



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUIMICA
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA QUIMICA

FRANCISCA IMILENA PEREIRA DE OLIVEIRA

ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE JAMBO DESIDRATADO
SOB APLICAÇÃO DE ULTRA-SOM

FORTALEZA-CEARÁ

2010

FRANCISCA IMILENA PEREIRA DE OLIVEIRA

ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE JAMBO DESIDRATADO SOB APLICAÇÃO
DE ULTRA-SOM

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Engenharia Química, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes.

Co- Orientadora: Prof. Dra. Sueli Rodrigues.

FORTALEZA

2010

O45e Oliveira, Francisca Imilena Pereira de
Estudo do processo de produção em jambo desidratado sob a aplicação de ultra-som/
Francisca Imilena pereira de Oliveira, 2010.
91 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes

Co-Orientadora: Profa. Dra. Sueli Rodrigues

Área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia. Depto. de Engenharia Química, Fortaleza, 2010.

1. Síntese de Fischer -Tropscher 2. Lítio 3. Reatores I. Fernandes, Fabiano André Narciso (orienta.). II. Rodrigues, Sueli III. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. IV. Título.

CDD 660

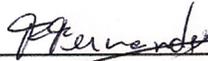
FRANCISCA IMILENA PEREIRA DE OLIVEIRA

ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE JAMBO DESIDRATADO SOB APLICAÇÃO
DE ULTRA-SOM

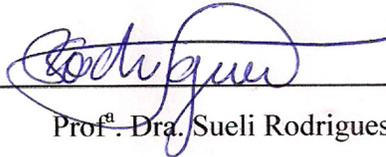
Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Engenharia Química, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química.

Dissertação aprovada em 22 de fevereiro de 2010.

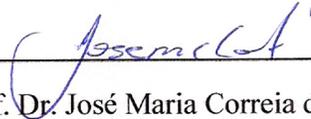
BANCA EXAMINADORA



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



Prof.ª Dra. Sueli Rodrigues



Prof. Dr. José Maria Correia da Costa
Universidade Federal do Ceará - Membro



Dra. Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo
Embrapa Agroindústria Tropical – Membro

Dedico este trabalho de pesquisa aos meus pais José Hilton, Iraci e a minha amada avó Caetana, pelo amor, apoio e incentivo em todos os momentos de 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 e Francisca Iraci pela educação, carinho e dedicação ao longo de minha vida.

Aos meus irmãos, Iselena, Irailton, Ivilena, pelo apoio e compreensão.

A todos os familiares que torcem pelo meu sucesso.

A Minha avó Caetana, por todo amor que me proporcionou em vida e pelos anos em que esteve ao meu lado me proporcionando momentos de felicidade.

Agradeço imensamente ao meu orientador professor Dr. Fabiano André Narciso Fernandes, pela oportunidade, pelos valiosos ensinamentos, apoio, paciência, dedicação, confiança, por seu incentivo constante e amizade.

Aos professores José Maria Correa da Costa e Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo que gentilmente aceitaram o convite de participar desta banca de defesa de dissertação, contribuindo assim para o enriquecimento deste trabalho.

À professora Sueli Rodrigues, pela co-orientação e por ter gentilmente cedido o laboratório de biotecnologia para realização dos experimentos.

À professora Izabel pela amizade e pela valiosa ajuda no laboratório de fisiologia vegetal.

Aos colegas do Laboratório de Biotecnologia, Mariana, Alexandre, Cláudia, Cristiane, Simone, Mauro, Thaty Vidal, Tatiane Maciel, Mayra, Ana Laura, Tiago, Soraya, Jonas e Luís pela amizade apoio e pela ótima convivência.

Aos colegas da turma de mestrado Andréa, Enio, Alexandre, Yguatiara, Elaine, Tigressa, Leíse, Jocélia, Mirela, Adriana, Juan, Jouciane, Ana Vivian, Diogo pelo clima de amizade e cumplicidade durante as difíceis disciplinas obrigatórias do mestrado.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Química, pelos ensinamentos, colaboração e amizade durante o curso de Mestrado.

A secretária do curso de Mestrado, Maria Nogueira, por sua dedicação paciência e ajuda no decorrer do curso.

À Universidade Federal do Ceará, pela possibilidade de cursar o Mestrado e por tudo de bom que ele vier a me proporcionar.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo durante todo o curso e pelo apoio financeiro.

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

*“Nenhuma mente que se abre para uma nova idéia
voltará a ter o tamanho original”.*

(Albert Einstein)

RESUMO

Uma das formas de conservar frutas é através da secagem. Os processos de secagem são técnica simples que podem ser utilizadas na conservação da fruta após sua colheita. O processo de secagem pode receber pré-tratamentos específicos para aprimorar a qualidade sensorial da fruta resultando em melhor aceitabilidade por parte dos consumidores.

A desidratação osmótica e/ou sonificação são formas de pré-tratamento que podem ser empregadas com sucesso pelos pequenos produtores em sua propriedade ou em cooperativas sem que haja necessidade de grandes investimentos. A secagem e os pré-tratamentos teriam, no caso das frutas regionais, duas funções: primeiro o de conservar a fruta; segundo de agregar valor à fruta, uma vez que uma fruta desidratada tem um valor comercial que gira em torno de R\$ 35,00 a R\$ 100,00 kg, enquanto o preço do produto in natura equivalente em base seca seria de R\$ 9,00 (mamão) a R\$ 30,00 kg (sapoti).

A maior parte dos estudos com fruticultura está concentrada em frutas com grande escala de produção, direcionados e venda interna e externa (exportação). Frutas regionais tidas como exóticas em muitas partes do mundo não têm sido foco de grande atenção pelos pesquisadores brasileiros. Estas frutas, se exploradas comercialmente, especialmente para exportação, podem render ao produtor um lucro considerável.

O Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste possui uma grande variedade de frutas regionais, plantadas em pequenas propriedades, que são pouco conhecidas no restante do país. Frutas como sapoti, siriguela, graviola, mangaba, jenipapo, jambo e várias outras podem ser mais bem exploradas comercialmente.

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.

Palavras-chave: Secagem, Sonificação, jambo.

ABSTRACT

Drying is a way to preserve fruits. Drying processes are simple techniques that can be used to preserve the fruits after harvest. Pre-treatments can be applied prior to the drying process to enhance the sensory quality of the fruit leading to a higher acceptability of the fruit by the costumers. Osmotic dehydration and sonification are forms of pre-treatments that can be applied, with great success, by small producers without requiring high investments. The drying process and the pre-treatment have two main goals: to preserve the fruit and to add value to the product. The dehydrated fruit has a commercial value around R\$ 35,00 to R\$ 100,00 per kg, while the price of the in natura product would be of R\$ 9,00 (papaya) to R\$ 30,00 (sapota)/kg (in dry basis). Most studies on fruit culture deals with traditional fruits that have a very high production and market and that are sold both internally and externally. Regional fruits (exotic fruits) have not received much attention by researchers. However, these fruits can be commercially sold as exotic fruits and may provide a considerable gain for the producer. Brazil, especially in the North and Northeast regions, has a wide variety of fruits, most of them produced in small properties. Fruits like sapota, siriguela, graviola, mangaba, genipap, malay apple (jambu) and several other that can be commercially explored. The sensory quality of the dried fruit is changed during processing and has to be studied as to be accepted by the costumers.

Keywords: Drying, Sonication, Malay apple.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Ganho de peso e ganho de água em jambo vermelho submetido ao ultra-som em água destilada.....	38
Tabela 2.	Perda de açúcar em jambo imerso em água destilada.....	40
Tabela 3.	Difusividade do jambo em água destilada.....	41
Tabela 4.	Ganho de peso e ganho de água do jambo vermelho submetido ao pré-tratamento com uso do ultra-som em solução osmótica de 25% açúcar.....	42
Tabela 5.	Ganho de açúcar do jambo vermelho submetido ao pré- tratamento com uso do ultra-som 50%.....	44
Tabela 6.	Difusividade do jambo submetido à solução osmótica de 25% de açúcar.....	44
Tabela 7.	Perda de peso e ganho de açúcar do jambo vermelho submetido ao pré-tratamento com uso do ultra-som em solução osmótica de 50% açúcar.....	45
Tabela 8.	Ganho de açúcar do jambo vermelho submetido ao pré- tratamento com uso do ultra-som 50%.	47
Tabela 9.	Difusividade do jambo na secagem a ar após pré- tratamento em solução osmótica 50%.....	48
Tabela 10.	Ganho de estevia em jambo (25%).....	55
Tabela 11.	Ganho de estevia em jambo (50%).....	56
Tabela 12.	Média e desvio padrão da análise de cor do jambo in natura.....	57
Tabela 13	Media e desvio padrão da análise de cor do jambo nas concentrações 0%%, 25%%, 50% após aplicação do ultra-som e antes da secagem.....	61
Tabela 14	Media e desvio padrão da análise de cor do jambo nas concentrações 0%%, 25%%, 50% após 5 horas em estufa a 60°C.....	61
Tabela 15	Médias de aceitação global.....	70
Tabela 16	Médias de aceitação do sabor.....	71
Tabela 17	Médias de aceitação da textura.....	72
Tabela 18	Médias da intenção de consumo.....	73
Tabela 19	Médias de aceitação do aroma.....	74
Tabela 20	Médias de aceitação da aparência.....	75

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1	Diagrama de migração do líquido no inteiro do sólido.....	24
Figura 2	Curva de secagem.....	25
Figura 3	Ponto triplo da água.....	31
Fluxograma 1	Etapas importantes no ciclo de liofilização.....	32
Figura 4	Formula química do esteviosídeo.....	34
Figura 5	Ganho de peso de jambos submetidos ao ultra-som.....	39
Figura 6	Ganho de água de jambos submetidos ao ultra-som.....	40
Figura 7	Perda de açúcar em jambos submetidos ao ultra-som.....	41
Figura 8	Ganho de peso em jambo submetido à desidratação osmótica em solução de 25% de açúcar.....	42
Figura 9	Ganho de água em jambo submetido à desidratação osmótica em solução de 25% de açúcar.....	43
Figura 10	Ganho de açúcar em jambos submetidos à desidratação osmótica em solução a 25°Brix.....	44
Figura 11	Ganho de peso em jambos submetidos à desidratação osmótica em solução a 50% de açúcar.....	46
Figura 12	Ganho de água em jambos submetidos à desidratação osmótica em solução a 50% de açúcar.....	46
Figura 13	Ganho de açúcar do jambo vermelho submetido ao pré- tratamento com uso do ultra-som a 50% de açúcar.....	47

Figura 14	Liofilização de jambos submetidos ao ultra- som.....	51
Figura 15	Liofilização de jambos submetidos ao ultra-som e a desidratação osmótica a 25% de açúcar.....	52
Figura 16	Liofilização de jambos submetidos ao ultra-som e a desidratação osmótica a 50% de açúcar.....	52
Fluxograma 2	Processo de substituição de açúcar no jambo por estevia.....	54
Figura 17	Ganho de estevia em jambos imersos em solução de estevia (25%).....	56
Figura 18	Ganho de estevia em jambos imersos em solução de estevia (50%).....	57
Figura 19	Parâmetro L da escala cielab para polpa do jambo.....	59
Figura 20	Parâmetro a da escala cielab para polpa do jambo.....	60
Figura 21	Parâmetro b da escala cielab para polpa do jambo.....	60
Figura 22	Jambo in natura sem uso do ultra-som.....	63
Figura 23	Jambo submetido por 30 minutos em ultra-som.....	64
Figura 24	Jambo submetido à desidratação osmótica em solução de 25°Brix por 10 minutos em ultra-som.....	65
Figura 25	Jambo submetido à desidratação osmótica em solução de 25°Brix por 30 minutos em ultra-som.....	66
Figura 26	Jambo submetido à desidratação osmótica em solução de 50°Brix por 45 minutos em ultra-som.....	67
Figura 27	Aceitação de amostras de jambo.....	69
Figura 28	Aceitação em relação ao sabor das amostras.....	70
Figura 29	Aceitação em relação à textura.....	71

Figura 30	Intenção de compra.....	72
Figura 31	Aceitação em relação ao aroma.....	73
Figura 32	Aceitação em relação à aparência.....	74
Figura 33	Aceitação em relação à cor.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - por cento

AG- Grupo controle

US- Ultra-som

W_f - Perda de água

W_r – Perda de peso

SG- Ganho de açúcar

X_i - Fração de sólidos

X_w - Fração de água

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	20
2.1	Frutas Tropicais.....	20
2.2	Jambo (<i>Syzygium malaccense</i>).....	20
2.3	Secagem.....	21
2.4	Importância da secagem.....	22
2.5	Secagem de frutas.....	22
2.6	Teoria da secagem.....	23
2.7	Desidratação osmótica.....	26
2.8	Pré-tratamento com ultra-som.....	26
2.9	Liofilização.....	28
2.10	Liofilização de frutas.....	29
2.11	Teoria da liofilização.....	30
2.12	Análise sensorial.....	33
2.13	Estevia.....	34
3.	INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA AUXILIADA POR ULTRA SOM NA SECAGEM DE JAMBOS.....	35
3.1	Materiais e métodos.....	35
3.1.1	Preparo das amostras.....	35
3.2	Pré-tratamento.....	35
3.2.1	Pré tratamento em ultra som.....	35
3.3	Desidratação osmótica assistida por ultra som.....	36
3.4	Calculo da perda de água, perda de peso e ganho de açúcar durante o pré tratamento.....	36
3.5	Secagem em Estufa.....	37
3.6	Resultados e discussões.....	38
3.6.1	Efeito da aplicação do ultra som sobre perda de água, perda de peso e ganho de açúcar em jambo vermelho.....	38
3.6.7	Ganho de água, Ganho de peso e ganho de açúcar em jambo vermelho (<i>S. malaccense</i>) submetidos à solução osmótica de 25% e 50% de açúcar e ultra-som	
4	INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA AUXILIADA POR ULTRA-SOM NA LIOFILIZAÇÃO DE JAMBOS	49

4.1	Materiais e métodos.....	49
4.1.1	Preparo das amostras.....	49
4.2	Pré tratamento.....	49
4.2.1	Pré tratamento em Ultra-som.....	49
4.3	Desidratação osmótica assistida por ultra som.....	50
4.4	Liofilização dos frutos.....	50
4.5	Resultados e discussões.....	51
5	SUBSTITUIÇÃO DE AÇÚCARES CALÓRICOS POR NÃO AÇÚCARES NÃO CALÓRICOS EM JAMBOS	53
5.1	Materiais e métodos.....	53
5.1.1	Preparo das amostras.....	53
5.2	Processo de substituição de açúcar por adoçante (estévia).....	53
5.3	Resultados e discussões.....	55
5.3.1	Substituição dos açúcares naturais do jambo por estevia.....	55
6	INFLUENCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMOTICA ASSISTIDA POR ULTRA-SOM NA ANÁLISE DE COR DO JAMBO	58
6.1	Materiais e métodos.....	58
6.1.1	Análise de cor.....	58
6.2	Resultados e discussões.....	58
7	ANALISE MORFOLÓGICA DO JAMBO VERMELHO.....	62
7.1	Materiais e métodos.....	62
7.2	Resultados e discussões.....	63
8	INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA ASSITIDA POR ULTRA-SOM NA ANALISE SENSORIAL DE JAMBO	68
8.1	Análise sensorial do jambo.....	68
8.2	Resultados e discussões.....	69
9	CONCLUSÕES.....	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
	ANEXOS.....	84

1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil possui vastas áreas dedicadas à plantação de frutas tropicais voltadas especialmente para exportação. Estas áreas são administradas tanto por grandes empresas agrícolas exportadoras quanto por pequenos agricultores e cooperativas agrícolas. As grandes empresas agrícolas têm uma maior facilidade para exportar, negociam com grandes importadores e grande parte da produção é efetivamente exportada. As cooperativas agrícolas e pequenos agricultores ficam muitas vezes relegados a um segundo plano e têm como principal cliente o mercado nacional, muitas vezes devido à menor qualidade da fruta produzida.

Dependendo da produtividade obtida pelas grandes empresas agrícolas, existe um excesso de produção, que é destinado ao mercado interno. Quando isso ocorre, devido ao menor custo de produção das grandes empresas, o produto mais caro do pequeno produtor tem grande dificuldade de comercialização. Os excessos de frutas são geralmente perdidos, estragando no campo ou em armazéns.

Muitas frutas produzidas no Nordeste têm um ciclo de amadurecimento rápido, e algumas não podem ser congeladas, o que dificulta sua conservação do campo até o consumidor final. A este fato, soma-se o problema de transporte no interior dos estados nordestinos. Estradas mal cuidadas que dificultam e tornam mais caro o transporte da fruta fresca ou refrigerada até o consumidor.

Uma forma de conservar frutas é por meio da secagem. O processo de secagem é uma técnica simples que pode ser utilizada na conservação da fruta após sua colheita. O processo de secagem pode receber pré-tratamentos específicos para aprimorar a qualidade sensorial da fruta, resultando em melhor aceitabilidade por parte dos consumidores.

A desidratação osmótica e a sonificação são formas de pré-tratamento que podem ser empregadas com sucesso pelos pequenos produtores em sua propriedade ou em cooperativas, sem que haja necessidade de grandes investimentos. A secagem e os pré-tratamentos teriam, no caso das frutas regionais, duas funções: Conservar a fruta e agregar valor à fruta, uma vez que uma fruta desidratada tem um valor comercial que gira em torno de R\$ 35,00 a R\$ 100,00 kg, enquanto o preço do produto *in natura* equivalente em base seca seria de R\$ 9,00 (mamão) a R\$ 30,00 kg (sapoti).

Soma-se à caracterização do problema que a maior parte dos estudos em fruticultura estão concentrados em frutas com grande escala de produção, direcionados para venda interna e externa

(exportação). Frutas regionais tidas como exóticas em muitas partes do mundo não têm sido foco de grande atenção pelos pesquisadores brasileiros. Estas frutas, se exploradas comercialmente, especialmente para exportação, podem render ao produtor um lucro considerável.

Mercados como o europeu têm grande interesse por produtos considerados exóticos tanto para consumo direto como para uso em bolos, tortas, molhos entre outros produtos alimentícios. Estes produtos não possuem um mercado tão amplo, porém têm um valor de venda alto, tornando as frutas regionais brasileiras um produto de alto valor comercial como produtos de “sabores exóticos”.

Como o mercado consumidor destes “sabores exóticos” não é grande frente ao mercado consumidor de frutas como banana, melão, mamão, abacaxi (entre outras), a produção destas frutas favorece o pequeno produtor, dono ou arrendatário de pequenos lotes de terra. Em várias regiões do país, como o semi-árido, poucas culturas se adaptam ao clima regional. Porém, estas regiões possuem uma quantidade razoável de espécies frutíferas endêmicas, adaptadas à região, que podem ser cultivadas, gerando renda aos agricultores no interior do país, principalmente no Norte e Nordeste.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o ganho de peso, ganho de água, ganho/perda de açúcar e ganho de estévia no Jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) submetido a um pré-tratamento com ultra-som em solução osmótica, seguido de secagem em estufa. O trabalho também visa evidenciar a presença de micro canais, através da análise morfológica, que são causados pela influência das ondas ultra-sônicas e são capazes de causar modificações na estrutura da fruta, facilitando assim o processo de secagem. Parte deste estudo visou substituir o açúcar natural do fruto por esteviosídeo utilizando soluções osmóticas nas concentrações de 25 e 50° Brix, a fim de obter frutos com um baixo valor calórico. Um estudo das qualidades sensoriais do jambo vermelho também foi realizado, já que as frutas desidratadas sofrem modificações e apresentam problemas ligados ao sabor, textura e coloração dependendo do tratamento a que foram submetidas, e isso pode fazer com que sejam ou não aceitas pelo consumidor.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Frutas tropicais

As frutas tropicais são produzidas por plantas de todos os tipos de habitat. A única característica comum que elas compartilham entre si é a sua intolerância às geadas. No entanto, algumas se desenvolvem bem em ambientes secos (como o cerrado e a caatinga) e outras só crescem em matas ciliares ou de galeria, ou ainda em áreas inundadas. E há as que precisam de solos argilosos e estação fria, como as das matas de altitude e dos campos sulinos do Brasil. (FRUTAS DO NORDESTE BRASILEIRO, 2009).

Segundo Kuskoski (2006), o consumo de frutas tropicais aumenta ano após ano devido ao valor nutritivo e aos seus efeitos terapêuticos. A utilização de polpas de frutas congeladas está em expansão nas indústrias de produtos lácteos, de sorvetes, doces e etc., o que aumenta o interesse dos produtores e dos consumidores.

Os frutos contêm, além dos nutrientes essenciais e de micronutrientes como minerais, fibras e vitaminas, diversos compostos secundários de natureza fenólica, denominados polifenóis (HARBONE; WILLIAMS, 2000).

As frutas, em geral, são alimentos que oferecem uma grande variedade de sabores e aromas agradáveis. São compostas basicamente de água (80%), açúcares como frutose e sorbitol, que é um outro tipo de açúcar presente nas frutas como ameixa, cereja, maçã e pêssego, além de vitaminas A e C e muitos minerais, principalmente cálcio, ferro e fósforo. É um alimento indispensável e felizmente no Brasil é possível encontrar os mais variados tipos de frutas durante a maioria dos meses do ano. Essa abundância faz com que as frutas sejam uma constante na mesa dos brasileiros, onde podem ser consumidas *in natura* (melhor forma de aproveitar os nutrientes) ou em preparações especiais como doces, geléias, compotas, e outras formas (FRUTAS DO NORDESTE BRASILEIRO, 2009).

2.2 Jambo

Syzygium malaccense, árvore da família Myrtaceae, popularmente conhecida como jambo-vermelho, tem origem asiática, mais especificamente da Índia e da Malásia. No Brasil, é encontrado nos estados da região Norte, Nordeste e nas regiões quentes do Sudeste. A planta pode atingir de 12 a 15m de altura, com tronco reto e copa densa, com forma piramidal e ramificação abundante que se inicia a 1,5- 2m do solo (CAVALCANTE, 1996). De agosto a fevereiro, época

da florada, ela se recobre de flores vermelhas, dando-lhe um aspecto bastante ornamental. Os frutos desenvolvem-se desta data até a época de colheita, que se dá de janeiro a maio. Sua propagação comumente é realizada por sementes (DONADIO *et al.* 1998). O fruto pode ser consumido *in natura* ou em forma de compotas. Segundo Kurosawa (2004), contém vitaminas A, B1, B12, além de cálcio, ferro e fósforo. De acordo com Donadio *et al.* (1998), a polpa, que constitui 84% do fruto, apresenta Brix de 6,8% e acidez de 0,4%, no final da maturação. A bebida obtida da decocção da casca do tronco pode ser utilizada como paliativo para dores de estômago e diarreia (AHMAD; ISMAIL, 2003). Há três espécies principais de *Syzygium* cujos frutos são conhecidos como jambo, todas nativas do continente asiático:

- *S. malaccense*: Jambo-vermelho, com frutos vermelhos, adocicados e levemente ácidos;
- *S. jambos*: Jambo-branco, com frutos esbranquiçados, de sabor fraco;
- *S. jambolana*: Jambo-rosa, com frutos rosados, sabor semelhante ao jambo-vermelho. Também cultivado como árvore ornamental, pela profusão de flores com longos estames rosados.

2.3 Secagem

A secagem pode ser definida como a remoção de água de um material na forma de vapor de água para uma fase gasosa insaturada, por meio de um mecanismo de vaporização térmica, (PESSOA JUNIOR; KILIKIAN 2005). A secagem é considerada um dos processos mais antigos utilizados pelo homem na conservação de alimentos. Segundo Gava (1984), os diversos tipos de secagem de produtos de origem vegetal e animal podem ser enquadrados dentro de dois grupos:

- Secagem natural ou ao sol
- Secagem artificial ou desidratação

Na secagem natural, para um melhor resultado, convém que o tratamento seja dividido em duas fases: a primeira, iniciada ao sol, e continuada até que as frutas tenham perdido de 50% a 70% da umidade; e a segunda, à sombra, para que os produtos não ressequem e não percam o sabor e o aroma natural. A desidratação de alimentos refere-se à remoção quase completa de água sob condições controladas. Dois importantes critérios de qualidade de alimentos desidratados são:

- Capacidade de re-hidratação gerando produtos semelhantes aos alimentos que os originaram.
- Mínimas alterações nas propriedades sensoriais do produto.

Isso constitui um grande desafio tecnológico, já que os níveis de umidade muito baixos, requeridos para se atingir uma boa estabilidade, dificilmente são obtidos com poucas alterações dos alimentos, a menos que a desidratação seja feita por liofilização, um processo considerado muito caro (POTTER; HOTCHKISS 1995).

2.4 Importância da secagem

Segundo Evangelista (1984) o processo de secagem proporciona inúmeras vantagens em relação a outros processos de conservação dos alimentos.

- Nos alimentos, pela evaporação da água, encontra-se uma maior concentração de nutrientes como proteínas e sais minerais.
- Barateamento de embalagens em tamanho e quantidade, transporte e estocagem.
- Maior facilidade de armazenamento, quando o alimento é protegido contra umidade ambiente, microorganismos e predadores.
- Vantagens econômicas do tipo: menor mão de obra na elaboração dos produtos, do que nos demais processos; redução de espaço ocupado pelo produto, durante o transporte e o armazenamento.

2.5. Secagem de frutas

Segundo Villar (1999), a secagem de frutas é um processo que utiliza energia térmica para remover parte ou quase a totalidade da água das frutas, sob condições de temperatura, umidade e velocidade do ar cuidadosamente controlados. No entanto, para reduzir o tempo de secagem, muitos frutos são submetidos a um pré-tratamento.

Entre os produtos processados, as frutas desidratadas se destacam por serem normalmente de fácil obtenção, manterem as características do produto natural, reduzirem custo com transporte e por possuírem características que dificultam o desenvolvimento de microorganismos que poderiam promover a deterioração da fruta fresca.

Segundo Mannheim *et al.* (1994), uma das principais causas da deterioração de alimentos frescos, e processados é a quantidade de água livre presente nos mesmos.

Desta forma, as operações de desidratação têm sido usadas, há décadas em indústrias de processamento de alimentos para uma eficiente preservação dos produtos finais por longos períodos. O objetivo básico dessa operação é a remoção de água do sólido até um nível em que os danos por microorganismos sejam evitados (DROUZAS; SHUBERT, 1996).

A desidratação ocorre mais intensamente nas quatro primeiras horas, como afirma Lenart (1984). A taxa de perda de água pode alcançar um valor de aproximadamente 45%, ou seja, mais do que a metade alcançada no equilíbrio. Este comportamento também foi observado por Sanjinez-argadona (1999) em um estudo feito com goiabas.

Segundo Barbanti; Mastrocola; Severine (1994), a secagem de frutas é um processo simultâneo de transferência de calor e de massa, acompanhado da mudança de fase da água; e é um processo de elevado custo. Um pré-tratamento, tal como a desidratação osmótica, pode ser usado a fim reduzir o teor de água inicial, reduzindo o tempo de processamento e secagem total.

Em um estudo feito por Fernandes *et al.* (2007), com mamão papaia, foi relatado que a secagem de fruta, quando precedida de desidratação osmótica, minimiza o tempo de processamento total da secagem. Os resultados mostraram a vantagem de usar concentrações elevadas de sacarose para a solução osmótica, e o uso do tratamento osmótico reduziu o tempo total da secagem da fruta.

2.6 Teoria da Secagem

Algumas observações sobre como água é transportada do interior do sólido para a superfície formam as teorias de secagem. O movimento de água no interior do material até a superfície é analisado pelos mecanismos de transferência de massa, que indicará a dificuldade de secagem nos materiais.

Segundo Park *et al.*, (2007), durante a secagem, para que haja a evaporação de água da superfície do material ao ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície. Os mecanismos de migração mais importantes são:

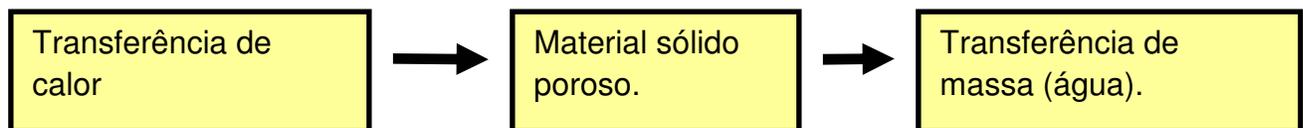
- Difusão líquida; ocorre devido à existência do gradiente de concentração;

- Difusão de vapor; ocorre devido ao gradiente de pressão de vapor, causado pelo gradiente de temperatura.
- Escoamento de líquido e de vapor; ocorrem devido à diferença de pressão externa, de concentração, capilaridade e alta temperatura.

Todas essas considerações servem para fundamentar o fenômeno de secagem.

O movimento de água do interior do material até a superfície é analisado na figura 1 pelos mecanismos de transferência de massa, que indica a dificuldade de secagem nos materiais. Durante a secagem para que haja a evaporação de água da superfície do material ao ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície.

Superfície de secagem



Interior do material

Figura 1- Diagrama da migração do líquido no interior de um sólido.

Os produtos submetidos à secagem são muito diferentes entre si, devido à sua composição, estrutura, e suas dimensões. As condições de secagem são muito diversas, de acordo com as propriedades do ar de secagem e a forma como se faz o contato ar produto: por exemplo, secagem com ar quente na superfície de um leito de partículas é um caso (a água estando situada dentro das partículas), ou outro caso é a suspensão de uma partícula em um fluxo de ar. Uma vez que o produto é colocado em contato com o ar quente, ocorre uma transferência do calor do ar ao produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de matéria (massa) para o ar. Esta última se faz na forma de vapor de água. Uma parte do calor que chega ao produto é utilizada para vaporizar a água. A evolução destas transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem faz com que esta seja dividida esquematicamente em três períodos :

Na Figura 2 são mostradas as curvas de evolução do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da velocidade de secagem (dx/dt), também chamada de taxa de secagem, ao longo do tempo, para um experimento utilizando ar de propriedades constantes.

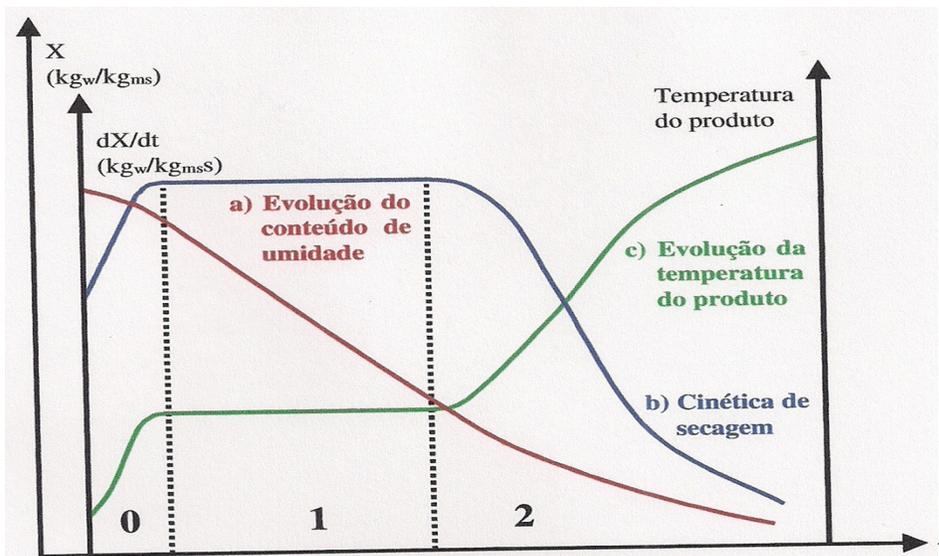


Figura 2- Curva de secagem

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem (conteúdo de umidade do produto, $X = X_{BS}$, em relação à evolução do tempo de secagem t), isto é a curva obtida pesando o produto durante a secagem numa determinada condição de secagem.

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 t), isto é, é a curva obtida diferenciando a curva (a).

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), isto é, é a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem.

Descrevendo os três períodos temos:

Período 0

É o período de indução ou o período para entrar em regime operacional. No começo, o produto é geralmente mais frio do que o ar, a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto (p) é débil e, por conseqüência, a transferência de massa e a velocidade de secagem também são débeis. O calor em excesso acarreta uma elevação da temperatura do produto ocorrendo um aumento de pressão e da velocidade de secagem. Este fenômeno continua até que a transferência de calor compense exatamente a transferência de massa. Se a temperatura do ar for inferior àquela do produto, esta última diminuirá até atingir o mesmo estado de equilíbrio. A duração deste período é insignificante em relação ao período total de secagem.

Período 1

Consiste no período de velocidade (taxa) constante de secagem. Durante este período, como no anterior, a quantidade de água disponível dentro do produto é bem grande. A água evapora-se como água livre. A pressão de vapor de água na superfície é constante e é igual à pressão de vapor de água pura à temperatura do produto. A temperatura do produto, por sua vez, é também constante e é igual à temperatura de bulbo úmido, característica do fato de que as transferências de calor e de massa se compensam exatamente. A velocidade de secagem é, por conseguinte, constante. Este período continua enquanto a migração de água do interior até a superfície do produto seja suficiente para acompanhar a perda por evaporação de água na superfície.

Período 2

Consiste no período de velocidade (taxa) decrescente de secagem. Desde o momento em que a água começa a ser deficiente na superfície, a velocidade de secagem diminui. Apesar de alguns autores definirem o valor de teor de água do produto no ponto de transição entre os períodos 1 e 2 como sendo o teor de água crítico (X_{cr}), seria conveniente denominar este ponto como o ponto de inflexão de taxa constante à taxa decrescente de secagem, é um ponto que depende inclusive das condições operacionais de secagem. Durante este período, a troca de calor não é mais compensada.

Conseqüentemente, a temperatura do produto aumenta e tende assintoticamente à temperatura do ar. Durante todo este período o fator limitante é a migração interna de água. No final deste período o produto estará em equilíbrio com o ar ($X = X_{eq}$) e a velocidade de secagem é nula.

2.7. Desidratação Osmótica

A desidratação osmótica tem sido considerada uma ferramenta tecnológica importante para se desenvolver novos produtos derivados de frutas, com valor agregado e com propriedades funcionais (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001).

A desidratação por osmose consiste na imersão dos alimentos sólidos, inteiros ou em pedaços, em soluções aquosas concentradas de açúcares ou sais, levando a dois fluxos de massa simultâneos: fluxo de água do alimento para a solução devido à diferença na pressão osmótica e

transferência simultânea de soluto da solução para o alimento, devido aos gradientes de concentração (TORREGGIANI, 1993).

Geralmente a desidratação osmótica não fornece produto com umidade suficientemente baixa para ser considerado estável em prateleira sob temperatura ambiente. Portanto é usada como uma etapa anterior ao processo de liofilização, secagem a ar quente e outros. (MASTRANGELO *et al.*, 2000).

Nos últimos anos a desidratação osmótica tem recebido uma considerável atenção como um pré-tratamento porque reduz o consumo de energia e melhora a qualidade do alimento, além de reduzir o tempo de secagem, reter a cor natural (sem adição do sulfito) e reter aromas temporários durante secagem subsequente (Pokharkar; Prasad; DAS, 1997).

De acordo com Barbosa-Cánovas e Veja-Mercado (1996) a seleção de solutos para a desidratação osmótica está baseada em três fatores principais:

- Características sensoriais do produto;
- Custo dos solutos;
- O peso molecular do soluto.

Os solutos mais comumente usados na desidratação osmótica são o cloreto de sódio, a sacarose, a lactose, o glicerol e a frutose.

Mavroudis *et al.* (1998) estudaram os efeitos da agitação da solução e da diferença estrutural das maçãs no processo osmótico da desidratação e mostrou que a perda de água era mais elevada se a solução osmótica estava no regime turbulento maior do que no fluxo laminar.

Segundo Lewicki; Porzecka-Pawlak (2005), as desidratações osmóticas em alguns casos causaram mudanças no tamanho e na forma das células das maçãs, pois os efeitos da osmose não foram grandes o bastante para quebrar divisões celulares ou para rachar as células ao meio.

2.8. Pré-Tratamento com Ultra-Som

De acordo com Gunasekaran e Ay (1994), as primeiras referências a respeito do uso de ultra-som na indústria de alimentos datam de 1961, com a aplicação do método para a medida de sólidos não gordurosos e gordura do leite.

O ultra-som é empregado como uma tecnologia moderna, capaz de melhorar as condições de processamento de muitos produtos, atendendo às novas tendências de mercado. Como uma tecnologia emergente, há a necessidade de estudos aprofundados para seu emprego, buscando

melhor padronização e quantificação. O pré-tratamento ultra-sônico envolve a imersão da fruta na água ou em uma solução aquosa hipertônica a que o ultra-som é aplicado. A vantagem de usar o ultra-som é que o processo pode ser realizado na temperatura ambiente e nenhum aquecimento é exigido, reduzindo a probabilidade de degradação do alimento (MASON, 1998).

Segundo Fuente-Blanco, (2006); Tarleton, 1992; Wakeman (1998), as ondas ultra-sônicas podem causar uma série rápida de compressões e expansões de uma maneira bem similar a esponjas quando são espremidas e liberadas repetidamente e as forças envolvidas por este mecanismo podem ser mais elevadas do que a tensão superficial que mantém a umidade dentro do material criando os canais microscópicos e podendo remover a umidade mais fácil. O uso do ultra-som na indústria alimentar é novo e poucos estudos o utilizam (FUENTE-BLANCO *et al*, 2006; (GALLEGO-JUAREZ *et al*, 1999); MASON *et al*, 1996; ZHENG; SUN, 2006). A espectroscopia de ultra-som baseia-se no princípio físico de que o movimento de qualquer onda é afetado pelo meio por onde ela está se propagando (NELLIGAN, 2003). Dessa forma, a propagação das ondas sonoras em um determinado meio fornece informações sobre ele pela análise da transmissão ou da reflexão dos sinais gerados (BHARDWAJ, 2002). Essa técnica emprega ondas sonoras de alta frequência que imprimem forças intermoleculares aos materiais em teste. As oscilações de compressão ou descompressão das ondas ultra-sônicas causam oscilações no arranjo molecular da amostra, que responde com forças de atração ou repulsão intermoleculares (BUCKIN *et al.*, 2003). As amplitudes de deformação nas ondas ultrasônicas empregadas na determinação são extremamente pequenas, tornando a técnica não destrutiva, o que representa uma oportunidade única na caracterização de produtos alimentícios de base líquida, incluindo amostras opacas como o leite (BUCKIN *et al.*, 2003; DUKHIN *et al.*, 2003; NELLIGAN, 2003).

2.9 Liofilização

A liofilização pode ser definida como o processo de secagem de um produto previamente congelado em que a maior parte da água é removida por sublimação. Pode ser considerada parte de uma terceira geração na tecnologia de secagem, já que foi desenvolvida para superar danos estruturais e perdas de compostos voláteis responsáveis pelo aroma e pelo sabor que ocorrem nos secadores tradicionais. É reconhecido como o melhor método para obtenção de produtos desidratados de alta qualidade.

Como processo industrial, a liofilização data da segunda guerra mundial, quando se desenvolveram muitos estudos sobre alimentos liofilizados, porém foi durante o programa Apollo da NASA, que levou o homem à lua, que mais se investiu em pesquisas básicas para elucidação dos mecanismos de liofilização, (PESSOA JUNIOR; KILIKIAN 2005).

Por se tratar de um método caro, o uso da liofilização pela indústria alimentar é restringido normalmente aos produtos de elevado valor, tais como o café, frutas, hortaliças e legumes, ingredientes para alimentos e algumas ervas aromáticas. (ZHONGLI *et al.* 2008). Entre as inúmeras vantagens desse processo podem ser citadas:

- A liofilização reduz o peso total do alimento. A maioria dos alimentos é composta de água (nas frutas, por exemplo, 80% a 90% são líquidos). Removendo o líquido do alimento este fica mais leve e, assim, fica mais fácil de transportar.
- Preserva as qualidades do alimento. Produtos liofilizados têm melhor qualidade que os mesmos produtos desidratados por outros métodos.
- Quando comparada a outros produtos reduz de modo significativo a contração do produto, a decomposição térmica, a perda de voláteis, nutrientes, ações enzimáticas, a desnaturação de proteínas, bem como alterações da morfologia inicial do material.
- Produtos com estrutura inalterada, fáceis de transformar em pó e de dissolver, fácil de reidratar.

Porém a liofilização também exhibe uma série de desvantagens:

- É um processo que exige matéria prima de qualidade e a aplicação de tratamentos prévios adequados.
- Equipamento muito caro (3 vezes mais que em outros métodos de secagem), difícil de atingir a temperatura de liofilização (-60°C), bombas de vácuo muito potentes.
- Custo energético muito caro (2-3 vezes mais que em outros métodos de secagem).
- Processo muito demorado (mais de 24 horas)
- Produtos com facilidade de hidratar e frágeis pelo que devem ser cuidadosamente embalados e armazenados. (RODRIGUES, 2008).

2.10. Liofilização de Frutas

Segundo a portaria nº 12 de 24/07/1978 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), fruta liofilizada é o produto obtido pela desidratação quase completa da fruta madura,

inteira ou em pedaços, pelo processo tecnológico denominado "liofilização" e são classificadas de acordo com a sua apresentação em:

- Frutas liofilizadas inteiras
- Frutas liofilizadas em pó

A procura por frutas liofilizadas tem sido cada vez maior nos supermercados, pois como já mencionado, a liofilização é um processo diferente de desidratação: enquanto no método mais comum o alimento é aquecido até que a água evapore, na liofilização o produto é submetido a baixas temperaturas e pressão, e a água passa diretamente do estado sólido para o gasoso.

A liofilização foi amplamente utilizada para se obter a elevação da qualidade de frutas e hortaliças desidratadas. Entre outras frutas, o morango transformou-se em um alvo comum para liofilizar por serem muito aromáticas e apreciadas sensorialmente, entre os produtos atualmente disponíveis no mercado que contém os morangos liofilizados pode-se citar: barrinhas de cereais, flocos de cereais secos e iogurtes. (NOGUEIRA *et al.*, 2009). São bastante procurados por ser de cor e de sabor excelentes, com capacidade elevada de reidratação (SHISHEHGARHA *et al.* 2002).

Segundo Marques *et al.* (2007), em um estudo realizado com acerolas liofilizadas o resultado obtido mostrou que o congelamento do material contribuiu para preservar a estrutura porosa do fruto e o resultado foi um produto em pó pouco suscetível a reações de degradação. O índice de vitamina C da fruta foi preservado melhor no estágio intermediário de amadurecimento.

Em relação à capacidade de reidratação de frutas tropicais liofilizadas, foi mostrado em um estudo que a manga, o mamão papaia e o abacaxi apresentaram as taxas mais elevadas de reidratação em comparação com a acerola e a goiaba. (MARQUES *et al.* 2009).

2.11 Teoria da Liofilização

A liofilização é um processo de secagem constituído de três etapas: congelamento, secagem primária e secagem secundária. A finalidade do congelamento dentro do processo de liofilização consiste na imobilização do produto a ser liofilizado, interrompendo reações químicas e atividades biológicas. O material, previamente congelado, é desidratado por sublimação seguida pela dessorção, utilizando-se baixas temperaturas de secagem a pressões reduzidas. A estrutura e forma do produto, assim como as taxas de sublimação, são determinadas pelo processo de

congelamento. A estrutura não deve ser alterada durante o processo de liofilização para se evitar a ocorrência de danos irreversíveis ou a perda do produto. (MURGATROYD *et. Al.*, 1997).

Na figura 3 são mostrados os três estados físicos da água: sólido, líquido e gasoso. Pode-se observar que em uma pressão superior a 5,11 bar ao se fornecer calor a um material congelado, a água se fundirá tornando-se líquida; ao continuar a fornecer calor ela se evaporará. (PESSOA JUNIOR; KILIKIAN 2005).

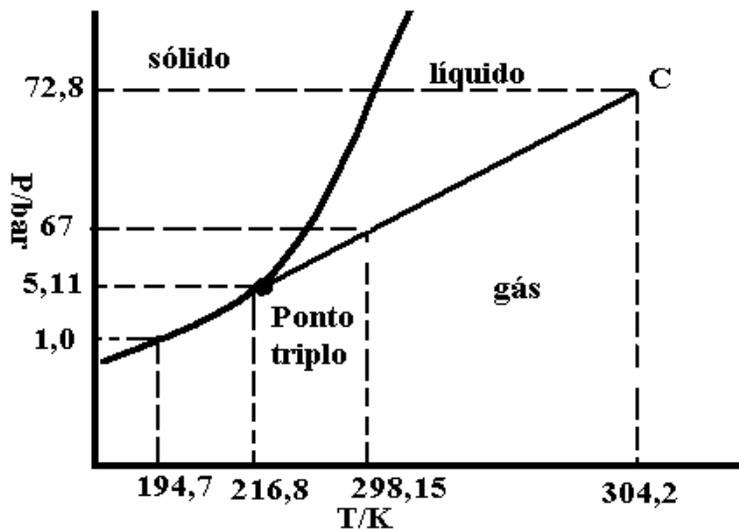


Figura 3- Ponto triplo da água

Etapas da Liofilização:

Congelamento: A água é separada dos constituintes hidratados do produto (cristais de gelo formados); o processo ocorre por rotação horizontal e por rotação vertical.

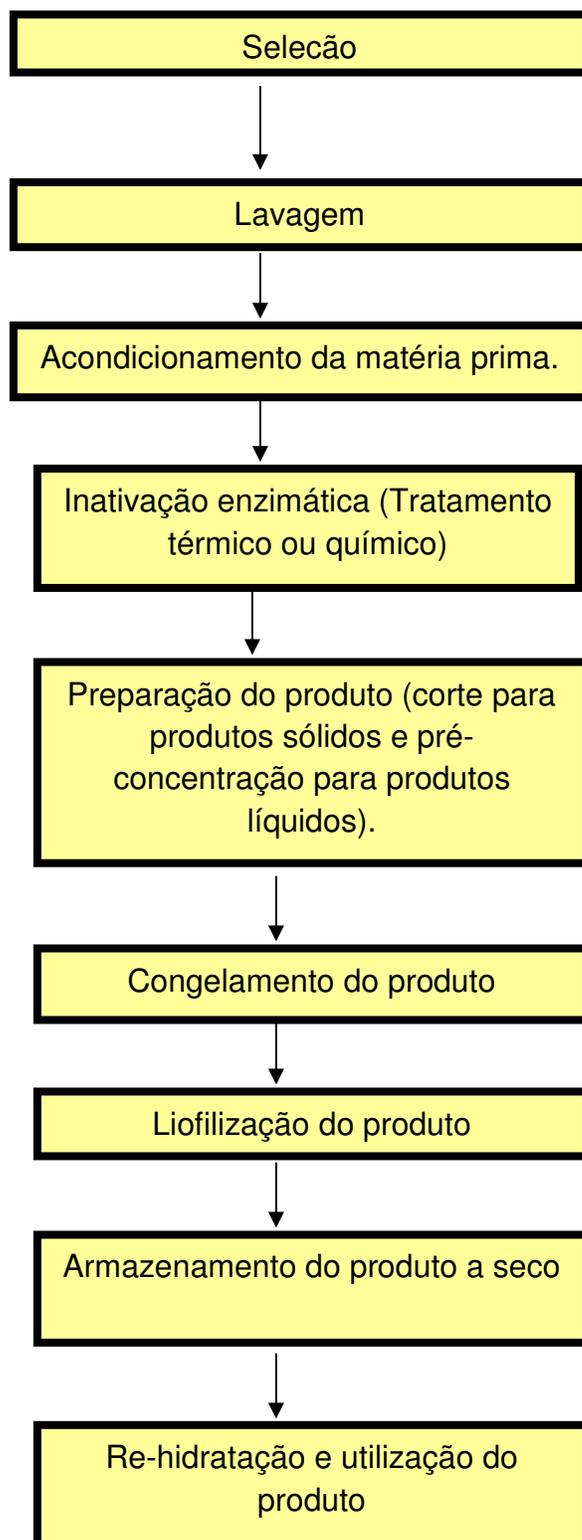
Secagem Primária: Esta etapa é responsável por eliminar até 90% da água do produto

Secagem Secundária: Eliminada 10% da água – água ligada – produto desidratado com até 2% de umidade.

- Eliminação da água ligada por evaporação a vácuo
- Aumento da temperatura (20-60°C)
- Final controlado pela temperatura no produto ou pelo peso.

A liofilização só pode ocorrer quando a temperatura e a pressão parcial do vapor da água forem inferiores às do ponto triplo da água (5,1 bar à temperatura de 216,8 °C, para a água pura).

O fluxograma 1 mostra um esquema básico do processo de liofilização enfatizando suas principais etapas no processo.

Ciclo de Liofilização:

Fluxograma 1 – Etapas importantes no ciclo de liofilização. (RODRIGUES, 2008)

2.12 Análise Sensorial

A análise sensorial é uma ciência que utiliza os sentidos humanos (visão, olfato, tato, paladar audição), para avaliar as características de um produto. É uma ferramenta intensamente utilizada pelas indústrias de alimentos, bebidas, cosméticos, perfumes, produtos de limpeza, automóveis e outros, tanto no desenvolvimento como na otimização da qualidade de seus produtos.

É considerada também uma ferramenta destinada a avaliar a aceitação de produtos no mercado, pesquisando os gostos e preferências de consumidores através de um perfil pré-selecionado pela empresa. Um conjunto de provadores expressa suas opiniões em cabines individuais onde recebem o produto a ser analisado, acompanhado de um formulário com perguntas pré-definidas para determinação dos resultados. Empregam-se diferentes métodos de avaliação, visando determinar o perfil sensorial, a aceitação e preferências acerca dos produtos.

Estes métodos podem ser orientados ao controle de qualidade, ao desenvolvimento de novos produtos, reformulação dos produtos já estabelecidos no mercado, estudo de vida de prateleira (*shelf life*), determinação das diferenças e similaridades apresentadas entre produtos concorrentes, identificação das preferências dos consumidores por um determinado produto e, finalmente, para a otimização e melhoria da qualidade.

Geralmente há uma tendência em considerar análise sensorial e degustação como sinônimos. Entretanto, há diferenças entres estes dois termos. A ISO (International Organization for Standardization) define análise sensorial como "o exame das propriedades organolépticas de um produto através dos órgãos dos sentidos", ou seja, nesta definição estão consideradas todos os órgãos dos sentidos. Já a degustação consiste na avaliação de um produto alimentar pela boca. (EMBRAPA 2006).

O teste da escala hedônica de aceitação expressa o grau de gostar ou de desgostar de um produto. O provador recebe as amostras codificadas e é solicitado a avaliar o quanto ele gosta ou desgosta das amostras utilizando uma escala de nove pontos que vai desde gostei muitíssimo ao desgostei muitíssimo.

2.13 Estévia

Desde os tempos mais remotos, até os dias de hoje o açúcar é um ingrediente indispensável na alimentação do homem. A maior fonte de açúcar extraído da natureza é o

derivado da cana-de-açúcar, e ainda em alguns países, provém da beterraba. No entanto, o açúcar destas plantas é muito calórico e não é recomendado para pessoas diabéticas.

A estévia é uma planta originária do Paraguai e sul do Brasil. Seu açúcar é consumido principalmente no Brasil, EUA, Japão e Coréia, e contém açúcares, como o steviosídeo e o rebaudiosídeo-A, que possuem propriedades de equilibrar a insulina, além de adoçar os alimentos. O poder adoçante da estévia é 250 a 300 vezes maior do que a sacarose. (ESTÉVIA 2009). A estévia rebaudiana (Bertoni), é uma planta, também conhecida como “honey plant”, planta mel, devido a sua doçura nas folhas.

A Figura 4 apresenta a fórmula química do steviosídeo.

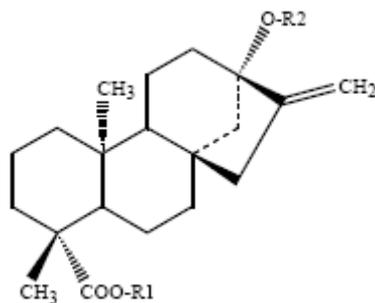


Figura 4 - Fórmula química do steviosídeo.

A intensificação do plantio da estevia cresceu e vem crescendo, principalmente, por ser uma planta relacionada a doenças conhecidas como “doenças do século”, como a diabetes e a obesidade, sendo considerado um ótimo substituto para adoçantes artificiais como, aspartame, sacarina sódica, assulfame K; além de ser considerado um adoçante natural de baixa caloria e alta qualidade, pois permanece estável sob altas temperaturas (100 °C) e sob uma variação do pH até 3,9. O açúcar da estévia não é cariogênico e apresenta sabor similar à sacarose e não apresenta gosto residual. (ALIMENTAÇÃO VIVA E SUSTENTÁVEL, 2009).

3. INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA AUXILIADA POR ULTRASOM NA SECAGEM A AR DE JAMBOS

O uso de ultrassom como pré-tratamento para a secagem foi investigado. A influência do tempo de processamento no ultrassom em relação ao ganho de peso, ganho de água, perda de açúcar e difusividade foram avaliadas. O processo integrado (ultrassom + secagem a ar) foi otimizado procurando-se pela condição operacional que minimizasse o tempo total de processamento.

3.1. Materiais e Métodos

3.1.1 Preparo das amostras

No preparo das amostras foi utilizado jambo vermelho (*Syzygium malaccense*). Os frutos foram colhidos em seu estágio ideal de maturação em um sítio nas proximidades de Messejana, em Fortaleza. Estes foram higienizados em água corrente e postos para secar sobre papel absorvente. Os jambos foram cortados ao meio e em seguida cortados novamente em duas metades resultando num formato triangular de aproximadamente 3 cm de aresta e 0,5 cm de espessura.

3.2. Pré-tratamento

3.2.1. Pré-tratamento em ultra-som

Foi realizada uma pesagem das amostras em balança digital e os frutos foram acondicionados em Erlenmeyers de 250 ml contendo 100 ml de água destilada. Três pedaços de frutos foram colocados dentro de cada Erlenmeyer.

Os frutos foram colocados em um banho de ultra-som de 25 kHz, 150 watts de potência e volume útil de 2,7 L (Unique modelo USC1450). Em seguida os frutos foram submetidos ao ultra-som por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos.

Um grupo de controle foi separado em que os frutos foram colocados imersos em água destilada sem aplicação de ultra-som, para fins de comparação do efeito do ultra-som. Os frutos foram imersos por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos.

As amostras foram rotuladas como:

- ✓ **AG** (frutos do grupo de controle)
- ✓ **US** (frutos submetidos ao ultra-som)

Terminado os experimentos os frutos foram novamente pesados para calcular ganho de água, ganho de peso e o ganho/perda de açúcar durante o processamento.

3.3. Desidratação osmótica assistida por ultra-som

Na realização do processo de desidratação osmótica, os frutos foram pesados e colocados em Erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL solução de sacarose. A solução de sacarose foi preparada dissolvendo açúcar refinado comercial em água destilada, resultando em soluções de 25% e 50% em massa de sacarose.

Os frutos foram colocados em um banho de ultra-som de 25 kHz, 150 watts de potência e volume útil de 2,7 L (Unique modelo USC1450). Em seguida os frutos foram submetidos ao ultra-som por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos.

Um grupo de controle foi separado onde os frutos foram colocados imersos em solução osmótica sem aplicação de ultra-som, para fins de comparação do efeito do ultra-som. Os frutos foram imersos por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos.

As amostras foram rotuladas como:

- ✓ **AG** (frutos do grupo de controle)
- ✓ **US** (frutos submetidos ao ultra-som)

Terminado os experimentos os frutos foram novamente pesados para calcular o ganho de água, ganho de peso e o ganho/perda de açúcar durante o processamento.

3.4 Cálculos do ganho de peso, ganho de Água e ganho/perda de Açúcar durante o Pré-Tratamento.

O cálculo do ganho de peso, ganho de água e ganho/perda de açúcar durante os experimentos foram realizados fazendo-se uso das seguintes formulas:

1. Ganho de água (WL)

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

2. Ganho de Peso (WR) (2)

$$WR = \frac{P_{us} - P_i}{P_i} \cdot 100$$

3. Ganho/Perda de açúcar (SG) (3)

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

4. Fração de sólidos (X_i) (4)

$$X_i = \frac{P_{f.ms}}{P_{i.ms}}$$

5. Fração de água (X_w) (5)

$$X_w = 1 - X_i$$

Onde:

P_i – Peso inicial do jambo

P_{us} – Peso final do jambo

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

3.5. Secagem em Estufa

Ao final do pré-tratamento os frutos foram pesados e acondicionados em placas de Petri devidamente identificados e levados a uma estufa com circulação e renovação de ar a 60°C (Tecnal TE – 394/1). A cada meia hora foi feita uma pesagem das amostras e após 6 horas os frutos foram deixados na estufa por 24 horas. Ao final desse período foi realizada uma última pesagem para realização dos cálculos de difusividade de água nos frutos. Também foi realizado um experimento de controle sem pré-tratamento que foi denominado de massa seca (M_S) em estufa a 60°C.

3.6 Resultados e Discussões

3.6.1 Efeito da aplicação do ultra-som sobre o ganho de água, ganho de peso e perda de açúcar em Jambo vermelho (*S. malaccense*).

A umidade inicial do jambo vermelho utilizado foi de 87,3% (0,873g de água/g de fruta) e a fração de sólidos foi calculado em 12,7%.

Na Tabela 1- são apresentados os resultados referentes à determinação do ganho de peso e ganho de água em jambo submetido ao ultra-som em água destilada.

Tabela 1- Ganho de peso e ganho de água em jambo vermelho submetido a ultrasom em água destilada.

Tempo (min.)	Controle Ganho de peso	Ultra-som Ganho de peso	Controle Ganho de água	Ultra-som Ganho de água
10	9,40± 0,47%	2,60± 0,13%	5,24± 0,26%	9,80±0,49%
20	6,40± 0,32 %	2,20± 0,11%	13,20± 0,66%	8,80± 0,44%
30	8,30± 0,41%	10,45± 0,52%	17,10± 0,85%	16,40± 0,82%
45	8,80± 0,44%	7,60± 0,38%	13,80± 0,69%	14,60± 0,73%
60	9,70± 0,48%	6,20± 0,31%	13,10± 0,65%	14,10± 0,70%

De acordo com a Tabela 1, os resultados mostraram que o ganho de peso no grupo controle aumentou com o aumento do tempo de processamento, isso ocorreu devido ao ganho de água ocorrido quando o fruto foi deixado em repouso em água destilada numa faixa de tempo crescente. E em ultra-som foi maior no tempo de 30 minutos. Os 20 minutos iniciais no processamento do fruto submetido ao ultra-som mostram um ganho de peso relativamente pequeno. O ultrassom atingiu seu efeito máximo no tempo de 30 minutos havendo um decréscimo na porcentagem de ganho de água nos tempos de 45 e 60 minutos o que deve ter ocorrido devido a um equilíbrio da concentração de açúcar e água entre a fruta e o meio líquido.

O ganho de água tanto no grupo controle como em ultra som foi maior no tempo de 30 minutos de processamento, havendo um decréscimo na porcentagem de ganho água nos tempos seguintes e não havendo uma grande variação entre os mesmos, o que também se deve ao equilíbrio da concentração de açúcar e água entre a fruta e o meio líquido.

FERNANDES *et al.* (2008) estudaram o efeito do pré-tratamento em abacaxis e verificaram que o ganho de água também aumenta com o aumento do tempo de processamento do fruto.

A Figura 5 mostra a tendência do ganho de água que o fruto possui tanto no grupo controle como no experimento em ultra som. Em um tempo de 30 minutos em ultra-som houve um pico no ganho de peso, ou seja, o ultrassom atingiu seu efeito máximo.

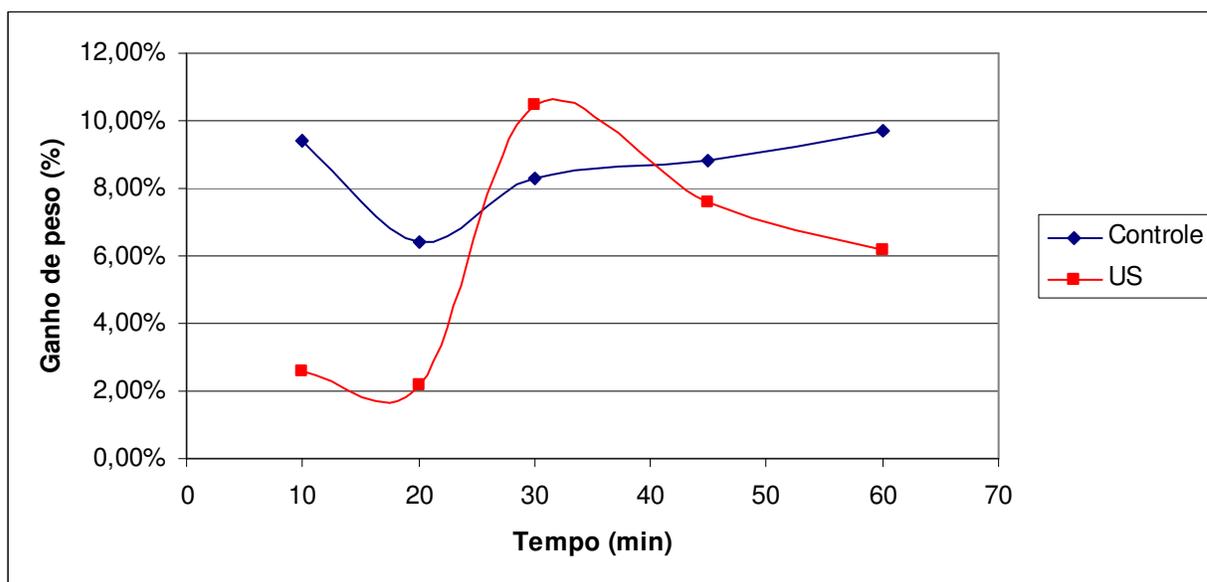


Figura 5- Ganho de peso de jambos submetidos ao ultra-som e grupo controle.

A Figura 6 mostra que o maior ganho de água nos dois grupos se deu aos 30 minutos de processamento.

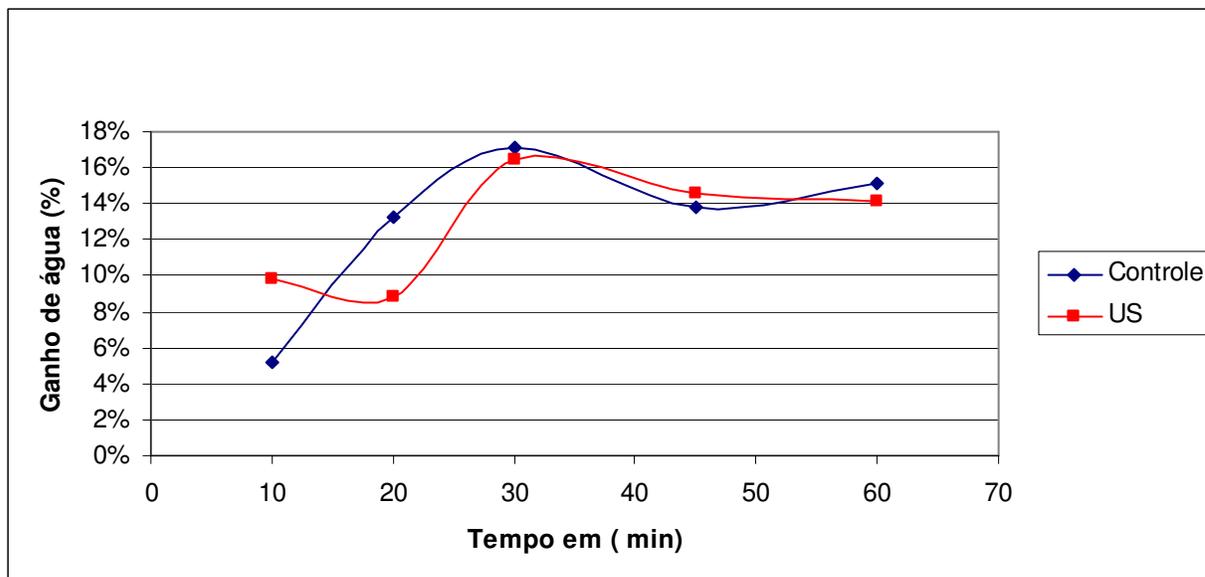


Figura 6 - Ganho de água de jambos submetidos ao ultra-som e grupo controle.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes à perda de açúcar do jambo desidratado submetido ao ultra-som.

Tabela 2- Perda de açúcar em jambo submetidos ao ultra som e grupo controle.

Tempo (min.)	Controle	Ultra-som
10	13,70±0,68%	28,00±1,40%
20	25,00±1,25%	23,60±1,18%
30	19,12±0,95%	21,97±1,09%
45	22,64±1,13%	21,40±1,07%
60	26,97±1,34%	33,40±1,67%

Os resultados mostram que houve perda de açúcar da fruta para o meio externo. Com o aumento do tempo de processamento, a porcentagem da perda de açúcar variou nos frutos do grupo controle chegando a um máximo no tempo de 60 minutos. Já nos frutos submetidos ao ultra-som houve decréscimo ao longo do processamento e a perda máxima foi observada no tempo de 60 minutos de. Quando a água destilada foi usada como meio líquido, a fruta perdeu 26,9% de seu açúcar no grupo controle e 33,40% no pré-tratamento por ultra-som após 1h de

tratamento. A perda de açúcar se dá mais facilmente porque o ultra-som induz a mudanças na estrutura celular do fruto criando micro canais que facilitam a retirada do açúcar presente.

A Figura 7 mostra que a maior perda de açúcar se deu aos 60 minutos de processamento, para os dois processos, a oscilação ocorrida nos experimentos para os frutos do grupo controle pode ter sido ocasionada devido a um equilíbrio da concentração de açúcar e água entre a fruta e o meio líquido e pelo “efeito esponja” do ultrassom.

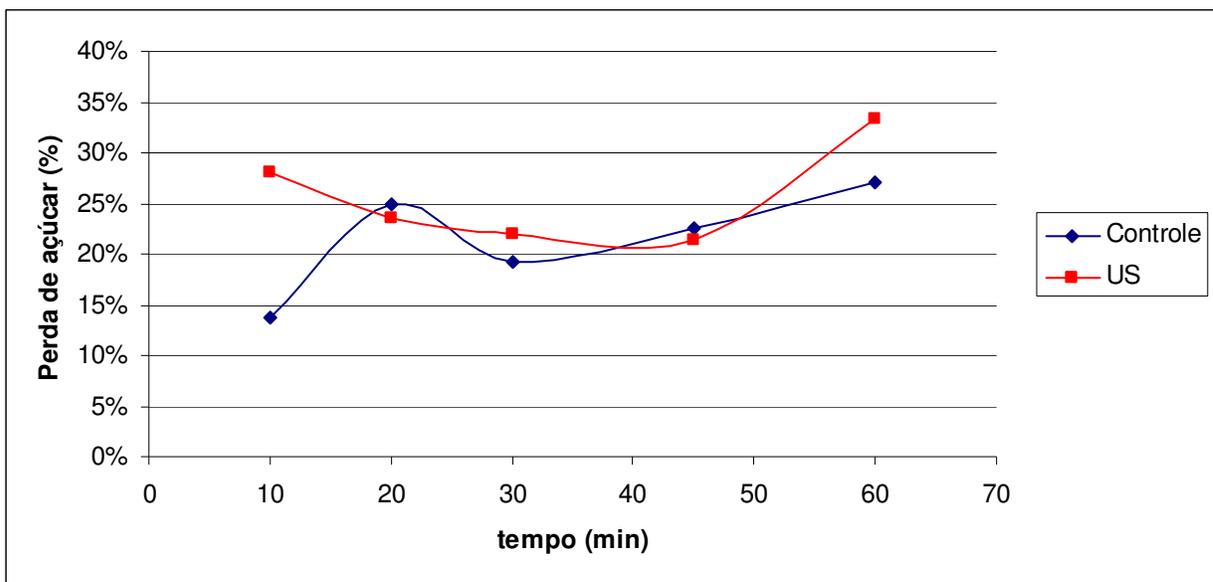


Figura 7 – Perda de açúcar em jambos submetidos ao ultra-som e grupo controle.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes às difusividades em água para jambo em água destilada. Em geral, quanto maior a difusividade da água, mais rápida é a taxa de secagem e menor é o tempo de secagem. A secagem a ar ocorreu mais rapidamente quando a fruta foi imersa em água destilada e submetida ao ultrassom por 10 min.

Tabela 3- Difusividade da água para jambo processado (m^2/min).

Tempo (min.)	Controle	Ultra-som
10	$3,10 \cdot 10^{-8} m^2/min$	$3,40 \cdot 10^{-8} m^2/min$
20	$2,98 \cdot 10^{-8} m^2/min$	$2,74 \cdot 10^{-8} m^2/min$
30	$2,74 \cdot 10^{-8} m^2/min$	$3,06 \cdot 10^{-8} m^2/min$
45	$2,57 \cdot 10^{-8} m^2/min$	$2,95 \cdot 10^{-8} m^2/min$
60	$2,60 \cdot 10^{-8} m^2/min$	$2,67 \cdot 10^{-8} m^2/min$

3.7. Ganho de água, Ganho de peso e ganho de açúcar em jambo vermelho (*S. malaccense*) submetidos à solução osmótica de 25% e 50% de açúcar e ultra-som.

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que, utilizando uma solução osmótica de 25°Brix (índice de sólidos solúveis) o ganho de peso foi maior no tempo de processamento de vinte minutos para o grupo controle, e não houve uma grande variação nos primeiros trinta minutos para o experimento em ultra-som. Em relação ao ganho de água, o grupo controle apresentou um ganho maior no tempo de processamento de 30 minutos e, no experimento em ultra som, o maior ganho se deu no tempo de 20 minutos.

Tabela 4- Ganho de peso e ganho de água do jambo vermelho submetido ao pré-tratamento com uso do ultra-som em solução osmótica de 25% açúcar.

Tempo (min.)	Grupo Controle	Ultra-som	Grupo Controle	Ultra-som
	Ganho de peso	Ganho de peso	Ganho de água	Ganho de água
10	9,40 ± 0,01 %	3,40 ± 0,19%	5,00 ± 2,56%	2,26± 0,98%
20	12,60 ± 0,02%	3,70 ± 0,01%	3,52± 4,09%	16,64±1,50%
30	10,60 ± 0,03 %	3,70 ± 0,36%	5,05 ± 0,09%	11,05±2,44%
45	7,00 ± 0,04 %	6,70 ± 0,01%	3,35±0,27%	3,40±0,77%
60	10,90 ± 0,01 %	6,70 ± 0,16%	2,00±1,11%	8,90±0,85%

A Figura 8 mostra o ganho de peso do fruto em 25°Brix evidenciando que nos primeiros trinta minutos não houve uma grande variação.

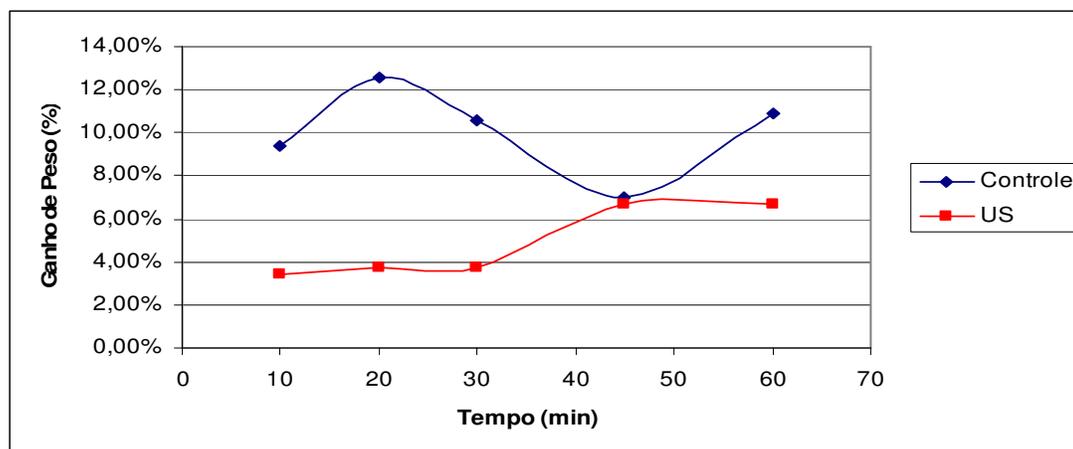


Figura 8 – Ganho de peso em jambo submetido à desidratação osmótica em solução de 25% de açúcar

A Figura 9 mostra o ganho de água do fruto em 25°Brix evidenciando que o grupo controle obteve um ganho maior no tempo de 20 minutos e os experimentos submetidos ao ultra som no tempo de 30 minutos.

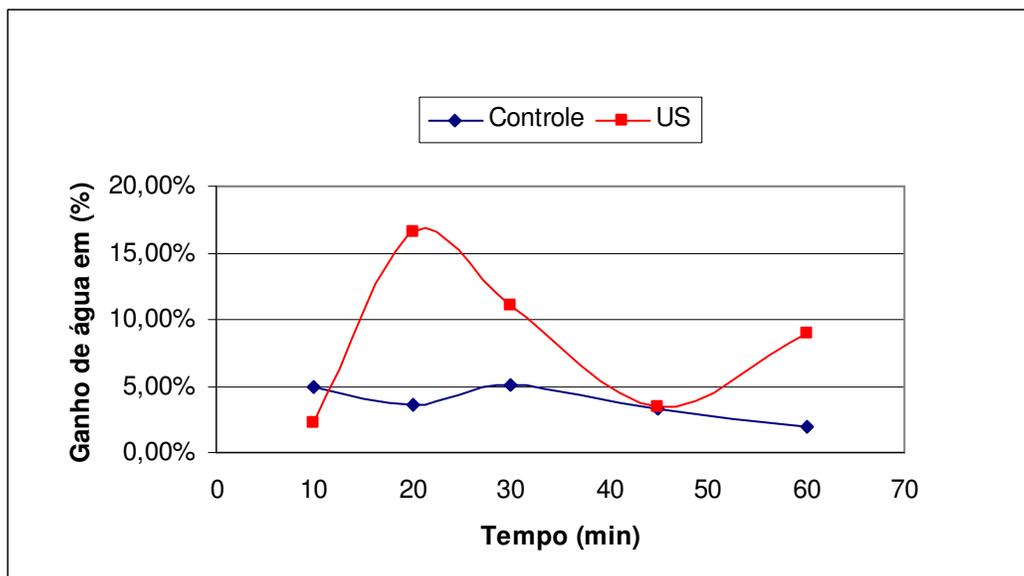


Figura 9 – Ganho de água em jambo durante o processo osmótico em solução de 25% de açúcar.

A Tabela 5 apresenta os resultados referentes ao ganho de açúcar do jambo submetido à solução osmótica de 25°Brix. Os frutos do grupo controle obtiveram um valor máximo do ganho de açúcar no tempo de 45 minutos enquanto que os frutos do grupo submetido ao ultrassom obtiveram um valor máximo no tempo de 10 minutos. Houve uma variação considerável no ganho de açúcar dos frutos submetidos ao ultrassom essa variação provavelmente deve ter ocorrido devido ao efeito esponja que o ultrassom submete o fruto como afirma Fuente-Blanco e outros (2006). Os resultados mostram que o uso do ultrassom intensifica o ganho de açúcar principalmente devido ao próprio efeito esponja que satura rapidamente a fruta com açúcar.

Tabela 5 - Ganho de açúcar do jambo vermelho submetido ao pré-tratamento com uso do ultra-som 25% açúcar.

Tempo (min.)	Grupo Controle Ganho de açúcar	Ultra-som Ganho de açúcar
10	15,88±0,35%	63,45±0,12%
20	21,70±0,42%	51,81±0,46%
30	13,02±0,33%	60,51±0,28%
45	33,63±0,05%	53,43±0,03%
60	22,10±0,28%	62,83±0,03%

A Figura 10 mostra o ganho de açúcar do fruto durante o processamento em 25°Brix e suas variações ao longo do processamento. De acordo com o comportamento do gráfico é possível observar que os frutos submetidos aos dois tipos de processamento possuem um comportamento inverso.

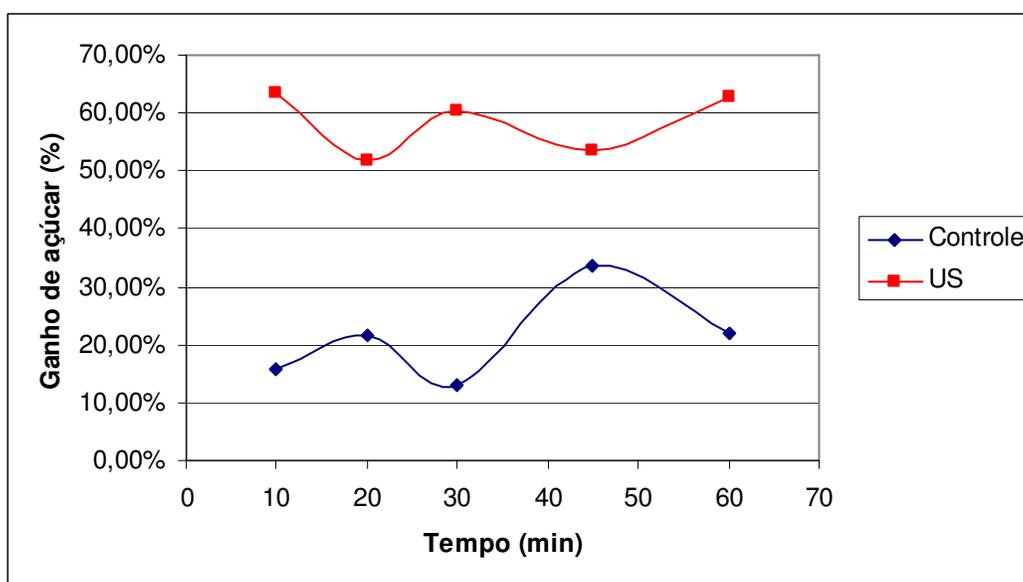


Figura 10 - Ganho de açúcar em jambos submetidos à desidratação osmótica em solução de açúcar a 25°Brix.

Na Tabela 6- são apresentados os resultados referentes às difusividades do jambo submetido à solução osmótica de 25% de açúcar.

Tabela 6- Difusividade do Jambo submetido à solução osmótica de 25% de açúcar

Tempo (min.)	Controle	Ultra-som
10	$2,09 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$	$1,73 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$
20	$2,79 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$	$3,72 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$
30	$4,48 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$	$3,50 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$
45	$3,47 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$	$3,46 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$
60	$2,80 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$	$3,45 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{min}$

Para a desidratação osmótica realizada com solução osmótica de 50°Brix, a Tabela 7 mostra que a perda de peso variou, atingindo um valor máximo aos 45 minutos para o grupo controle. Para o experimento em ultrassom a perda de peso foi pequena e teve um máximo aos 20 minutos de processamento. Em relação ao ganho de água os frutos do grupo controle tiveram um ganho maior no tempo de 60 minutos e os frutos submetidos ao ultra som tiveram um ganho maior no tempo de 45 minutos evidenciando que quando o fruto é submetido a uma solução osmótica de 50% de açúcar o ganho de água aumenta com o aumento do tempo de processamento, mas em se tratando do ultrassom esse aumento do ganho de água tem o seu limite máximo num tempo menor de processamento, no caso do jambo aos 45 minutos. O ultrassom no tempo de 45 minutos consegue expelir bastante água, mas ao mesmo tempo em que a água é retirada há um ganho de açúcar chegando a um ponto em que o teor de açúcar dentro da fruta começa a se igualar com o presente na solução osmótica o que dificulta a saída de água da fruta.

Tabela 7- Perda de peso e ganho de água do jambo vermelho submetido ao pré-tratamento com uso do ultra-som em solução osmótica de 50% açúcar.

Tempo (min.)	Grupo Perda de Peso	Ultra-som Perda de peso	Grupo controle Ganho de água	Ultra-som Ganho de água
10	$0,09 \pm 0,39\%$	$1,40 \pm 0,20\%$	$1,70 \pm 2,61\%$	$4,60 \pm 1,23\%$
20	$0,12 \pm 0,00\%$	$2,50 \pm 0,05\%$	$0,98 \pm 1,85\%$	$5,50 \pm 0,33\%$
30	$0,43 \pm 0,00\%$	$2,30 \pm 0,02\%$	$1,90 \pm 0,25\%$	$4,74 \pm 0,53\%$
45	$1,18 \pm 0,00\%$	$1,40 \pm 0,02\%$	$5,45 \pm 1,66\%$	$6,45 \pm 0,47\%$
60	$1,10 \pm 0,01\%$	$0,65 \pm 0,00\%$	$6,15 \pm 1,40\%$	$6,20 \pm 1,70\%$

A Figura 11 mostra o Ganho de Peso do fruto durante o processamento em 50°Brix

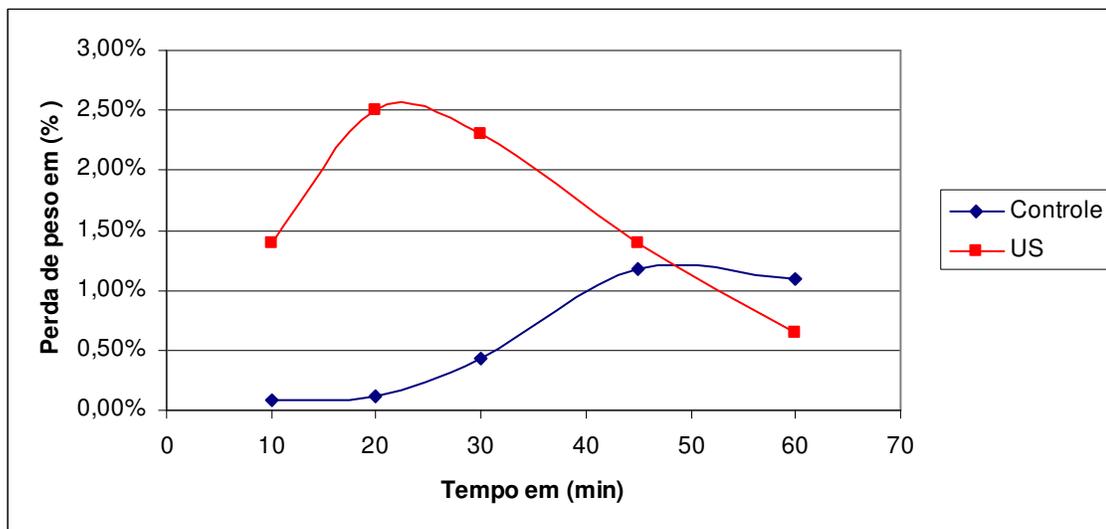


Figura 11 - Ganho de peso em jambos submetidos à desidratação osmótica em solução a 50% de açúcar.

A Figura 12 mostra o ganho de água do fruto durante o processamento em 50°Brix

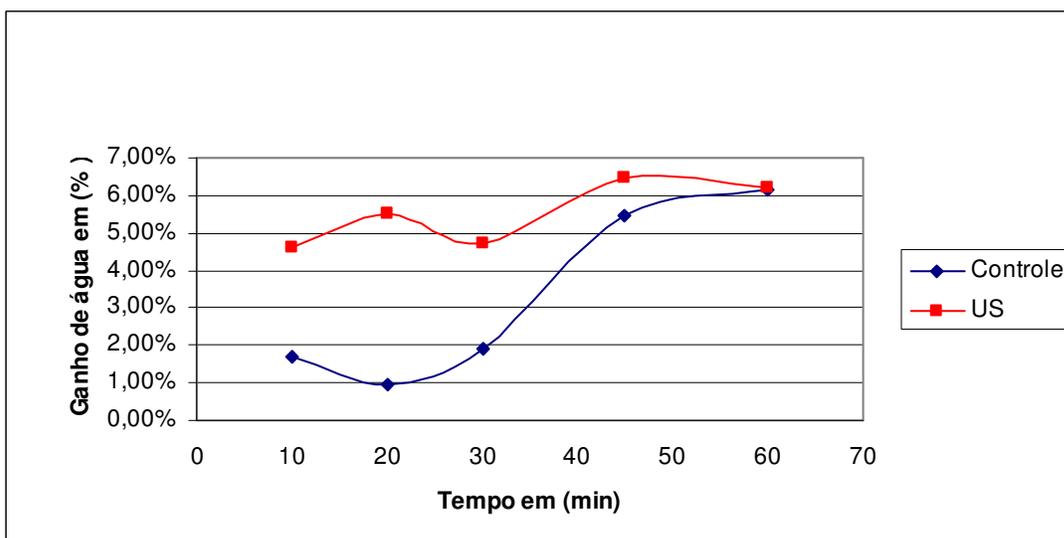


Figura 12 – Ganho de água em jambos submetidos à desidratação osmótica em solução a 50% de açúcar.

Na tabela 8 os resultados mostraram que o ganho de açúcar em solução de 50°Brix no grupo controle obteve um ganho máximo de açúcar no tempo de 60 minutos e os experimentos do ultra-som variaram bastante chegando a um máximo no tempo de quarenta e cinco minutos, mostrando a mesma tendência da perda de água.

Tabela 8- Ganho de açúcar do jambo vermelho submetido ao pré-tratamento com uso do ultra-som 50% açúcar.

Tempo (min.)	Grupo Controle	Ultra-som
	Ganho de açúcar (50%)	Ganho de açúcar (50%)
10	70,96±0,10%	68,49±0,17%
20	97,80±0,38%	76,78±0,28%
30	82,48±0,33%	78,68±0,04%
45	85,48±0,11%	104,22±0,00%
60	124,97±0,34%	101,04±0,36%

A Figura 13 mostra que o fruto submetido ao experimento em ultra-som teve grande oscilação no ganho de açúcar.

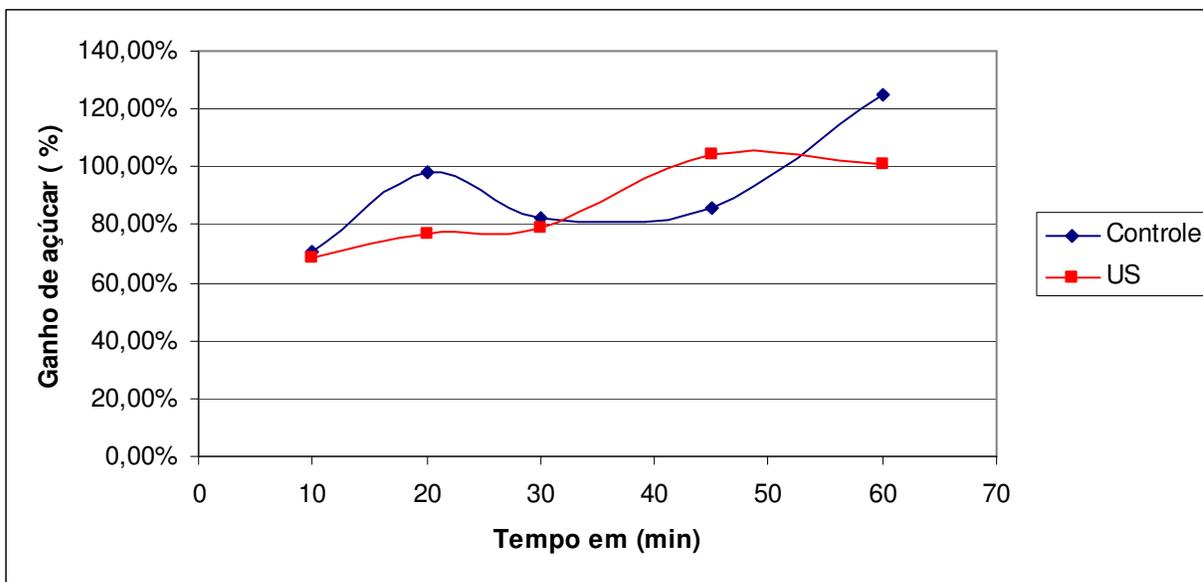


Figura 13 – Ganho de açúcar do jambo vermelho submetido ao pré-tratamento com uso do ultra-som a 50% de açúcar.

Na Tabela 9 são apresentados os resultados referentes às difusividades do jambo durante a secagem a ar depois de submetidos a tratamento com solução osmótica de 50% de açúcar.

Tabela 9- Difusividade do Jambo na secagem a ar após pré-tratamento em solução osmótica de 50% de açúcar.

Tempo (min.)	Controle	Ultra-som
10	3,31. 10 ⁻⁸ m ² /min	2,39. 10 ⁻⁸ m ² /min
20	2,51. 10 ⁻⁸ m ² /min	2,43. 10 ⁻⁸ m ² /min
30	4,03. 10 ⁻⁸ m ² /min	2,28. 10 ⁻⁸ m ² /min
45	2,98. 10 ⁻⁸ m ² /min	2,40. 10 ⁻⁸ m ² /min
60	2,12. 10 ⁻⁸ m ² /min	2,24. 10 ⁻⁸ m ² /min

A tendência observada nos experimentos nas concentrações de 0%, 25% e 50% e com o aumento do tempo de processamento é que a perda de água e o ganho de açúcar também se tornam maiores. O ultra-som e a desidratação osmótica induzem a mudanças na estrutura das células do fruto criando micro canais e isso aumenta a difusividade da água, o tecido da fruta oferece uma baixa resistência à difusão da água facilitando assim a perda de água e o ganho de açúcar.

Segundo Fernandes *et al.*,(2007) em um estudo realizado com mamão papaia, o uso do ultra-som como um pré-tratamento mostrou uma perda de açúcar da fruta para o meio líquido e também aumentou a difusividade da água da fruta que secou mais rapidamente. O aumento da difusividade da água foi estimado em 28,8% para o mamão após 20 minutos do uso do ultra-som. O aumento na difusividade da água no estágio de secagem faz o uso do ultra-som como um pré-tratamento uma metodologia interessante para complementar a secagem tradicional em estufa a 60°C.

A difusividade da água na fruta *in natura* foi de 2,74. 10⁻⁸ m²/min durante a secagem a ar. Quando a fruta passou por tratamento em ultrassom em água destilada houve um leve aumento na difusividade da água, devido a um início de formação de micro canais. A maior difusividade ocorreu usando tratamento em solução de 25% de açúcar. O tratamento com solução a 50% de açúcar diminuiu a difusividade da água durante a secagem devido à saturação da fruta com açúcar que cria uma resistência extra a difusão da água, e, portanto a fruta irá demorar mais para secar.

4. INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA AUXILIADA POR ULTRASOM NA LIOFILIZAÇÃO DE JAMBOS

O uso do ultrassom e da desidratação osmótica como pré-tratamento para a liofilização foi investigado. A diminuição da taxa de perda de água nas concentrações de 0%, 25% e 50% foram estudadas num processo triplo (ultrassom + desidratação osmótica + liofilização). Os resultados foram avaliados procurando-se pela condição operacional que melhor apresentou a taxa de perda de água, as amostras foram monitoradas fazendo-se uma pesagem a cada 60 minutos durante 5 horas.

4.1. Materiais e Métodos

4.1.1 Preparo das amostras

No preparo das amostras foi utilizado jambo vermelho (*Syzygium malaccense*). Os frutos foram colhidos em seu estágio ideal de maturação em um sítio nas proximidades de Messejana, em Fortaleza. Estes foram higienizados em água corrente e postos para secar sobre papel absorvente. Os jambos foram cortados ao meio e em seguida cortados novamente em duas metades, resultando num formato triangular de aproximadamente 3 cm de aresta e 0,5 cm de espessura.

4.2. Pré-tratamento

4.2.1. Pré-tratamento em ultra-som

Foi realizada uma pesagem das amostras em balança digital e os frutos foram acondicionados em Erlenmeyers de 250 ml contendo 100 ml de água destilada. Três pedaços de frutos foram colocados dentro de cada Erlenmeyer.

Os frutos foram colocados em um banho de ultra-som de 25 kHz, 150 watts de potência e volume útil de 2,7 L (Unique modelo USC1450). Os frutos foram submetidos ao ultra-som por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos.

Um grupo de controle foi separado em que os frutos foram colocados imersos em água destilada sem aplicação de ultra-som, para fins de comparação do efeito do ultra-som. Os frutos foram imersos por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos. As amostras foram rotuladas como:

- ✓ **AG** (frutos do grupo de controle)
- ✓ **US** (frutos submetidos ao ultra-som)

Terminado os experimentos os frutos foram novamente pesados para realização dos cálculos.

4.3. Desidratação osmótica assistida por ultra-som

Na realização do processo de desidratação osmótica, os frutos foram pesados e colocados em Erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL solução de sacarose. A solução de sacarose foi preparada dissolvendo açúcar refinado comercial em água destilada, resultando em soluções de 25% e 50% em massa de sacarose.

Os frutos foram colocados em um banho de ultra-som de 25 kHz, 150 watts de potência e volume útil de 2,7 L (Unique modelo USC1450). Os frutos foram submetidos ao ultra-som por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos.

Um grupo de controle foi separado onde os frutos foram imersos em solução osmótica sem aplicação de ultra-som, para fins de comparação do efeito do ultra-som. Os frutos foram imersos por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos.

As amostras foram rotuladas como:

- **AG** (frutos do grupo de controle)
- **US** (frutos submetidos ao ultra-som)

Terminado os experimentos os frutos foram novamente pesados para realização dos cálculos.

4.4. Liofilização dos Frutos

Ao final do pré-tratamento os frutos foram pesados e acondicionados em placas de Petri devidamente identificados e armazenadas por 24h no compartimento do congelador de um refrigerador vertical Electric GE modelo 360 á - 18°C para congelar as amostras.

As placas de Petri que continham as amostras congeladas foram retiradas do congelador e colocadas em recipientes específicos do liofilizador e foram levadas ao liofilizador (Terroni modelo Serie I) com temperatura do evaporador de - 40°C e uma pressão absoluta de -160 Pa.

A perda de umidade das amostras foi monitorada pesando-se as amostras a cada 60 minutos durante 5 horas. O peso normalizado foi calculado dividindo-se o peso encontrado ao longo do processamento durante as 5 horas de liofilização pelo peso inicial da amostra congelada.

4.5. Resultados e Discussões

Na Figura 14 os resultados mostram o efeito da aplicação do pré tratamento de ultra-som na etapa de liofilização de jambo. Houve uma diminuição na taxa de perda de água durante a liofilização para jambos submetidos a ultra-som sem a utilização da solução osmótica. Essa diminuição pode ser atribuída à mudança na estrutura celular dos jambos quando submetidos a ultra-som.

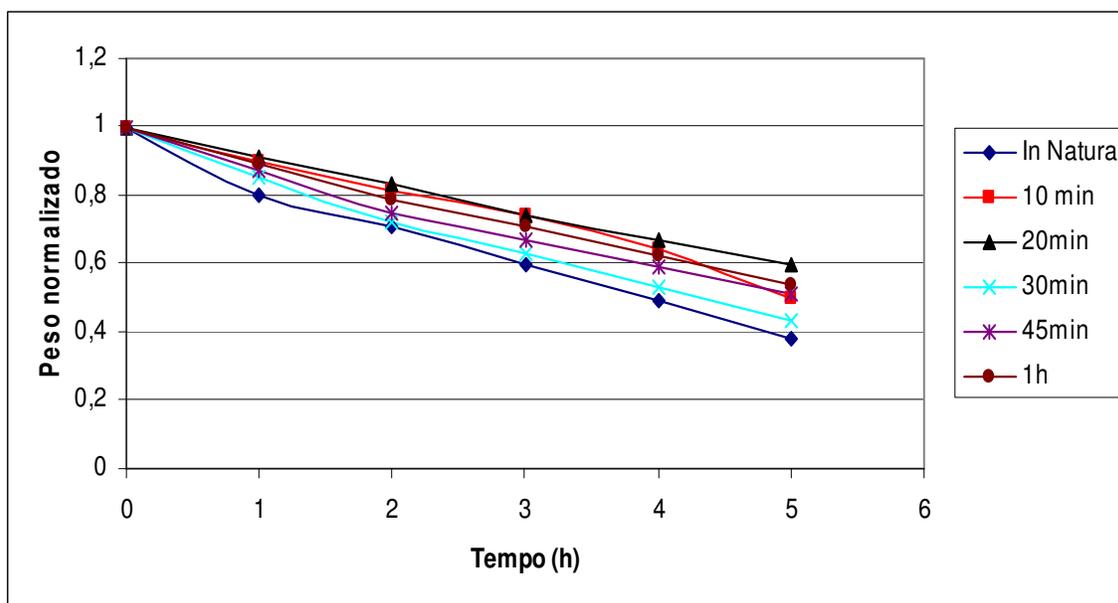


Figura 14 - Liofilização de jambos submetidos a ultra-som sem uso da solução osmótica.

A Figura 15 mostra que o uso da solução osmótica a 25% aumenta a taxa de perda de água, especialmente para jambos submetidos a ultra-som por 60 minutos. Esse aumento deve ter ocorrido possivelmente devido à quebra das células causada pelo ultrassom na estrutura do fruto, que facilitam na remoção de água de dentro da célula.

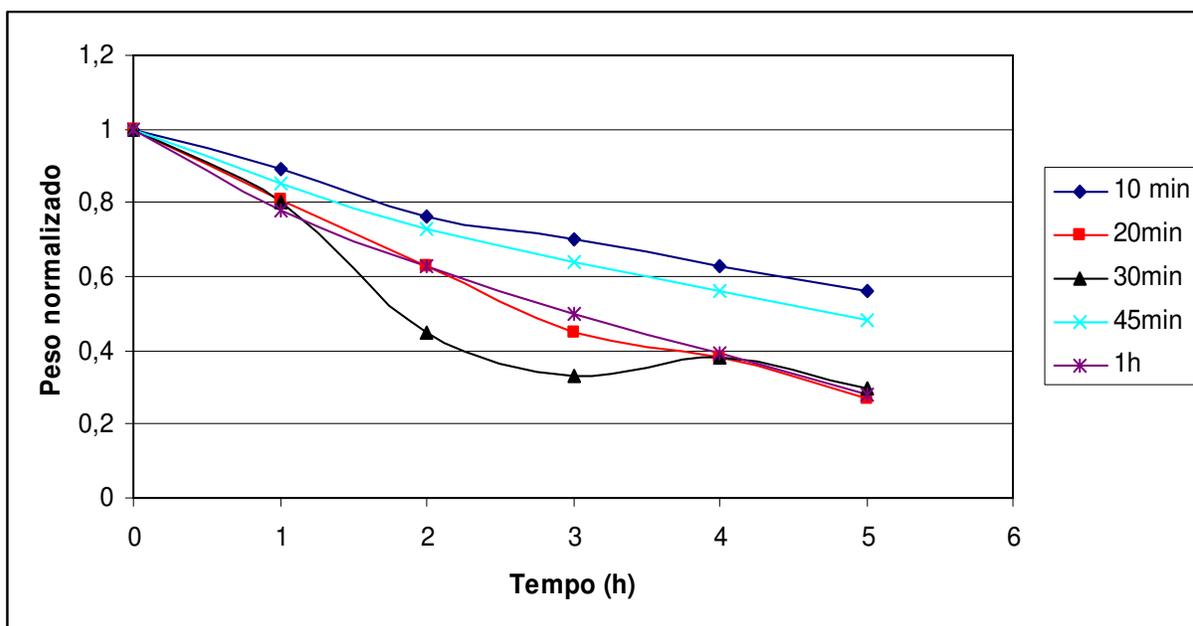


Figura 15 - Liofilização de jambos submetidos a ultra-som e a desidratação osmótica de 25% de açúcar.

A Figura 16 mostra que quando o fruto foi colocado numa solução osmótica de concentração 50% a perda de água também aumenta.

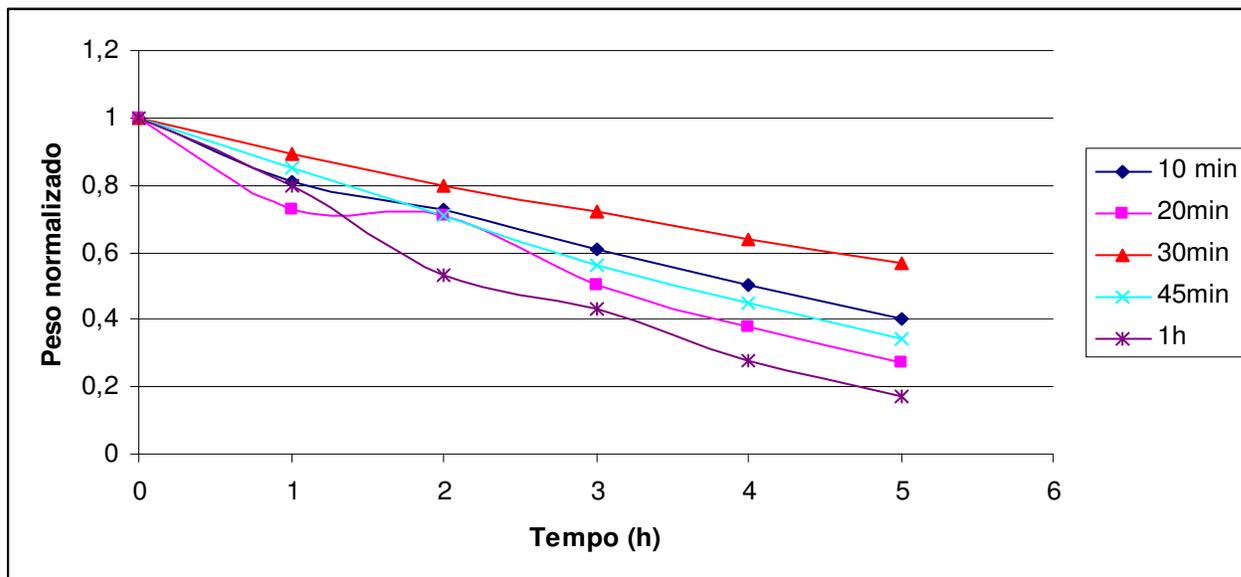


Figura 16- Liofilização de jambos submetidos a ultra-som e a desidratação osmótica de 50% de açúcar.

Nos experimentos realizados nas concentrações de 0%, 25% e 50% foi observado que conforme aumenta a concentração de açúcar da solução osmótica utilizada durante o pré-tratamento em ultra-som maior será a taxa de perda de água. Este fato se deve principalmente a quebra das paredes celulares causada pela pressão osmótica. Quanto maior a quebra, maior a facilidade de sublimação dos cristais de gelo.

Estudos recentes mostraram que no processo de desidratação osmótica seguido de secagem, o melhor tempo de processamento foi obtido quando a porcentagem da perda de água da fruta era mais elevada do que a porcentagem obtida pelo processo de secagem. (FERNANDES *et al*, 2006; OLIVEIRA *et al*, 2006; TELES *et al*, 2006)

5. SUBSTITUIÇÃO DE AÇÚCARES CALÓRICOS POR NÃO CALÓRICOS EM JAMBOS

Os valores do ganho de estevia no jambo foram estudados num processo onde se retirou o açúcar da fruta seguido de imersão em solução de estevia nas concentrações de 25% e 50%. O uso do ultra-som nesse processo avaliou se houve um ganho de estevia durante o aumento do tempo de processamento. Os resultados foram avaliados procurando-se pela condição operacional que melhor representou esse ganho.

5.1. Materiais e Métodos

5.1. 1 Preparo das amostras

No preparo das amostras foi utilizado jambo vermelho (*Syzygium malaccense*). Os frutos foram colhidos em seu estágio ideal de maturação em um sítio nas proximidades de Messejana, em Fortaleza. Estes foram higienizados em água corrente e postos para secar sobre papel absorvente. Os jambos foram cortados ao meio e em seguida cortados novamente em duas metades, resultando num formato triangular de aproximadamente 3 cm de aresta e 0,5 cm de espessura.

5.2. Processo de Substituição de Açúcar por Adoçante (Estévia)

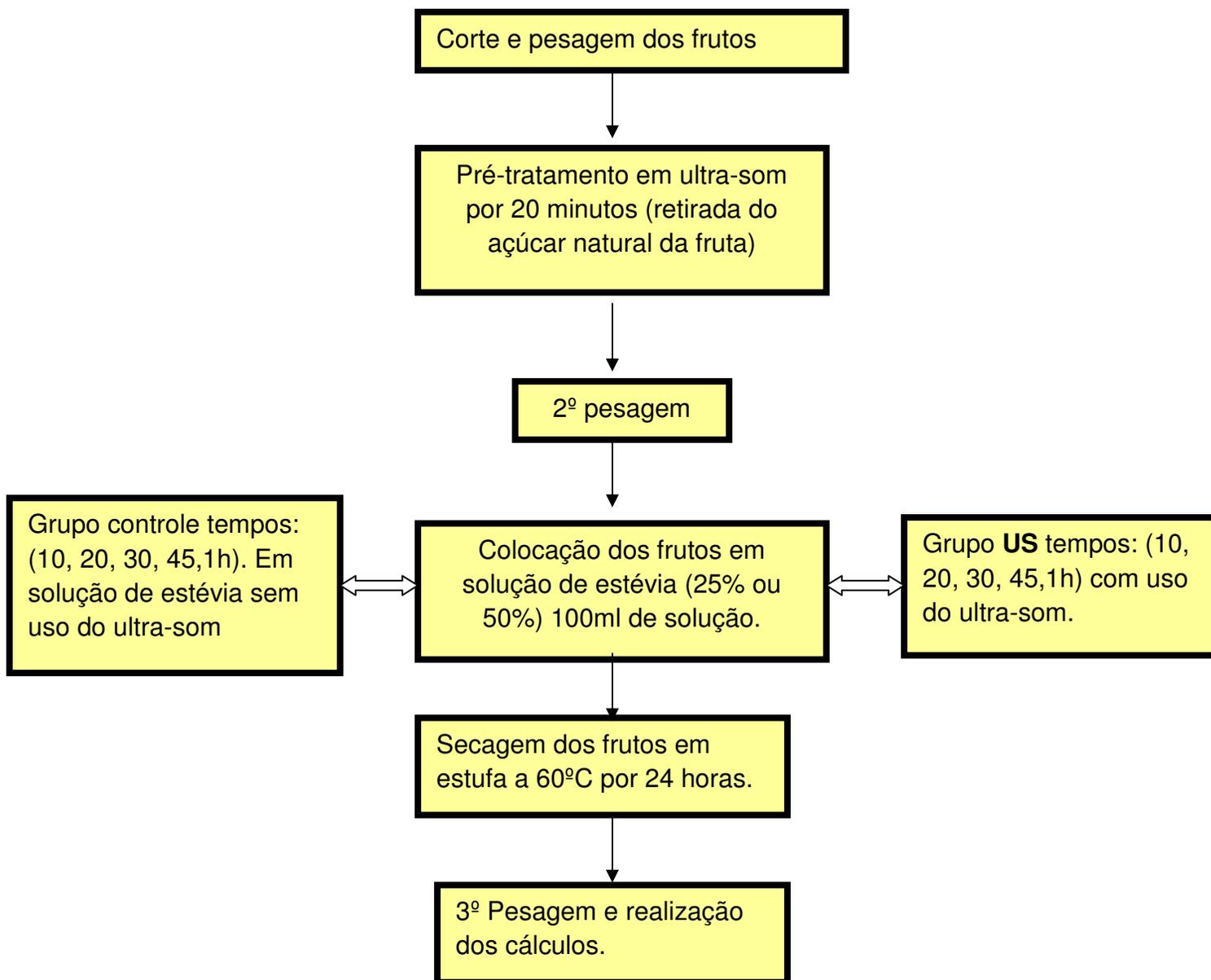
O processo de substituição de açúcar consistiu de duas etapas. Na primeira etapa, as amostras foram submetidas ao ultra-som para remoção dos açúcares da fruta (glicose, frutose e/ou sacarose). Os frutos foram cortados em duas metades e foi realizada uma pesagem das amostras em balança digital e foram acondicionados em Erlenmeyers de 250 ml contendo 100 ml de água destilada. Três pedaços de frutos foram colocados dentro de cada Erlenmeyer. Em seguida foram colocados em um banho de ultra-som de 25 kHz, 150 watts de potência e volume útil de 2,7 L (Unique modelo USC1450). Os frutos foram submetidos ao ultra-som por 20 minutos.

Na segunda etapa, os frutos foram acondicionados em Erlenmeyers de 250 ml contendo 100 ml de solução de estévia. A estévia utilizada era composta de 1% de esteviosídeo, 1% de dióxido de silício (anti-umectante) e 98% de maltodextrina. Experimentos foram realizados com solução de estévia contendo 25 e 50% em massa de adoçante em água destilada.

Os frutos foram colocados em um banho de ultra-som e foram submetidos ao ultra-som por 10, 20, 30, 45 e 60 minutos. Um grupo controle foi separado onde os frutos foram colocados

imersos em solução de adoçante sem aplicação de ultra-som, para fins de comparação do efeito do ultra-som. Ao final, os frutos foram levados à estufa a 60°C por 24 horas. No final desse período foi realizada a última pesagem e feito a realização dos cálculos de incorporação de estévia pelas amostras.

O fluxograma 2 mostra as etapas importantes no processo de substituição do açúcar natural da fruta pelo adoçante estévia.



Fluxograma 2 – Processo de substituição de açúcar no jambo por estévia.

5.3 Resultados e Discussões

5.3.1 Substituição dos açúcares naturais do jambo por estévia

Na Tabela 10 são apresentados os resultados referentes à determinação do ganho de estévia do jambo adicionado de 25% de estévia.

Tabela 10- Ganho de estévia em jambo (25%)

Tempo (min.)	Controle	Ultra-som
10	0,55±0,02%	1,42±0,07%
20	0,32±0,01%	0,16±0,08%
30	0,23±0,01%	0,78±0,03%
45	0,26±0,01%	0,23±0,01%
60	1,27±0,06%	0,88±0,04%

De acordo com o gráfico representado na Figura 17 os valores do ganho de estévia de jambo vermelho em solução na concentração de 25% apresentaram-se decrescentes no grupo controle nos primeiros 20 minutos e não apresentaram uma grande diferença nos tempo de 30 e 45 minutos tendo um maior ganho de estévia no tempo de 60 minutos. Frutos submetidos ao ultra-som mostraram um ganho crescente de estévia nos 10 primeiros minutos e um ganho de estévia máximo também no tempo de 10 minutos. A parede celular e o tipo de açúcar utilizado como agente osmótico podem ter influenciado no fenômeno do ganho de estévia no fruto. O uso de um agente osmótico como a estévia, com baixo peso molecular, pode provocar um favorecimento quando se aumenta o tempo de processamento.

Sacarídeos de baixo peso molecular como a glicose (180,16) e frutose (180,16) favorecem o ganho de sólidos devido à alta taxa de penetração das moléculas do soluto (TORREGGIANI, 1993).

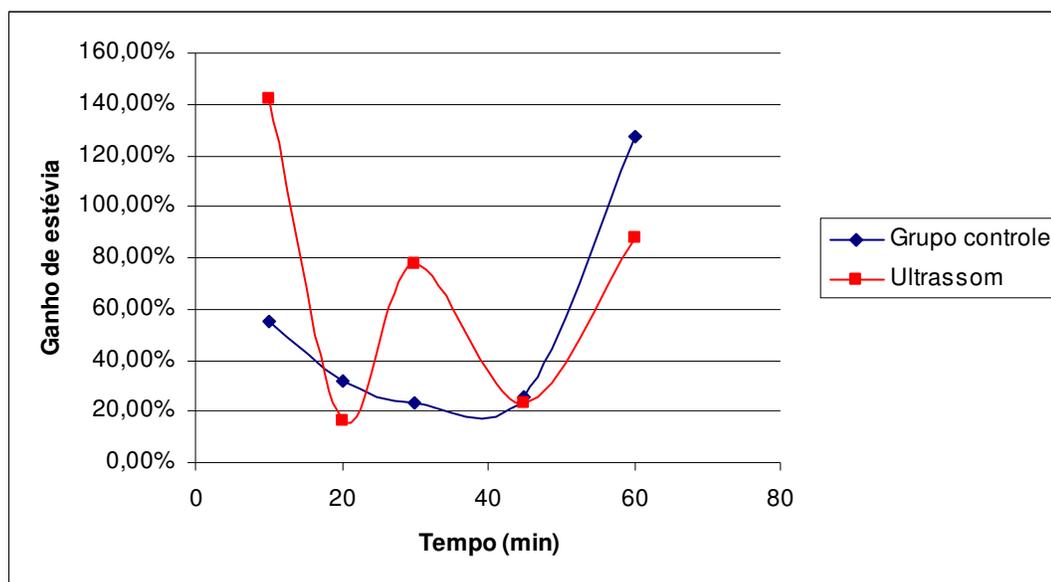


Figura 17- Ganho de estévia em jambos imersos em solução de estévia (25%).

Na Tabela 11 são apresentados os resultados referentes à determinação do ganho de estévia do jambo adicionado de 50% de estévia.

Tabela 11- Ganho de estévia em jambo (50%)

Tempo (min.)	Controle	Ultra-som
10	0,76±0,03%	0,28±0,01%
20	2,04±0,10%	0,25±0,01%
30	0,90± 0, 045%	1,92±0,09%
45	0,10±0,05%	3,18±0,15%
60	0,10±0,05%	1,81±0,09%

De acordo com a Figura 18 os frutos imersos na solução de 50% de estévia e os frutos do grupo controle apresentaram ganho maior no tempo de 20 minutos. Os frutos submetidos ao ultra-som não mostraram grandes diferenças nos primeiros 20 minutos e um ganho significativo no tempo de 45 minutos. Quanto maior o tempo de processamento aliado ao aumento da concentração osmótica maior o ganho de estévia no fruto.

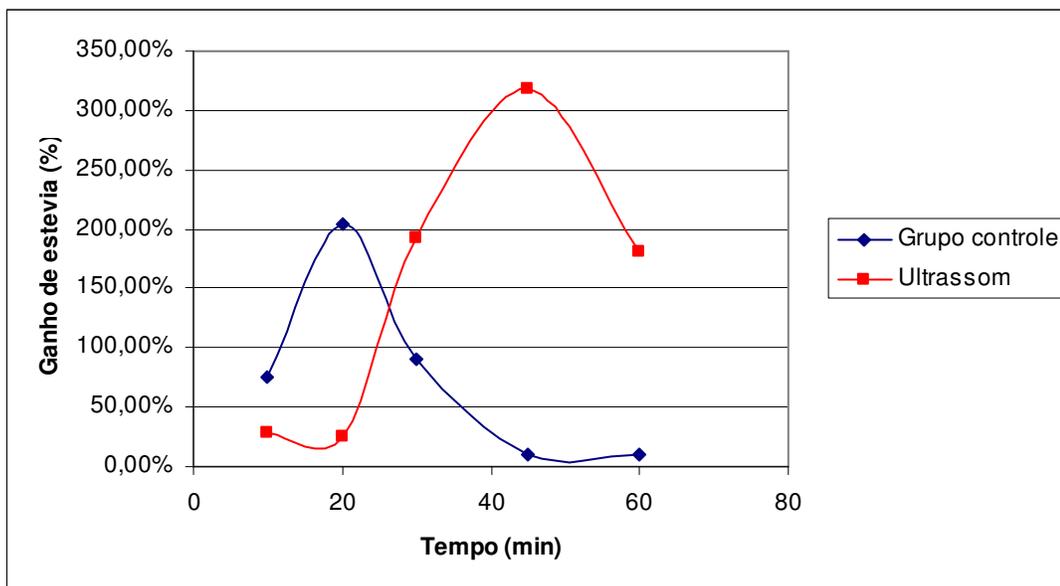


Figura 18 - Ganho de estêvia em Jambo vermelho imerso em solução de estêvia (50%)

6. INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA ASSISTIDA POR ULTRASOM NA ANÁLISE DE COR DO JAMBO.

A cor é considerada o atributo mais importante na avaliação da aparência dos frutos principalmente quando esta associada ao aspecto de qualidade dos mesmos, como no amadurecimento ou na deterioração, cada fruto tem uma faixa visível de cor que depende de uma serie de fatores. A análise da coloração da polpa do jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) via colorímetro foi feita logo após o tratamento com ultra- som e solução osmótica nas concentrações de 0%, 25% e 50% e também do fruto *in natura* buscando resultados que indiquem se o ultrassom é ou não capaz de tornar o fruto menos escuro conforme os parâmetros L, a e b.

6.1. Materiais e Métodos

6.1.1 Análise de Cor

A modificação na coloração de jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) foi analisada. Medições foram feitas em amostras *in natura*, após aplicação de ultra-som e durante a secagem em estufa. Analisou-se a polpa do fruto utilizando o colorímetro da marca Konica-Minolta. Foram analisados os parâmetros **L**, **a** e **b** que representam respectivamente sobre a luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo presente na amostra.

6.2. Resultados e discussões

De acordo com a Figura 19 o parâmetro L do jambo *in natura* diminuiu um pouco. Quanto menor o valor de L maior a tendência da fruta ficar mais escura. Nas três concentrações de Brix estudadas para esse parâmetro foi possível observar que o valor de L decresceu. De acordo com os resultados obtidos o uso do ultra- som juntamente com as soluções osmóticas e o uso da estufa a 60°C foram responsáveis pelos menores valores de L, o ultra- som e a secagem em estufa influenciaram bastante no escurecimento do fruto durante esse período.

Os parâmetros colorimétricos L, a e b e a diferença total de cor têm sido usados na determinação da vida-de-prateleira de frutas em pedaços (KLUTER *et al.*, 1994), e no cálculo de perda de cor durante o processamento de polpas de frutas em diferentes temperaturas (LOZANO e IBARZ, 1997).

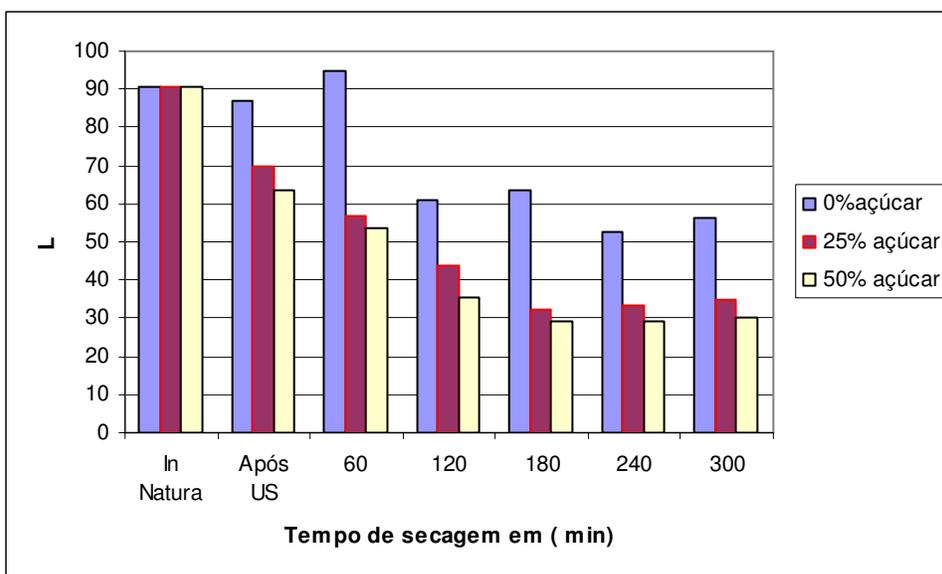


Figura 19 – Parâmetro L da escala CIELAB para a polpa do jambu in natura, após ultra-som e durante a secagem.

De acordo com a Figura 20 o parâmetro a indica que quanto maior o valor de a maior a intensidade da cor vermelho. Nas três concentrações estudadas o valor de a se mostrou bastante alto após 5 horas de tratamento térmico em estufa a 60° C. Esse fato deve ter ocorrido provavelmente devido ao fato da coloração vermelha ser a cor característica do fruto estudado e o tempo de secagem ter sido bem elevado, a secagem aliada ao ultra-som pode ter sido responsável pela concentração da cor vermelha do parâmetro a .

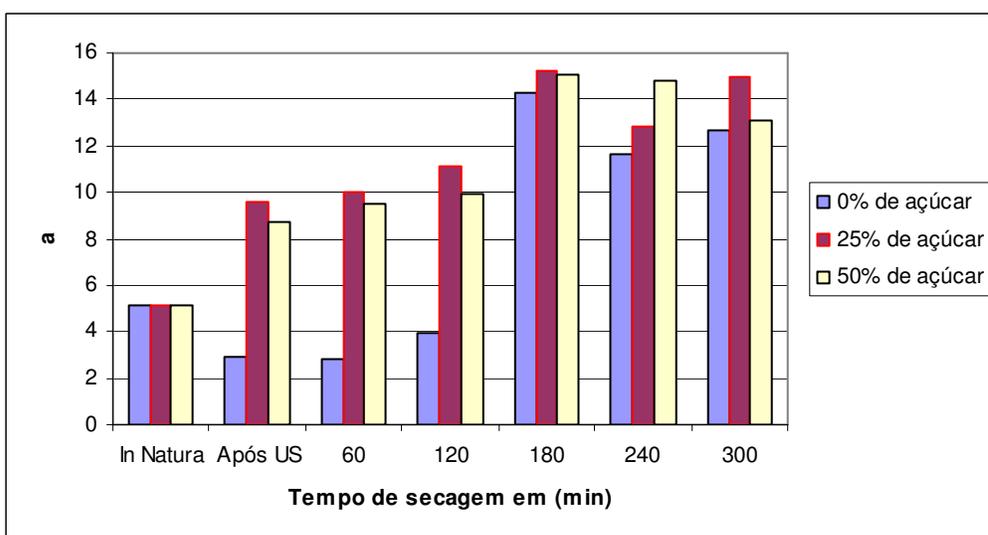


Figura 20– Parâmetro a da escala CIELAB para a polpa do jambu durante a secagem.

De acordo com a Figura 21 o parâmetro *b* indica que quanto maior o valor de *b* maior a tendência a se tornar amarelo. Das três concentrações estudadas o valor de *b* se mostrou bastante alto após 2 horas de tratamento térmico em estufa a 60° C reduzindo um pouco seu valor após este período.

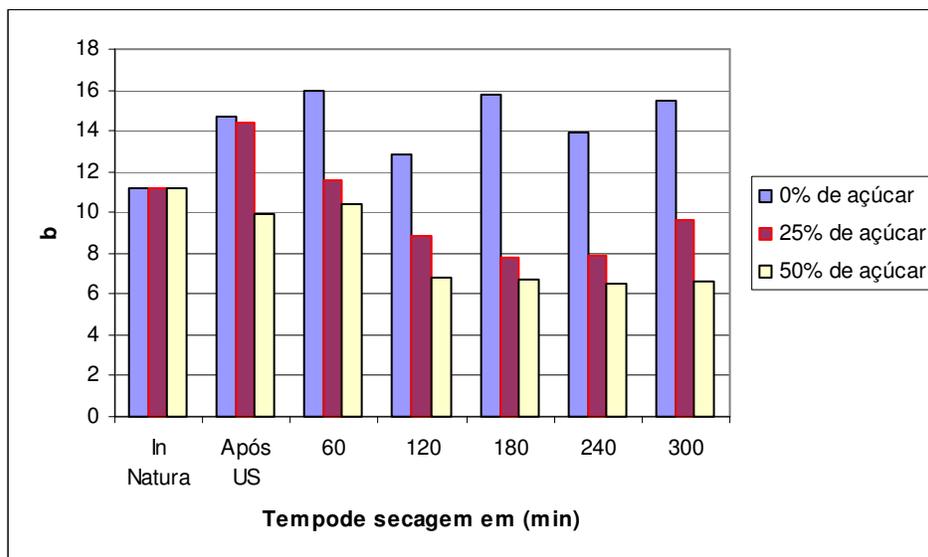


Figura 21 - Parâmetro *b* da escala CIELAB para a polpa do jambo durante a secagem.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados das médias e dos desvios padrão referentes à análise de cor do jambo *in natura*.

Tabela 12- Média e desvio padrão da análise de cor do jambo *in natura*

Jambo <i>in natura</i>	Média
L	90,71 ± 8,95
a	5,13 ± 0,78
b	11,21 ± 0,78

Na tabela 13 estão apresentados os resultados das médias e dos desvios padrão referentes à análise de cor do jambo nas concentrações de 0%, 25% e 50% após aplicação de ultra-som antes da secagem.

Tabela 13- Média e desvio padrão da análise de cor do jambo nas concentrações 0%, 25% e 50% após aplicação de ultra-som antes da secagem.

Jambo	0%	25%	50%
L	86, 854 ± 5,24	69,9± 3,62	63,44 ± 3,54
a	2, 898 ± 0,21	9,58 ± 0,59	8, 748 ± 0,18
b	14, 372 ± 1,02	14, 448 ± 1,76	9, 942 ± 0,85

Tabela 14- Média e desvio padrão da análise de cor do jambo nas concentrações 0%, 25% e 50% após 5 horas em estufa a 60°C.

Jambo	0%	25%	50%
L	56, 242 ± 5,36	35, 066 ± 2,17	30, 114 ± 0,68
a	12, 746 ± 1,23	14,94 ± 0,73	13, 126 ± 3,66
b	15, 564 ± 2,27	9, 652 ± 1,41	6, 634 ± 0,45

7. ANÁLISE MORFOLÓGICA DO JAMBO VERMELHO

7.1. Materiais e Métodos

Foram coletadas amostras do jambo *in natura* nos tempos 10, 20, 30, 45 min, e nas concentrações 25% e 50% de açúcar para os mesmos tempos submetidos ao ultra-som. Os frutos foram cortados em cubos de 0,5cm de arestas para cada tratamento e fixadas em glutaraldeído 1% e paraformaldeído 4% em tampão fosfato de sódio 0,1M, pH 7,2 durante 24 horas à temperatura ambiente.

Depois de completado o tempo de 24 horas realizaram-se três lavagens, por dez minutos cada, em uma solução de Tampão Fosfato 0,2M pH 7,2. Em seguida, foram desidratadas em uma bateria crescente de álcool etílico, iniciando com álcool a 30% até o 100%, onde as amostras ficaram imersas em cada diluição do álcool por um período de uma hora. Posteriormente, as amostras foram embebidas em kit Histo-resina (Kit Histo-resin Jung - Leica).

Foram feitos cortes a 5 mm de espessura utilizando-se um micrótomo automático Leica RM 2065, para confecção das lâminas, que foram submetidos à coloração com: Azul de Toluidina (AT) 0,025% pH 4,0 um corante catiônico, utilizado para detecção de basofilia e basofilia metacromática. Todas as lamínas foram analisadas usando um microscópio ótico da marca: OPTON TNB 04 t PL MDCE – 5ª USB 2.0, utilizando a objetiva de 10.

7.2. Resultados e discussões

Na figura 22 as células do jambo se apresentam intactas e sem a evidência de espaços intercelulares visíveis.

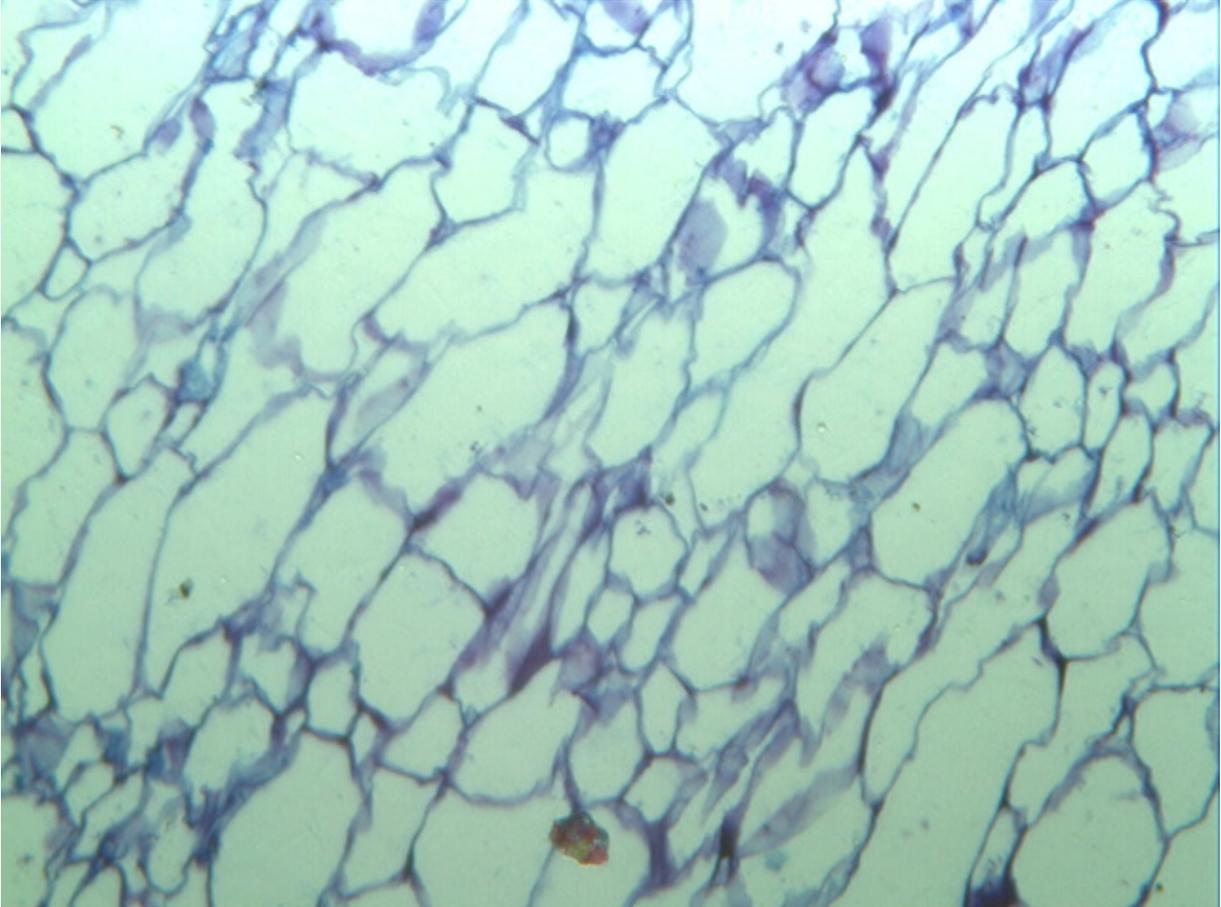


Figura 22- Jambo in natura sem uso do ultra-som

A figura 23 mostra que durante os primeiros 30 minutos sob a aplicação do ultra-som, poucas mudanças foram observadas na estrutura do tecido da fruta, quando a água destilada foi usada como o meio líquido as células permaneceram quase intactas sem a evidência de micro canais. A água destilada quando usada como meio líquido possui pouca ou quase nenhuma influencia nas células do jambo mesmo fazendo- se uso do ultrassom. Isso pode estar relacionado com a facilidade de passagem da molécula de água através da parede celular do Jambo que não oferece resistência.

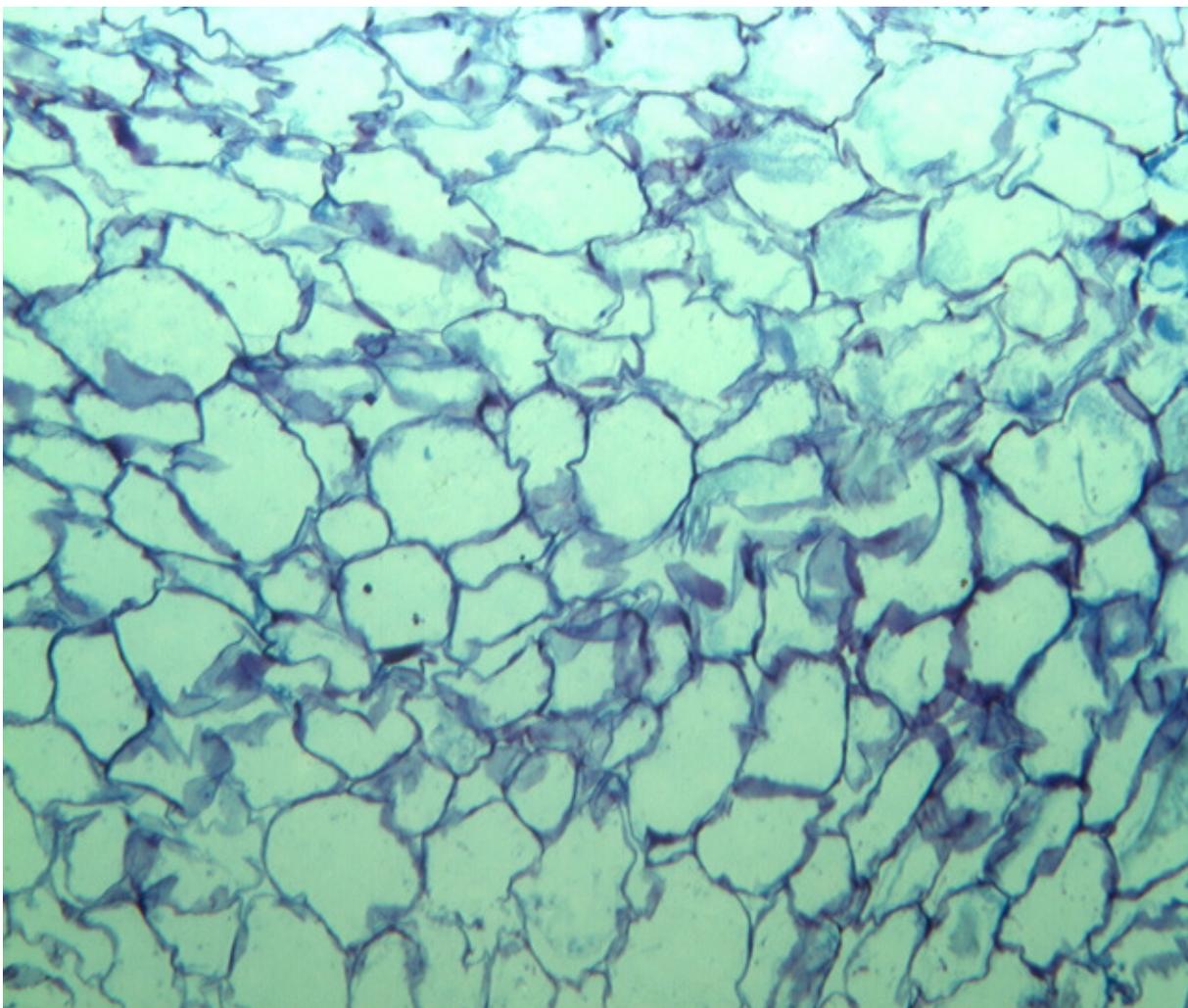


Figura 23- Jambo submetido por 30 minutos em US

Na Figura 24 o fruto foi submetido a uma solução osmótica de 25°Brix, foi observado que a estrutura do fruto começou a se alongar e canais microscópicos começaram a se formar a partir de 10 minutos de aplicação de ultra-som.

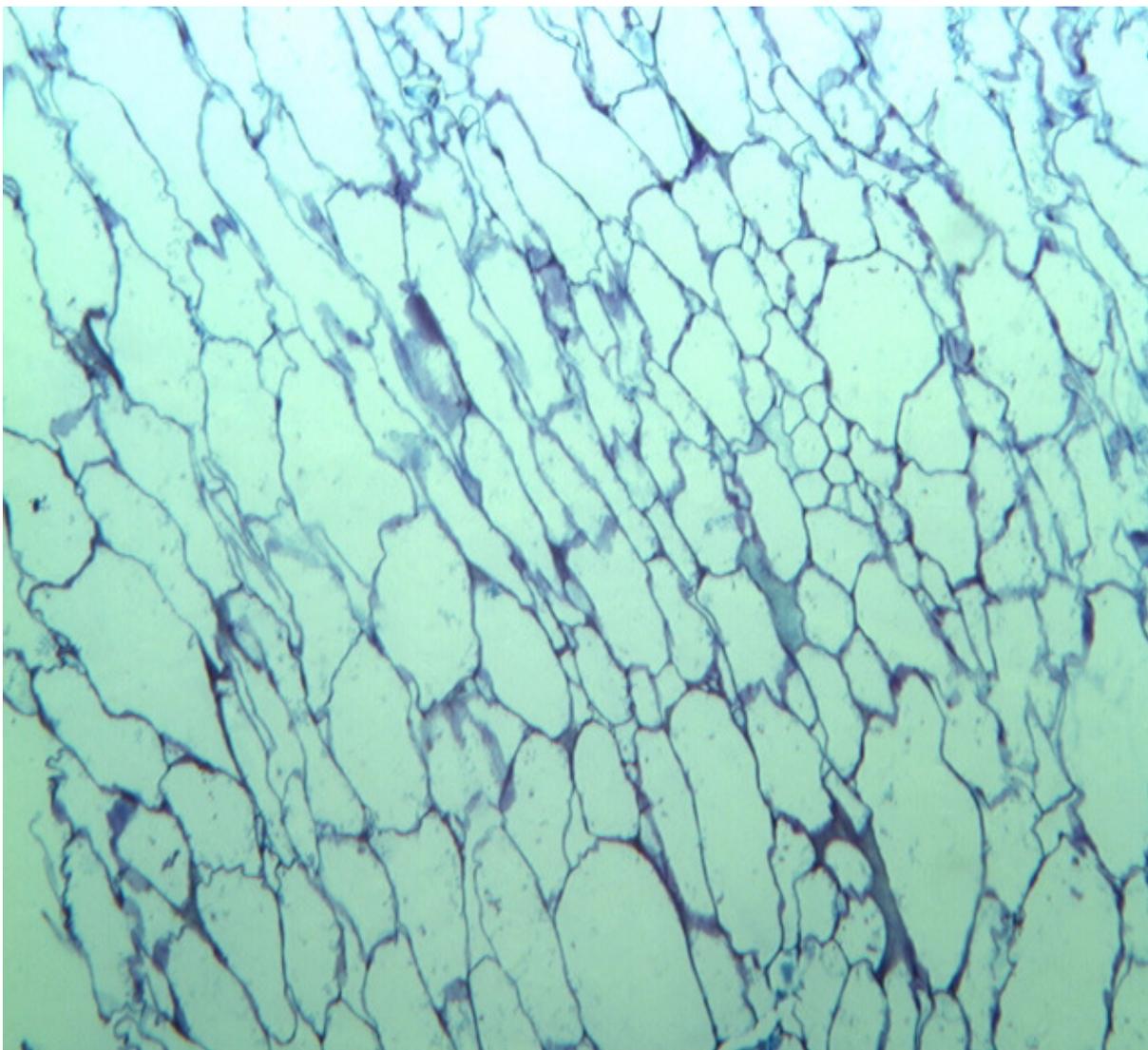


Figura 24- Jambo submetido à desidratção osmótica em solução de 25% Brix por 10 minutos em ultra-som.

O alongamento das células deve ter ocorrido devido ao efeito esponja do ultrassom que modifica o formato da célula.

A figura 25 mostra que ao final de 30 minutos em ultra-som as células do fruto começam a se mostrar bem mais distorcidas, evidenciando que com o aumento do tempo de ultra-som mais modificada se mostra a estrutura do fruto.

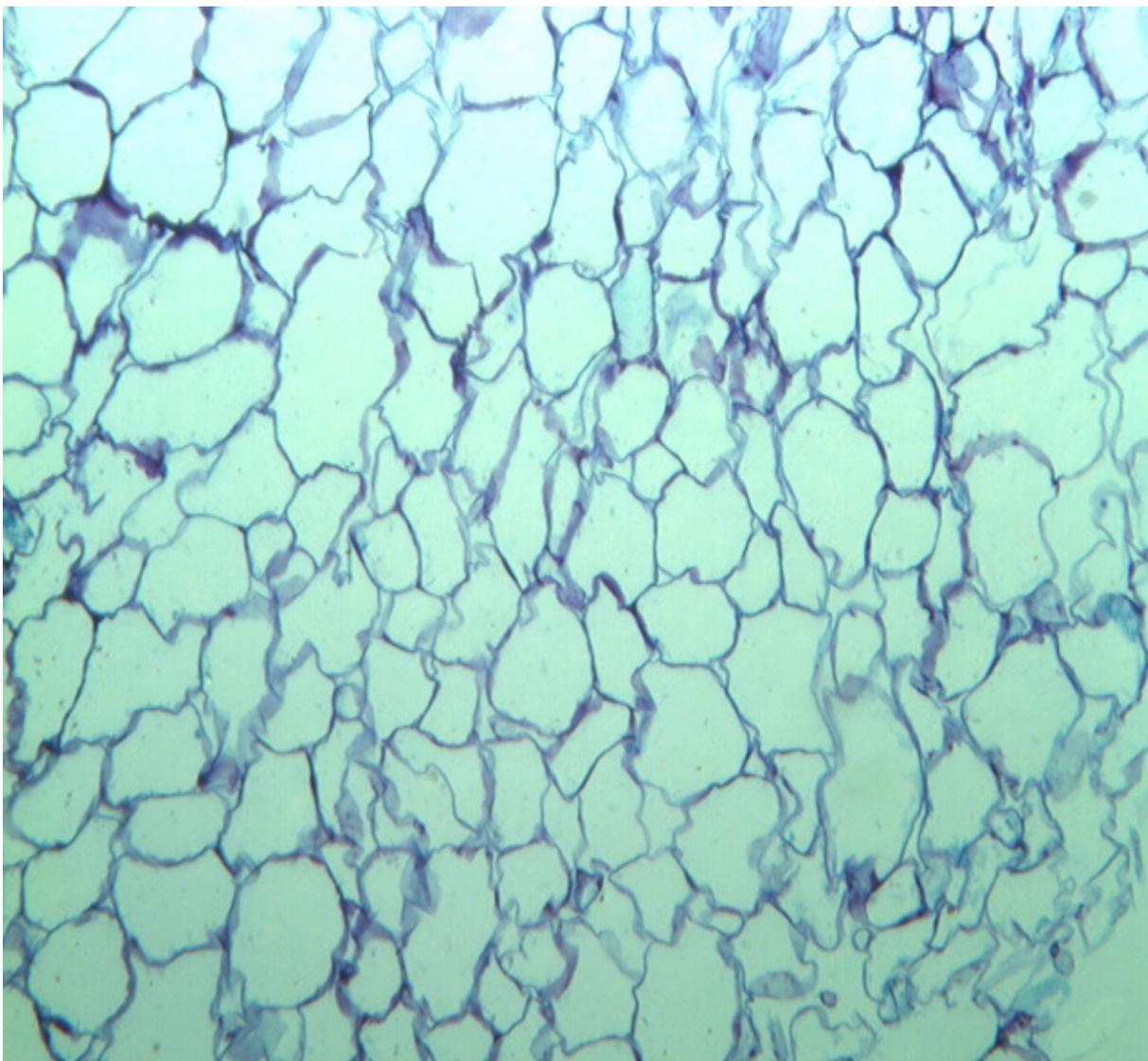


Figura 25 - Jambo submetido à desidratção osmótica em solução osmótica de 25 Brix por 30 minutos em ultra-som.

A formação dos canais microscópicos no jambo vermelho mostrou-se diferente dos canais evidenciados por Fernandes e colaboradores (2008) num estudo feito com abacaxis onde havia grande rompimento de células.

De acordo com a Figura 26 a mudança mais significativa ocorreu quando o fruto foi colocado numa solução osmótica com elevação índice do açúcar (50°Brix) num tempo de 45 minutos. O uso deste tratamento produziu os maiores espaços entre as células. Não houve ruptura, mas as células tornaram-se bastante alongadas

Nesse estudo realizado com jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) foi evidenciado que com o aumento do tempo de processamento e da concentração da solução osmótica, as células

tornam-se mais alongadas, mas não chegam a se romper, aumentando assim o espaço intercelular e afetando a estrutura do tecido do fruto e fazendo com que a água se difunda mais facilmente, o que conseqüentemente facilita e diminui tempo do processo de secagem.

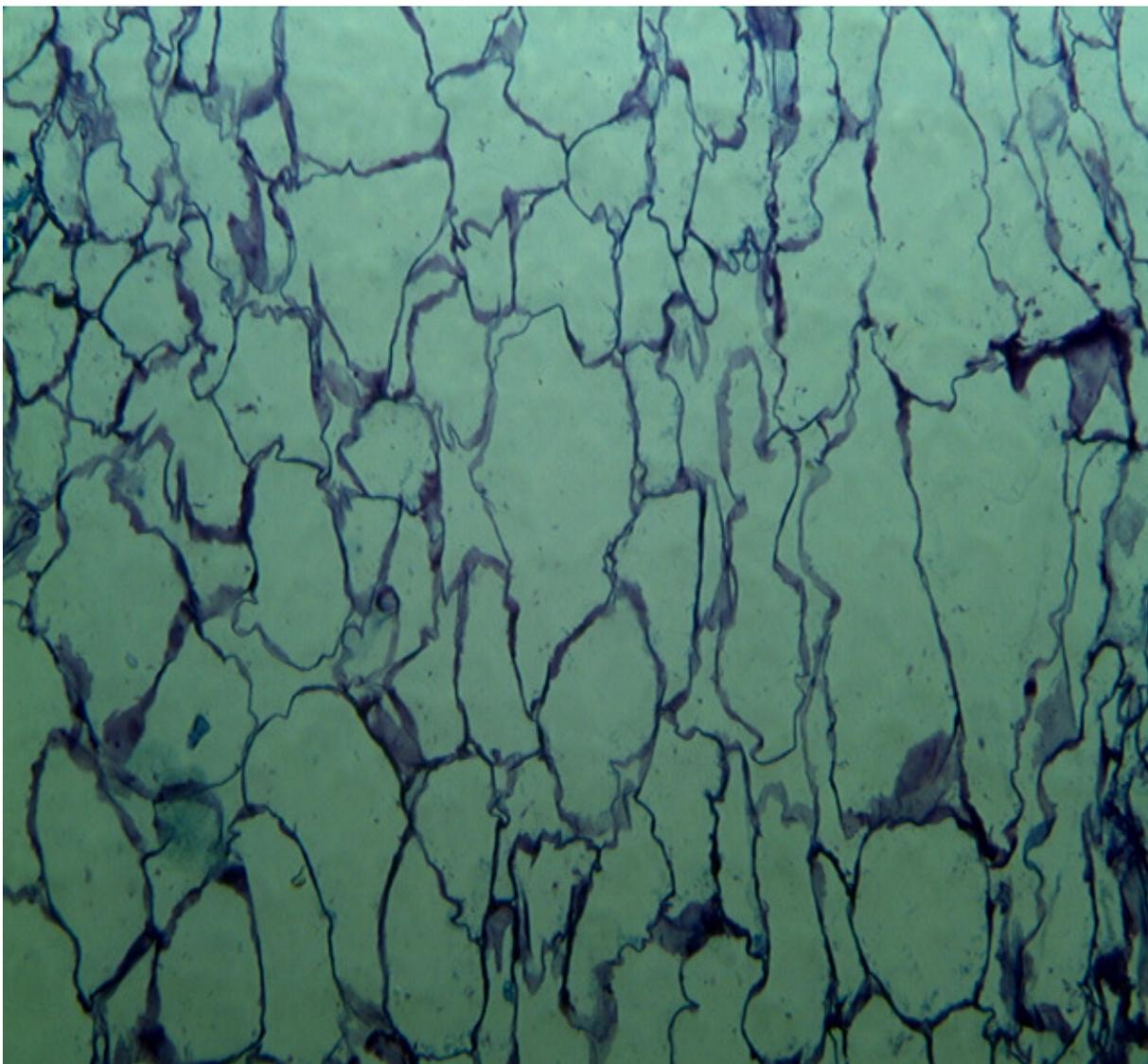


Figura 26 - Jambo submetido à desidratação osmótica em solução de 50° Brix por 45 minutos em ultra-som.

8. INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA ASSISTIDA POR ULTRASOM NA ANÁLISE SENSORIAL DO JAMBO

8.1. Análise sensorial do Jambo.

A análise sensorial foi realizada na Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram feitos dois testes em dias alternados.

O primeiro teste consistiu em observações das amostras, onde os provadores deveriam analisar as características: aparência, aroma e cor. Para as análises referentes a aroma e aparência, foi utilizada a escala hedônica de nove pontos. Para análise de cor, utilizou-se a escala do ideal de 5 pontos, que vai desde “muito mais clara que o ideal” até o “muito mais escura que o ideal”.

O segundo teste foi realizado atentando para as características referentes a sabor, textura e impressão global. Os provadores foram orientados a provar as amostras da esquerda para direita seguindo a ordem numérica das amostras codificadas e também a revelar sobre a intenção de compra do produto utilizando uma escala de cinco pontos, que vai desde o “certamente compraria” até o “certamente não compraria”.

Foram dispostas para cada provador quatro amostras de aproximadamente 30g em ordens diferenciadas num total de 35 provadores e foram definidas como:

Amostra 1: fruto in natura sem pré tratamento.

Amostra 2 fruto com pré tratamento em ultra-som por 30 minutos.

Amostra 3 fruto com pré tratamento (30 minutos em Us) adicionado de 25% de açúcar.

Amostra 4 fruto com pré tratamento (30 minutos em Us) adicionado de 25% de estévia.

O teste de Turkey foi realizado para se obter a comparação entre as médias. De acordo com este teste, numa mesma coluna, as médias marcadas com letras iguais não diferem entre si.

8.2. Resultados e Discussões

Os percentuais de distribuição de notas dos consumidores com relação à aceitação global do jambo desidratado estão apresentados na Figura 27.

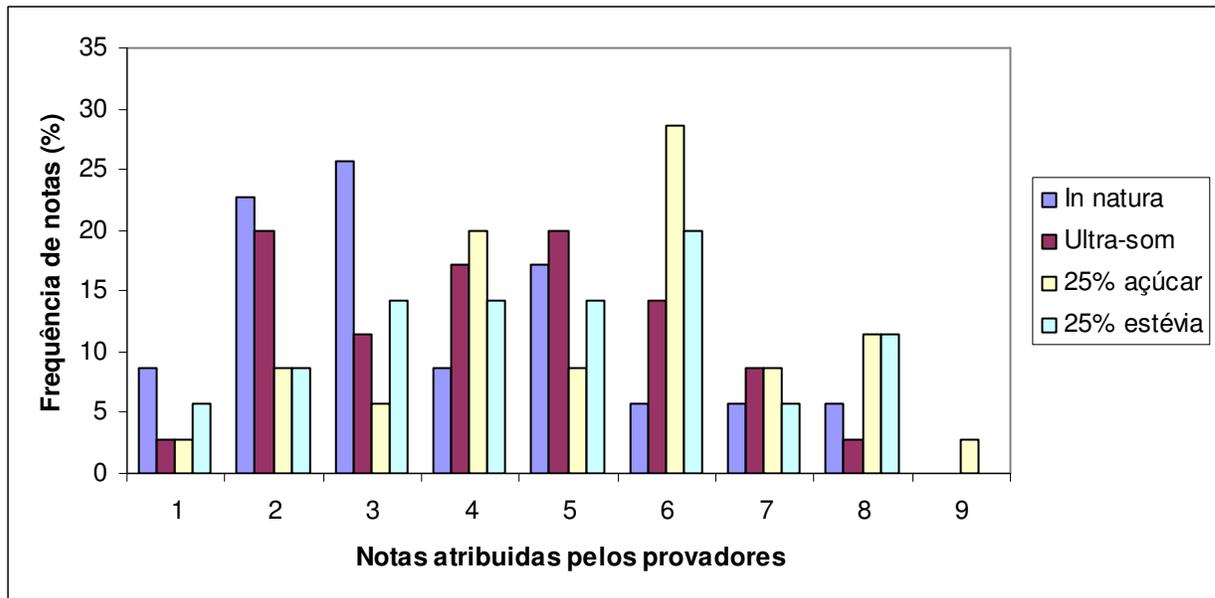


Figura 27 - Aceitação global de amostras de jambo

Escala: 1 = Desgostei muitíssimo; 5 = Nem gostei, nem desgostei; 9 = Gostei muitíssimo.

A frequência de notas positivas da aceitação global correspondente a “gostei muitíssimo”, “gostei muito”, “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” foram: 17,1%; 25,7%, 51,4% e 37,1% para as formulações 1 (sem pré tratamento), 2 (com pré tratamento em ultra-som), 3 (com pré tratamento em ultra-som e 25% de açúcar) e 4, (com pré tratamento em ultra-som e 25% de estévia) respectivamente. Estes resultados indicam que a amostra 3 adicionada de 25% de açúcar obteve uma maior aceitação da faixa positiva.

Fernandes et al. (2009) ao avaliarem a aceitação de sucos de goiaba adoçados com diferentes edulcorantes e com a sacarose, observaram que as bebidas adoçadas com sacarose apresentaram 81% de notas na zona de aceitação, enquanto as amostras adoçadas com estévia tiveram os maiores valores de notas na zona de rejeição.

Tabela 15– Médias de aceitação global.

AMOSTRA	MÉDIA DE ACEITAÇÃO
1- In natura	3,74 ± 1,96 ^a
2- Ultra- som	4,28 ± 1,84 ^b
3- 25% açúcar	5,45 ± 1,97 ^a
4- 25% estévia	4,8 ± 1,98 ^a

Os percentuais de distribuição de notas dos consumidores com relação ao sabor estão apresentados na Figura 28.

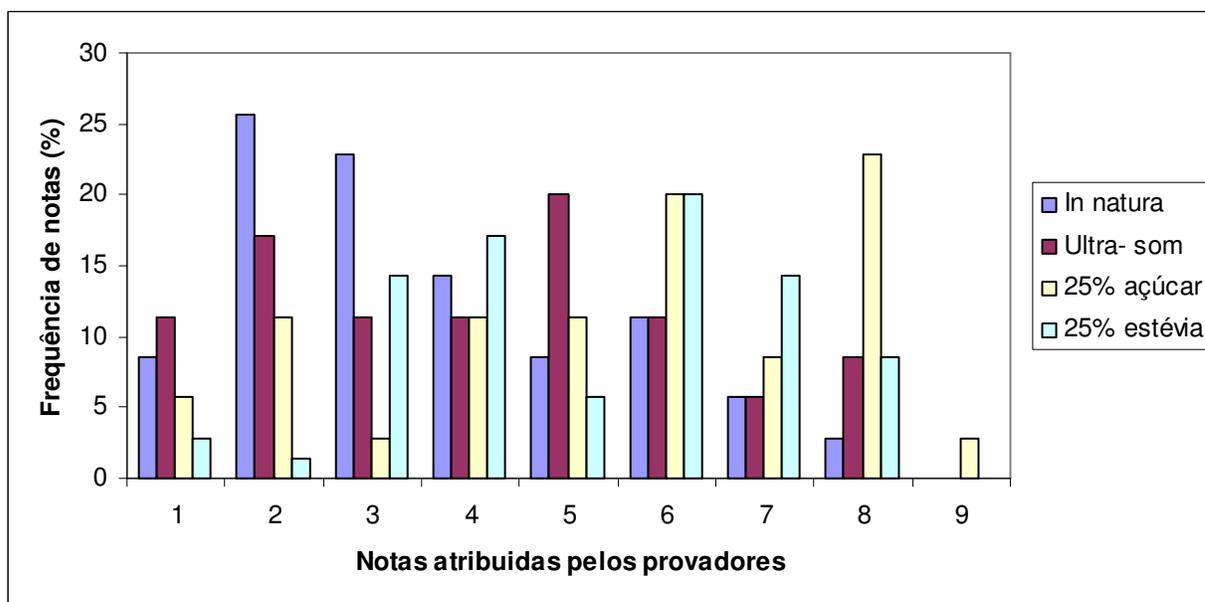


Figura 28- Aceitação em relação ao sabor das amostras.

Escala: 1 = Desgostei muitíssimo; 5 = Nem gostei, nem desgostei; 9 = Gostei muitíssimo.

A frequência de notas positivas do sabor correspondentes a “gostei muitíssimo”, “gostei muito”, “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” foram: 19,92%; 25,7%, 54,2% e 42,9% para as formulações 1 (sem pré tratamento), 2 (com pré tratamento em ultra-som), 3 (com pré tratamento em ultra-som e 25% de solução osmótica) e 4, (com pré tratamento em ultra-som e 25% de estévia) respectivamente. Novamente a amostra 3 obteve maior nota na faixa positiva em relação ao sabor possivelmente isso se deu devido a qualidade do gosto doce do açúcar refinado utilizado no preparo das amostras. O resultado mostrou também que o açúcar pode ser utilizado

como uma estratégia para melhorar a aceitação do jambo desidratado, uma vez que com a sua adição a aceitação em relação ao sabor foi maior frente às outras amostras.

Marcellini et al. (2005) ao compararem a aceitação do suco de abacaxi adoçado com sacarose e com estévia em concentrações equivalentes, observaram que o suco com sacarose foi significativamente mais aceito do que o que utilizou a estévia como edulcorante e comentam ainda que a intensidade e persistência do gosto doce e a presença ou não do gosto residual são fundamentais para a aceitação e preferência dos edulcorantes por parte dos consumidores. Assim, o sabor residual atribuído à estévia pode ter contribuído para uma maior aceitação das amostras de jambo desidratadas com 25% de sacarose.

Tabelas 16- Médias de aceitação do sabor

AMOSTRA	MÉDIA DE ACEITAÇÃO
1- In natura	3,6 ± 1,8 ^b
2- Ultra-som	4,2 ± 2,1 ^a
3- 25% açúcar	5,6 ± 2,1 ^a
4- 25% estévia	4,8 ± 1,9 ^b

Os percentuais de distribuição de notas dos consumidores com relação à textura estão apresentados na Figura 29.

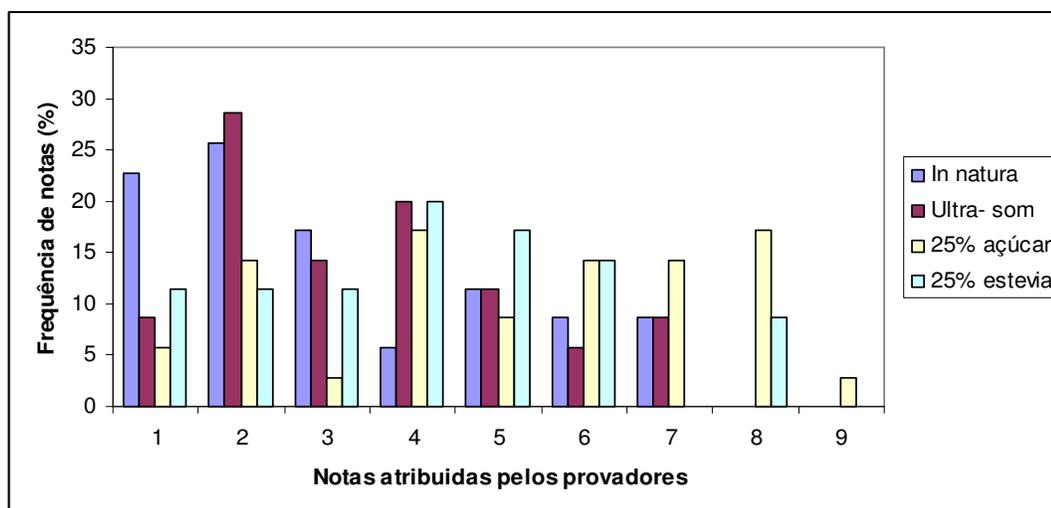


Figura 29- Aceitação com relação à textura.

Escala: 1 = Desgostei muitíssimo; 5 = Nem gostei, nem desgostei; 9 = Gostei muitíssimo.

Nos alimentos em geral, a textura é um dos atributos mais importantes entre aqueles que afetam a preferência e a aceitação por parte dos consumidores. Para cada alimento, existe uma série de

fatores básicos de qualidade e uma série de características de textura que são apreciados pela maior parte dos consumidores (RODRIGUES, 1999).

A frequência das notas positivas da textura correspondentes a “gostei muitíssimo”, “gostei muito” “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” foram: 17,2%; 14,3%, 48,5% e 40% para as formulações 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Pode-se observar que a primeira amostra *in natura* foi preferida por 17% dos provadores, enquanto a terceira amostra adicionada de 25% de sacarose foi preferida por 48,5% dos provadores, confirmando, que a amostra adicionada de sacarose teve maior aceitação entre os provadores.

Tabelas 17 – Médias de aceitação da textura

AMOSTRA	MÉDIA DE ACEITAÇÃO
1- In natura	3,3 ± 2 ^a
2- Ultra-som	3,5 ± 1,7 ^b
3- 25% açúcar	5,3 ± 2,3 ^a
4- 25% estévia	4,2 ± 1,96 ^c

Os percentuais de distribuição de notas dos consumidores com relação à intenção de compra estão apresentados na Figura 30.

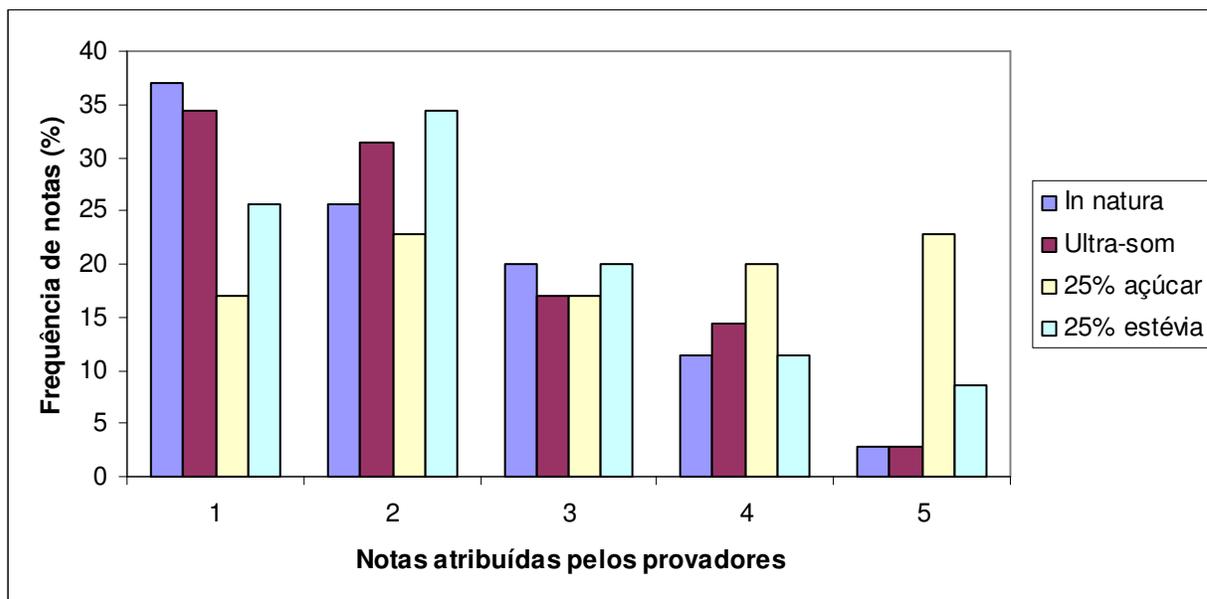


Figura 30 - Intenção de compra.

Escala: 1= Certamente não compraria 3= Talvez comprasse, Talvez não comprasse; 5 = Certamente compraria

Foi constatado que o sabor é um dos principais critérios de qualidade que influencia a decisão de compra de determinado alimento. Embora não seja tarefa fácil, alguns produtos contendo edulcorantes ou associações de edulcorantes, já conseguem competir com produtos elaborados somente com açúcar (NACHTIGALL; ZAMBIAZI, 2006).

A frequência de notas positivas relacionados à intenção de compra correspondente a “certamente compraria” e “provavelmente compraria” para as quatro amostras foram: 14,2%, 17,1%, 42,8%, 20% respectivamente. A amostra 3 apresentou a maior nota em relação a intenção de compra na faixa positiva de consumo.

Tabelas 18 – Médias de aceitação da intenção de consumo

AMOSTRA	MÉDIA DE ACEITAÇÃO
1- In natura	2,1±1,1 ^a
2- Ultra-som	2,1±1,1 ^a
3- 25% açúcar	3,0±1,4 ^b
4- 25% estévia	2,4±1,2 ^c

Os percentuais de distribuição de notas dos consumidores com relação ao aroma estão apresentados na Figura 31.

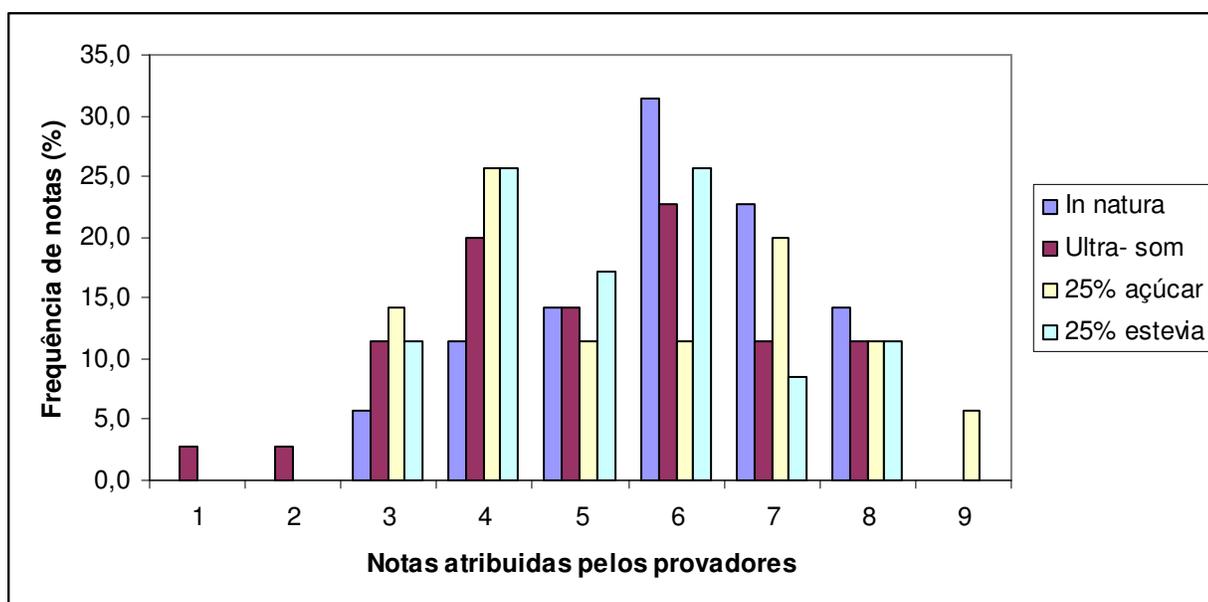


Figura 31 - Aceitação com relação ao aroma.

Escala: 1 = Desgostei muitíssimo; 5 = Nem gostei, nem desgostei; 9 = Gostei muitíssimo.

A frequência das notas positivas do aroma correspondentes a “gostei muitíssimo”, “gostei muito” “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” foram: 68.5%, 45.6 %, 37.11%, 45.67% para as formulações 1, 2, 3 e 4, respectivamente. A amostra 1 apresentou a maior nota na faixa positiva de aceitação isso deve ter se dado possivelmente porque a amostra não sofreu nenhum pré tratamento e o odor inatura deve ter se conservado durante e após todo o processo de desidratação do fruto.

Tabelas 19 – Médias de aceitação do aroma

AMOSTRA	MÉDIA DE ACEITAÇÃO
1- In natura	5,9± 1,4 ^a
2- Ultra-som	5,2± 1,7 ^b
3- 25% açúcar	5,5± 1,8 ^c
4- 25% estévia	5,2± 1,5 ^d

Os percentuais de distribuição de notas dos consumidores com relação à aparência estão apresentados na Figura 32.

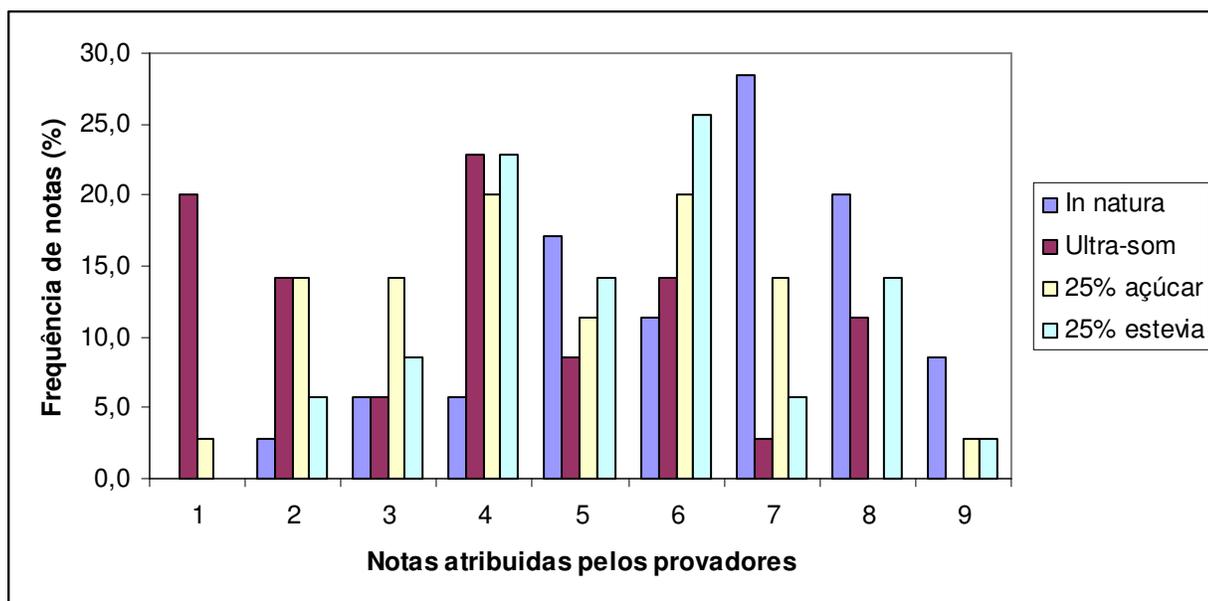


Figura 32 – Aceitação em relação à aparência.

Escala: 1 = Desgostei muitíssimo; 5 = Nem gostei, nem desgostei; 9 = Gostei muitíssimo.

De acordo com Raimundo et al. (2007), a aparência dos alimentos é o primeiro fator considerado pelo consumidor no processo de compra, influenciando sobre a aceitação ou a rejeição do produto.

A frequência das notas positivas da aceitação com relação à aparência correspondente a “gostei muitíssimo”, “gostei muito” “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” foram: 68.47%, 28.45 %, 37.05% e 48.46% para as formulações 1, 2, 3 e 4, respectivamente. A amostra 1 obteve a maior nota na faixa positiva de acordo com as notas atribuídas pelos provadores isso deve ter se dado também pelo fato da amostra não ter sofrido pré tratamento e a fruta conservar algumas características naturais.

Tabelas 20 – Médias de aceitação da aparência

AMOSTRA	MÉDIA DE ACEITAÇÃO
1- In natura	6,3± 1.7 ^a
2- Ultra-som	4,0± 2,2 ^b
3- 25% açúcar	4.5± 1.9 ^b
4- 25% estévia	5.3± 1.8 ^a

Os percentuais de distribuição de notas dos consumidores com relação à cor estão apresentados na Figura 33.

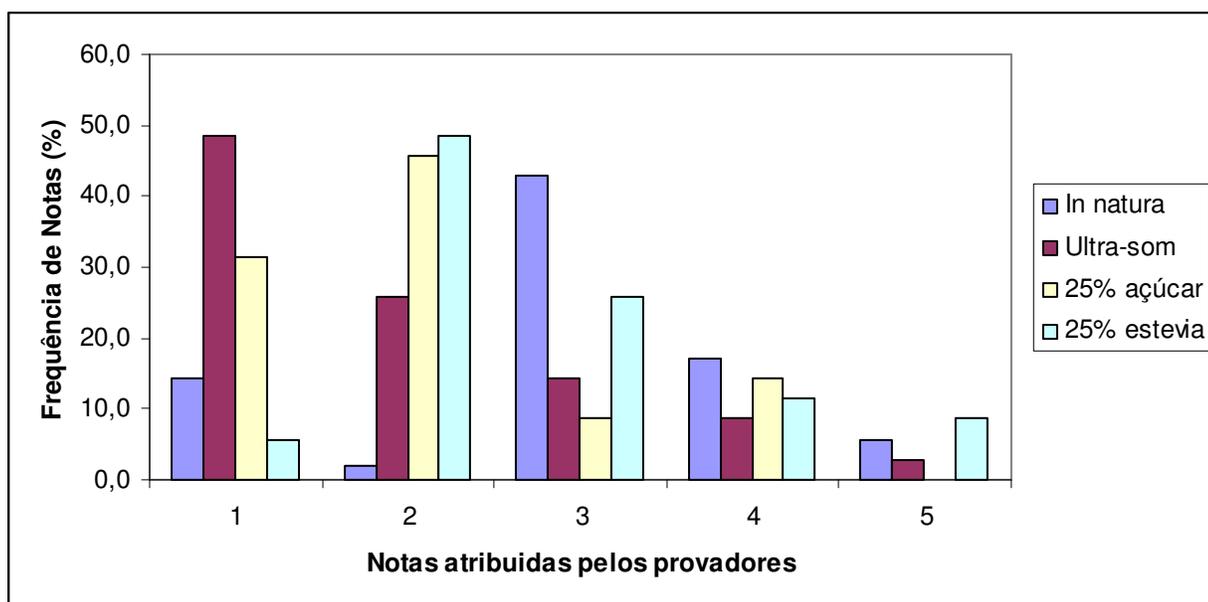


Figura 33- Aceitação com relação à cor.

Escala: 1 = muito mais escura que o ideal; 3 = Ideal; 5 = Muito mais clara que o ideal

De acordo com Beltrán et al. (2009), os consumidores escolhem os produtos com base na percepção de qualidade relacionada a eles. Por esta razão, a cor é considerada um importante parâmetro de qualidade

A figura 33 mostrou que a amostra 1 *in natura* apresenta a cor mais próxima do ideal enquanto que a amostra 4 apresentou-se muito mais escura que o ideal. Como foi exposto no parâmetro relacionado à aparência, em que a amostra *in natura* também obteve a maior nota na faixa de aceitação, a cor mais próxima do ideal deve estar relacionado com o fato da amostra não ter sofrido nenhum pré-tratamento, e esse fato deve ter tido influência direta na conservação de suas características naturais. A amostra 4 deve ter se mostrado muito mais escura que o ideal devido ao pré-tratamento de 30 minutos em ultra-som e a adição de estévia. O ultra-som como foi visto anteriormente possui a característica de desorganizar as células do fruto e essa característica aliada ao uso da estevia rebaudiana e estufa a 60°C deve ter causado o forte escurecimento do jambo.

CONCLUSÕES

O ganho de peso, ganho de água e perda de açúcar tanto dos frutos do grupo controle como dos frutos submetidos ao ultrassom para os experimentos em água destilada tenderam a aumentar com o aumento do tempo de processamento.

Nos experimentos nas concentrações de 25% e 50% de açúcar com o aumento do tempo de processamento a perda de água e o ganho de açúcar também se tornaram maiores.

Nos jambos liofilizados e submetidos à solução osmótica de 25% e 50% de açúcar os resultados mostraram que quanto maior a concentração da solução osmótica em ultra-som maior será a taxa de perda de água.

Nos frutos submetidos à solução de estevia nas concentrações de 25% e 50% de açúcar os resultados mostraram que quanto maior o tempo de processamento aliado ao aumento da concentração osmótica maior o ganho de estevia nos frutos.

Os resultados para análise de cor na polpa do jambo mostraram que o valor de L decresceu para as três concentrações estudadas. Nas três concentrações estudadas o valor de a se mostrou bastante alto após 5 horas de tratamento térmico em estufa a 60° C. O valor de b se mostrou bastante alto após 2 horas de tratamento térmico em estufa a 60°C.

A mudança mais significativa nas células do jambo ocorreu quando o fruto foi colocado numa solução osmótica com elevação índice do açúcar (50°Brix) num tempo de 45 minutos.

Em relação à aceitação global, sabor, textura e intenção de consumo os resultados indicaram que as amostras com pré-tratamento em ultrassom e adicionadas de 25% de açúcar obtiveram as maiores notas de aceitação: 51,4%, 54,2%, 48,5%, 42,8% respectivamente. Em relação ao aroma e aparência as amostras sem pré-tratamento obtiveram as maiores notas de aceitação: 68,5%, 68,47% respectivamente. A amostra sem pré-tratamento apresentou a cor mais próxima do ideal enquanto que a amostra com pré-tratamento e adicionada de 25% de estévia mostrou uma cor muito mais escura que o ideal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemistry**. 16 ed, v. 2, Arlington, 1995.

AHMAD F. B.; ISMAIL G. Medicinal plants used by kadazandusun Communities around crocker range. **ASEAN Review of Biodiversity and Environmental Conservation (ARBEC)**. Disponível em: <<http://www.arbec.com.my/pdf/art1janmar03.pdf>>. Acesso em: 3 março 2010.

ALIMENTAÇÃO VIVA E SUSTENTÁVEL. Disponível em:

< <http://alimentacaoviva.blogspot.com/2008/01/estvia.html> Acesso em: 12 ago 2009.

BARBANTI, D.; MASTROCOLA, D.; SEVERINE, C. Drying of plums. A comparison among twelve cultivars. **Sciences des Aliments**, v. 14, p. 61–73, 1994.

BARBOSA-CANÓVAS, G., VEGA-MERCADO, H. **Dehydration of foods**. New York: Editora Chapman & Hall, 1996, p. 265-284, 1996.

BELTRÁN, F.; PÉREZ-LÓPEZ, A. J.; LÓPEZ-NICOLÁS, J. M.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A. Color and vitamin C content in mandarin orange juice as affected by packaging material and storage temperature. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 33, p. 27–40, 2009.

BHARDWAJ, M.C. Non contact ultrasound: the final frontier in non destructive analysis. Boalsburg: Second Wave Systems, 2002. 50p.

BUCKIN, V.; O'DRISCOLL, B.; SMYTH, C. Ultrasonic spectroscopy for material analysis: recent advances. *Spectrosc. Eur.*, v.15, p.20–25, 2003.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6.ed. Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996. 279p

DONADIO, C. D.; NACHTGAL, J.C.; SACRAMENTO, C. K. **Frutas exóticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 279p

DROUZAS, A. E.; SCHUBERT, H. Microwave application in vacuum drying of fruit. **Journal of Food Engineering**, v.28, p. 203-209, 1996.

DUKHIN, A.S.; GOETZ, P.J.; TRAVERS, B. Ultrasound for characterizing liquid based food products. 1 – acoustic spectroscopy. Mount Kisco: Dispersion Technology, 2003. 26f.

EMBRAPA. Técnicas de análise sensorial de vinhos e espumantes. Disponível em: < <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos>>. Acesso em Ago 2009.

ESTEVIA. Disponível em:< http://pt.wikipedia.org/wiki/Stevia_rebaudiana>. Acesso em: 12 ago 2009.

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

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**, 77, 188–193. (2006).

FERNANDES, A. G.; SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; SILVA, D. S.; SANTOS, S. M. L. Avaliação sensorial de bebidas de goiaba adoçadas com diferentes agentes adoçantes. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 29, n. 2, p. 358-364, 2009.

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, p. 492-498, 2007.

FERNANDES, F. A. N. FRANCISCA I.P. OLIVEIRA. RODRIGUES, S. Use of ultrasound for dehydration of papayas. **Food Bioprocess Technol** v.1 , p. 339-345, 2007.

FERNANDES, F. A. N.; GALLÃO, M. I. RODRIGUES, S. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during Dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 2, 2008, p. 186-190, 2008.

FRUTAS DO NORDESTE BRASILEIRO. Disponível em:
<http://www.refletir.com/artman/publish/article_303.shtml > Acesso em: 28 set 2009.

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.

GALLEGO-JUAREZ, J. A., RODRIGUEZ-CORRAL, G.; GALVEZ-MORALED A, J. C.; YANG, T. S. A new high intensity ultrasonic technology for food dehydration. **Drying Technology**, v. 17, p. 597–608. 1999.

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

GUNASEKARAN, S.; AY, C. Evaluating milk coagulation with ultrasonics. Chicago, 1993.
Disponível em: <http://144.92.76.98/Guna/evaluatingmilk94.>>. Acessado em: 02 Mar 2010

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 52, p. 481-504, 2000.

KLUTER, R. A.; NATTRESS, D. T.; DUNNE, C. P.; POPPER, R. D. Shelf life evaluation of cling peaches in retort pouches. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 4, p. 849-864, 1994.

KUSKOSKI, M.E. ASUERO, G.A. MORALES, T.M. FETT, R. Frutas tropicais silvestres e polpa de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência rural, Santa Maria** v.36.n.4,p1283-1287,jul-ago,2006.

KUROSAWA, C. **Jambo-Vermelho**. Disponível em: <http://redeglobal.com/cgi-bin/global/montar_texto_ult.pl?controle=2040>. Acesso em: 03 março. 2010.

LENART, A. FLINK, J. M. Osmotic concentration of potato II Spatial distribution of the effect . **Journal Food Technology**, Chicago v.19, p. 65,1984.

LEWICKI, P. P.; PORZECKA-PAWLAK, R. Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 43–50, 2005.

MANNHEIM, C. H.; LIU, J. X.; GILBERT, S. G. Control of water in foods during storage. **Journal of Food Engineering**, n. 22, p. 509-532, 1994.

MARCELLINI, P. S.; CHAINHO, T. F.; BOLINI, H. M. A. Doçura ideal e análise de aceitação de suco de abacaxi concentrado reconstituído adoçado com diferentes edulcorantes e sacarose. **Alim. Nutr.**, v. 16, n. 2, p. 177-182, 2005.

MARQUES, L. G.; FERREIRA, M. C.; FREIRE, J. T. Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, n. 5, p. 451-457, 2007.

MARQUES, L. M.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 7, p. 1232-1237, 2009.

MASON, T. J. Power ultrasound in food processing – the way forward. In **Ultrasounds in food processing**. Glasgow: Blackie Academic and Professional. p. 104–124, 1998.

MASON, T. J.; PANIWNKY, L.; LORIMER, J. P. The use of ultrasound in food technology. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 3, p. 253–256. 1996.

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**, v. 80, p. 769-776, 2000.

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

MURGATROYD, K.; BUTLER, L. D.; KINNARNEY, K.; MONGER, P. **Good pharmaceutical freeze-drying practice**. Flórida: Peter Cameron, 1997.

NACHTIGALL, Aline Manke; ZAMBIAZI, Rui Carlos. Geléias de hibisco com reduzido valor calórico: características sensoriais. **Boletim CEPPA**, Curitiba, PR, v. 24, n.1, p. 47-58, jan./jun. 2006.

NELLIGAN, T.J. An introduction to ultrasonic material analysis. Waltham: General Electric, 2003. 3f.

NOGUERA, J; FERNANDES, F.; WELLER, C.; OLIVEIRA, F.; RODRIGUES, S. OLIVEIRA; F.I.P. Dual-stage sugar substitution in strawberries with a Stevia-based sweetener. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. online, p. 1-5, 2009.

OLIVEIRA, I. M., FERNANDES, F. A. N., RODRIGUES, S., SOUSA, P. H. M., MAIA, G. A., & FIGUEIREDO, R. W. Modeling and optimization of osmotic dehydration of banana followed by air-drying. **Journal of Food Processing Engineering**, 29, 400–413. (2006).

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.

PESSOA JUNIOR, A.; KILIKIAN, B. V. **Purificação de produtos biotecnológicos**. São Paulo: Manole, 2005.

POTTER, N. N.; HOTCHIKISS, J. H. **Food Science**. 5. ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 608 p.

POKHARKAR, S. M., PRASAD, S., DAS, H. A model of osmotic concentration of banana slices. **Journal of Food Science and Technology**, v. 34, p. 230–232, 1997.

RAIMUNDO, E.; KRÜGER, R. L.; DI LUCCIO, M.; CICHOSKI, A. J. Cor, viscosidade e bactérias lácticas em suco de laranja pasteurizado e submetido ao efeito da luz durante o armazenamento. **Alim. Nutr.**, v.18, n.4, p. 449-456, 2007.

RODRIGUES, A. C. C. Influência dos aditivos na obtenção de mamão desidratado osmoticamente. Campinas, 1999. 98p. Tese de Mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia de Alimentos da FEA/UNICAMP

RODRIGUES, I. liofilização. 16p. 2008. Disponível em: < <http://www.esac.pt/noronha/pgs/0708/Aula%20Liofilização.pdf> >. Acesso em Ago 2009.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. **Desidratação de goiaba por imersão e secagem**. 1999. 102 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SHISHEHGARHA, F.; MAKHLOUF, J.; RATTI, C. Freeze-drying characteristics of strawberries. **Drying Tech.**, v. 20, p. 131–145, 2002.

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

TARLETON, E. S.; WAKEMAN, R. J. Ultrasonically assisted separation process. In **Ultrasounds in food processing**. Glasgow: Blackie Academic and Professional. 1998, p. 193–218.

TELES, U. M., FERNANDES, F. A. N., RODRIGUES, S., LIMA, A. S., MAIA, G. A., & FIGUEIREDO, R. W. Optimization of osmotic dehydration of melons followed by air-drying. **International Journal of Food Science and Technology**, 41, 674–680. (2006).

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

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 247-256, 2001.

VILLAR, C. G. **Estudo do desempenho de um secador convectivo de bandejas para a secagem de banana**: Análise da influência das variáveis operacionais. 1999. 75 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

ZHENG, L.; SUN, D. W. Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes – a review. **Food Science & Technology**, v. 17, p. 16–23, 2006.

ZHONGLI. PAN; S.CONNIE; TARA. H. MCHUGH; HIRSCHBERG E. Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying. **Innovative Foods Inc**, v. 41, p. 1944-1951, 2008.

ANEXOS

ANEXO 1 - Modelo de ficha utilizada na análise sensorial do jambo vermelho para os Parâmetros de aroma, aparência e cor utilizando escala hedônica e escala do ideal.

Nome: _____

Data _____

prov: _____

1. **Você esta recebendo quatro amostras de jambo desidratado Por favor, avalie cada amostra e indique o quanto você gostou ou desgostou do aroma e da aparência, utilizando a escala baixo:**

9. Gosto muitíssimo

8. Gosto muito

7. Gosto moderadamente

6. Gosto ligeiramente

5. Nem gosto/ nem desgosto

4. Desgosto ligeiramente

3. Desgosto moderadamente

2. Desgosto muito

1. Desgosto muitíssimo

Amostra	Aroma	Aparência

2. **Agora indique, usando a escala abaixo o que você achou da cor das amostras:**

5- muito mais clara que o ideal

4- ligeiramente mais clara que o ideal

Amostra	Cor

- 3- ideal.
 2- ligeiramente mais escura que o ideal
 1- muito mais escura que o ideal

ANEXO 2 - Modelo de ficha utilizada na análise sensorial do jambo vermelho para os Parâmetros de aceitação global, sabor, textura e intenção de compra.

Nome: _____ Data _____
 Sexo: () Fem () Masc Idade () < 25 () 25-35 () > 50 anos.

Qual frequência que você consome frutas desidratadas:

- () quase diariamente
 () pelo menos uma vez por semana
 () pelo menos uma vez a cada 15 dias
 () pelo menos 1 vez por mês
 () quase nunca

Qual a maneira que você mais consome frutas desidratadas?

- () forma natural como aperitivo
 () forma natural como lanche
 () em cereais matinais
 () em receitas
 () Outros

1. Você esta recebendo quatro amostras de jambo desidratado Por favor, avalie cada amostra e indique o quanto você gostou de um modo geral, do sabor da textura, utilizando a escala abaixo:

9. Gosto muitíssimo (adoro)

Amostra	Aceitação	Sabor	Textura

8. Gosto muito
7. Gosto moderadamente
6. Gosto ligeiramente
5. Nem gosto/ nem desgosto
4. Desgosto ligeiramente
3. Desgosto moderadamente
2. Desgosto muito
1. Desgosto muitíssimo (detesto)

2. Se você encontrasse esse produto a venda, você:

- 5- certamente comprariam
- 4- provavelmente comprariam
- 3- talvez comprasse, talvez não comprasse.
- 2- provavelmente não comprariam
- 1- certamente não compraria

Amostra	Intenção

ANEXO 3 – Jambo Desidratado in natura e jambo desidratado em estufa a 60°C





Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)