉS, R.; GARCIA, H.S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *International Journal of Food Science and Technology*, London, v. 25, n. 5, p. 576-582, 1990.

BIDWELL, R. G. S. **Plant Physiology**. 2 ed. New York: 1979

BORCHGREVINK, N. C.; CHARLEY, H. Color of cooked carrots related to carotene content. *J. Am. Diet. Assoc.* 1966, 49, 116-121.

BUSHWAY, R. J.; WILSON, A. M. Determination of α - and β -carotene in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 1982,15, 165-169.

CHANDRIKA, U. G.; JANSZ, E. R.; WICKRAMASINGHE, SMD N.; WARNASURIYA, N. D. Carotenoids in yellow- and red-fleshed papaya (*Carica papaya* L). **J. Sci. Food Agric.**, v. 83, n. 12, p. 1279-1282, 2003.

CHEN, B. H.; CHEN, T. M.; CHIEN, J. T. Kinetic model for studying the isomerization of α - and β -carotene during heating and illumination. *J. Agric. Food Chem.* 1994, 42, 2391-2397.

CHEN, H. E.; PENG, H. Y. e CHEN, B. H. Changes of carotenoids colour and vitamin A contents during processing of carrot juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 43, p. 1912-1918, 1995.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

EL-AOUAR, L.A.A; AZOUBEL, P.M; MURR, F.E.X Drying kinetics of fresh and Osmotically pre-treated papaya (*Carica papaya*), **Journal of Food Engineering**, V, 59 Pag 85–91, 2003.

FERREIRA, V.L. Colorimetria em alimentos. Campinas: Instituto de tecnologia de alimentos, 1991. 42p.

GARCIA-NOGUEIRA, J *et al.* Ultrasound- assisted osmotic dehydration of strawberries effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. **Drying Technology**, New York, v.28, n.2, p 294-303, Mar. 2010.

GOULARTE,V.D.S.,ANTUNES E.C., ANTUNES, P.L., qualidade de maçã fuji osmoticamente concentrada e desidratada **Ciênc. Tecnol. De Alimentos**. [online] 2000 vol.20, n.2, pp. 160-163

HAWKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, Connecticut, USA, v. 2, n. 4, p. 265-284, 1978.

JUSTUS, A. Influencia da aplicação de ondas de ultrassom na desidratação osmótica de tomates. **Dissertação de mestrado Universidade Federal de Lavras Minas Gerais** 2012 pág 118.

KARATHANOS, V. T.; KOSTRAPOULOS, A. E.; SARAVACOS, G. D. Air-drying of osmotically dehydrated fruits. **Drying Technology**, New York, US, v. 13, n. 5-7, p. 1503-1521, 1995.

KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; YOKOYAMA, S. M. Cultivar differences and geographic effects on the carotenoid composition and vitamin A value of papaya. **Lebens. Wissen. Technol.**, v. 24, n. 5, p. 415-418, 1991.

LEE, W. G.; AMMERMAN, G. A. Carotene stereoisomerization in sweet potatoes as affected by rotating and still retort canning processes. *J. Food Sci.* 1974,39, 1188-1190.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, New York, US, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

MACDOUGALL, D. B. Colour in food . CRC Press. Cambridge. 2002. p.211.

MAURO, M. A.; MENEGALLI, F. C. Evaluation of diffusion coefficients in osmotic concentration of bananas (*Musa Cavendish Lambert*). **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, England, v. 30, n. 2, p. 199-213, 1995.

MIZRAHI, S.; EICHLER, S.; RAMON, O. Osmotic Dehydration phenomena in gel systems. **Journal of Food Engineering**, Oxford, n° 49, p. 87-96, 2001

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

NSONZI, F.; RAMASWAMY, H. S. Osmotic Dehydration Kinetics of Blueberries. **Drying Technology**, [S.l.], v. 16, p. 725-741, 1998.

OLIVEIRA, F. I. P. **Estudo do processo de produção de jambo desidratado sob aplicação de ultrassom**. 2010. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal do Ceará.

PHILIP, T.; CHEN, T. S. Quantitative analysis of major carotenoid fatty acid esters in fruits by liquid chromatography: Persimmon and papaya. **J. Food Sci.**, v. 53, n. 9, p. 1720-1723, 1988.

QUINTERO-RAMOS, A. *et al.* Effect of conditions of osmotic treatment on the quality of dried apple dices, In: BARBOSA CÁNOVAS, G. V.; OKOS, M. R. (Ed.) **Food dehydration**, Aiche Symposium Series, New York, NY, US, v. 89, n. 297, p. 108-103, 1993.

RAHMAN, S.; LAMB, J. Air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated pineapple. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, Connecticut, US, v. 14, n. 3, p. 163-171, 1991.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K. Mass transfer during osmotic dehydration of banana: fickian diffusion in cylindrical configuration. **Journal of Food Engineering**, Essex, England, v. 31, n. 4, p. 423-432, 1997.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L.; SANJINÉ Z-ARGANDOÑA, E. J. Avaliação das propriedades físicas, químicas e sensorial de preferência de goiabas em calda industrializadas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* . v.24, n.4, Campinas,out./dez. 2004. p.149-156.

SAGUY, I.; GOLDMAN, M.; KAREL, M. Prediction of p-carotene decoloration in model system under static and dynamic conditions of reduced oxygen environment. *J. Food Sci.* 1985,50, 526-530.

SALA, F. J.; BURGOS, J.; CONDON, S.; LOPEZ, P.; RASO, J. Effects of heat and ultrasound on microorganism and enzymes in: GOULD, G. W. (Ed.). **New methods of food preservation**. London: Blackie Academic e Professional,. cap.9, p. 177-204, 1995.

SANJINÉZ-ARGANDOÑA, E. J. Desidratação de Goiaba (*Psidium guajava* L.) por imersão e secagem. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 1999. 102p.

SERENO, A. M.; MOREIRA, R.; MARTINEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. **Journal of Food Engineering**, Essex, England, v. 47, n. 1, p. 43-49, 2001.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

SIMAL, S. *et al.* Simple modelling of air drying curves of fresh and osmotically pre-dehydrated apple cubes. **Journal of Food Engineering**, Essex, England, v. 33, n. 1-2, p. 139-150, 1997.

TEIXEIRA NETO, R. O.; KAREL, M.; SAGUY, I.; MIZRAHI, S. Oxygen uptake and ,&carotene decoloration in a dehydrated food. *J. Food Sci.* 1981,46, 665-676.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, Oxford, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

YAMAMOTO, H. Y. Comparison of the carotenoids in yellow - and - red-fleshed *Carica papaya*. **Nature**, v. 201, p. 1049-1051, 1964.

YOSHIDA, C. M. P; ANTUNES, A. J. Aplicação de filmes proteicos à base de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29 n. 2, 2009.

WILBERG, V. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. HPLC Quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. **Lebens. Wissen. Technol.**, v. 28, p. 474-480, 1995.

WILLS, R.B.H.; LEE, T.H ; GRAHAM, O.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruits 72 **and vegetables**. Kesington, New Wouth Wales University Press, 1982. 161 p.

CAPÍTULO 3

Avaliação da cor durante a secagem do mamão formosa em sacarose submetido ao pré-tratamento em ultrassom.

AValiação da cor durante a secagem do mamão formosa em sacarose submetido ao pré-tratamento em ultrassom.

F. I. P. OLIVEIRA¹, F. A. N. FERNANDES¹ S. RODRIGUES²

¹ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Química, Campus do Pici, Bloco 709, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil;

² Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Campus do Pici, Bloco 858, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil.

E-mail: imylena@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Na desidratação de frutas o ideal é que as características como cor e sabor sejam preservadas. Muitas mudanças de ordens químicas e físicas ocorrem durante a secagem das frutas. Isso pode afetar a qualidade do produto desidratado em termos de valor nutricional, cor, sabor, aroma e textura. As frutas e hortaliças mais propensas a alterações provocadas pela secagem são os com baixa acidez e ricos em açúcares, aminoácidos e lipídios. (CELESTINO, 2010)

Comercialmente, a maioria das frutas deve ser tratada antes da secagem para manter uma boa aparência e para prevenir o escurecimento, perdas de cor e nutrientes. Vega (2012) mostrou que temperaturas elevadas foram responsáveis pela diminuição da cor em pedaços de maçã assim como a desidratação foi mais rápida quando a temperatura do ar de secagem aumentou. O controle da temperatura de secagem é importante para a qualidade do produto final. A secagem altera as características dos alimentos, portanto, sua cor, refletância e pigmentos como clorofila e carotenóides, sofrem modificações químicas por causa do calor.

Muitos resultados foram relatados na literatura quanto ao estudo e preservação da coloração, Palou *et al.*, (2000) López-Malo *et al.* (1999), Palou *et al.* (1999) e Boyton *et al.* (2002). As mudanças na cor que podem ocorrer durante a secagem tem grande influência na aceitação ou rejeição dos alimentos.

Visto que a desidratação osmótica é uma técnica que consiste em imergir pedaços de alimentos em uma solução hipertônica, permitindo assim o ajuste das propriedades físico-químicas de alimentos, reduzindo teor de água e promovendo a estabilização dos parâmetros

da cor (KROKIDA, *et al.*, 2000), e que o uso do ultrassom causa uma série rápida de compressões de forma semelhante a uma esponja quando é espremida. (TARLETON, 1992; TARLETON, WAKEMAN, 1998; FUENTE-BLANCO *et al.*, 2006), além de ser responsável pela formação dos canais microscópicos (FERNANDES *et al.*, 2006a,b; FERNANDES, RODRIGUES, 2007; RODRIGUES, FERNANDES, 2007a,b; SOUZA *et al.*, 2007) é interessante verificar se diferentes temperaturas de secagem em estufa de circulação de ar aliadas ao ultrassom e soluções hipertônicas de sacarose produzem produtos com características semelhantes ao tradicional.

Desta forma, a fim de observar a influência do aumento da temperatura na coloração do mamão sonicado, o presente trabalho teve por objetivo realizar um estudo detalhado dos efeitos de três temperaturas de secagem em estufa de circulação de ar (60°C, 70°C e 80 °C) aliados a sonicação em tempos de processamento que variaram entre 20, 40 e 60 min. e concentrações osmóticas de sacarose 0, 25, e 50°Brix.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No que concerne a sonicação e desidratação osmótica, a metodologia utilizada foi realizada conforme descrita detalhadamente no capítulo 2.

O estudo da coloração da polpa do mamão formosa em sacarose foi analisado antes e após tratamento ultrassônico e durante a secagem do mamão em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 60°C, 70°C e 80°C, ao longo de cinco horas de secagem.

Foram feitas cinco medições a cada 60 min. para obtenção das médias e desvio padrão das amostras. Uma amostra sem os respectivos tratamentos denominada de amostra controle foi levada à estufa para comparação com as amostras sonicadas e tratadas osmoticamente.

As amostras foram colocadas em placas de petri devidamente identificadas e a leitura foi realizada diretamente no aparelho, um colorímetro da marca Konica-Minolta modelo CR 300. Foram analisados os parâmetros L^* , a^* e b^* de acordo com a escala CIE/Lab que representam, respectivamente, a luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo presente nas amostras.

A comparação das medias foi realizada através do teste de Tukey ao nível de 95% de significância. As amostras foram subdivididas da seguinte maneira:

- Mamão amostra controle
- Mamão formosa em água destilada
- Mamão formosa em água destilada e ultrassom
- Mamão formosa em solução de sacarose a 25%
- Mamão formosa em solução de sacarose e ultrassom a 25%
- Mamão formosa em solução de sacarose a 50%
- Mamão formosa em solução de sacarose e ultrassom a 50%

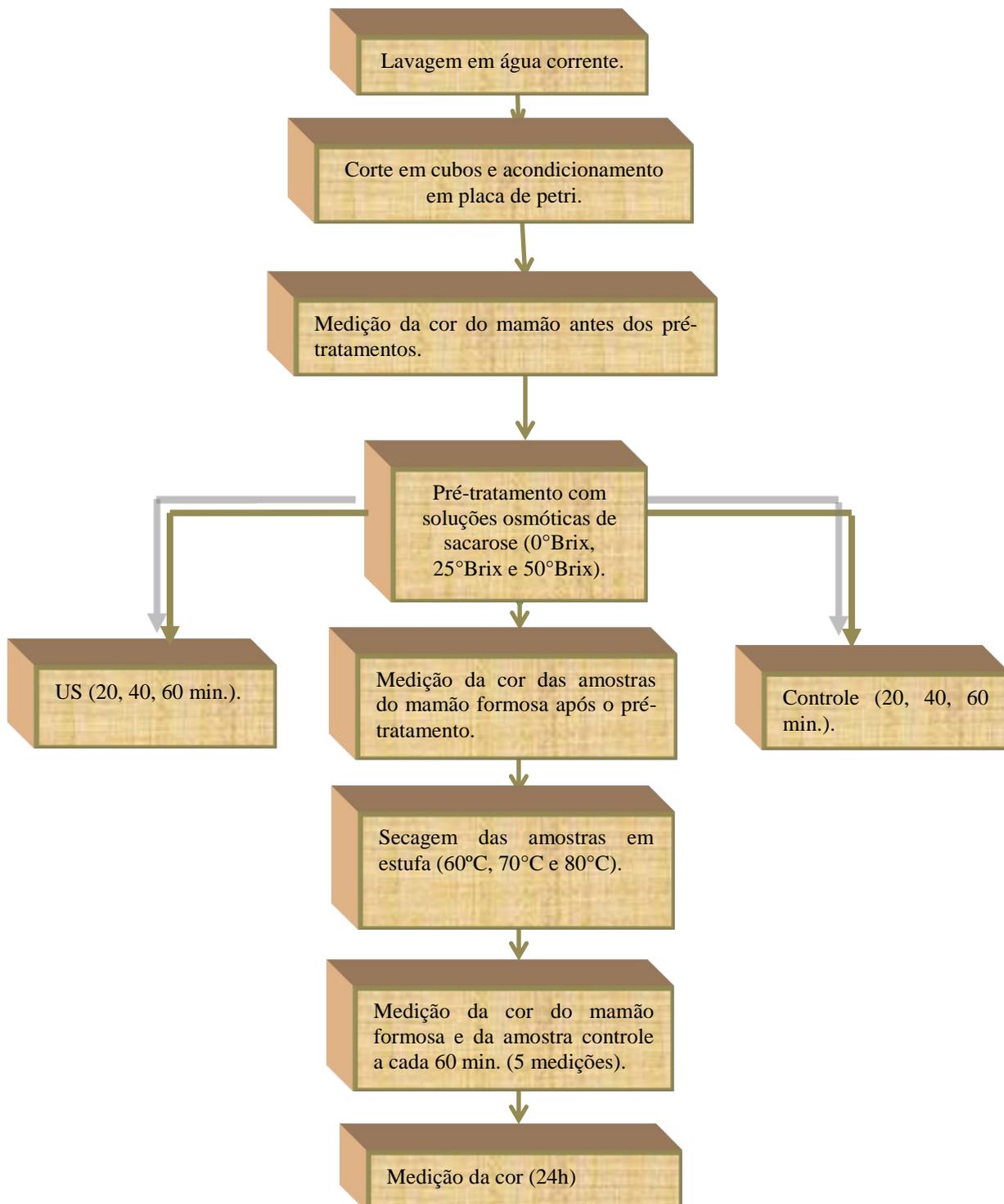
A diferença total de cor (ΔE) e a cromaticidade (ΔC) foram calculadas de acordo com as equações 1 e 2 (FERREIRA, 1991). Os resultados obtidos para as análises de cor e cromaticidade encontram-se expostos nos apêndices de 3 a 8.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\Delta C^* = \sqrt{(a_0^{*2} + b_0^{*2})} - \sqrt{(a_s^{*2} + b_s^{*2})} \quad (2).$$

A Figura 2 descreve o processo representa o processo de pré- tratamento osmótico do mamão formosa em ultrassom em sacarose e seco em três temperaturas diferentes.

Figura 1 Fluxograma representado o esquema da análise dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) do mamão formosa (*Carica papaya*) sonicado, desidratado osmoticamente e seco em três temperaturas de secagem diferentes.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises do parâmetro L^* da cor do mamão formosa

A Tabela 1 mostra os resultados da análise do parâmetro L^* , da cor do mamão formosa: amostra controle, água destilada, água destilada/US, 25°Brix sacarose, 25°Brix sacarose/US, 50° Brix sacarose, 50° Brix/US.

Tabela 1- Análise do parâmetro L^* (luminosidade) do mamão formosa desidratado.

L^* (Luminosidade)			
	60°C	70°C	80°C
Controle	45, 19 ± 1, 27 ^{a, A}	48, 11 ± 3, 46 ^{a, A}	59, 53 ± 3, 60 ^{a, B}
H₂O	60°C	70°C	80°C
20 min.	34, 20 ± 2, 21 ^{b, A}	40, 04 ± 3, 60 ^{b, B}	39, 29 ± 1, 68 ^{b, B}
40 min.	33, 77 ± 1, 95 ^{b, A}	56, 1 ± 1, 10 ^{c, B}	36, 45 ± 3, 99 ^{b, A}
60 min.	35, 37 ± 1, 07 ^{b, A}	57, 15 ± 0, 83 ^{c, B}	37, 10 ± 4, 02 ^{b, A}
H₂O/US	60°C	70°C	80°C
20 Us	34, 88 ± 2, 31 ^{b, A}	53, 16 ± 4, 96 ^{ab, B}	40, 598 ± 3, 39 ^{b, A}
40 Us	30, 62 ± 1, 26 ^{a, A}	57, 75 ± 3, 72 ^{b, C}	48, 766 ± 4, 01 ^{a, B}
60 Us	32, 60 ± 1, 40 ^{ab, B}	46, 45 ± 2, 908 ^{a, A}	46, 778 ± 2, 01 ^{a, A}
25°Brix/sacarose	60°C	70°C	80°C
20 min.	34, 59 ± 1, 28 ^{a, A}	35, 472 ± 4, 270 ^{a, A}	39, 61 ± 1, 65 ^{a, A}
40 min.	33, 66 ± 1, 21 ^{a, A}	31, 092 ± 1, 212 ^{a, A}	42, 83 ± 2, 72 ^{a, B}
60 min.	35, 05 ± 2, 06 ^{a, A}	30, 768 ± 1, 967 ^{a, B}	48, 66 ± 1, 96 ^{b, C}
25°Brix/ US	60°C	70°C	80°C
20 Us	39, 09 ± 2, 31 ^{a, AB}	33, 99 ± 5, 01 ^{a, A}	45, 75 ± 3, 95 ^{b, B}
40 Us	38, 05 ± 1, 33 ^{a, B}	33, 10 ± 1, 81 ^{a, A}	41, 48 ± 0, 87 ^{ab, C}
60 Us	45, 62 ± 1, 13 ^{b, C}	35, 20 ± 1, 60 ^{a, A}	39, 61 ± 0, 69 ^{a, B}
50° Brix/sacarose	60°C	70°C	80°C
20 min.	41, 06 ± 1, 94 ^{a, A}	44, 47 ± 3, 32 ^{ab, AB}	48, 98 ± 2, 06 ^{a, B}
40 min.	41, 20 ± 1, 92 ^{a, B}	45, 77 ± 1, 83 ^{b, A}	47, 71 ± 1, 12 ^{a, A}
60 min.	40, 33 ± 5, 73 ^{a, A}	41, 27 ± 0, 85 ^{a, A}	49, 29 ± 1, 73 ^{a, B}
50°Brix/ US	60°C	70°C	80°C
20 Us	41, 66 ± 0, 56 ^{a, A}	41, 93 ± 1, 19 ^{a, A}	49, 21 ± 2, 59 ^{ab, B}
40 Us	46, 43 ± 2, 46 ^{b, A}	43, 86 ± 1, 95 ^{ab, A}	47, 43 ± 2, 16 ^{a, A}
60 Us	39, 35 ± 1, 16 ^{a, A}	48, 05 ± 3, 33 ^{b, B}	53, 13 ± 1, 61 ^{b, C}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

Os resultados obtidos para o parâmetro L^* mostraram que o maior valor da luminosidade foi encontrado nos frutos da amostra controle secos a 80°C, quando comparado com os demais tratamentos aplicados no mamão formosa. De acordo com o teste de Tukey em relação à temperatura houve diferença significativa quando comparada com as amostras secas

a 60°C e 70°C respectivamente. A temperatura de 80°C do mamão formosa na amostra controle pode ter ocasionado a quebra do complexo caroteno-proteína e o rompimento da matriz alimentar o que resultou numa maior luminosidade do fruto nesta temperatura.

Em um estudo realizado por Sales (2013) a aplicação de tratamento térmico a 70°C na polpa de murici e cajá diminuiu a quantidade de carotenóides totais, mas aos 80°C talvez tenha ocorrido à liberação de pigmentos pela quebra da ligação caroteno-proteína e rompimento da matriz alimentar. A melhor temperatura para tratamento térmico encontrada neste estudo foi a 80°C, onde não se comprometeu os teores de carotenóides.

De acordo com Justus (2012) durante análise da cor de tomates sonicados e desidratados osmoticamente em solução de sacarose o soluto facilitou a manutenção da cor, pois o fruto após o tratamento osmótico apresentou valores de L^* muito próximos dos frutos do grupo controle. Pesek; Warthesen (1987) afirmam que altas temperaturas de secagem podem ocasionar mudanças de posição dos isômeros trans para forma cis durante a secagem.

Shamaei (2011) estudou a desidratação osmótica de Cranberries utilizando ultrassom de baixa frequência. Este método afetou a cor das Cranberries secas. A maior degradação da cor ocorreu devido à alta temperatura de secagem e produtos secos apresentaram uma cor mais clara.

3.2 Análises do parâmetro a^* da cor do mamão formosa

A Tabela 2 mostra os resultados da análise do parâmetro a^* , da cor do mamão formosa: amostra controle, água destilada, água destilada/US, 25°Brix sacarose, 25°Brix sacarose/US, 50° Brix sacarose, 50° Brix/US.

Tabela 2- Análise da cor do parâmetro a^* do mamão formosa.

a^* verde (-) vermelho (+)			
	60°C	70°C	80°C
Controle	12,14 ± 1,28 ^{a, A}	13,30 ± 2,16 ^{a, A}	7,66 ± 0,77 ^{a, B}
H₂O	60°C	70°C	80°C
20 min.	18,76 ± 2,27 ^{b, A}	10,22 ± 3,27 ^{ab, B}	9,03 ± 1,60 ^{ab, B}
40 min.	16,56 ± 1,09 ^{b, A}	7,29 ± 1,12 ^{b, B}	12,87 ± 2,00 ^{bc, C}
60 min.	12,93 ± 0,76 ^{a, A}	11,96 ± 1,06 ^{a, A}	14,48 ± 3,91 ^{c, A}
H₂O/US	60°C	70°C	80°C
20 Us	19,66 ± 2,19 ^{b, B}	8,99 ± 1,10 ^{a, A}	8,17 ± 1,74 ^{a, A}
40 Us	12,78 ± 3,08 ^{a, A}	7,25 ± 0,85 ^{b, B}	8,03 ± 0,68 ^{a, A}
60 Us	17,79 ± 1,40 ^{c, B}	9,28 ± 1,40 ^{a, A}	9,70 ± 1,54 ^{a, A}
25°Brix/sacarose	60°C	70°C	80°C
20 min.	16,45 ± 0,89 ^{a, A}	17,25 ± 1,70 ^{a, A}	18,02 ± 0,81 ^{ab, A}
40 min.	17,12 ± 0,93 ^{a, A}	17,64 ± 1,34 ^{a, A}	15,49 ± 1,63 ^{a, A}
60 min.	17,85 ± 1,45 ^{a, A}	17,19 ± 2,68 ^{a, A}	18,62 ± 2,07 ^{b, A}
25°Brix/ US	60°C	70°C	80°C
20 Us	16,63 ± 0,99 ^{a, A}	21,07 ± 2,30 ^{b, B}	17,29 ± 1,92 ^{a, A}
40 Us	15,64 ± 1,83 ^{a, A}	16,88 ± 1,63 ^{a, A}	11,77 ± 1,12 ^{b, B}
60 Us	21,80 ± 2,77 ^{b, C}	17,66 ± 1,16 ^{a, A}	15,37 ± 1,26 ^{a, B}
50° Brix/sacarose	60°C	70°C	80°C
20 min.	13,12 ± 1,87 ^{a, A}	11,99 ± 1,66 ^{a, A}	8,19 ± 0,33 ^{a, B}
40 min.	16,64 ± 2,21 ^{a, A}	12,83 ± 1,29 ^{a, B}	20,98 ± 1,31 ^{b, C}
60 min.	16,91 ± 2,34 ^{a, B}	11,32 ± 0,89 ^{a, A}	12,66 ± 1,73 ^{c, A}
50°Brix/ US	60°C	70°C	80°C
20 Us	19,09 ± 0,63 ^{b, C}	9,60 ± 1,41 ^{a, A}	14,76 ± 2,19 ^{b, B}
40 Us	13,67 ± 1,28 ^{a, AB}	13,86 ± 1,12 ^{b, B}	11,61 ± 1,03 ^{a, A}
60 Us	13,36 ± 1,44 ^{c, B}	11,06 ± 0,98 ^{a, A}	12,44 ± 1,19 ^{ab, A}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados obtidos para o parâmetro a^* de uma maneira geral as amostras apresentaram os maiores valores na temperatura de 60°C. A exceção se deu apenas nas amostras onde se utilizou 25°e 50°Brix de sacarose, sem o tratamento ultrassônico. Yoshida e Antunes, (2009) afirmam que quanto maior o valor de a^* , maior será o escurecimento da amostra.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira (2012), na produção de compota de groselha utilizando secagem a vácuo combinando calor e ultrassom, o parâmetro a^* foi influenciado pela temperatura e se mostrou maior quando a concentração da solução e a temperatura foram menores.

As amostras tratadas em água destilada, água destilada/ultrassom e 50°Brix sacarose/ultrassom apresentaram os maiores valores no tempo de tratamento de 20 min.

O processo de cavitação do ultrassom acelera diversas reações físicas, biológicas, químicas e de escurecimento enzimático e esta relacionado com a mudança de cor nas amostras tratadas por sonicação. (SALA *et al.*, 1995)

Houve diferença significativa ao nível de 95% em quase todos os tratamentos estudados com relação à temperatura aplicada durante a secagem, à exceção mais uma vez se deu para a amostra tratada com 25°Brix de sacarose.

Em relação aos tempos de tratamento osmótico e de sonicação aplicado, todas as amostras apresentaram diferença significativa ao nível de 95% quando comparadas com as amostras do grupo controle.

Em relação às amostras que foram tratadas em soluções osmóticas de 25°Brix (60 min.) e 50°Brix de sacarose (40 min.) e temperatura de 80°C, foi observado que o aumento da temperatura do ar de secagem e da concentração osmótica teve uma influência significativa no aumento dos valores do parâmetro a^* . Evidenciando que neste estudo a combinação: temperatura de secagem elevadas, tempo de imersão em solução osmótica e concentração da sacarose resultaram em mostras de mamão formosa mais escuras.

Resultados parcialmente semelhantes foram mostrados por Germer (2011) na desidratação osmótica de pêssegos onde se avaliou a influência da temperatura e da concentração do xarope de sacarose na desidratação osmótica de pêssegos, e em função da temperatura (30 a 50°C) e concentração do xarope de sacarose o (45 a 65 °Brix), onde em relação ao parâmetro a^* verificou-se que seu valor, triplicou durante o processo, indicando um aumento importante da coloração vermelha.

Em um estudo realizado por Osório *et al.* (2007), utilizando bagas de tamarindo e observando o comportamento dos frutos em agentes osmóticos como xarope de sacarose 70% e glicerol 65%, os resultados obtidos neste estudo confirmaram a transferência de importantes

pigmentos antociânicos ressaltando o potencial uso destas soluções principalmente na cor dos frutos.

3.3 Análises do parâmetro b^* da cor do mamão formosa.

A Tabela 3 mostra os resultados da análise do parâmetro b^* , da cor do mamão formosa: amostra controle, água destilada sem US, água destilada/US, 25°Brix sacarose, 25°Brix sacarose/US, 50° Brix sacarose, 50° Brix/US.

Tabela 3- Análise da cor do parâmetro b^* do mamão formosa.

b^* amarelo (+) azul (-)

	60°C	70°C	80°C
Controle	15, 57 ± 1, 64 ^{b, A}	14, 28 ± 2, 52 ^{c, A}	9, 34 ± 1, 03 ^{ab, B}
H₂O	60°C	70°C	80°C
20 min.	13, 80 ± 1, 68 ^{ab, B}	8, 86 ± 2, 62 ^{ab, A}	7, 56 ± 1, 08 ^{a, A}
40 min.	12, 90 ± 0, 95 ^{ab, C}	7, 53 ± 0, 86 ^{a, A}	10, 37 ± 1, 74 ^{ab, B}
60 min.	11, 80 ± 0, 66 ^{a, A}	11, 86 ± 0, 94 ^{bc, A}	11, 77 ± 2, 76 ^{b, A}
H₂O/US	60°C	70°C	80°C
20 Us	15, 09 ± 1, 78 ^{a, A}	11, 35 ± 1, 34 ^{b, A}	7, 95 ± 2, 08 ^{a, B}
40 Us	8, 04 ± 1, 24 ^{b, A}	9, 25 ± 0, 54 ^{a, A}	8, 91 ± 0, 95 ^{a, A}
60 Us	13, 60 ± 1, 33 ^{a, B}	8 89 ± 1, 34 ^{a, A}	8, 18 ± 0, 92 ^{a, A}
25°Brix/sacarose	60°C	70°C	80°C
20 min.	14, 65 ± 0, 86 ^{a, B}	12, 12 ± 1, 30 ^{a, A}	13, 44 ± 0, 56 ^{ab, AB}
40 min.	13, 78 ± 0, 85 ^{a, A}	12, 56 ± 1, 06 ^{a, A}	12, 71 ± 1, 36 ^{a, A}
60 min.	14, 83 ± 1, 30 ^{a, AB}	12, 21 ± 1, 56 ^{a, A}	15, 51 ± 1, 74 ^{b, B}
25°Brix/ US	60°C	70°C	80°C
20 Us	12, 79 ± 0, 76 ^{a, A}	13, 59 ± 1, 57 ^{a, A}	13, 24 ± 1, 39 ^{b, A}
40 Us	11, 74 ± 1, 30 ^{a, AB}	13, 12 ± 1, 20 ^{a, B}	9, 71 ± 1, 01 ^{a, A}
60 Us	17, 29 ± 1, 67 ^{b, C}	14, 69 ± 1, 12 ^{a, B}	11, 39 ± 0, 97 ^{ab, A}
50° Brix/sacarose	60°C	70°C	80°C
20 min.	10, 48 ± 1, 58 ^{a, B}	9, 96 ± 1, 36 ^{a, AB}	7, 82 ± 0, 80 ^{a, A}
40 min.	11, 89 ± 1, 55 ^{a, A}	10, 81 ± 1, 14 ^{a, A}	16, 39 ± 0, 85 ^{c, B}
60 min.	12, 17 ± 1, 62 ^{a, B}	9, 01 ± 0, 58 ^{a, A}	9, 84 ± 1, 33 ^{b, AB}
50°Brix/ US	60°C	70°C	80°C
20 Us	14, 31 ± 0, 56 ^{a, C}	6, 89 ± 0, 97 ^{a, A}	11, 28 ± 1, 80 ^{a, B}
40 Us	12, 03 ± 1, 10 ^{a, C}	11, 52 ± 0, 92 ^{c, B}	9, 16 ± 0, 88 ^{a, A}
60 Us	9, 68 ± 0, 98 ^{b, A}	9, 23 ± 0, 71 ^{b, A}	10, 71 ± 1, 23 ^{a, A}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

Os resultados obtidos mostraram que o maior valor foi encontrado na amostra tratada em 50°Brix de sacarose em solução osmótica por 40 min. na temperatura de 80°C, houve diferença significativa ao nível de 95% tanto em comparação com as temperaturas de 60°C e 70°C como em relação aos demais tempos de tratamento em solução osmótica.

Observa-se, ainda, que nas demais amostras secas na temperatura de 80°C houve um ligeiro decréscimo do parâmetro b^* em alguns casos e, em outros, um pequeno aumento indicando que, na prática houve a conservação da coloração amarela. Quanto maior o valor de b^* maior a tonalidade amarelo do fruto.

Esses resultados se assemelham aos obtidos por Germer *et al* (2010) Heng *et al* (1990) em um trabalho realizado com mamão, e por Azoubel *et al.* (2008) em um trabalho realizado com manga.

Torreggiani (1993) sugere que podem ocorrer alterações de cor em temperaturas a partir de 45°C. Sidhu (2006), afirma que a elevada quantidade de açúcares redutores no mamão e as reações enzimáticas durante a secagem reforçaram a reação de Maillard o que resultou em mudança de cor significativa para o amarelo-marrom. Além disso, a oxidação de vitamina C (74,55 mg/100 g de mamão fresco) também pode ter contribuído para a mudança da cor no mamão desidratado.

O pré-tratamento osmótico em abóboras em solução de sacarose (60%, p/p) melhorou a retenção de carotenoides durante a secagem convectiva. (MAURO *et al.* 2005)

O processo de desidratação apresentou vantagem sobre as características de cor, além de diminuir o escurecimento enzimático das frutas durante o processo de secagem. Esses resultados se devem ao aumento da concentração de sacarose que exerce forte pressão osmótica sobre a superfície dos frutos. (ELITA, 2007)

Photon *et al.*, (2001), em seu estudo sobre secagem de maçã verificaram que as amostras tratadas osmoticamente apresentavam um menor escurecimento em comparação com as amostras sem tratamento osmótico prévio.

Os valores da cromaticidade (ΔC) para a fruta seca do grupo controle e sonicadas de acordo com os apêndices de 3 a 8, o menor valor refere-se à concentração de 25°Brix de sacarose e tempos de tratamento osmótico de 40 min. na temperatura de 80°C e 60°C respectivamente. Quanto menor a variação do grau de intensidade do croma mais a cor das amostras tratadas se aproximam da amostra do grupo controle. As diferenças perceptíveis nos parâmetros de cor podem ser classificadas em: muito distintas ($\Delta E > 3$).

De um modo geral como podem ser observadas nos Apêndices 3-8 todas as amostras apresentaram diferenças perceptíveis muito distintas ($\Delta E > 3$)

4. CONCLUSÕES

O aumento da luminosidade nas amostras dos frutos do grupo controle pode estar associado a não formação de compostos escuros decorrentes de escurecimento enzimático e não enzimático. O rompimento das membranas celulares e do complexo proteína-carotenóide pode ser o principal responsável pela luminosidade alta dos frutos do grupo controle.

De uma maneira geral o parametro L^* (luminosidade) referente a cor do mamão nos frutos do grupo controle sofreu uma influência maior em decorrência das temperaturas elevadas do que pela concentração osmótica da solução de sacarose, tempo de permanência do fruto em solução osmótica e ultrassom.

Os parametros a^* (tonalidade vermelho dos frutos) e b^* (tonalidade amarelo do fruto) sofreram influência tanto da temperatura como da concentração do agente osmótico utilizado.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

REFERÊNCIAS

AZOUBEL, P. M.; OLIVEIRA, S. B.; ARAUJO, A. J. B.; SILVA, I. R. A.; PARK, K.J. **Influence of smotic pretreatment on the total carotenoids content of dried mango**. In: International Conference of Agricultural Engineering, Brazilian Congress of Agricultural Engineering, 37, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: SBEA/CIGR/ASABE. 2008. CD Rom.

BOYTON, B. B.; SIMS, C. A.; SARGENT, S.; BALABAN, M. O.; MARSHALL, M. R. Quality and Stability of Precut Mangos and Carambolas Subjected to High-Pressure Processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 1, p. 409-415, 2002.

CELESTINO, S. M.C, Princípios de Secagem de Alimentos Planaltina DF: Embrapa Cerrados 2010 51p.

ELITA, M.; DUARTE, M.; COSTA, T. L. Efeito da concentração do xarope na desidratação osmótica e na caracterização **Revista de biologia e ciências da terra** v. 7,nº 2 2007.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. **Food Research International**, v.39,n.4.,2006a.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, in press. 2006b.

FERREIRA, V.L. Colorimetria em alimentos. Campinas: Instituto de tecnologia de alimentos, 1991. 42p.

FUENTE-BLANCO, S.; SARABIA, E. R. F.; ACOSTA-APARICIO, V. M., BLANCO-BLANCO, A.; GALLEGUO-JUAREZ, J. A. Food drying process by power ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 44, p. 523–527, 2006.

GERMER, S, P, M.; QUEIROZ, M, R.; AGUIRRE, J,M.; BERBARIS,A,G.; D. ANJOS,D,V. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. **Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campinas, v.15, n.2, p.161–169, 2011.

HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. **Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality**. Science des Aliments, v.10, p.831-848, 1990.

JUSTUS, A. Influencia da aplicação de ondas de ultrassom na desidratação osmótica de tomates. **Dissertação de mestrado Universidade Federal de Lavras Minas Gerais** 2012 pág 118.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

KROKIDA, M. K., KARATHANOS, V. T., & MAROULIS, Z. Effect of osmotic dehydration on color and soption characteristics of apple and banana. *Drying Technology*, 18(4–5), 937–950. . 2000

LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J. & SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase activity and color changes during storage of high hydrostatic pressure treated avocado puree. **Food Research International**, 31, 549-556, 1999.

MAURO, M. A.; GARCIA, C. C.; KIMURA, M. Effects of osmotic dehydration on air-drying and on characteristics of dried pumpkin (*Cucurbita moschata*) In: enpromer 2005 - 2nd mercosur congress on chemical engineering / 4th mercosur congress on process systems engineering, 2005, Rio de Janeiro, Brazil. Anais do Enpromer , 2005.

MAURO, M. A.; MONNERAT, S. M.; RODRIGUES, A. E. Vacuum drying of osmotic dehydrated apple slices. In: **International Drying Symposium (IDS)**, 14th , 2004, São Paulo, Proceedings. São Paulo: UNICAMP,. v. C, p. 2084-2090. 2004

OSORIO, C.; FRANCO, M. S.; CASTAÑO, M. P.; GONZÁLEZ-MIRET, M.L.; HEREDIA, F. J.; MORALES, A. L. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, London, nº 8, v.7, p. 353-359, 2007.

PALOU, E.; HERNANDEZ-SALGADO, C.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSACÁNOVAS, G.V.; SWANSON, B.G.; WELTI-CHANES, J. High pressure-processed guacamole. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. 1: 69-75, 2000.

PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J. & SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, v. 64, n.1, 42-45, 1999.

PEREIRA, E, V.; Otimização de um processo combinado de impregnação por vácuo e calor na produção de uma compota de groselha **Dissertação de Mestrado**, Universidade do Algarve Faculdade de Ciências e Tecnologia, p.97 2012.

PESEK, C. A., & WARTHESEN, J. J. Photodegradation of carotenoids in a vegetable juice system. *Journal of Food Science*, 52, 744–746. (1987).

PHOTON, F.; AHRNÉ, L. M.; FUNEBO, T.; KIDMAN, S.; LANGTON, M.; SJÖHOLM, I. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. **Lebensmittel- Wissenschaft und-Technologie**, [S.I], v. 34, p. 95-101, 2001.

RODRIGUES, S., FERNANDES, F.A.N.,. Ultrasound in fruit processing. In: Urwaye, A.P. (Ed.), *New Food Engineering Research Trends*. Nova Science Publishers.,Hauppauge, USA, pp. 103–135. 2007a

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

RODRIGUES, S., FERNANDES, F.A.N., Use of ultrasound as pretreatment for dehydration of melons. *Drying Technology* 25, 1791–1796. 2007b

SALA, F. J.; BURGOS, J.; CONDON, S.; LOPEZ, P.; RASO, J. Effects of heat and ultrasound on microorganism and enzymes in: GOULD, G. W. (Ed.). **New methods of food preservation**. London: Blackie Academic e Professional,. cap.9, p. 177-204, 1995

SALES, A.; MATOS, T.G.; WAUGHON. Influência do processamento no teor de compostos bioativos em frutos de murici e cajá. *Revista Agrarian*, v.6, n.19, p.7-15, 2013.

SHAMAEI, S.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOINI, S. Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration of Cranberries: Effect of Finish Drying Methods and Ultrasonic Frequency on Textural Properties. *Journal of Texture Studies*, v. 43, n. 2, p. 133–141, 16 abr. 2012.

SIDHU, J. S Tropical fruits: Guava, lychee and papaya. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of fruits and fruit processing* Iowa, USA: Blackwell Publishing. (pp. 597–634). . (2006).

SOUZA, J.S., MEDEIROS, M.F.D.,MAGALHÃES,M.M.A.,RODRIGUES,S.,FERNANDES, F.A.N.,2007. Optimization of osmotic dehydration of tomatoes in a ternary system followed by air-drying. *Journal of Food Engineering* 83, 501–509.

TARLETON, E.S.,. The role of field-assisted techniques in solid/liquid separation. *Filtration Separation* 3, 246–253. 1992.

TARLETON, E.S., WAKEMAN, R.J. Ultrasonically assisted separation process. In: Povey, M.J.W., Mason, T.J. (Eds.), *Ultrasounds in Food Processing*. Blackie Academic and Professional, Glasgow, pp. 193–218. . 1998

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, Monticello, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

YOSHIDA, C. M. P; ANTUNES, A. J. Aplicação de filmes proteicos à base de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29 n. 2, 2009.

VEGA-GÁLVEZ, A. *et al.* Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple var. Granny Smith) slices. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 51–59, maio 2012.

CAPÍTULO 4

Análise da textura do mamão formosa submetido à pré-tratamento em ultrassom e secagem em estufa de circulação de ar a 60°C.

ANÁLISE DA TEXTURA DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO EM ULTRASSOM E SECAGEM EM ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR A 60°C.

F. I. P. OLIVEIRA¹, F. A. N. FERNANDES¹ S. RODRIGUES²

¹ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Química, Campus do Pici, Bloco 709, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil;

² Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Campus do Pici, Bloco 858, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil.

Email: imylena@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Em termos sensoriais, a propriedade mais importante dos alimentos sólidos é a textura, que são os primeiros parâmetros de qualidade avaliados pelos consumidores, sendo fundamental para aceitação ou rejeição do produto.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (1993), textura é definida como todas as propriedades reológicas e estruturas geométricas e de superfície de um alimento perceptível pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos. Os parâmetros de textura são quantificados através das análises texturais que podem ser sensoriais ou instrumentais (KOWASLKI, *et al.* 2002).

Szczesniak (2002) afirma que a textura origina-se a partir de várias propriedades físicas diferentes e depende da estrutura celular e de como este responde a força aplicada na amostra. De acordo com Kluge *et al.* (2002), textura é o reflexo da sensação produzida nos lábios, língua, mucosa da boca, dentes e ouvido sendo representada pela dureza, maciez, fibrosidade, granulabilidade, resistência e elasticidade. Cano-Chauca (2000) afirma que o principal fator alterador da textura das frutas secas é o teor de umidade final, pois com teores baixos de umidade a textura é muito dura, enquanto que com teores mais elevados tornam-se mais apetitosos.

Nos últimos anos muitas técnicas de pré-tratamento foram estudadas visando melhorar a qualidade das frutas secas seja pela imersão em soluções concentradas ou o uso de técnicas combinadas como a desidratação osmótica seguida da secagem. Estes processos

utilizam uma sequência de passos para realizar as mudanças das propriedades originais da matéria-prima (TORREGGIANI; D MALTINI; FORNI, 1999). Enquanto alguns tratamentos como o congelamento tem principalmente um efeito estabilizador, outras medidas tais como desidratação parcial, o uso de solutos como sacarose, glicose ou frutose permitem mudanças estruturais, nutricionais, e sensoriais.

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo realizar um estudo da análise da textura do fruto sonicado variando: agentes osmóticos, tempo de sonicação e concentração das soluções osmóticas utilizadas seguidas de secagem em estufa de circulação de ar a 60°C, visando observar a influência da sonicação e variação das concentrações dos agentes osmóticos utilizados nas propriedades texturais do mamão formosa desidratado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O preparo das amostras: corte em cubos, pesagem, sonicação, desidratação osmótica e secagem em estufa de circulação de ar a 60°C foram realizados seguindo os padrões da metodologia descritos nos capítulos anteriores. As amostras foram submetidas aos seguintes pré-tratamentos:

- Mamão amostra do *in natura*
- Mamão formosa em água destilada
- Mamão formosa em água destilada e ultrassom
- Mamão formosa em solução de sacarose a 25%
- Mamão formosa em solução de sacarose e ultrassom a 25%
- Mamão formosa em solução de sacarose a 50%
- Mamão formosa em solução de sacarose e ultrassom a 50%
- Mamão formosa em solução osmótica de frutose a 25%
- Mamão formosa em solução osmótica de frutose e ultrassom a 25%
- Mamão formosa em solução osmótica de frutose a 50%
- Mamão formosa em solução osmótica de frutose e ultrassom a 50%
- Mamão formosa em solução osmótica de glicose a 25%
- Mamão formosa em solução osmótica de glicose e ultrassom a 25%

- Mamão formosa em solução osmótica de glicose a 50%
- Mamão formosa em solução osmótica de glicose e ultrassom a 50%

As amostras sonicadas em água destilada e solução osmótica de sacarose foram levadas ao banho de ultrassom nos tempos de 20, 40,60 min. em temperatura ambiente. Para as amostras sonicadas em soluções osmóticas de glicose e frutose os tempos de sonicação variaram entre 10, 20, 30 min.

2.1 Textura

A textura do produto desidratado foi avaliada após a sonicação dos frutos e da secagem em estufa a 60°C. Utilizando um texturômetro de bancada (TEXTURE ANALYZER CT3 BROOKFIELD), foram avaliadas dureza e compressão das amostras sonicadas e tratadas osmoticamente em sacarose, glicose e frutose.

A Figura 1 mostra o modelo de texturômetro de bancada utilizado nas análises de dureza e compressão do mamão formosa



Figura1 - Texturômetro de bancada (Texture Analyzer ct3 Brookfield).

2.4.1 Análise da força de compressão

O ensaio para a análise da força de compressão consistiu em comprimir uniaxialmente um pedaço de mamão formosa (amostra em estudo) num movimento recíproco, imitando a ação da mandíbula. Foi utilizada uma sonda de 60 mm de diâmetro em acrílico com uma taxa de descida de 1 mm/s^{-1} e deformação de 80% da amostra.

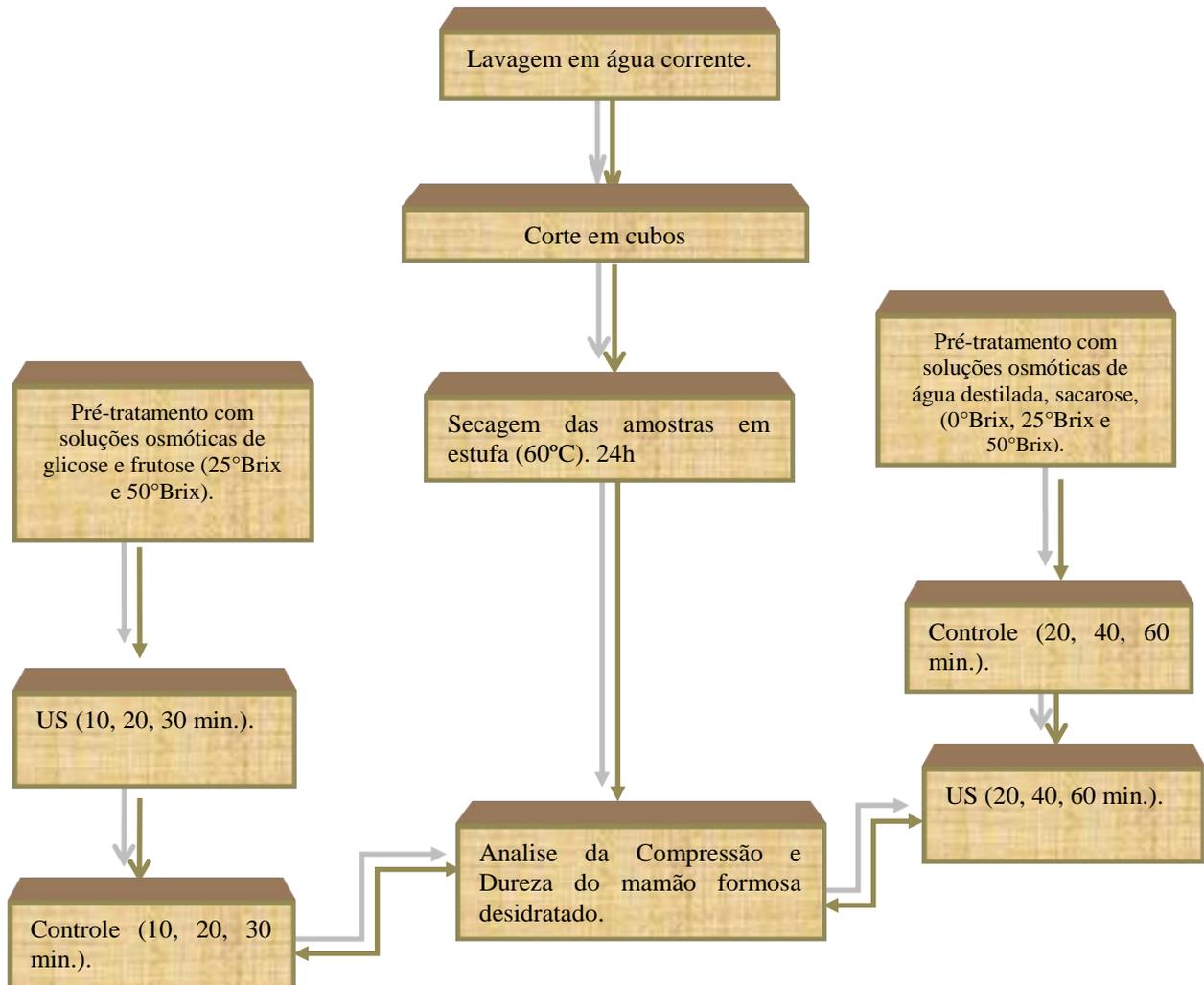
2.4.2 Análise da dureza

Neste ensaio uma sonda cilíndrica de pequeno diâmetro perfura e penetra a amostra a uma velocidade constante e relativamente baixa. Independente do tipo de sonda ou método utilizado, os ensaios baseiam-se no registro da força quando uma determinada deformação é aplicada ao produto. Os testes de penetração têm sido amplamente utilizados, por simularem o impacto de uma mordida.

A amostra de mamão pré-tratada foi perfurada com uma sonda de 2mm de diâmetro de aço inox e uma taxa de descida de 1,5mm/s.

A Figura 2 representa o esquema da análise de textura do mamão formosa sonificado, desidratado osmoticamente e seco a 60°C.

Figura 2- Fluxograma representando o esquema da análise de textura do mamão formosa (*Carica papaya*) sonificado, desidratado osmoticamente e seco a 60°C (Compressão/ Dureza).



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Textura das amostras do fruto *in natura*

Uma amostra do mamão *in natura* foi seca em estufa a 60°C por 24 horas para comparação com as demais amostras tratadas osmoticamente e sonicadas. Os resultados mostraram que os frutos do grupo controle apresentaram valores de dureza e compressão respectivamente elevados: $1700 \pm 80,7$ e $6302,7 \pm 1899,7$

No mamão *in natura* as estruturas celulares permaneceram intactas não havendo quebra da parede celular por meio de agitações osmóticas e turbulências ocasionadas pela vibração do ultrassom, esse fato deve ter influenciado no enrijecimento da estrutura e compressão do mamão formosa durante a secagem em circulação de ar em estufa a 60°C por 24 horas.

Em um estudo realizado por Torregiani *et al.* (1993) para avaliar o grau de firmeza em kiwis utilizando a fruta *in natura* e fruta pré-tratada em sacarose, observou-se que a maior diferença encontrada entre as amostras estudadas foi o conteúdo de protopectina relacionada diretamente com a textura ou seja; quanto maior o conteúdo de protopectina maior a firmeza do fruto.

Em um trabalho realizado com maçãs Hampson *et al.*, (2000) mostrou que as características da textura são responsáveis por 90% da valorização do fruto e tem sido amplamente reconhecido como um atributo chave que afeta a aceitabilidade do consumidor.

3.2 Textura da fruta desidratada em solução osmótica de sacarose.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para a dureza do mamão formosa sonificado e tratado osmoticamente sem sonicação em solução osmótica de sacarose nas concentrações 0°, 25° e 50 °Brix e desidratado em estufa de circulação de ar a 60°C por 24h.

Tabela 1 Dureza (N) do mamão formosa desidratado em solução osmótica de sacarose com ultrassom e sem ultrassom (0, 25,50 ° Brix)

Tratamento	Tempo (min)	Concentração de sacarose		
		0%	25%	50%
Us	20	236,0 ± 20,0 ^{a, A}	165,3 ± 42,4 ^{a, A}	417,3 ± 108,9 ^{ab, B}
	40	240,7 ± 17,0 ^{a, B}	154,0 ± 31,0 ^{a, A}	215,3 ± 31,4 ^{a, AB}
	60	310,7 ± 62,3 ^{a, A}	226,0 ± 112,2 ^{ab, A}	141,3 ± 17,5 ^{a, A}
Controle	20	225,3 ± 75,1 ^{a, A}	716,0 ± 366,0 ^{b, A}	964,0 ± 360,8 ^{c, A}
	40	341,3 ± 34,2 ^{a, A}	522,7 ± 114,1 ^{ab, AB}	791,0 ± 172,8 ^{bc, B}
	60	1389,3 ± 351,3 ^{b, B}	477,3 ± 188,5 ^{a, A}	348,7 ± 114,0 ^{ab, A}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

A textura das frutas está relacionada à estrutura e composição da parede celular e também a outros fatores, incluindo a morfologia das células, tamanho e forma (HARKER *et al.*, 1997). No presente estudo foi evidenciado que a menor dureza do mamão formosa sonificado ocorreu no tempo de 60 min. em ultrassom e concentração de 50°Brix não diferindo estatisticamente das demais concentrações. O pré-tratamento osmótico permite o melhoramento da qualidade da textura, (MAVROUDIS; GEKAS; SJÖHOLM, 1998; REPPA *et al.*, 1999).

Este resultado encontrado para o mamão sonificado pode ter sido influência da quebra da parede celular durante a vibração ultrassônica e pela entrada de água no fruto que também promove a quebra da parede celular. O fruto não sonificado apresentou uma menor dureza em apenas 20 min. em água destilada e também não diferiu estatisticamente das demais concentrações.

Estudos anteriores realizados por Fernandes *et al.*, 2006a e Fernandes *et al.*, 2006b relataram o efeito do ultrassom na secagem de mamão e banana e as modificações na estrutura do fruto devido ao efeito esponja descrito por Fuente-Blanco (2006), que o ultrassom ocasiona nas células do fruto, conforme pode ser observado na figura 3.

A Figura 3 mostra a estrutura do mamão formosa após o processo de sonificação.

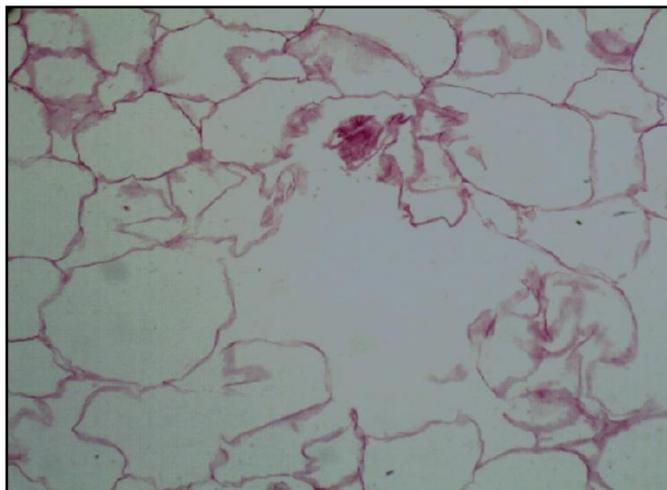


Figura 3- Estrutura do mamão após sonicação. Fonte: Fernandes *et al.* 2006a

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para os testes de força de compressão do mamão formosa em solução osmótica de sacarose sonicado e tratado osmoticamente.

Tabela 2 Força de compressão (N/mm) do mamão formosa desidratado em solução osmótica de sacarose com e sem ultrassom

Tratamento	Tempo (min)	Conc. de sacarose		
		0%	25%	50%
Us	20	310,7 ± 193,7 ^{a, A}	596,0 ± 83,2 ^{b, A}	552,3 ± 340,4 ^{bc, A}
	40	572,0 ± 321,4 ^{a, A}	572,0 ± 321,4 ^{b, A}	459,0 ± 135,0 ^{ab, A}
	60	610,0 ± 337,0 ^{a, AB}	325,3 ± 87,3 ^{ab, A}	919,3 ± 133,2 ^{c, B}
Controle	20	166,7 ± 16,0 ^{a, A}	217,3 ± 34,4 ^{ab, A}	88,0 ± 6,0 ^{a, B}
	40	151,3 ± 45,4 ^{a, AB}	168,0 ± 24,6 ^{a, B}	85,0 ± 11,7 ^{a, A}
	60	171,3 ± 17,5 ^{a, B}	159,3 ± 23,4 ^{a, AB}	103,3 ± 30,1 ^{a, A}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

O teste de força de compressão de um alimento denomina-se o teste mais comumente utilizado para avaliar a textura de um alimento devido à similaridade com o processo da mastigação humana. Para os teste de força de compressão do mamão formosa desidratado utilizou-se as mesmas condições osmóticas e de sonicação descritas para o teste de dureza. A menor força de compressão para o fruto sonicado ocorreu na amostra de mamão formosa em água destilada por 20 min., não diferindo significativamente das demais concentrações. Para o fruto tratado osmoticamente sem sonicação a menor força de

compressão ocorreu aos 40 min. em solução osmótica de sacarose e concentração de 50° Brix diferindo significativamente apenas da amostra na concentração de 25° Brix em sacarose.

O processo osmótico realizado apenas com solução de sacarose sem ultrassom provocou uma redução da força de compressão nas frutas, quanto menor a força de compressão maior a maciez do fruto e, portanto mais fácil de mastigar.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ferrari *et al.* (2011) em um trabalho realizado com melões desidratados osmoticamente mostrando que o processo osmótico realizado apenas com solução de sacarose provocou uma redução significativa da tensão na ruptura das frutas.

Estudo recentes realizados por Missang *et al.* (2011), mostraram que a textura das frutas desidratadas depende amplamente da estrutura do tecido e composição da parede celular.

Em um estudo feito por Shamaei (2011) a influência dos níveis de frequência de ultrassom sobre as propriedades da textura de Cranberries secas foi investigada. Neste estudo utilizou-se um pré-tratamento osmótico de solução de sacarose e NaCl, três temperaturas diferentes (30°C, 40°C, 50°C) e um pré-tratamento ultrassônico de 35 e 130 kHz e ainda uma combinação com ar quente na secagem e avaliação da textura do fruto. Os resultados desse estudo mostraram que aplicando o pré-tratamento de ultrassom houve fraturas na estrutura celular do fruto e com isso a textura tornou-se mais macia.

Os frutos sonicados por 60 min. e concentração de sacarose de 50° Brix apresentaram os maiores valores da compressão do fruto este fato pode estar associado ao ganho de açúcar durante o processo osmótico. Segundo Prinzivalli *et al.* (2006) a mudança de textura no processo osmótico é atribuída principalmente ao ganho de sólidos, perda de água e a fatores químicos e enzimáticos, como a decomposição da pectina presente na parede celular.

3.3 Textura da fruta desidratada em solução osmótica de frutose.

A Tabela 3 expressa os resultados encontrados para a dureza do mamão formosa sonificado e tratado osmoticamente em solução osmótica de frutose em duas concentrações diferentes e submetidas à secagem a ar por 24 horas.

Tabela 3 Dureza (N) do mamão formosa desidratado em solução osmótica de frutose com e sem aplicação do ultrassom

Pré-tratamento	Tempo (min)	Concentração osmótica	
		25%	50%
Us	10	827,3 ± 7,0 ^{c, B}	559,3 ± 104,4 ^{c, A}
	20	633,3 ± 40,1 ^{b, B}	214,0 ± 115,3 ^{a, A}
	30	208,0 ± 129,1 ^{a, A}	171,3 ± 34,8 ^{a, A}
Controle	10	317,3 ± 52,8 ^{a, A}	465,3 ± 52,5 ^{bc, B}
	20	202,0 ± 91,4 ^{a, A}	368,0 ± 22,3 ^{abc, B}
	30	206,0 ± 8,7 ^{a, A}	270,7 ± 90,7 ^{ab, A}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

Os resultados obtidos quando o mamão foi desidratado em solução osmótica de frutose mostrou que para as duas concentrações estudadas nas amostras sonicadas a menor dureza foi obtida na concentração de 50° Brix e 30 min. de sonicação. O teste de Tukey realizado mostrou que não houve diferença significativa ao nível de 95% para as duas concentrações estudadas. Nas amostras não sonicadas a menor dureza foi encontrada na concentração de 25° Brix e 20 min. em solução osmótica e diferiu significativamente da amostra na concentração de 50%.

Esses resultados obtidos mostraram que quando o fruto foi submetido a uma concentração maior (50° Brix) e um tempo maior de sonicação (30min) a transformação causada pela vibração ultrasônica contribuiu para que o mamão desidratado se mostrasse mais maleável embora não tenha sido observadas diferenças estatísticas entre as amostras.

A Tabela 4 expressa os resultados encontrados para a força de compressão do mamão formosa sonicado e tratado osmoticamente em solução osmótica de frutose em duas concentrações diferentes e secagem a ar por 24 horas.

Tabela 4 Força de compressão (N/mm) do mamão formosa desidratado em solução osmótica de frutose com e sem ultrassom

Pré- tratamento	Concentração osmótica		
	Tempo (min)	25%	50%
Us	10	44,7 ± 19,0 ^{a, A}	1482,0 ± 234,8 ^{b, B}
	20	1605,3 ± 221,1 ^{b, A}	2872,0 ± 72,0 ^{c, B}
	30	116,0 ± 38,3 ^{a, A}	111,3 ± 46,4 ^{a, A}
Controle	10	794,7 ± 83,8 ^{ab, B}	274,0 ± 55,7 ^{a, A}
	20	229,3 ± 134,6 ^{a, A}	2022,0 ± 587,2 ^{b, B}
	30	2761,3 ± 702,8 ^{c, B}	117,3 ± 22,0 ^{a, A}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

Os resultados referentes à força de compressão do mamão formosa sonicado mostraram que a menor compressão ocorreu no tempo de 10 min. para a fruta sonicada na concentração de 25° Brix. Para as amostras tratadas osmoticamente a menor força de compressão se deu na concentração de 50° Brix e 30 min. em solução osmótica.

O teste de Tukey realizado para as amostras estudadas mostrou que houve diferença significativa ao nível de 95% em relação às concentrações utilizadas tanto para as amostras sonicadas como para as amostras do grupo controle.

De acordo com Mayor *et al.* (2007), a diminuição da umidade ao longo do processo osmótico ocasiona um aumento da deformação na ruptura das amostras processadas, este fato pode estar associado aos fluxos de perda de água e ganho de sólidos ao longo do processo, no qual os açúcares tendem a ocupar os espaços intercelulares, observando-se uma redução da elasticidade, deixando a estrutura mais plástica e mais difícil de mastigar.

3.4 Textura da fruta desidratada em solução osmótica de glicose

A Tabela 5 expressa os resultados encontrados para a dureza do mamão formosa sonicado e tratado osmoticamente em solução osmótica de glicose em duas concentrações diferentes e secagem a ar por 24 horas.

Tabela 5 Dureza (N) do mamão formosa desidratado em solução osmótica de glicose com e sem ultrassom

Pré-tratamento	Tempo (min)	Concentração osmótica	
		25%	50%
Us	10	832,7 ± 131,4 ^{c, B}	225,3 ± 73,5 ^{a, A}
	20	1069,3 ± 62,0 ^{a, B}	291,3 ± 131,0 ^{a, A}
	30	1098,0 ± 64,4 ^{a, B}	132,0 ± 45,2 ^{a, A}
Controle	10	1124,0 ± 39,0 ^{a, B}	200,7 ± 107,6 ^{a, A}
	20	331,3 ± 21,4 ^{b, A}	284,7 ± 23,1 ^{a, A}
	30	270,7 ± 44,6 ^{b, B}	172,0 ± 33,3 ^{a, A}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

Para as concentrações estudadas nas duas amostras de mamão formosa sonificado e tratado osmoticamente a menor dureza foi obtida no tempo de 30 min. e concentração de 50°Brix. O teste de Tukey mostrou que houve diferença significativa ao nível de 95% para as amostras em relação às concentrações utilizadas.

Em um trabalho realizado com cenouras foi observado que a textura foi fortemente influenciada pelas condições do pré-tratamento. Os resultados deste estudo indicaram que os pré-tratamentos combinando pressão, temperatura de 60 °C, e cloreto de cálcio melhoraram a dureza de amostras termicamente processados. (RASTOGI, 2008).

De acordo com Torreggiani (1993) a textura do alimento desidratado está associada com a plasticidade e o efeito de inchaço produzido pela água sobre a matriz celulósica e pectínica do tecido da fruta, dependendo principalmente dos sólidos insolúveis, da quantidade de água presente nos sólidos solúveis e da atividade de água.

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos para a força de compressão do mamão formosa em duas concentrações diferentes.

Tabela 6 – Força de compressão (N/mm) do mamão formosa desidratado em solução osmótica de glicose com e sem ultrassom

Pré-tratamento	Tempo (min)	Concentração osmótica	
		25%	50%
Us	10	237,3 ± 123,6 ^{a, A}	311,3 ± 89,8 ^{a, A}
	20	2354,7 ± 911,9 ^{c, A}	1333,3 ± 312,2 ^{bc, A}
	30	450,7 ± 138,1 ^{a, A}	1949,3 ± 278,5 ^{c, B}
Controle	10	1276,7 ± 55,2 ^{ab, B}	740,7 ± 127,1 ^{ab, A}
	20	262,7 ± 34,0 ^{a, A}	2784,7 ± 385,4 ^{d, B}
	30	1906,0 ± 110,2 ^{bc, B}	351,3 ± 129,3 ^{a, A}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

Os resultados mostraram que nas mostras sonicadas a menor força de compressão foi obtida no tempo de sonicação de 10 min. e 25° Brix.

Para as amostras do mamão formosa tratado osmoticamente a menor força de compressão foi obtida no tempo de 20 min. em repouso na solução osmótica de glicose e concentração de 25° Brix. O teste de Tukey realizado mostrou que houve diferença significativa ao nível de 95% em relação às concentrações estudadas apenas para as amostras do grupo controle.

Segundo Saputra (2001) em um estudo feito com abacaxi pré-tratada com soluções de glicose e sacarose devido à molécula de glicose ser menor a amostra apresentou uma maior tendência a ganhar sólidos quando comparada a solução de sacarose.

O pré-tratamento osmótico pode melhorar aspectos sensoriais, sem mudar sua integridade, sendo efetivo mesmo à temperatura ambiente, de maneira que o dano térmico à textura, do fruto é minimizado (POINTING, 1973; TORREGGIANI, 1993).

CONCLUSÃO

O fruto *in natura* seco a 60°C apresentou valores altos tanto para dureza como para compressão devido a preservação da parede celular.

O efeito dos solutos utilizados: sacarose, glicose e frutose pré combinados com ultrassom e temperaturas de 60°C mostrou que de uma maneira geral a menor dureza foi evidenciada quando o tempo de processamento e a concentração osmótica foram altos. A compressão por outro lado se mostrou menor em concentrações e tempos de processamento menores.

O ultrassom aliado ao pré-tratamento com agentes osmóticos de baixo custo comercial se mostrou eficiente na redução da dureza e da compressão, devido a quebra da parede celular tornando o fruto mais macio e fácil de mastigar.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. Análise sensorial de alimentos e bebidas – NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8p.

CANO- CHAUCA, M. Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação de bananas (*Musa spp*) Nanica (AAA). 2000. 74p. Dissertação (Mestrado em ciência, viçosa – MG, 2000 Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2000.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. **Food Research International**, v.39,n.4,.2006a.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, in press. 2006b.

FERRARI, C, C; YASSUI, Y, P;GUERREIRO,S,M,C; HUBINGER,D,M; Propriedades mecânicas e estrutura celular de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose ou maltose, com adição de lactato de cálcio **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 765-773, jul./ago., 2011

FUENTE-BLANCO, S.; SARABIA, E. R. F.; ACOSTA-APARICIO, V. M., BLANCO-BLANCO, A.; GALLEGO-JUAREZ, J. A. Food drying process by power ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 44, p. 523–527, 2006.

HAMPSON, C.R., QUAMME, H.A., HALL, J.W., MACDONALD, R.A., KING, M.C., CLIFF, M.A.,. Sensory evaluation as a selection tool in apple breeding. *Euphytica* 111,79–90. 2000.

HARKER, F., REDGWELL, R., HALLET, I., & MURRAY, S Texture of fresh fruit. *Horticultural Review*, 20, 121–124. . (1997).

KOWASLKI, M.B.; CARR, L. G.; TADINI,C. C Parâmetros físicos e de textura de pão Frances produzido na cidade de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre. Anais.... Porto Alegre, 2002.

KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. **Drying Technology**, New York, v. 18, p. 937-950, 2000.

KLUGE, R.A *et al.* Fisiologia e manejo pós- colheita de frutas de clima temperado. Campinas Livraria e editora Rural, 2002. 214p

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

MAVROUDIS, N. E.; GEKAS, V.; SJÖHOLM, I. Osmotic dehydration of apples –effects of agitation and raw materials. **Journal of Food Engineering**, v.35, p.191- 209, 1998.

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

MIRANDA, R.B *et al.* Avaliação da qualidade de mamões (*carica papaya L.*) de entressafra minimamente processados. In **ENCONTRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS**, 2, 2000, Viçosa, Anais... Viçosa: UFV, 2000.p.18.

MISSANG, C, E; MAINGONNAT, J, F.; RENARD; C, M.G.C., AUDERGON J-MARC; Apricot cell wall composition: Relation with the intra-fruit texture heterogeneity and impact of cooking **Food Chemistry** 133 (2012) 45–54 2011.

PELEG, M. Review: mechanical properties of dry cellular solid foods. **Food Science and Technology International**, London, v. 3, p. 227-240, 1997.

PONTING, J. D. Osmotic dehydration of fruits: recent modifications and applications. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 8, p. 18-20, 1973.

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

RASTOGI, N.K. NGUYEN L. T, BALASUBRAMANIAM V.M. Effect of pretreatments on carrot texture after thermal and pressure-assisted thermal processing. **Journal of Food Engineering**, p 541-547, 2008.

SAPUTRA, D. Osmotic dehydration of pineapple. **Drying Technology**, v. 19, n. 2, p.415, 2001.

SHAMAEI, S. DJOMEH, E,Z. MOINI, S., ultrasound-assisted osmotic Dehydration of cranberries: effect of finish drying methods and ultrasonic frequency on textural properties.. **Journal of Texture Studies**, s1745-4603. (2011).

SZCZESNIAK, A.S., Texture is a sensory propriety. **Food Quality and Preference**. 13, 215–225. 2002.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D; FORNI, E; MAESTRELLI, A; QUADRI, F. Influence of osmotic dehydration on texture and pectic composition of kiwifruit slices. **Drying Technology**,v. 17, p. 1387-1397, 1999.

CAPÍTULO 5

Análise enzimática do mamão formosa submetido à pré-tratamento osmótico em ultrassom.

ANÁLISE ENZIMÁTICA DO MAMÃO FORMOSA SUBMETIDO À PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO EM ULTRASSOM.F. I. P. OLIVEIRA¹, F. A. N. FERNANDES¹, S. RODRIGUES² ALMEIDA, F. D.L.²

¹ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Química, Campus do Pici, Bloco 709, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil;

² Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Campus do Pici, Bloco 858, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil.

Email: imylena@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

As enzimas são proteínas globulares solúveis, estando presentes naturalmente nos alimentos, pois provém dos tecidos de plantas, animais e de microrganismos, e têm o poder de acelerar ou catalisar uma reação química, assumindo propriedade metabólica. Nas frutas, em geral, as enzimas são importantes devido exercerem função na composição e processamento dos produtos. Na célula viva, a ação das enzimas pode ser controlada por vários mecanismos,. Mas quando danificadas, durante processamento das frutas, o controle destes mecanismos deixa de existir.

Segundo Hendrickx *et al.* (1998), as reações decorrentes das enzimas podem causar transformações indesejáveis até mesmo onde as ações enzimáticas se processam muito lentamente como em alimentos congelados e polpa de frutas. Para Ordoñez *et al* (2005), as enzimas são responsáveis por inúmeras modificações nos alimentos, podendo ser benéficas ou prejudiciais, e dentre elas destacam-se as proteases e a Polifenoloxidase.

A enzima proteolítica em vegetais esta envolvida no processo de amadurecimento. A papaína do mamão pode ser extraída em grande quantidade e representa uma significativa importância e uma vasta aplicação comercial/industrial. Na indústria alimentícia é largamente utilizada para o amaciamento de carne e clarificação da cerveja além do amaciamento de couro. (RIBEIRO; SAID, 2004)

A Polifenoloxidase (PPO) participa de um grande número de reações oxidativas, sendo consideradas responsáveis pelas reações oxidativas em muitos frutos (VALDERAMA *et al.*, 2001) e reações de escurecimento que alteram a aparência e características organolépticas da fruta (FENNEMA, 1993).

Muitos estudos tem relatado a eficiência do uso do ultrassom com calor e pressão na inativação de enzimas como lipase, peroxidase, lipoxigenase, protease, polifenoloxidase na indústria de suco de frutas e laticínios (LÓPEZ ; BURGOS, 1995a, 1995b; LÓPEZ *et al*, 1994); VERCET *et al*, 1997; VILLAMIEL; DE JONG, 2000)

Desta forma, as enzimas presentes no mamão formosa (*Carica papaya*) em especial a Protease e Polifenoloxidase foram estudadas afim de observar a influência do ultrassom na inativação enzimática do fruto sonicado e osmoticamente tratado a fim de determinar se houve ou não diminuição da atividade enzimática durante o processamento, variando tempo de sonicação e concentração das soluções osmóticas utilizadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os mamões da variedade (*Carica papaya*) foram adquiridos no comércio local de Fortaleza e após etapas de lavagem e corte para remoção da casca da fruta, corte em cubos de aproximadamente 10 cm foram submetidos à etapa de sonicação conforme a metodologia descrita nos capítulos anteriores.

As soluções osmóticas foram preparadas misturando-se água destilada com o agente osmótico sacarose para a obtenção do xarope nas concentrações: 0, 25 e 50°Brix.

As amostras foram submetidas aos seguintes pré-tratamentos:

2.1 Mamão sonicado em solução osmótica de sacarose (0°Brix, 25°Brix, 50°Brix).

Os cubos de mamão foram sonicados em concentrações de 0° Brix, 25° Brix e 50° Brix por 20, 40 e 60 min. e depois triturados em liquidificador convencional para obtenção do suco e análise enzimática.

2.2 Mamão macerado e sonicado (20, 40 e 60 min.)

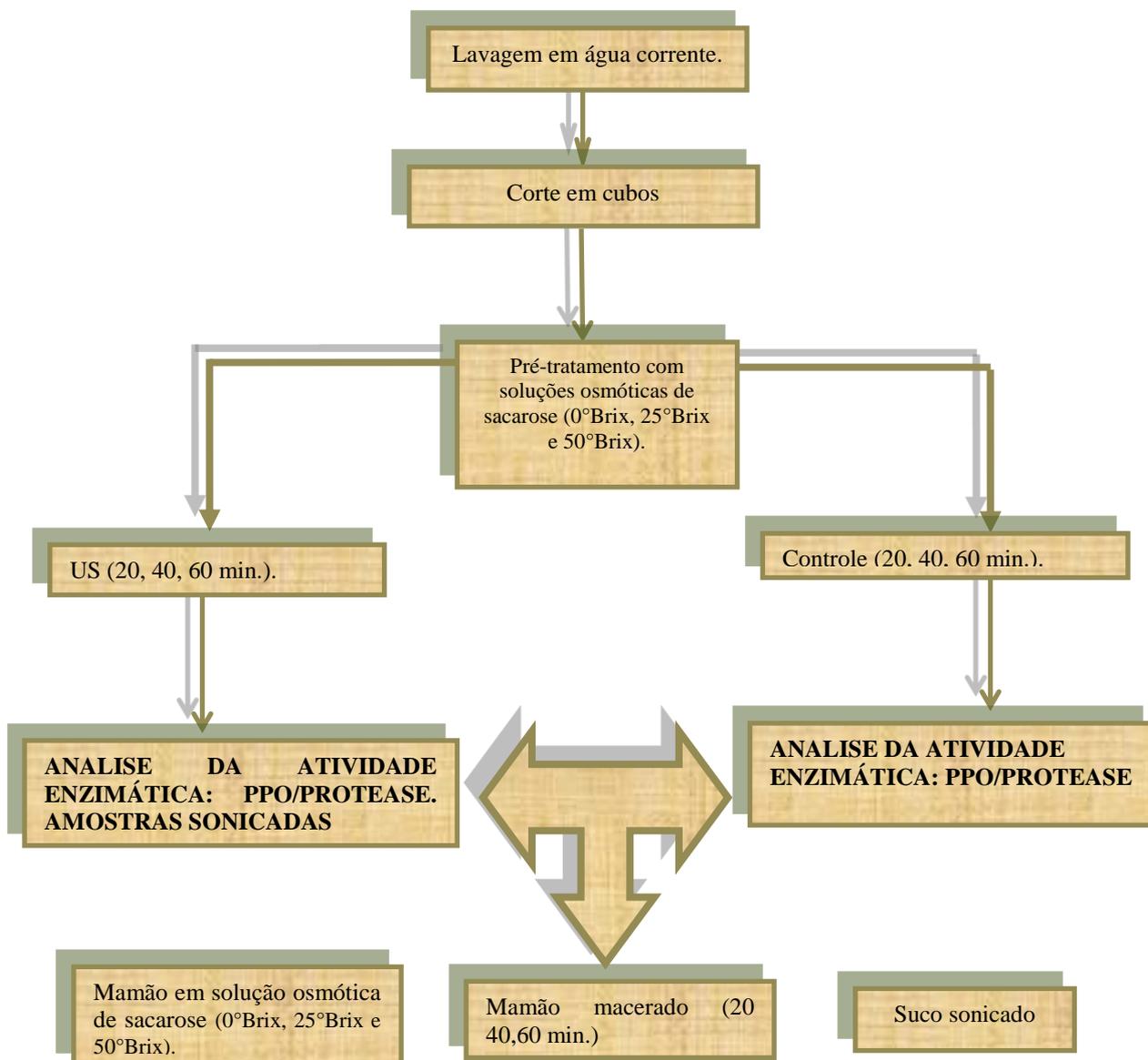
O fruto foi cortado em cubos de aproximadamente 3 cm, macerado com um pistilo em um cadinho, e levado em um béquer para sonicação, por tempos que variaram entre 20, 40 e 60 min.

2.3 Suco sonicado

Os cubos de mamão foram cortados em aproximadamente 3 cm, triturados em liquidificador convencional para obtenção do suco. Foi feita uma filtragem para retirada das fibras presentes na polpa do fruto e realizada a sonicação em Erlenmeyers (250 ml) por 20, 30 e 60 min..

A Figura 1 representa o esquema da análise enzimática do mamão formosa sonicado e tratado osmoticamente.

Figura 1- Fluxograma representando o esquema da análise enzimática do mamão formosa (*Carica papaya*) sonificado, desidratado osmoticamente.



2.4 Protease

Atividade da enzima protease foi determinada conforme o método descrito por Charney e Tomarelli (1947), onde 1,0 mL de azocaseína (0,95%) em tampão acetato 50 mM, pH 5,0 a 37°C foi adicionado de 1 mL do suco (extrato enzimático).

A mistura foi incubada em banho termostaticado a 37°C por 40 min. Adicionou-se 1 mL do ácido tricloroacético 10% (p/v) com o intuito de fazer a precipitação do substrato não digerido pelas enzimas proteolíticas

As amostras foram centrifugadas em centrífuga SIGMA (modelo 6K15) a 1610 g por 15 min.. Em seguida, transferiu-se 2 mL do sobrenadante contendo aminoácidos e oligopeptídeos de baixo peso molecular para um tubo de ensaio. Adicionou-se 2 mL de KOH 5 M formando um composto com cor característica. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro, modelo SP200UV a 428nm. Uma unidade (U/mL) de atividade proteolítica foi definida como o correspondente a variação de absorbância de 0,01 unidades por minuto

A amostra denominada branca foi preparada seguindo o mesmo procedimento mostrado acima, no entanto, após a adição de azocaseína, transferiu-se imediatamente 1 mL do ácido tricloroacético para impedir que ocorresse qualquer reação enzimática.

A atividade enzimática foi expressa através da diferença de absorbância entre as amostras enzimáticas analisadas com seus respectivos brancos, sendo 1 unidade = Δ Absorbância/0,01/tempo de reação por mL do extrato enzimático.

2.5 Polifenoloxidase (PPO)

A extração da enzima polifenoloxidase foi realizada conforme método de Wissemann; Lee (1980). A atividade enzimática foi determinada incubando-se uma alíquota de 0,3 ml de extrato e 1,85 ml de tampão fosfato 0,1 M pH 6,0, contendo 0,1 M de KCl e 0,1 M de catecol, durante 30 min., a 30°C.

A reação foi interrompida pela adição de 0,8 ml de HClO₄ 2 N. As leituras de absorbância foram realizadas a 395 nm e considerou-se uma unidade de atividade enzimática (UAE) de Polifenoloxidase como a quantidade de atividade enzimática que produz uma

mudança de 0,001 unidades de absorvância. Os resultados foram expressos em UAE/min/mL de fruta ou suco.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Enzimas proteolíticas

3.1.1 Mamão sonicado em solução osmótica de sacarose (0°Brix, 25°Brix, 50°Brix)

A Tabela 1 apresenta o comportamento das enzimas proteolíticas do mamão formosa, quando processado com e sem a utilização do ultrassom em diferentes concentrações osmóticas e tempos de ultrassom.

Tabela 1- Atividade da enzima protease em mamão formosa em diferentes concentrações osmóticas

Enzimas Protease (U/ml)	Sonicado	Não sonicado
<i>In natura</i>	1,09 ± 0,52 ^{abcd}	
0% - 20 min	0,64 ± 0,04 ^{abd}	-
0% - 40 min	0,44 ± 0,06 ^{ad}	-
0% - 60 min	0,10 ± 0,03 ^d	-
25% 20min	0,56 ± 0,05 ^{abd}	0,49 ± 0,48 ^{ab}
25% 40 min	1,70 ± 0,13 ^{abc}	0,68 ± 0,13 ^{ab}
25% 60 min	1,82 ± 0,13 ^{bc}	1,71 ± 0,33 ^c
50% 20 min	1,67 ± 0,37 ^{abc}	1,05 ± 0,61 ^{bc}
50% 40 min	2,01 ± 0,46 ^c	0,21 ± 0,47 ^a
50% 60 min	2,07 ± 1,19 ^c	0,36 ± 0,29 ^{ab}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença estatística significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados mostrados, para os frutos sonicados a maior redução da atividade proteolítica quando comparados com o fruto *in natura* ocorreu no tempo de 60 min. em água destilada e não mostrou diferença significativamente ao nível de 95% de acordo com o teste de Tukey quando comparada com amostra *in natura*. Para os frutos do grupo controle a maior redução da atividade enzimática da protease ocorreu nos frutos deixados em repouso por 40 min. em solução osmótica 50% 0,21 ± 0,47 UAE/min/ml.

A desnaturação de proteína através do colapso das bolhas de cavitação ocasionado pelo ultrassom é a principal responsável pela inativação de enzimas, (MASON *et al.* LORIMER; BATTERS; ZHAO, 1994; SUSLICK, 1988).

3.1.2 Mamão macerado e sonicado (20 40,60 min.)

A Tabela 2 mostra o resultado da atividade da enzima protease em mamão macerado e sonicado.

Segundo Mason *et al.* (1994) e Suslick (1988), o ultrassom consegue reduzir a atividade da referida enzima devido à desnaturação proteica, formação de radicais livres pela sonólise da molécula de água e pelas forças de cisalhamento resultantes da formação de bolhas de cavitação, resultados coniventes com essa afirmação podem ser observados na Tabela 2 onde a atividade enzimática da protease no mamão formosa macerado foi sendo reduzida de acordo com o aumento do tempo de sonicação. De acordo com a análise estatística não houve efeito do tempo de ultrassom na atividade enzimatica da protease.

Tabela-2 Atividade da enzima protease em mamão formosa macerado

Enzimas Protease(U/ml)	Sonicado
20 min	0,45 ± 0,32 ^a
40 min	0,35 ± 0,04 ^a
60 min	0,28 ± 0,05 ^a

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença estatística significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

3.1.3 suco sonicado

De acordo com a Tabela 3 os resultados mostraram que não houve atividade enzimática presente da protease para o suco sonicado de mamão.

Estudos realizados por Terefe *et al.* (2009) com suco de tomate sonicado relataram a redução do tamanho das partículas no suco durante a sonicação e inativação enzimática. A tecnologia ultrassônica se mostrou viável na inativação de enzimas envolvidas no processo de deterioração de alimentos como suco de frutas. Sala *et al.* (1995)

Tabela 3 Atividade da enzima protease em suco de mamão sonicado

Enzimas Protease(U/ml)	Sonicado
20 min	0
30 min	0
60 min	0

3.2 Polifenoloxidase (PPO)

A Polifenoloxidase (EC 1.14.18.1) é uma enzima intracelular encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais. Sua atividade pode variar em função da espécie, variedade, estágio de maturação, condições de cultivo e mesmo com as práticas de manuseio e armazenamento adotados.

3.2.1 Mamão sonicado em solução osmótica de sacarose (0°Brix 25° Brix, 50° Brix)

A Tabela 4 apresenta o comportamento da enzima PPO do mamão formosa, quando processado com e sem a utilização do ultrassom em diferentes concentrações osmóticas e tempos de tratamento.

Tabela- 4 Atividades da enzima PPO em mamão formosa em diferentes concentrações osmóticas

Enzimas PPO(U/ml)	Sonicado	Não sonicado
<i>In natura</i>	175,44 ± 1,46 ^g	
0% -20 min	100,30 ± 27,39 ^f	-
0% -40 min	12,89 ± 6,54 ^{ab}	-
0% -60 min	82,04 ± 29,09 ^{ef}	-
25% 20min	59,15 ± 6,63 ^{cde}	17,63 ± 6,96 ^{ac}
25% 40 min	5,26 ± 1,36 ^a	49,63 ± 12,62 ^b
25% 60 min	70,81 ± 4,61 ^{def}	91,85 ± 14,92 ^d
50% 20 min	39,63 ± 6,76 ^{abcd}	81,48 ± 21,39 ^d
50% 40 min	50,56 ± 4,04 ^{bcd}	51,52 ± 2,10 ^b
50% 60 min	20,52 ± 6,61 ^{abc}	44,56 ± 6,44 ^{bc}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença estatística significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados mostrados na tabela 4 a atividade enzimática na enzima PPO no mamão formosa mostrou uma maior redução na concentração de 25% em solução osmótica e tempo de 40 min. de sonicação. A fruta *in natura* quando comparada com as demais amostras sonicadas mostrou diferença significativa ao nível de 95% de acordo com o teste de Tukey.

Para os frutos do grupo controle a maior redução da atividade enzimática se deu no tempo de 20 min. de sonicação para a mesma concentração osmótica não apresentando diferença significativa apenas quando comparada com os frutos tratados na concentração de 50°Brix por 60 min.. Foi observado um aumento na atividade enzimática da PPO no mamão formosa processado em maiores tempos de sonicação esse fenômeno foi evidenciado também por Cheng *et al.* (2007) em estudos realizados em suco de goiaba sonicado (35 kHz, por 30 min). O aumento da atividade enzimática, também foi investigado por Sakakibara *et al.* (1996), atribuindo a isso a quebra de grandes estruturas moleculares promovendo a reação enzima-substrato.

Dessa forma, o aumento da atividade enzimática observado no fruto tanto do fruto sonicado como do grupo controle pode ser atribuído ao rompimento das células pelas ondas ultrassônicas, que proporcionam maior contato da enzima com o substrato, e devido ao fato do experimento não ter sido realizado em temperaturas suficientemente altas para causar a desnaturação das enzimas.

3.2.2 Mamão macerado e sonicado (20 40,60 min.)

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 5 a maior redução na inativação enzimática da PPO no mamão macerado ocorreu no fruto sonicado por 40 min. mostrando diferença significativa quando comparado com as demais amostras.

Kadkhodae; Povey, (2008), relatou em um de seus trabalhos que em geral, as exposições prolongadas são necessárias para inativar enzimas através do ultrassom.

Em um estudo realizado por Jang; Moon (2011) o efeito da inativação da PPO em maçã foi estudado e relatou-se que somente o uso do ultrassom não foi eficaz na inativação das enzimas e gerou um aumento da atividade da PPO, enquanto que o uso combinado com ácido ascórbico teve efeito inibitório no escurecimento da fruta.

Segundo O'Donnell (2010) o ultrassom em combinação com o calor ou pressão pode conseguir a inativação enzimática desejada, reduzindo resistência térmica. A sonicação eficaz é dependente de inúmeros parâmetros de controle extrínsecos e intrínsecos.

Tabela 5 Atividade da enzima PPO em mamão macerado

Enzimas PPO(U/ml)	Sonicado
20min	35,37 ± 7,59 ^a
40 min	6,30 ± 0,96 ^b
60 min	37,67 ± 1,92 ^a

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença estatística significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

3.2.3 suco sonicado.

Os resultados apresentados na Tabela 6 mostraram que não houve atividade enzimática para a enzima PPO no suco de mamão sonicado. O estudo da inativação enzimática como protease e Polifenoloxidase em suco de frutas com aplicação do ultrassom tem sido bastante estudadas recentemente por Kuldiloke, (2002); Vercet *et al.*, (1999); Vercet *et al.*,(2002).

Lopez *et al.* (1994) em seus trabalhos descreve sobre o aumento da atividade da enzima e explica sobre a maior interação da enzima com o substrato, devido ao rompimento

da parede celular vegetal, somente em seguida as enzimas são afetadas pelos efeitos de calor e pressão do ultrassom, ocasionando assim a sua desnaturação.

Em um trabalho realizado por Almeida (2012) foi feita a comparação da atividade enzimática da PPO na maçã *in natura* com a atividade no suco e foi observado que a redução da atividade enzimática decorre do fato de a enzima apresentar-se livre no meio e, portanto, mais susceptível à ação das ondas ultrassônicas. Além disso, à medida que a potência ultrassônica aumentou, a diferença entre as atividades enzimáticas do suco e da fruta tornaram-se menores.

A eficácia do ultrassom para o controle da atividade enzimática é fortemente influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos tais como a enzima de concentração, temperatura, pH, e da composição do meio. No entanto, em casos de inativação da enzima, utilizando ultrassons, não foi estabelecido se a inativação observada pode ser atribuída apenas para o processo de dissociação da enzima em subunidades ou desnaturação da proteína, como observado no caso de inativação térmica. Processamento ultrassônico de sucos de frutas tem efeitos mínimos sobre a qualidade de sucos de frutas como o suco de laranja (VALERO *et al.*, 2007), e suco de goiaba (CHENG; SOH; LIEW; TEH, 2007).

Tabela 6 - Atividade da enzima PPO em suco de mamão sonicado

Enzimas PPO(U/ml)	Sonicado
20 min	0
30 min	0
60 min	0

4 CONCLUSÃO

A variação do tempo de ultrassom aliado a concentrações osmóticas variadas mostrou-se eficaz na inativação enzimática tanto da protease como da Polifenoloxidase no mamão formosa sonicado e transformado em suco, macerado.

O suco sonicado apresentou os resultados mais contundentes, onde não foi evidenciada a presença de atividade enzimática.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P.S.; Almeida. Influência do Tratamento Ultrassônico na Desidratação Convectiva de Maça Fuji. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)** - Universidade Federal do Ceará, Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 2012.

CHARNEY, J.; TOMARELLI, R. M.; A colorimetric method for the determination of the proteolytic activity of doudenal juice. **Journal Biologic. Chemistry.**, v. 170, n. 23: p. 501-505, 1947.

CHENG, L. H., SOH, C. Y., LIEW, S. C., & TEH, F. F. Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. **Food Chemistry**, 104, 1396e1401. 2007.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acriba, 1993. p. 501- 503.

HENDRICKX, M.; LUDI KHUYZE, L.; VAN den BROECK, I; WEEMAES, C. Effects of High pressure on enzymes related to food quality (review). **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n.5, p.197-203, 1998.

JANG, J.H.;MOON, K.D. Inibition of polyphenol oxidase and peroxidase activies on fresh cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. **Food chemistry**, v 124, p 444-449, 2011.

KADKHODAEI, R., & POVEY, M. J. W. Ultrasonic inactivation of Bacillus a-amylase. I. Effect of gas content and emitting face of probe. **Ultrasonics Sonochemistry**, 15(2), 133e142. 2008.

KULDILOKE, J. **Effect of ultrasound, temperature and pressure treatments on enzyme activity and quality indicators of fruit and vegetable juices**. Berlin, 2002. [Doctoral dissertation – Technical University of Berlin].

LIENER, I. E. The sulfhydryl proteases. In: WHITAKER, J.R. **Food related enzymes**. Washington: American Chemistry Society,. 374p. (Advances in Chemistry Series, 136).1974.

LIMA, S. L. T.; JESUS, M. B.; SOUSA, R. R. R.; OKAMOTO, A. K. LIMA, R.;FRACEDO, L. F. Estudo da Atividade Proteolitica de Enzimas Presentes em Frutos.**Quimica nova na escola**. p. 47-49. 2008.

LÓPEZ, P.; SALA, F. J.; DE LA FUENTE, J. L.; CONDON, S.; RASO, J.; BURGOS, J. Inactivation of peroxidase, lipoxygenase and polypohenol oxidase by manothermosonication. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 252- 256, 1994.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

LÓPEZ, P., & BURGOS, J. Lipoxygenase inactivation by manothermosonication: effects of sonication physical parameters, pH, KCl. Sugars, glycerol and enzyme concentration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 43, 620e625. 1995a

LÓPEZ, P., & BURGOS, J.. Peroxidase stability and reactivation after heat treatment and manothermosonication. **Journal of Food Science**, 60, 451e455. 1995b

LÓPEZ, P.; VERCET, A.; SANCHEZ, A. C.; BURGOS, J. Inactivation of tomato pectic enzymes by manothermosonication. **Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und -Forschung**, v. 207, p. 249-252, 1998.

MASON, T. J.; LORIMER, J. P.; BATTERS, D. M.; ZHAO, Y. Dosimetry in sonochemistry: the use of aqueous terephthalate ion as a fluorescence monitor. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 1, p. 91-95, 1994.

O'DONNELL, C. P.; TIWARI, B. K.; BOURKE, P.; CULLEN, P. J. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 358-367, 2010.

ORDOÑEZ, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. L. H.; CORTECERO, M. D. S. *Tecnología de Alimentos Volume 1: Componentes dos alimentos e processos*. Porto Alegre: Artmed, 2005. 172p.

RIBEIRO, E.P. e SERAVALLI, E.A.G. *Química de alimentos*. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

SAID, S.; PIETRO, R.C.L.R. *Enzimas como agentes biotecnológicos*. Ribeirão Preto: Legis Summa, 2004.

SALA, F. J.; BURGOS, J.; CONDON, S.; LOPEZ, P.; RASO, J. Effects of heat and ultrasound on microorganism and enzymes in: GOULD, G. W. (Ed.). **New methods of food preservation**. London: Blackie Academic e Professional., cap.9, p. 177-204, 1995

SAKAKIBARA, H; SHIMIZU, H; HASE, T; YAMAZAKI, Y; TAKAS, T; SHIMONISHI, Y; SUGIYAMA, T. Molecular identifications and characterization of cytosolic isoforms of glutamine synthetase in maize roots. **The Journal of Biological Chemistry**, Japan, 1996.

SUSLICK, K. S. *Ultrasounds: Its chemical physical and biological effects*. New York: **VHC Publishers**. 1988.

TEREFE. G. M.; VILKHU, K.; SIMONS, L.; MAWSON, R.; VERSTEEG, C the kinetics of inactivation of pectin methylsterase and polygaturonase in tomato juice by thermosonication. **Food chemistry**, v 117, p20-27, 2009.

OLIVEIRA, F. I. P., 2014

VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 321-325, 2001.

VALERO, M., RECROSIO, N., SAURA, D., MUNOZ, N., MARTIC, N., & LIZAMA, V. Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. **Journal of Food Engineering**, **80**, 509 -516. 2007.

VERCET, A., LOPEZ, P., & BURGOS, J. Inactivation of heat-resistant lipase and protease from *Pseudomonas fluorescens* by manothermosonication. **Dairy Science**, **80**, 29e36.1997.

VERCET, A.; LOPEZ, P.; BURGOS, J. Inactivation of heat-resistant pectinmethylesterase from orange by manothermosonication. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p. 432-437, 1999.

VERCET, A.; ORIA, R.; MARQUINA, P.; CRELIER, S.; LOPEZ-BUESA, P. Rheological properties of yoghurt made with milk submitted to manothermosonication. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 21, p. 6165-6171, 2002.

VILLAMIEL, M., & DE JONG, P. Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins and native enzymes of milk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 48, 472e478. 2000

WISSEMAN, K.W; LEE, C.Y. Polyphenoloxidase Activity during grape maturation and wine production. **American Journal of enology and viticulture**, v.31,n.3,p 206-211, 1980

CONCLUSÕES

Neste estudo foi evidenciado que a fruta pré-tratada osmoticamente e sonicada manteve padrões colorimétricos superiores no fruto *in natura* e seco a 60°C.

A maioria das amostras estudadas Us e controle apresentou diferença significativa em relação ao parâmetro b^* quando comparado com o fruto *in natura*.

A oscilação de valores encontrados nas amostras do fruto em relação aos parâmetros a^* e b^* indicou que os agentes osmóticos contribuíram para conservação da cor amarela e vermelha no fruto.

A tecnologia ultrassônica mostrou-se eficaz na redução das características sensoriais da dureza e compressão do mamão desidratado.

A eficácia do ultrassom para o controle da atividade enzimática neste estudo mostrou que o uso do ultrassom pode vir a ser um forte aliado no combate às reações oxidativas e de biodegradação que alteram a aparência e características organolépticas das frutas e vegetais.

Estudos posteriores poderão ser conduzidos para verificar e avaliar as características sensoriais dos frutos secos sonicados e aceitação por parte dos consumidores bem como sua intenção de compra.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 Calculo da perda de cor e cromaticidade do mamão formosa sonicado tratado osmoticamente com glicose e frutose 25% e 50% e seco a 60°C.

Condição operacional	Tempo (min)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	ΔE seco	ΔC seco	ΔE fresco	ΔC fresco
Frutose 25%	10	42,896±4,550 ^{a b}	31,198±5,029 ^a	52,444±1,588 ^b	11,00	12,62	8,95	23,83
	20	44,320±2,209 ^b	36,316±2,689 ^a	54,248±0,882 ^b	13,68	18,58	12,44	33,25
	30	44,710±4,059 ^b	34,248±3,413 ^a	52,380±1,390 ^b	12,33	26,36	10,93	27,58
Frutose 50%	10	43,930±3,632 ^a	29,559±3,764 ^a	54,450±0,867 ^b	15,52	35,53	4,67	13,45
	20	41,054±2,566 ^a	36,060±3,518 ^a	49,828±1,004 ^a	12,92	35,14	1,63	9,03
	30	40,632±0,799 ^a	27,338±2,151 ^a	49,110±0,379 ^a	7,73	28,37	5,61	22,32
Glicose 25%	10	39,238±2,299 ^{ab}	27,746±3,601 ^a	47,644±1,221 ^a	7,80	16,18	5,65	3,18
	20	43,658±2,973 ^b	27,880±4,601 ^a	50,340±0,980 ^a	7,73	9,11	7,03	16,17
	30	38,364±2,851 ^a	25,858±4,594 ^a	50,540±1,391 ^a	7,61	13,18	3,12	13,15
Glicose 50%	10	42,214±3,288 ^a	36,944±4,126 ^a	50,568±0,948 ^b	11,00	34,34	2,83	16,32
	20	40,732±1,350 ^{ab}	34,016±1,489 ^{ab}	49,334±0,439 ^{ab}	9,80	31,21	8,94	28,78
	30	36,378±1,864 ^b	28,334±2,120 ^b	47,948±1,383 ^a	10,37	32,83	16,08	36,29

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

APÊNDICE 2 Cálculo da perda de cor e cromaticidade do mamão formosa não sonificado e tratado osmoticamente com glicose e frutose 25% e 50% e seco a 60°C.

Condição operacional	Tempo (min)	L^*	a^*	b^*	ΔE_{seco}	ΔC_{seco}	ΔE_{fresco}	ΔC_{fresco}
Frutose 25%	10	46,494±1,073 ^b	38,030±3,580 ^{ab}	54,084±1,213 ^b	10,63	31,04	13,34	31,04
	20	44,286±1,514 ^{ab}	37,568±1,657 ^a	52,566±0,652 ^b	9,94	31,92	12,15	31,92
	30	41,908±1,221 ^a	37,998±1,132 ^a	47,706±0,369 ^a	7,53	23,75	9,37	23,75
Frutose 50%	10	43,046±1,035 ^a	28,528±1,709 ^a	47,920±0,243 ^b	12,06	29,36	5,28	23,63
	20	44,164±2,685 ^a	32,434±3,155 ^a	50,092±1,126 ^{ab}	10,34	30,93	2,40	9,81
	30	37,738±2,199 ^b	30,794±2,966 ^a	51,774±0,755 ^a	6,08	22,36	4,59	5,34
Glicose 25%	10	42,606±2,738 ^a	28,984±3,098 ^a	49,722±0,641 ^a	12,19	19,37	7,29	16,20
	20	41,771±1,936 ^a	29,830±2,443 ^a	47,934±0,437 ^a	10,47	15,40	7,98	11,73
	30	41,330±3,225 ^a	26,096±2,643 ^{ab}	48,190±1,126 ^a	11,32	17,47	4,68	7,04
Glicose 50%	10	41,882±1,576 ^{bc}	33,892±3,108 ^{ab}	46,586±1,381 ^{ab}	11,09	31,94	9,88	33,08
	20	37,182±0,449 ^{ab}	31,766±0,924 ^a	49,370±0,891 ^{ab}	9,92	29,88	10,08	23,57
	30	36,786±1,016 ^a	30,858±2,097 ^a	45,110±7,429 ^a	10,49	30,93	15,38	37,84

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa a um nível de 95% pelo teste de Tukey.

APÊNDICE 3 Cálculo da perda de cor e cromaticidade do mamão formosa em solução osmótica de sacarose e seco a 60°C (0%,25% e 50%)

Condição operacional	Tempo (min)	ΔE	ΔC
<i>Controle</i>			
	20	12,95	12,35
Sacarose 0%	40	12,52	7,20
	60	10,54	9,10
	20	11,48	9,78
Sacarose 25%	40	12,68	9,66
	60	11,66	12,20
	20	6,63	10,39
Sacarose 50%	40	7,04	5,33
	60	7,61	13,44

APÊNDICE 4 Cálculo da perda de cor e cromaticidade do mamão formosa em solução osmótica de sacarose e seco a 70°C (0%,25% e 50%)

Condição operacional	Tempo (min)	ΔE	ΔC
<i>Controle</i>			
	20	10,19	14,37
Sacarose 0%	40	12,67	16,74
	60	9,46	10,29
	20	13,41	7,39
Sacarose 25%	40	36,29	8,89
	60	17,87	7,39
	20	5,80	12,11
Sacarose 50%	40	4,21	10,41
	60	8,87	13,44

APÊNDICE 5 Calculo da perda de cor e cromaticidade do mamão formosa em solução osmótica sacarose e seco a 80°C (0%,25% e 50%)

Condição operacional	Tempo (min)	ΔE	ΔC
<i>Controle</i>			
Sacarose 0%	20	17,38	15,85
	40	20,77	10,84
	60	20,73	6,44
Sacarose 25%	20	20,26	10,76
	40	16,13	3,43
	60	14,83	14,06
Sacarose 50%	20	7,75	16,18
	40	17,46	17,87
	60	8,81	11,51

APÊNDICE 6 Calculo da perda de cor e cromaticidade do mamão formosa em solução osmótica de sacarose e ultrassom seco a 60°C (0%,25% e 50%)

Condição operacional	Tempo (min)	ΔE	ΔC
Sacarose 0%	20	12,77	14,99
	40	16,41	12,72
	60	13,94	10,56
Sacarose 25%	20	7,80	5,85
	40	8,83	2,69
	60	9,87	19,66
Sacarose 50%	20	7,90	13,40
	40	4,05	7,63
	60	8,38	10,85

APÊNDICE 7 Calculo da perda de cor e cromaticidade do mamão formosa em solução osmótica de sacarose e ultrassom seco a 70°C (0%,25% e 50%)

Condição operacional	Tempo (min)	ΔE	ΔC
Sacarose 0%	20	7,28	13,42
	40	12,46	15,87
	60	6,94	14,99
Sacarose 25%	20	16,11	15,46
	40	15,47	8,19
	60	13,60	11,75
Sacarose 50%	20	10,33	15,82
	40	5,10	8,05
	60	5,56	13,55

APÊNDICE 8 Cálculo da perda de cor e cromaticidade do mamão formosa em solução osmótica sacarose e ultrassom seco a 80°C (0%, 25% e 50%)

Condição operacional	Tempo (min)	ΔE	ΔC
Sacarose 0%	20	16,00	16,13
	40	7,78	15,68
	60	10,02	15,13
Sacarose 25%	20	14,96	9,20
	40	15,60	12,54
	60	18,70	4,87
Sacarose 50%	20	10,37	6,68
	40	9,91	13,08
	60	6,02	10,97

APÊNDICE 9 Mamão desidratado *in natura*.

