

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

OTIMIZAÇÃO DA DESIDRATAÇÃO OSMOTICA DO JAMBO – VERMELHO
(*Syzygium malaccense*)

Luciares Costa de Araújo

RECIFE, PE
MARÇO, 2009

Luciares Costa de Araújo

“Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre”

Área de concentração: Processamento e controle de qualidade de produtos de origem vegetal e animal

Orientador: Prof. (a) Dra. Samara Alvachian Cardoso Andrade

RECIFE, PE
MARÇO, 2009

BANCA EXAMINADORA	PARECER
_____ Profª. Dra. Samara Alvachian Cardoso Andrade Orientador (UFPE)	_____
_____ Profª. Dra. Nonete Barbosa Guerra Examinador interno (UFPE)	_____
_____ Profª. Dra. Maria Inês Sucupira Maciel Examinador Interno (UFRPE)	_____
_____ Profª. Dra. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos Examinador Externo (UFPE)	_____

Dedico a Deus, a meus pais e a todos que contribuíram para a concretização deste sonho

AGRADECIMENTOS

À Deus, Àquele que nos inunda de misericórdia, graça e dignidade.

À meus pais, José Soares e Maria Lucia, pelo apoio e dedicação e sobretudo pelo imenso amor com que vocês nos criam, a mim e as minhas irmãs, Lidyannne e Lauryanne.

Às minhas irmãs, meus tios, primos e amigos que torcem pelo meu sucesso.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela possibilidade de cursar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela ajuda financeira.

À minha orientadora Samara, pela orientação segura, interessada, participativa; pela confiança em mim depositada e por poder contar com sua amizade.

À professora e amiga Neide Shinoharanks, mentora do projeto, por toda ajuda e companheirismo em todos os momentos.

Ao Sr. Enok e demais funcionários que colaboraram direta ou indiretamente, com o sucesso deste trabalho.

Aos colegas de laboratório de análise físico-química de alimentos, pela troca de informações.

Ao amigo e companheiro Rodrigo Aciole pela ajuda constante.

A todos que, de alguma forma, participam dessa luta.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT	X
1 - INTRODUÇÃO	11
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 - Aspectos gerais do jambo-vermelho	13
2.2 - Desidratação osmótica	16
2.2.1 - Fundamentos do processo.....	16
2.2.2 - Variáveis do processo.....	20
2.2.2.1 - Propriedades do tecido vegetal	20
2.2.2.2 - Tipos de agente osmótico	22
2.2.2.3 - Concentração da solução osmótica.....	25
2.2.2.4 - Temperatura da solução osmótica	27
2.2.2.5 - Agitação	28
2.2.2.6 - Tempo de imersão.....	29
2.2.2.7 - Pressão	31
2.2.2.8 - Forma e geometria	32
2.2.2.9 - Proporção amostra/solução.....	32
3 - Objetivo Geral	34
3.1 - Objetivos Específicos.....	34
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 - Material.....	35
4.1.1 - Matéria Prima.....	35
4.1.2. Material para a solução osmótica.....	35
4.1.3. Equipamentos e outros	36
4.2 - Métodos.....	36
4.2.1 Desidratação osmótica.....	36
4.2.2. Planejamento Experimental	38
4.3 - Métodos analíticos.....	41
4.3.1 - Análise física – químicas.....	41

4.3.2 - Análises microbiológicos	43
4.3.3 - Métodos sensoriais	43
4.3.4 - Análise Estatísticos	44
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 – Aspectos gerais	45
5.2 - Análise através da metodologia de superfície de resposta.....	50
5.3 - Análise sensorial	60
5.4 - Avaliação da estabilidade microbiológica	64
5.5 - Avaliação da composição centesimal	66
6 - CONCLUSÕES	68
7 - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	69
8 - ANEXO I.....	I

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Jambo vermelho (<i>Syzygium malaccensis</i>)	15
Figura 3. Corte em fatias no sentido longitudinal da fruta com espessura média 0,7 – 1,0 cm.	38
Figura 4. Apresentação das amostras para a análise sensorial.	44
Figura 5. Superfície de resposta para o efeito da concentração da solução osmótica e tempo de imersão no ganho de sólidos (GS) do jambo desidratado.....	52
Figura 6. Superfície de resposta para o efeito da concentração e temperatura da solução osmótica na perda de umidade (PU) dos jambos desidratados.....	54
Figura 7. Superfície de resposta para o efeito da concentração e temperatura da solução osmótica na perda de peso (PP) dos jambos desidratados.	55
Figura 8. Percentual das respostas para a aroma.....	61
Figura 9. Percentual das respostas para a cor.....	61
Figura 10. Percentual das respostas para o sabor.....	61
Figura 11. Percentual das respostas para a textura.....	62
Figura 12. Percentual das respostas para a qualidade global.....	62
Figura 13. Frequência de distribuição das respostas sensoriais de aceitação para o ensaio 6.....	63
Figura 14. Frequência de distribuição das respostas sensoriais de aceitação para o ensaio 14.....	63
Figura 15. Efeitos da desidratação osmótica sobre a composição físico-química.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Níveis decodificados das variáveis.....	39
Tabela 2. Planejamento experimental da desidratação das fatias de jambo (níveis codificados).	40
Tabela 3. Respostas das variáveis dependentes de acordo com o planejamento fatorial do jambo desidratado osmoticamente.	49
Tabela 4. Coeficientes de regressão do modelo estatístico para PU, GS, PP; DEI.	51
Tabela 5. Análise de variância para PU, GS, PP e DEI na desidratação osmótica de jambo.	59
Tabela 6. Médias das notas dos atributos sensoriais.	60
Tabela 7. Caracterização microbiológica do jambo <i>in natura</i> e desidratado para 30, 60 e 90 dias.....	65

RESUMO

Para reduzir as perdas pós- colheita e diversificar o aproveitamento industrial, do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) foi utilizado o processo de desidratação osmótica através de um planejamento experimental fatorial 2^3 completo, tendo como variáveis independentes: temperatura (20° a 70°C), concentração da sacarose (16° Brix a 84° Brix) e tempo de imersão (1,3 a 4,7h), e dependentes: perda de umidade (PU) e de peso (PP), ganho de sólido (GS) e o índice de eficiência da desidratação (DEI). Os resultados demonstraram a influência significativa de todas as variáveis independentes sobre todas as dependentes, salientando que a concentração da solução osmótica e temperatura tiveram maior influencia sobre a PU e PP. Os ensaios selecionados foram 6 e 14. O ensaio 14 apresentou maiores notas no atributo qualidade global e conformidade com os padrões microbiológicos, constituindo assim uma boa alternativa para conservar o jambo e diversificar a sua oferta.

Palavra chave: desidratação osmótica; metodologia de superfície de resposta, jambo; análise sensorial.

ABSTRACT

To reduce post-harvest losses and diversify the industrial use of red-iamb (*Syzygium malaccensis*) was used the process of osmotic dehydration using a 2^3 factorial experimental design complete, having as independent variables: temperature (20 ° to 70 ° C), concentration of sucrose (16 ° Brix to 84 Brix) and immersion time (1.3 to 4.7 h), and dependent: loss of moisture (PU) and weight (PP), solid gain (SG) and the index of efficiency of dehydration (DEI). The results demonstrated the significant influence of all independent variables on all dependent, emphasizing that the concentration of osmotic solution temperature and had a greater influence on the PU and PP. The tests selected were 6 and 14. The test had 14 more notes attribute the overall quality and compliance with the microbiological standards, thus providing a good alternative to preserve the iamb and diversify its supply.

Keywords: osmotic dehydration; response surface methodology, iamb, sensory analysis.

1 - INTRODUÇÃO

O jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) é um fruto encontrado nos estados da região Norte, Nordeste e nas regiões quentes do Sudeste, sua colheita é realizada entre os meses de Janeiro a Maio. Sendo, portanto consumido apenas no período de safra e normalmente *in natura* ou em forma de compotas (COSTA *et al.*, 2006).

Segundo Dionello *et al.* (2007) os países com baixo índice de desenvolvimento, onde persistem grandes deficiências na infra-estrutura de mercado, as perdas pós-colheita de produtos perecíveis podem variar entre 25 a 50% da produção, consequência da elevada atividade de água que possuem.

A demanda por produtos naturais, à base de frutas, tem crescido rapidamente, não apenas como produtos acabados, mas também como ingredientes a ser adicionado em alimentos mais elaborados como: bebidas, sorvetes, doces, laticínios, panificação, cereais, etc (TORREGGIANE, 1993).

Os processos industriais no qual há redução do conteúdo de umidade surgem como alternativa para solucionar e / ou minimizar os problemas acima citados, trazendo assim, as seguintes vantagens para o alimento: redução no custo de transporte e armazenamento, estabilidade microbiológica e química, aumento na oferta em épocas que a safra tenha finalizado e redução nas perdas devido à deterioração, além de agregar valor ao produto (ANDRADE *et al.*, 2003).

Neste Contexto, a desidratação osmótica apresenta-se como alternativa para reduzir em média de 20% a 50% a umidade inicial do jambo. É uma técnica que aumenta a concentração de sólidos no alimento devido à remoção

parcial de água, sobre uma determinada pressão osmótica, esclarecendo que a parede celular deste alimento age como membrana semipermeável (RASTOGI; RAGHAVARAO, 1994; ISPIR; TOGRUL, 2009). Trata-se de um processamento brando, pois a remoção de água é obtida sem mudança de fase, na qual as frutas inteiras ou em pedaços são imersas em soluções concentradas de substâncias compatíveis com o material a ser tratado.

A desidratação osmótica vem sendo utilizada principalmente como tratamentos prévios a alguns processos convencionais, tais como secagem convectiva com ar, secagem a vácuo, congelamento (MAURO; TAVARES; MENEGALLI, 2002), microondas e liofilização a fim de melhorar a qualidade final, reduzir custos de energia ou mesmo para desenvolver novos produtos (SERENO *et al.*, 2001; LIMA *et al.*, 2004).

Estas considerações, associadas à escassez de estudos sobre processamento de frutos do jambo-vermelho, no que se refere à elaboração de um produto desidratado, em nível industrial, tornam válido a realização desta pesquisa, visando obter produtos desidratados osmoticamente com satisfatória estabilidade e aceitabilidade.

Desta forma, além da redução das perdas pós-colheita do jambo-vermelho será propiciada uma alternativa para o seu aproveitamento industrial.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Aspectos gerais do jambo-vermelho

O jamboeiro (*Syzygium malaccensis*) é uma planta originária da região sudeste asiática, especialmente da Malásia (ONIGENO; CARDOSO; COSTA, 1999). Hoje, é comum e apreciado na América do Sul e Central, onde é cultivada tanto como fruteira quanto como planta ornamental, devido à forma piramidal de sua copa, que alcança 20m de altura (FALCÃO *et al.*, 2002). A família *Mirtaceae* possui grande número de espécies frutíferas, muita das quais, embora apreciadas, têm seu cultivo restrito a pomares caseiros. A propagação dessas espécies é, via de regra, feita por sementes, propiciando o aparecimento de população não homogênea (SAMPAIO, 1970).

É uma árvore disseminada por quase todo território brasileiro, em virtude de sua fácil adaptação ao clima e solo. Não cresce nas regiões frias e semi-áridas sem irrigação (CARDOSO; SRUR, 1996).

Em certos locais, pode ser encontrado o ano inteiro, podendo haver, no mesmo ano, dois períodos de safra, geralmente, de abril a maio e de agosto ou setembro a novembro. Em regiões mais quentes, produzem duas safras por ano, uma entre maio e junho e outra de janeiro a fevereiro (TAVARES *et al.*, 2002). Segundo Morton (1987), o rendimento por árvore varia de 21 a 85 kg de frutos.

Em nossa região, o plantio é feito de forma desordenada ou em quintais, sendo explorada principalmente a característica de sombra, sem se dar a devida atenção ao fruto (GODOY *et al.*, 1989).

Grande parte dos frutos é desperdiçada na época da safra, em virtude da alta produção por árvore, do curto período de safra, da pequena vida útil do fruto *in natura* e da falta de conhecimento da viabilidade tecnológica para a sua industrialização (CARDOSO; SRUR, 1996; TAVARES *et al.*, 2002). Estes fatos evidenciam claramente a importância dos estudos para aumentar a vida útil do jambo, minimizando as perdas, pelo emprego de técnicas de conservação, trazendo benefícios de grande valia a todos os segmentos na cadeia de comercialização (ONIGENO; CARDOSO; COSTA, 1999; CARDOSO *et al.*, 2000).

O fruto (Figura 1), uma baga periforme, de 5 a 7 cm de altura, com superfície vermelho - escura e polpa branca suculenta – esponjosa - quebradiça, quase insípida, contém uma semente e exala aroma forte de maçã e fragrância de rosas; o sabor e a casca são característicos (CARDOSO; SRUR, 1996; TAVARES *et al.*, 2002) e é considerado como um dos maiores frutos do grupo *Eugenia - Syzygium* (FALCÃO *et al.*, 2002), podendo ou não ser provida de semente (GODOY *et al.*, 1989).



Figura 1. Jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*)

O jambo vermelho possui características organolépticas bastante apreciáveis, no entanto, estes têm baixo valor comercial sendo subutilizado na sua forma *in natura*. Embora, Godoy *et al.* (1989) observaram que diversos produtos do jambo vermelho como passa, compota, barra, geléia e pasta com boas características físico-químicas e sensoriais, podendo ser considerados como viáveis para a indústria.

Segundo Falcão *et al.* (2002) em 100 g de polpa de jambo, a composição média contém 90g de água, 0,3 g de proteína, 3,9 g de carboidratos, 1 g de fibras, 253 UI de vitamina A, 0,1 mg de vitamina C, e traços de vitamina B1 e B2.

De acordo com Morton (1987), as análises realizadas no Hawaii, El Salvador e Gana, na qual a porção comestível do jambo *in natura* apresentou em média umidade de $90,95 \pm 0,65 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, proteína de $0,6 \pm 0,10 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, gordura de $0,15 \pm 0,05 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, fibra de $0,7 \pm 0,10 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, cinzas de $0,325 \pm 0,065 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, cálcio de $5,75 \pm 0,15 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$, fósforo de $14,750 \pm 3,150 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$ e ferro de $0,510 \pm 0,310 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$.

2.2 - Desidratação osmótica

2.2.1 - Fundamentos do processo

Em geral, as frutas e hortaliças são produtos com expectativa de vida útil relativamente curta, e a exigência do consumidor tem aumentado por produtos alimentícios saudáveis, naturais e saborosos, não apenas por produtos acabados, mas também por ingredientes para serem adicionados nos alimentos complexos (RIZZOLO *et al.*, 2007) como produtos para sucos, sorvetes, cereais, laticínios com adição de frutas frescas ou processadas, doces, compotas, panificação, dentre outros (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; LIMA *et al.*, 2004; DERMESONLOUGLOU; TAVARES, 2006; PEIRÓ *et al.*, 2006).

A técnica de desidratação é provavelmente o método mais antigo e importante para preservação de alimentos praticados pela humanidade (FERNANDES *et al.*, 2006).

O uso de secagem artificial para preservar produtos agrícolas tem sido expandido, criando técnicas mais eficientes e métodos que reduzem o consumo de energia e os custos no processo (ANTONIO *et al.*, 2007). Os produtos finais, usualmente secos em condições tradicionais, podem sofrer a degradação e oxidação de alguns nutrientes (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006), apresentando cor escura que reduz a qualidade de mercado do produto (TSAMO *et al.*, 2005). Além do mais estas técnicas consomem mais tempo e energia e, sendo, portanto mais dispendioso (ALKALI; ARIAHU; NKPA, 2006).

A desidratação osmótica de alimentos (principalmente de frutas e hortaliças) é um método conveniente para melhorar a qualidade do produto visto que os aspectos nutricionais, organolépticos e físicos são preservados que outros métodos de desidratação (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; SERENO *et al.*, 2001; CHENLO *et al.*, 2002). Segundo Ribeiro *et al.* (2008) este processo envolve uma significativa remoção de água (40 a 70 g de água é perdida por 100 g de massa inicial do produto) com limitada e controlada incorporação de sólidos (5 a 25 g de soluto em 100 g de massa inicial). Desta maneira, a desidratação osmótica é um importante processo, que possibilita a remoção de água assim como modificação na composição química do alimento (LEWICKI; PORZECKA-PAWLAK, 2005) pela incorporação de solutos do meio osmótico na estrutura porosa das frutas e hortaliças, permitindo formulação específica a ser produzida sem modificação da integridade do produto (MAVROUDIS; GEKAS; SJÖHOLN, 1998; FERRARI *et al.*, 2005).

Logo, é possível, até certo ponto, modificar a formulação do alimento, fazendo um produto mais adequado para os futuros processamento pelo (a) ajuste da composição físico-químico pela redução do conteúdo de água, ou adição de agentes que reduzem a atividade de água; (b) incorporação de ingredientes ou aditivos com propriedades antioxidantes ou de conservação e (c) adição de solutos de interesse nutricional ou sensorial (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; CHENLO *et al.*, 2006; KHOYI; HESARI, 2007;).

As principais vantagens da desidratação osmótica são: inibição do escurecimento enzimático; retenção da cor natural sem adição de sulfitos; alta retenção de compostos voláteis e manutenção de fase envolvida no processo (FALADE; IGBEKA; AYANWUYI, 2007) e, por consequência menor consumo de energia (BERISTAIN, 1990).

Devido à vantagens relacionadas com o consumo de energia e a qualidade do alimento, a desidratação osmótica está ganhando popularidade como etapa preliminar à secagem do alimento (EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007). No entanto o produto submetido a este processo não apresenta conteúdo de umidade suficientemente baixo para ser considerado como estável na sua vida prateleira (SILVEIRA, RAHMAN; BUCKLE, 1996; DJELVEH, GROS; EMAM-DJOMEH, 2001; NETO *et al.*, 2005), conseqüentemente deverá ser seguido de outros processos para reduzir o conteúdo de água (PEIRÓ *et al.*, 2006).

Como pré-tratamento reduz as mudanças físicas, químicas e biológicas durante a secagem em altas temperaturas (RAHMAN; BUCKLE; PERERA, 1996; LENART; KOWALSKA, 2001), e remove parte da água do produto para diminuir a quantidade de cristais formados durante o processo de congelamento. Danos mínimos da membrana celular ocorrem e, portanto uma melhor conservação nas propriedades da fruta (TALENS *et al.*, 2003).

Durante as últimas décadas ampla proposta para desidratação osmótica tem surgido como pré-tratamento em técnicas combinadas. O uso destas técnicas, utilizando baixas temperaturas, minimiza a degradação do produto e permitem mudanças controladas das propriedades originais da matéria prima. (CHENLO *et al.*, 2006).

A desidratação osmótica envolve a remoção parcial de água em alimentos, que são imersos numa solução aquosa hipertônica (CHIRALT; TALENS, 2005; MAYOR; CUNHA; SERENO, 2007; JALILA; NARAIN; SILVA, 2008; ATA RÉ S *et al.*, 2009). Desta forma a força de impulso para remoção de água funciona devido a diferença de pressão osmótica entre o alimento e a solução circundante (FERNANDES *et al.*, 2006).

Durante este processo, dois caminhos de transferência de massa são estabelecidos: o fluxo de saída de água e de substâncias naturais solúveis (açúcares, vitaminas, pigmentos, ácidos orgânicos, minerais e sais, etc.) da fruta para a solução osmótica, e outra em uma direção oposta, solutos solúveis que podem ser transferidos da solução para a fruta (SABLANI; RAHMAN, 2003; NUNAK; SCHLEINING, 2006), logo é importante considerar tanto a perda de peso como o ganho de sólidos (AZUARA *et al.*, 1992). A perda de solutos do produto é quantitativamente negligenciável comparado com as outras duas transferências, mas essencial com relação à composição do produto final (EREN 2007).

Estas transferências citadas acima ocorrem até que o equilíbrio seja atingido (TSAMO, 2005; DIONELLO *et al.*, 2007; ESCOBAR *et al.*, 2007), ou seja, quando o potencial químico entre a solução osmótica e a célula seja nulo (RAHMAN; BUCKLE; PERERA, 1996; LENART; KOWALSKA, 2001).

A taxa de fluxo de massa depende de vários fatores como cultivar, composição e concentração dos solutos osmóticos, temperatura do processo, tempo de imersão, nível de agitação, características específicas do alimento como, tamanho e geometria, razão de volume da solução para o sólido, pressão de operação (AZUARA *et al.*, 1992; CHENLO *et al.*, 2002; EL- AOUAR *et al.*, 2006; DERMESONLOUGLOU, 2006; DIONELLO *et al.*, 2007; DEROSI *et al.*, 2008) ,tipo de equipamento, dentre outros (LENART; KOWALSKA, 2001).

2.2.2 - Variáveis do processo

2.2.2.1 - Propriedades do tecido vegetal

A desidratação osmótica de frutas e vegetais é baseada no princípio da parede e membrana celular agirem como uma membrana semipermeável (RASTOGI; RAGHAVARAO, 1997; ALVES *et al.*, 2005; ESCOBAR *et al.*, 2007), ou seja, não é perfeitamente seletiva, devido à estrutura aberta do tecido celular nos espaços intercelulares e os cortes externos das células (CHIRALT; TALENS, 2005; EREN, 2007; KAYMAK-ERTEKIN, 2007). Esta membrana deveria ser permeável às moléculas de água, mas não às de soluto (RAHMAN; BUCKLE; PERERA, 1996; CORZO; GOMEZ, 2004).

A perda de água e de nutrientes do alimento e a incorporação de sólidos são responsáveis por modificações nas propriedades visco - elásticas do tecido, mudanças nas frações de volume de ar e líquido na amostra (ITO *et al.*, 2007), salientando que as membranas da parede celular são unidades biológicas vivas que poderão alongar ou expandir sobre a influência de crescimento e pressão de turgor gerado no interior das células após a desidratação (TORREGGIANI, 1993; DE MICHELIS *et al.*, 2008; CASTELLO *et al.*, 2009).

Mayor, Cunha, Sereno (2007) e Fito (2001) afirmam que os diferentes comportamentos da fruta durante a desidratação osmótica podem ser explicados por diferenças na estrutura do tecido da planta. Eren (2007) ratifica este resultado e reforça afirmando que as condições de operação e a forma que os produtos foram pré-tratados também influenciam.

A grande variabilidade observada entre as diferentes frutas é principalmente relacionada à compactação do tecido, conteúdo de sólidos solúveis e insolúveis iniciais, espaços intercelulares, presença de ar, razão entre as frações pécnicas diferentes, nível de geleificação de pectina e atividade enzimática (SCALZO *et al.*, 2001; DERMESONLOUGLOU, 2006; MAYOR; CUNHA; SERENO, 2007).

Portanto, o controle rigoroso o grau de amadurecimento reduz a dispersão excessiva dos dados experimentais que poderia levar as interpretações errôneas (AZUARA; BERISTAIN; GUTIÉRREZ, 1998).

Todas estas mudanças estruturais afetam as propriedades mecânicas, de textura e sensoriais do alimento, e conseqüentemente a qualidade e aceitabilidade do produto pelo consumidor (MAYOR; CUNHA; SERENO, 2007; CASTELLO *et al.*, 2009).

A alteração celular devido à deformação e quebra dos elementos celulares associados com a desidratação, e trocas ar-líquido, são exemplos de mudanças estruturais devido ao fluxo de massa. Todos esses fenômenos provocam mudanças nas propriedades macroscópicas da amostra, por exemplo, propriedades óticas e mecânicas, que são relacionados com a aparência e textura dos produtos, respectivamente (RIZZOLO *et al.*, 2007).

Escobar *et al.* (2007) afirmam que a imersão do fruto no meio osmótico, as primeiras camadas das células, 1-2 mm abaixo da superfície, morrem devido a severidade do gradiente de pressão osmótico criando um volume próximo da superfície onde a resistência ao transporte de massa diminui substancialmente.

Encurtamento, diminuição na capacidade de reter água, mudanças na porosidade e na resistência à deformação são usualmente observada durante a desidratação osmótica.

Alterações nas propriedades físicas refletem a nociva influência no tecido e morfologia celular (LEWICKI; PORZECKA-PAWLAK, 2005; ANTONIO *et al.*, 2007), alteram fortemente a compartimentalização e permeabilidade da membrana celular, que poderão influenciar as propriedades de transporte do produto durante o processamento (NIETO *et al.*, 2004).

As mudanças nas propriedades macroscópicas também induzem a modificação da fisiologia celular e as reações bioquímicas, provocando várias alterações químicas no tecido, por exemplo, mudanças no perfil de voláteis, ou desenvolvimentos de químicos (ex. etanol ou acetaldeído) associados com mudanças na trajetória de respiração (RIZZOLO *et al.*, 2007).

2.2.2.2 - Tipos de agente osmótico

Segundo Borin *et al.* (2008), Antonio *et al.* (2006), Azoubel e Murr (2004), Emam-Djomeh e Gros (2001) e Raoult-Wack *et al.* (1991), o tipo de agente osmótico utilizado e conseqüentemente seu peso molecular ou comportamento iônico afetam fortemente a desidratação, tanto na perda de água quanto no ganho de sólidos.

Dionello *et al.* (2007) e Ferrari *et al.* (2005) afirmam que as principais exigências para que um soluto seja utilizado como agente osmótico são apresentar alta solubilidade em água, baixo custo, efeito positivo sobre as propriedades sensoriais e a estabilidade final do produto.

O uso de açúcar ou sal em elevada pressão osmótica, para conservar alimentos, é um método bem conhecido, como exemplo temos as frutas em forma de geléias, doces, passas dentre outros, os quais mantêm os produtos em boas condições para o consumo (ALVES *et al.*, 2005). Geralmente, soluções de sacarose são usadas para frutas e cloreto de sódio para hortaliças (ALVES *et al.*, 2005; ALKALI; ARIAHU; NKPA, 2006; SIGH *et al.*, 2006) e alimentos de origem animal (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Agentes osmóticos, especialmente os açúcares, têm importante papel como protetor de compostos, salientando que a utilização da sacarose permite a formação de uma camada na superfície, que forma uma barreira para remoção de água e ganho de sólidos (AZOUBEL; MURR, 2004), mas em contrapartida melhora a qualidade global dos processamentos posteriores (FERRANDO; SPIESS, 2001).

Segundo Tonon, Baroni e Hubinger (2006), a sacarose é considerada o melhor agente desidratante, principalmente quando a desidratação é utilizada como pré-tratamento para secagem. Sua presença na superfície do material representa um obstáculo ao contato com o oxigênio, resultando em uma redução do escurecimento enzimático como também limita ou reduz o uso de SO₂, e aumenta a estabilidade dos pigmentos durante o processamento e subsequente período de estocagem (FORNI *et al.* 1997). De acordo com Aikali, Ariahu e Nkpa (2006) este agente osmótico é considerado de menor custo em relação aos açúcares de baixo peso molecular.

Durante o tratamento osmótico, a captação intensiva de soluto pode afetar a taxa de remoção de água, o processo de secagem complementar, a capacidade de reidratação do alimento e a retenção de aroma do mesmo. Desta maneira a aplicação de uma camada hidrofílica anteriormente a este

processo pode limitar a captação intensa de soluto sem afetar a perda de água (KHIN; ZHOU; PERERA, 2007).

El-Aouar *et al.* (2006) ao desidratar osmoticamente mamão em fatias utilizando sacarose e glicose sob a mesma pressão, como agente osmótico, verificaram que a perda de peso e umidade e o ganho de sólidos foram maior no primeiro agente osmótico.

Ferrari *et al.* (2005) mostraram que o melão desidratado osmoticamente com solução de maltose apresentou simultaneamente, maiores taxa de perda de umidade e menor de ganho de sólidos ao longo do tempo em relação ao processado com sacarose.

Segundo Ispir e Togrul (2009) ao pesquisarem damasco, com diferentes agentes osmóticos, de mesma concentração (70 °Brix), a maior e menor perda de umidade foi obtida pela solução de sacarose e sorbitol, respectivamente. O maior e menor ganho de sólidos foi alcançado pelas soluções de maltodextrina e frutose respectivamente.

Rizzolo *et al.* (2007) ao desidratarem morangos com sorbitol e sacarose, ambos na mesma concentração (60°Brix), a temperatura de 30 °C por 1, 2, 4 e 6 horas, verificaram que o ganho de sólidos foi duas vezes maior em sorbitol e a perda de umidade aumentou ao longo do processo.

Este comportamento é explicado por Dionello *et al.* (2007) na qual açúcares com elevada massa molecular, como a sacarose, acarretam uma diminuição do ganho de sólidos e aumento na perda de umidade, favorecendo a perda de peso e, conseqüentemente, o processo de desidratação. Sacarídeos de baixa massa molecular como a glicose, frutose e sorbitol, favorecem o ganho de açúcares pela alta velocidade de penetração das

moléculas nos tecidos vegetais, aumentando o ganho de sólidos e reduzindo a perda de umidade, desfavorecendo o processo de desidratação.

2.2.2.3 - Concentração da solução osmótica

O aumento da concentração da solução osmótica produziu maior perda de umidade e ganho de sólidos na desidratação osmótica em maçã (KHIN; ZHOU; PERERA, 2007; MOREIRA; SERENO, 2003), tomates tipo cherry (AZOUBEL; MURR, 2004) e melancia (FALADE *et al.*, 2007) devido a maior diferença no potencial químico da água e do soluto entre a amostra e a solução osmótica. Segundo Ispir e Torgul (2009) este aumento da concentração acarreta maior ganho de sólidos, que não é desejável, pois pode afetar o sabor tornando demasiadamente doce (ANTONIO *et al.*, 2008).

Beristain *et al.* (1990), ao desidratarem osmoticamente anéis de abacaxi verificaram que a quantidade de açúcar absorvido aumentou com a elevação da concentração da solução de sacarose, obtendo os seguintes resultados: a 50°Brix, 60°Brix e 70°Brix elevou 10%, 16% e 25% respectivamente. Falade *et al.* (2007) atribuíram este efeito ao possível efeito de inchação da membrana da célula, que poderia aumentar a permeabilidade da membrana.

Escobar (2007) afirma que a composição e a concentração do soluto da solução osmótica e a temperatura influenciam fortemente os coeficientes de difusão na migração dos componentes (água e soluto).

Segundo Antonio *et al.* (2008) as concentrações das soluções osmóticas utilizando açúcar estão na faixa de 40 a 70%. E no caso de vegetais, as soluções de cloreto de sódio variam entre 5 a 20%.

Souza *et al.* (2003) observaram que o aumento da concentração da solução osmótica diminuiu o tempo de secagem, das bananas desidratadas, melhorando a cor e textura. Goularte, Antunes e Antunes (2000) constataram similar resultados com outras.

Por outro lado, soluções de sacarose com concentrações maiores que 75°Brix são difíceis de serem preparadas, devido à solubilidade e por apresentarem altas viscosidades, o que dificulta sua manipulação e o processo de agitação, além de dificultar aumento da temperatura. Khoyi e Hesari (2007) ao desidratarem damascos, constataram que nas concentrações de 60 °Brix e 70°Brix a 50°C, a perda de umidade e o ganho de sólidos foram próximos, salientando que a 60°Brix a viscosidade diminuiu significativamente causando um aumento na perda de umidade, em oposição ao de 70°Brix, por possuir viscosidade maior, a taxa de perda de umidade teve redução.

Em escala industrial é de suma importância a reutilização da solução osmótica, caso contrário, será processada como resíduo elevando o custo do processo (PEIRÓ *et al.*,2006). Diferentes alternativas podem ser apontadas para resolver este problema, como reconcentrar a solução osmótica, aumentando o custo ou fazer o reuso ou reciclo sucessivos desta solução, tendo como problema a diluição da mesma e contaminação microbiológica. A possibilidade de reciclar as soluções osmóticas ou o uso delas em outras formulações de alguns alimentos é muito importante para tornar o processo econômico e ambientalmente correto (PEIRÓ-MENA, CAMACHO & MARTÍNEZ-NAVARRETE, 2007).

2.2.2.4 - Temperatura da solução osmótica

Para as frutas não sofrem mudanças significativas nos atributos sensoriais, como cor, aroma, sabor e textura durante a desidratação osmótica, convém que não sejam submetidas a altas temperaturas (PEIRÓ-MENA; CAMACHO; MARTÍNEZ-NAVARRETE, 2007).

A temperatura encontra-se também envolvido na ruptura da integridade do tecido da planta e membranas, por exemplo, a membrana plasmática começa a sofrer danos irreversíveis a 55°C (MAURO; TAVARES; MENEGALLI, 2002). Conforme Falade *et al.* (2007) temperaturas acima de 45°C, eleva as taxas das reações bioquímicas aumentam, a desnaturação térmica torna-se predominante, o escurecimento enzimático e deterioração começam a realizar-se, ao passo que Silveira, Rahman e Buckle (1996) observaram modificações desvantajosas de cor, ácido ascórbico e conteúdo de clorofila em temperaturas acima de 50°C, na desidratação do kiwi, enquanto que nas temperaturas abaixo de 40°C estes constituintes foram preservados.

De acordo com Panadés *et al.* (2006) ao pesquisar o efeito da temperatura no processo de desidratação osmótica de goiaba, sob pressão atmosférica, a vácuo pulsado e a vácuo contínuo, verificaram que temperaturas acima de 50°C provocaram maior perda de umidade. Esta perda pode produzir a obstrução dos poros da fruta, retardando a entrada de soluto por difusão, explicando o maior ganho de solutos a 40°C.

Segundo Khin, Zhou e Perera (2007) altas temperaturas favoreceram a perda de umidade e ganho de sólidos na desidratação osmótica de maçã sem cobertura. Comportamento semelhante foi observado por Falade *et al.* (2007) ao desidratar osmoticamente fatias de melancias em 50°Brix, com diferentes

temperaturas. A maior perda de água e ganho de sólidos foram observados a 40°C comparadas com 30°C e 20°C. Altas temperaturas parecem promover mais rapidamente a perda de umidade, como também melhor transferência de massa na superfície, provavelmente devido a baixa viscosidade do meio osmótico.

Hhoyi e Hesari (2007) ao desidratarem osmoticamente damasco com as temperaturas entre 30°C a 60°C, verificaram que aumentando esta variável, a perda de umidade e ganho de sólidos aumentaram, possivelmente devido ao aumento nos coeficientes de difusão e diminuição da viscosidade da solução de sacarose. Comportamento similar foi constatado por Ispir e Togrul (2009) na mesma fruta, ao utilizarem 70 °Brix de concentração com diferentes agentes osmóticos e por Beristain *et al.* (1990), em anéis de abacaxi, como também por Eren e Kaymak-Ertekin (2007) e Moreira e Sereno (2003) em batatas e maçãs, respectivamente.

2.2.2.5 - Agitação

A desidratação é normalmente conduzida com agitação do líquido da solução osmótica para reduzir a resistência externa e aumentar a taxa global de transferência de massa (MOREIRA; SERENO, 2003).

A viscosidade é uma propriedade física, que afeta a taxa de transporte de massa do processo e exerce grande influência sobre o nível de agitação, que representa um importante aspecto econômico (CHENLO *et al.*, 2002; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

Portanto, o nível de agitação pode influenciar na cinética de transferência de massa, reduzindo o tempo de contato do xarope com o fruto,

alcançando mais rápido a umidade desejada ao alimento (MOREIRA, *et al.*, 2007).

O efeito da agitação foi estudado por Andrade *et al.* (2003), desidratando osmoticamente jenipapo em solução de sacarose a 30°Brix e temperatura de 30°C, com e sem agitação. Os autores verificaram que os ensaios com agitação apresentaram maior perda de umidade, enquanto os sem agitação, maior ganho de sólidos. Moreira e Sereno (2003) ao desidratarem maçãs tiveram resultados similares quanto à perda de umidade, porém o ganho de sólidos não foi afetado. Este resultado é importante para o processo industrial, pois mantém as características naturais do fruto.

Moreira *et al.* (2007) ao desidratar castanha utilizando como agente osmótico o glicerol em diversas concentrações (25 a 60°Brix) a 25°C, em três níveis de agitação (0, 40 e 110 rpm) verificaram que os valores da perda de peso foram independentes do nível de agitação empregados. No entanto para a taxa de perda de umidade o efeito da agitação foi observado na menor concentração empregada. Este comportamento pode ser explicado pela baixa força de impulso de glicerol a 25°Brix, como também pelas mudanças nas características hidrodinâmicas da fase externa que modifica a resistência global de transferência de massa.

2.2.2.6 - Tempo de imersão

A taxa de desidratação osmótica é elevada no início do processamento devido a maior diferença de pressão osmótica entre a solução e a matéria prima, e da menor resistência à transferência de massa neste estágio do processo (LENART; KOWALSKA, 2001).

Com o passar do tempo, a membrana celular não fornece uma barreira efetiva para o soluto, ficando este livre para penetrar dentro de todas as partes da célula (MAURO; TAVARES; MENEGALLI, 2002).

A perda de umidade ocorre, principalmente, durante as duas primeiras horas e o maior ganho de sólidos, durante os trinta minutos iniciais (ALVES *et al.*, 2005; SHIGEMATSU *et al.*, 2005).

De acordo com Lewicki e Porzecka-Pawlak (2005) ao desidratarem cubos de maçã, com xarope de sacarose, na concentração de 61,5 °Brix, à temperatura de 30°C por 30, 60, 120 e 180 minutos, verificaram que após 30 minutos de osmose houve aumento de aproximadamente 70% de matéria seca e redução de 48% de água.

Baroni e Hubinger (1999) ao desidratarem cebolas em solução de sal (15°Brix) a 30°C observaram que tanto a taxa de perda de umidade com a de ganho de sólidos foram maiores na fase inicial do processo, diminuindo com o tempo. Esta redução na taxa de remoção de água e penetração de solutos é devida a mudanças estruturais do produto, como enrugamento e ruptura da membrana celular causando compactação das camadas de superfície e aumento na resistência de transferência de massa.

Resultados similares quanto a redução da perda de umidade nas primeiras horas de processo, foram obtidos por Azoubel e Murr (2004) ao desidratarem tomates tipo Cherry inteiros em diferentes agentes osmóticos de sacarose e sal.

Neto *et al.* (2005) ao desidratarem osmoticamente manga em diversas concentrações de solução osmótica observaram que as velocidades de perda de água e ganho de sólidos foram maiores nas primeiras horas de desidratação, tendendo ao equilíbrio no final do período de 5 horas.

Segundo Souza *et al.* (2003), quanto maior o tempo de osmose, maior a perda de umidade, entretanto, existe um limite para o conteúdo final de água no alimento, que é seu valor de equilíbrio com a solução osmótica.

Resultados contrários aos citados anteriormente foram obtidos por Khoyi e Herasi (2007) ao desidratarem damasco a 50°C em solução de sacarose a 60°Brix, alcançando uma perda de umidade baixa durante 6 horas, significando que após estas 6 horas o processo não é viável com relação aos custos de operação.

2.2.2.7 - Pressão

Segundo Panadés *et al.* (2006), Neto *et al.* (2005) e Souza *et al.* (2003), vários estudos afirmam que a velocidade do processo de desidratação osmótica em frutas é maior sob vácuo que sob pressão atmosférica, devido ao aumento no contato da superfície produto-solução. Mújica-Paz *et al.* (2003) ratifica estes resultados, explicando que a área interfacial sólido - líquido e a transferência de massa entre as fases pode ser aumentada pelo uso de condições sub – atmosféricas.

Panadés *et al.* (2006) verificaram que ao desidratarem osmoticamente goiaba sob pressão atmosférica, à vácuo pulsado e à vácuo contínuo, detectaram que o vácuo causa uma desidratação intensa no alimento provocando o colapso celular e fechamento dos poros. Este efeito é menor no vácuo pulsado devido ao curto tempo de aplicação deste.

No vácuo pulsado quando a pressão atmosférica é restabelecida, a solução osmótica entra nos poros devido ao mecanismo hidrodinâmico, e conseqüentemente, o aumento de contato da superfície fruta - solução oferece

uma passagem permanente para transferência de massa do exterior para o interior do alimento. No regime de pressão atmosférica, este fenômeno não ocorre, explicando que o maior ganho de sólidos ocorre no vácuo pulsado.

2.2.2.8 - Forma e geometria

Chavarro - Castrillón, Ochoa-Martínez e Ayala - Aponte (2006) ao pesquisarem mamão desidratados osmoticamente constataram que a maior perda de peso e umidade foram para amostras cortadas em cilindro seguidas por anéis e por último aquelas em laminas. Com relação ao ganho de sólidos este é maior, quanto menor for a área superficial (cilindro < anel < lamina).

Falade *et al.* (2007) verificaram que a perda de umidade e o ganho de sólidos aumentaram com a diminuição da espessura das amostras de melancia desidratadas em solução de sacarose à 40°C e 50 °Brix. Fato este explicado pelo aumento da área superficial em contato com a solução osmótica. Maiores valores de perda de umidade e ganho de sólidos foram obtidos pelas barras com 10 mm de espessura comparadas com aquelas com 20 e 30 mm . Resultados semelhantes foram alcançados por Ispir & Togrul (2009) ao desidratarem damascos.

2.2.2.9 - Proporção amostra/solução

Kohyi e Hesari (2007) desidrataram osmoticamente damasco em solução de sacarose a 50°C e 60°Brix, em diferentes proporções de solução/amostra e observaram que ao aumentar a proporção de 1:5 para 1:10

houve maior aumento na perda de água, ressaltando que esta ultima proporção esta próximo de 1:15. A variável DEI após 6 horas de processo apresentou os seguintes valores: 2.83, 3.10 e 2.30 para proporção de 1:5, 1:10 e 1:15, respectivamente, ou seja, a melhor proporção é de 1:01, tendo menor ganho de sólidos e menor custo de operação.

Dionello *et al.* (2007) constataram na desidratação osmótica de abacaxi, que a proporção 1:10 manteve durante o processamento as concentrações das soluções osmóticas (sacarose e açúcar invertido) sem diluição, no entanto, foi observado, que os ensaios que foram utilizados açúcar invertido sem diluição foram os que apresentaram os maiores níveis de diluições das soluções.

O efeito da proporção entre amostra e a solução foi pesquisado por Ispir e Togrul (2009) na desidratação osmótica de damasco, utilizando glicose e maltodextrina, a 70 °Brix. A perda de umidade e o ganho de sólidos foram inversamente proporcionais a diminuição da proporção amostra/solução. Esta diminuição evita uma significativa diluição do meio osmótico pela remoção de água e subsequente redução da força de impulso durante o processo.

3 - Objetivo Geral

Otimizar o processo de desidratação osmótica do jambo – vermelho (*Syzygium malaccense*).

3.1 - Objetivos Específicos

Estudar a influência do tempo de imersão, temperatura e concentração da solução osmótica sobre a perda de umidade e de peso, ganho de sólidos e DEI (Índice de Eficiência da Desidratação)

Verificar a aceitabilidade do jambo-vermelho desidratado osmoticamente.

Avaliar a estabilidade do produto durante o armazenamento.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Material

4.1.1 - Matéria Prima

Para realização deste estudo foram utilizados jambos (*Syzygium malaccense*), adquiridos no comércio (supermercados e feiras livres) da Região Metropolitana do Recife – PE no estágio de maturação (maduro) e isentos de doenças.

As frutas foram selecionadas de acordo com o conteúdo de sólidos solúveis (7°Brix a 9°Brix), tamanho, aparência (frutas sadias), forma (uniforme), ausência de injúrias ou doenças e grau de maturação (frutas maduras, porém firmes) a fim de obter amostras homogêneas.

4.1.2. Material para a solução osmótica

- Sacarose comercial;
- Metabissulfito de sódio P.A. – ACS, fabricante: F. Maia Indústria e Comércio Ltda. P. M.= 190,11. Pureza= 97%;
- Ácido Cítrico (acidulante monohidratado), PA = 95%, P. M.= 210,14. Fabricante: Vetec.

4.1.3. Equipamentos e outros

- Shaker com controle de temperatura e agitação;
- Vidraria e equipamentos diversos necessários às análises;
- Balança semi-analítica e analítica;
- Estufa com circulação de ar;
- Refratômetro Atago

4.2 - Métodos

4.2.1 Desidratação osmótica

A desidratação osmótica foi realizada de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

Os jambos foram selecionados, lavados, cortados manualmente, ao meio (Figura 3), para retirada da semente, e a seguir cortados longitudinalmente em fatias de 0,7-1,0 cm de espessura. Em seguida as fatias foram mergulhadas em solução de metabissulfito de sódio (1%) por 5 minutos (Eren, 2007), drenadas e branqueadas com vapor à 100°C por 30 segundos, e resfriadas no banho de gelo. Na seqüência foram imersas na solução osmótica de sacarose (ajustado o pH entre 4 e 5 com ácido cítrico), mantidos sob agitação constante, sob temperatura e tempo predeterminados (Tabela 1). A relação amostra/solução foi de 1:20 para garantir a concentração constante da

solução osmótica. Após o processo, as amostras foram drenadas, sobre em papel absorvente para retirar o excesso do xarope, e pesadas. Posteriormente, foram secadas a 60 °C, em estufa com circulação de ar, por aproximadamente 4 horas \pm 1 hora. Após secagem as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno com capacidade para 500g.

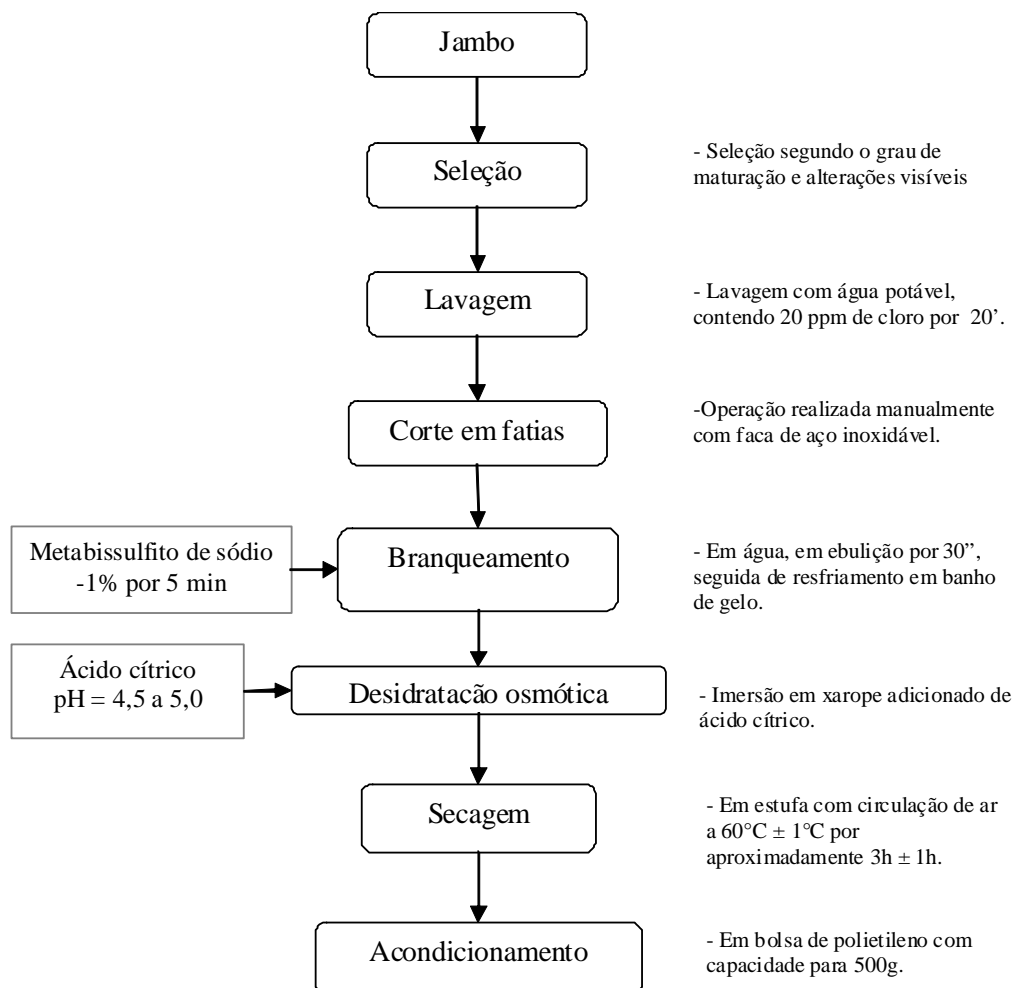


Figura 2 – Fluxograma para obtenção do jambo desidratado osmoticamente.



Figura 3. Corte em fatias no sentido longitudinal da fruta com espessura média 0,7 – 1,0 cm.

4.2.2. Planejamento Experimental

A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para avaliar a influência das variáveis do processo sobre a desidratação osmótica das fatias de jambo. Os ensaios experimentais foram realizados de acordo com um planejamento fatorial 2^3 completo, com 8 pontos fatoriais (níveis ± 1), 5 pontos centrais (nível 0) e 6 pontos axiais ($\pm \alpha$), totalizando 19 ensaios. Este planejamento teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura (T), do tempo de imersão (t) e da concentração da solução osmótica (C) (variáveis independentes) sobre as respostas: perda de umidade (PU), ganho de sólidos (GS), perda de peso (PP) e relação PU/GS, ao final do processo. Os dados obtidos foram ajustados ao seguinte polinômio:

$$Y = \varphi(T, C, t) = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 t + \beta_3 C + \beta_{11} T^2 + \beta_{22} t^2 + \beta_{33} C^2 + \beta_{12} Tt + \beta_{13} TC + \beta_{23} Ct$$

Equação 1

Em que β_n são os coeficientes de regressão, y é a resposta em questão (PU, IS, PP e PU/IS) e T, C e t são as variáveis independentes codificadas

(temperatura, concentração da solução osmótica e tempo de imersão respectivamente). As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores das variáveis independentes decodificadas e codificadas respectivamente.

Tabela 1. Níveis decodificados das variáveis.

Variáveis	Níveis				
	- α	- 1	0	+ 1	+ α
Temperatura (°C)	20	30	45	60	70
Tempo de imersão (horas)	1,3	2	3	4	4,7
Concentração da solução osmótica (°Brix)	16	30	50	70	84

Tabela 2. Planejamento experimental da desidratação das fatias de jambo (níveis codificados).

Ensaio	Variáveis Codificadas			Variáveis Decodificados		
	T	t	C	Temperatura(°C)	Tempo (horas)	Concentração (°Brix)
1	-1	-1	-1	30	2	30
2	+1	-1	-1	60	2	30
3	-1	+1	-1	30	4	30
4	+1	+1	-1	60	4	30
5	-1	-1	+1	30	2	70
6	+1	-1	+1	60	2	70
7	-1	+1	+1	30	4	70
8	+1	+1	+1	60	4	70
9	-1,682	0	0	20	3	50
10	+1,682	0	0	70	3	50
11	0	-1,682	0	45	1,3	50
12	0	+1,682	0	45	4,7	50
13	0	0	-1,682	45	3	16
14	0	0	+1,682	45	3	84
15	0	0	0	45	3	50
16	0	0	0	45	3	50
17	0	0	0	45	3	50
18	0	0	0	45	3	50
19	0	0	0	45	3	50

4.3 - Métodos analíticos

4.3.1 - Análise física – químicas

Todos os experimentos foram feitos em triplicata, precedidos pela determinação dos seguintes parâmetros no jambo vermelho antes e depois do processo de desidratação osmótica:

- Sólidos solúveis (°Brix) por refratometria (BRASIL, 2005);
- Umidade – determinada em balança do infra - vermelho (AOAC, 1998: Método 985.14);
- Peso – obtido diretamente através da balança analítica.

Para avaliar a eficácia dos fatores utilizados na matriz de planejamento, os produtos resultantes dos ensaios tecnológicos foram acompanhados quanto:

Ganho de sólidos (GS)* – calculada através de um balanço de massa de sólidos do processo, que conduziu à seguinte equação:

$$GS(\%) = 100 \times \frac{BT_f \times BT_i M_i}{M_i} \quad \text{Equação 2}$$

Perda de umidade (PU)* – calculada em termos percentuais, com base no peso inicial do material, antes da desidratação e final (após a desidratação).

$$PU(\%) = 100 \times \frac{U_i M_i - U_f M_f}{M_i} \quad \text{Equação 3}$$

Perda de peso (PP)* – calculada pela seguinte equação:

$$PP(\%) = 100 \times \frac{M_i - M_f}{M_i}$$

Equação 4

DEI – Índice de eficiência de desidratação

$$DEI = \frac{PU}{GS}$$

Equação 5

sendo:

GS (%) = ganho de sólidos, com base na massa inicial do material;

PU (%) = perda de umidade, com base na massa inicial do material;

PP (%) = perda percentual de peso do material desidratado;

BT_i = teor inicial de sólidos totais do material (%);

BT_f = teor final de sólidos totais do material (%);

U_i = teor inicial de umidade da matéria (%);

U_f = teor final de umidade do material (%);

M_i = massa total inicial do material;

M_f = massa total final do material.

* Calculados segundo LARANJEIRA (1997)

A fruta “in natura” e o produto preferido através da análise sensorial, também foram avaliados quanto aos parâmetros que se seguem:

- Umidade (g/100), determinação pelo método Karl Fisher (BRASIL, 2005);
- Lipídeos (g/100g), determinação direta em Soxhlet (BRASIL, 2005);

- Cinzas (g/100g), determinação de resíduos por incineração (BRASIL, 2005);
- Proteínas (g/100g), Método: Adolfo Lutz, (BRASIL, 2005);
- Hidrato de Carbono (g/100g), Método: Cálculo, (ASCAR, 1985);
- Valor Calórico Total (kcal/100g), Método: Por Cálculo.

4.3.2 - Análises microbiológicas

O fruto *in natura* e os produtos obtidos nos ensaios a serem realizados foram avaliados após o processamento e no intervalo de 30, 60 e 90 dias, segundo a RDC. n. 12/01, quanto a:

- Coliforme a 45°C / g – Método: (AOAC, 2002);
- Salmonella ssp Method : 996.08 ,(AOAC,2002);

4.3.3 - Métodos sensoriais

Os ensaios com maiores valores de DEI foram submetidos a análise sensorial de aceitação, por meio da utilização de uma escala hedônica de 7 pontos, ancorados em extremos de “gostei muitíssimo” (7) e “desgostei muitíssimo” (1) (Anexo I). Foram recrutados 50 julgadores não treinados, entre alunos, professores e funcionários do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Após a realização do teste de aceitação, as notas dos produtos no atributo qualidade global foram expressas em porcentagens. Para o total de respostas, foi considerado como “gostou” os

seguintes pontos da escala hedônica de 7: gostei, gostei muito e gostei muitíssimo, e para o “desgostou” os pontos: desgostei, desgostei muito e desgostei muitíssimo. A aceitabilidade foi considerada como ótima quando esteve acima de 90%, boa acima de 80%, moderada acima de 70% e, razoável acima de 60%. (MAIA et AL.,2008) As amostras foram servidas aleatoriamente e para a degustação foram avaliadas em cabines individuais. O produto foi servido a temperatura ambiente, dispostos em pratos de fundo branco, codificados com números de três dígitos, iluminados por luz natural do dia (Figura 4). A análise sensorial foi realizada após um dia de elaboração do jambo desidratado.

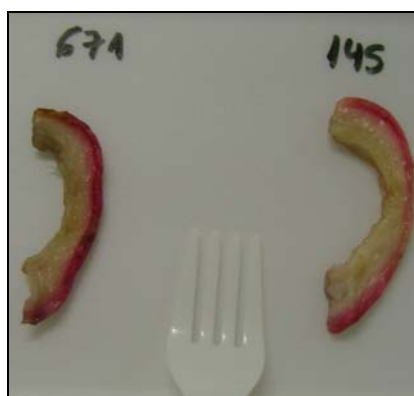


Figura 4. Apresentação das amostras para a análise sensorial.

4.3.4 - *Análise Estatísticos*

Visando a otimização do processo, as respostas obtidas para todos os ensaios foram avaliadas quanto aos efeitos principais e as interações entre os fatores. A Análise sensorial foi avaliada através do teste “t” de student. Ambas as análises ao nível de 5% de significância, através do programa computacional Statistica 6.0 (STATSOFT, 1997).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Aspectos gerais

Os resultados dos ensaios a desidratação osmótica encontram-se apresentados na Tabela 3.

Observa-se que a perda de umidade foi superior ao ganho de sólidos em todos os experimentos, ratificando os resultados de diversos autores (LAZARIDES *et al.*, 1995; TSAMO *et al.*, 2005; LEWICKI; PORZECKA-PAWLAK, 2005; ANTONIO *et al.*, 2006).

Resultados similares foram alcançados por Kowalska e Lenart (2001) ao desidratarem abóbora, cenoura e maçã. Embora estes dois últimos tenham apresentado maior perda de água, o processo foi vantajoso, por apresentar maior PU do que GS.

Segundo Dionello *et al.* (2007) o controle efetivo das principais variáveis que interferem na desidratação osmótica, faz com que o processo resulte em duas situações: $PU > GS$ ou $GS < PU$, ou seja, predominância da impregnação.

Conforme Tabela 3, a PU variou de 50 a 60%, nas maiores temperaturas (45°C-70°C) e concentrações (50 °Brix – 84 °Brix), independentemente do tempo de imersão utilizado. O maior valor de PP ocorreu em duas horas de tempo de imersão, à concentração de 70°Brix a uma temperatura de 60°C (Ensaio 6).

Nesta mesma tabela observamos que nas condições de 70°Brix e 84°Brix com 60°C e 45°C (Ensaio 6 e 14) respectivamente, a PU, PP, GS e o DEI foram próximos, salientando que a 70°Brix a viscosidade diminuiu devido a maior temperatura, facilitando a PU e PP, em oposição ao de 84°Brix. Estes resultados demonstraram que apesar das dificuldades de manipulação das soluções de sacarose com elevadas concentrações, citadas por Khoyi e Hesari (2007), os ensaios 6 e 14 apresentaram uma boa eficiência de desidratação. Resultados similares foram verificados por Khoyi e Hesari (2007) ao desidratarem damascos.

Ficando confirmado nestes experimentos que o comportamento do jambo é provavelmente devido à sua natureza física. Segundo Eren (2007) os diferentes comportamentos da fruta durante a desidratação osmótica pode ser explicada por diferença na estrutura do tecido da planta.

É possível verificar que em todos os ensaios quanto mais elevadas as concentrações e temperaturas, maior a PU e PP, resultado semelhante ao obtido por Baroni e Hubinger (1999), convém ressaltar que Torreggiani (1993), temperaturas acima de 45°C ocorrem escurecimento enzimático e deterioração do “flavour”, e superior a 60°C modificam as características do tecido favorecendo o fenômeno de impregnação de solutos.

Verifica-se que o maior GS ocorreu em elevadas concentrações de sacarose (50°Brix e 70°Brix) e em tempos de imersão que variaram de 3 a 4,7 horas, independentemente da temperatura utilizada. Os tratamentos com melhor desempenho para o GS foram os ensaios 1, 3, 4 e 13 (Tabela 3) por apresentarem baixo GS.

Em relação ao DEI (tabela 3), todos os valores foram superiores a 1, indicando a predominância da PU sobre o GS, conforme desejado e

semelhante resultado foi encontrado por Tsamo *et al.* (2005) ao desidratarem cebola e tomate.

O ensaio 13 obteve maior valor de DEI, entretanto ao menor GS de todo o experimento, no entanto a PU foi inferior a 15%, não atingindo o nosso objetivo que é maximizar a PU e minimizar a penetração de sólidos (KOWALSKA; LENART, 2001; BORIN *et al.*, 2008).

Os ensaios 6, 8, 10 e 14 obtiveram PU superior a 50%, no entanto os ensaios 8 e 10 foram os que apresentaram maior GS (acima de 20%), devido ao maior tempo de imersão. Sendo assim os ensaios 6 e 14 foram escolhidos para análise sensorial.

Nesta mesma tabela, quando se elevou o tempo de imersão de 2 para 4 horas, nos ensaios 1 e 3 (30°C e 30 °Brix) respectivamente, houve aumento percentual na PU (84,04%) e PP (255%) e diminuição no GS (1,97%). Em relação ao ensaio 5 e 7 (30°C e 70 °Brix), com 2 e 4 horas de imersão respectivamente, foi constatado aumento na PU (1,02%) e GS (69,98%) e uma diminuição PP (67,49%), provavelmente pela elevação da concentração como também pelo aumento da permeabilidade da membrana celular, como explicado por Lazarides *et al.* (1997).

Nieto *et al.* (2004) constatou que o conteúdo de sólidos solúveis durante a desidratação osmótica de maçã, aumentou gradualmente no decorrer do tempo, e uma significativa perda de umidade e peso foi obtida no estagio inicial do processo. Estes resultados foram ratificados por Lewicki e Porzecka-Pawlak (2005) com relação à PU, ao afirmar que o fluxo de água é maior nos primeiros 30 minutos de osmose.

No entanto, quando se elevou o tempo de imersão de 2 para 4 horas, nos ensaios 6 e 8 (60°C e 70 °Brix) respectivamente, foi verificado aumento na PU (2,74%) e no GS (26,62%) e diminuição na PP (18,50%).

Shigematsu (2005) observou que em solução com concentração e temperatura elevadas, e tempo de imersão longo, as estruturas celulares podem ser injuriadas e o soluto passa a ocupar todos os espaços da célula, aumentando assim o GS (ensaio 8).

Comparando os ensaios 5 e 6 e 7 e 8, é possível verificar o efeito da temperatura sobre a PU, GS e PP. Para os dois primeiros ensaios verificamos os seguintes aumentos: PU (71,42%), PP (115,64%) e GS (16,10%), e para os últimos: PU (65,01%), PP (440,65%) e GS (13,50%).

Tabela 3. Respostas das variáveis dependentes de acordo com o planejamento fatorial do jambo desidratado osmoticamente.

Ensaio	Variáveis independentes						Variáveis dependentes			
	Codificadas			Decodificadas			PU	GS	PP	DEI
	T	t	C	T (°C)	t (h)	C (°Brix)				
1	-1	-1	-1	30	2	30	14,10	10,15	4,00	1,39
2	+1	-1	-1	60	2	30	24,62	17,20	6,80	1,43
3	-1	+1	-1	30	4	30	25,95	9,95	14,20	2,60
4	+1	+1	-1	60	4	30	34,22	11,80	20,80	2,90
5	-1	-1	+1	30	2	70	34,01	15,59	18,92	2,18
6	+1	-1	+1	60	2	70	58,30	18,10	40,80	3,22
7	-1	+1	+1	30	4	70	34,36	26,50	6,15	1,30
8	+1	+1	+1	60	4	70	56,70	22,92	33,25	2,47
9	-1,682	0	0	20	3	50	26,80	17,30	8,20	1,55
10	+1,682	0	0	70	3	50	54,95	20,30	33,40	2,71
11	0	-1,682	0	45	1,3	50	27,60	17,30	12,20	1,59
12	0	+1,682	0	45	4,7	50	36,81	21,10	15,80	1,74
13	0	0	-1,682	45	3	16	14,55	1,80	9,80	8,08
14	0	0	+1,682	45	3	84	50,92	16,90	32,70	3,01
15	0	0	0	45	3	50	36,20	17,90	19,82	2,02
16	0	0	0	45	3	50	36,80	18,20	18,89	2,02
17	0	0	0	45	3	50	37,20	18,50	19,31	2,01
18	0	0	0	45	3	50	35,90	17,30	18,70	2,07
19	0	0	0	45	3	50	36,55	16,80	19,14	2,17

T = temperatura; C = concentração; t = tempo; PU = Perda de Umidade; GS = Ganho de Sólidos; PP = Perda de Peso; DEI = Índice de Eficiência da Desidratação.

5.2 - Análise através da metodologia de superfície de resposta

Os coeficientes de regressão encontram-se apresentados na Tabela 4.

Na Tabela 4, verificamos pelos valores de β que a PU foi influenciada, em ordem decrescente pela concentração osmótica, temperatura e tempo de imersão, todos com sinal positivo, lembrando que este último teve uma pequena contribuição, ou seja, o aumento destas variáveis influenciou a PU. O termo quadrático da temperatura teve um efeito positivo enquanto o tempo de imersão e a concentração da solução osmótica tiveram efeito negativo sobre a PU.

Vantagens similares foram alcançadas por Martins, Cunha e Silva (2008) na elaboração de passa de caju-do-cerrado; Antonio *et al.* (2008) ao desidratar batatas em solução de açúcar e sal; Singh *et al.* (2006) em cenouras; Almeida *et al.* (2005) em mangas; Ferrari *et al.* (2005) em melões e Moreira *et. al* (2007) em castanhas.

Na mesma tabela, constata-se uma contribuição positiva da temperatura da solução osmótica seguido pela concentração, enquanto o efeito do tempo de imersão foi desprezível sobre a PP em comparação com as demais variáveis do processo, logo a PP do jambo desidratado foi diretamente proporcional a temperatura e concentração da solução osmótica.

Em sentido oposto, Martins, Cunha & Silva (2008) ao pesquisar o efeito das condições da desidratação na qualidade de passas de caju-do-cerrado verificou que os efeitos lineares do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica foram os mais efetivos para a PP.

Tabela 4. Coeficientes de regressão do modelo estatístico para PU, GS, PP; DEI.

Fontes	Coeficientes			
	PU	GS	PP	DEI
β_0	36,527	17,707	19,193	2,096
Linear				
β_1	8,259	0,943	7,378	0,329
β_2	2,611	1,210	0,727	0,095
β_3	10,667	4,350	6,724	-0,562
Quadrático				
β_{11}	1,553	0,558	0,461	-0,186
β_{22}	-1,511	0,699	-1,943	-0,350
β_{33}	-1,324	-2,782	0,620	1,021
Interação				
β_{12}	-0,521	-1,411	1,127	NS
β_{13}	3,476	-1,246	4,947	0,234
β_{23}	-2,834	2,666	-5,565	-0,539

PU = Perda de Umidade; GS = Ganho de Sólidos; PP = Perda de Peso; DEI = Índice de Eficiência da Desidratação. NS: Não significativos ($p > 0,05$)

Os resultados (Tabela 4) mostram a contribuição positiva da concentração e os efeitos negligenciáveis da temperatura e do tempo, em relação ao GS. O termo quadrático da concentração teve efeito negativo sobre esta variável. Portanto, de acordo com os coeficientes apresentados na tabela 4 e figura 5, a concentração da solução osmótica foi o fator que mais influenciou a incorporação de sacarose, ou seja, quanto maior a concentração maior o GS.

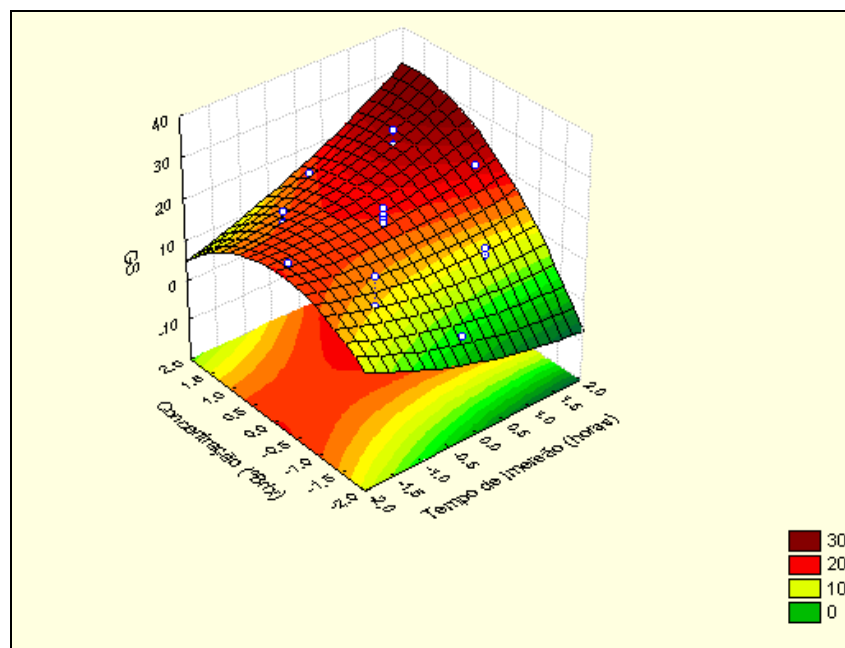


Figura 5. Superfície de resposta para o efeito da concentração da solução osmótica e tempo de imersão no ganho de sólidos (GS) do jambo desidratado.

Nesta tabela como também nas Figuras 5, 6 e 7, observa-se que PU, GS e PP foram influenciados positivamente e significativamente pela concentração de sacarose, ou seja, quanto maior esta variável independente maior as variáveis dependentes citadas acima.

A interação entre o tempo de imersão e a concentração tem um efeito positivo sobre o GS (Figura 5) e negativo sobre a PP, ou seja, um aumento no nível na interação destas variáveis aumenta o GS e diminui o PP (Tabela 4).

Vale salientar que ao analisar a Figura 5 observamos que o GS se eleva quando a concentração atinge o nível de -1 a 0,5, começando a abaixar acima de 0,5 e abaixo de -1, o que podemos comprovar pela Tabela 4 que o termo quadrático da concentração é negativo.

Talens *et al.* (2003) afirma que baixas concentrações de soluções implica numa menor força de impulso e subsequente longos tempos de tratamentos, que poderá induzir a um grande número de camadas celulares

danificadas pelo tratamento osmótico. Em células danificadas, as membranas podem ser desnaturadas e permitir a difusão dos solutos através de uma ampla zona na amostra, desta forma promovendo o ganho de sólidos.

De forma oposta, a diminuição do GS com o aumento da concentração osmótica foi observado por ITO *et al.* (2007) ao estudar o processo de desidratação osmótica de manga sobre pressão à vácuo e por Ferrari *et al.* (2005) em melão em soluções de sacarose e maltose. Estes pesquisadores explicam este comportamento, ao fato das soluções mais concentradas limitar a entrada de sólidos no produto pela formação de uma camada superficial e também o aumento da viscosidade da solução osmótica representa uma barreira para a transferência de massa da solução para a fruta. Além disso, a intensa saída de água da fruta para a solução pode dificultar a impregnação de sólidos.

Nas Figuras 6 e 7 podemos perceber que há um aumento da PU e PP respectivamente, em função do aumento da concentração e temperatura da solução osmótica, esse comportamento é esperado devido a estas variáveis encontram-se fortemente relacionadas.

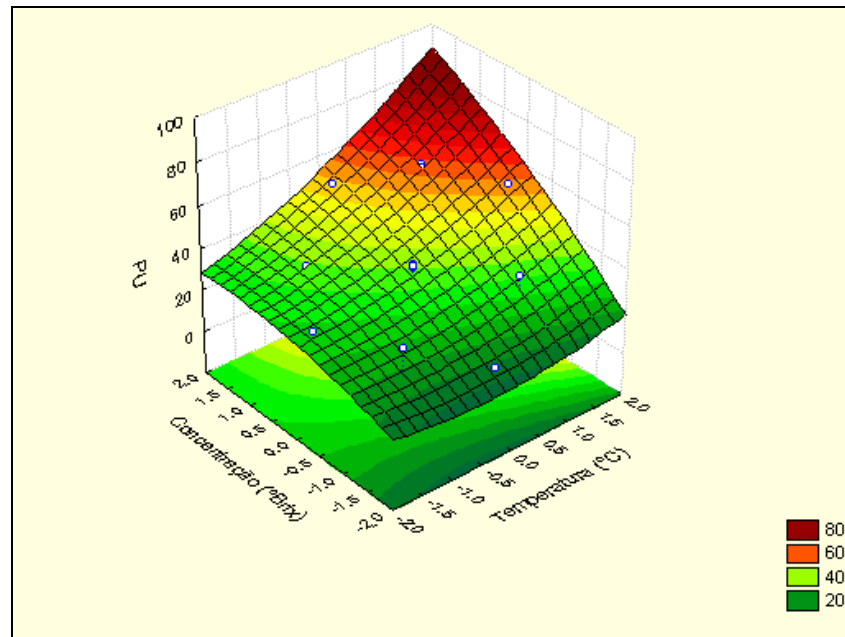


Figura 6. Superfície de resposta para o efeito da concentração e temperatura da solução osmótica na perda de umidade (PU) dos jambos desidratados.

Em contrapartida, Falade *et al.* (2007) observaram que elevados valores de concentração e temperatura da solução osmótica provocaram maior PU e GS através das fatias de melancia, como também em damasco (Khoyi e Hesari, 2007).

Da mesma forma, para Antonio *et al.* (2006) as concentrações de sacarose e sal, seguidas da temperatura foram as variáveis de maior significância para a PU e GS durante a desidratação de fatias de batata doce. No entanto, Forni *et al.* (1997) verificaram que na pressão atmosférica, a PU e o GS aumentaram em função do tempo de imersão na desidratação de damasco utilizando diversos agentes osmóticos.

A interação entre temperatura e tempo teve um efeito positivo, mas desprezível, quando comparado aos termos lineares, no entanto, as interações temperatura e concentração e tempo e concentração tiveram efeito significativo positivo e negativo sobre a PP, respectivamente (Tabela 4). Resultado oposto foi observado por Moreira *et al.* (2007) na qual a PP aumentou com a elevação

da concentração da solução osmótica, e em seguida com o aumento do tempo de imersão.

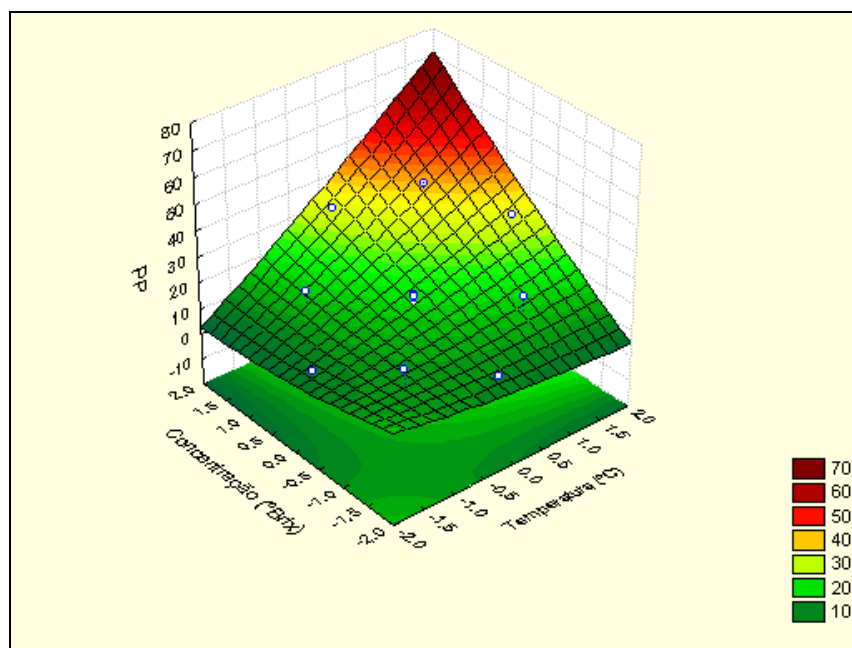


Figura 7. Superfície de resposta para o efeito da concentração e temperatura da solução osmótica na perda de peso (PP) dos jambos desidratados.

As interações temperatura e concentração tiveram contribuição significativa e positiva, contrário ao obtido pela interação entre o tempo e concentração sobre a PP. (Tabela 4 e Figura 7), ou seja, quanto maior forem estas variáveis, maior a PP pelo fruto. Este resultado foi verificado por Alakali, Ariathu e Nkpa (2006) e Andrade *et al.* (2002) ao desidratarem mangas e jenipapos respectivamente.

Na Figura 7, observa-se que a PP é acima de 30% quando a temperatura e a concentração aumentam entre os níveis 1.0 a +1.682.

O efeito significativo e positivo da concentração da solução osmótica sobre a PP e GS, foi verificado em cebolas, morangos e castanhas por Baroni e Hubinger (1999); Viberg *et al.* (1998); Chenlo *et al.* (2006), respectivamente.

O mesmo efeito foi constatado na PP e PU em cantaloupe, mamão, batatas e bananas por Corzo e Gómez (2004); El-Aouar *et al.* (2006); Antonio *et al.* (2008) e Jalali, Narain e Silva (2008) respectivamente.

Khin, Zhou e Perera (2007) e Falade *et al.* (2007) afirmam que aumentando a concentração da solução osmótica cresce a força de impulso entre a solução e a fruta, portanto um aumento na taxa de transferência de massa.

Azoubel e Murr (2004) ao desidratarem tomate cereja, constataram que a taxa de PU está diretamente relacionada com a concentração da solução osmótica, ou seja, maiores concentrações geram rapidez na PU como também maior GS. Resultados semelhantes foram alcançados por Neto *et al.* (2005) e Andrade *et al.* (2007) ao desidratarem manga e jenipapo respectivamente.

Tsamo *et al.* (2005) e Saurel *et al.* (1994) afirmam que os solutos de alto peso molecular, como a sacarose, favorece a PU, comparados aos de baixo peso molecular.

O processo de desidratação osmótica com solução de sacarose é controlado pelo acúmulo de moléculas de açúcar na superfície do citoplasma, criando encrustação, formando assim uma barreira para a PU e GS (Azoubel e Murr, 2004). Segundo Shigematsu *et al.* (2005), elevadas concentrações de solução osmótica (acima de 60%) podem causar injúrias nas primeiras camadas da célula do tecido vegetal.

Almeida *et al.* (2005) também verificou que a PP no processo de desidratação da manga Tommy Atkins aumentou com o aumento da concentração e que os maiores valores da PP foram obtidos utilizando-se

concentrações acima de 58% e temperaturas entre 48 e 50°C, independente do tempo de processo.

Em menor intensidade (Tabela 4), a temperatura teve um efeito positivo sobre a PU e PP, ou seja, um aumento no nível desta variável aumenta a PU e PP, visto que a energia cinética das moléculas é elevada (ALAKALI; ARIAHU; NKPA (2006). Semelhantes aos resultados obtidos em maçãs e bananas por Moreira e Sereno (2003) e Jalali, Narain e Silva (2008) respectivamente, esclarecendo que este aumento de temperatura tem limite, para evitar a perda de aroma e o escurecimento.

Similar comportamento foi observado por Dionello *et al.* (2007), constatando que o aumento da temperatura da solução de sacarose de 40 para 50°C, favoreceu a PU, PP e GS das amostras, utilizando as mesmas concentrações com agitação e sem.

Chenlo *et al.* (2007) verificaram que o efeito da temperatura de operação influencia os parâmetros de desidratação osmótica, estes pesquisadores concluíram que o aumento no valor desta variável de 25 para 45°C tornou a desidratação mais intensa, atingindo menores valores de conteúdo de umidade em castanha. No entanto este comportamento foi observado para todas as concentrações, embora a intensidade do efeito fosse maior com as soluções mais concentradas. De maneira similar para Tonon *et al.* (2006), a temperatura foi a variável que mais influenciou sobre a PU ao final do processo de desidratação de tomate em soluções ternárias, resultando em um aumento desta resposta.

De forma oposta, os resultados de El-Aouar *et al.* (2006) observaram que o efeito da temperatura da solução osmótica praticamente não influenciou

na PP durante a desidratação de mamão em soluções de xarope de milho e sacarose.

Em contrapartida, Tonon (2006), El-Aouar *et al.* (2006) e Ferrari *et al.* (2005) observaram que a temperatura foi o fator que mais influenciou no GS, na desidratação de tomate em soluções ternárias, mamão e melão, respectivamente.

O aumento da temperatura altera e eleva a permeabilidade da membrana celular e diminui a viscosidade da solução osmótica, permitindo maior ingresso de sacarose para fruta.

Na Tabela 4, podemos verificar que o DEI é um índice adequado para avaliar o processo de desidratação osmótica (Moreira *et al.*, 2007; Khin, Zhou e Perera, 2007), teve maior influência e negativa da concentração da solução, em seguida da temperatura com sinal positivo, ou seja, quanto maior for a concentração e menor a temperatura menor será o DEI.

No entanto, comparando as respostas do DEI com os demais (PU, GS e PP) observamos que os coeficientes de regressão foram insignificantes, desta forma a PU, por ter obtido os coeficientes lineares maiores, pode ser considerada também como um importante parâmetro para avaliar a desidratação osmótica.

Na Tabela 5, eliminando-se os fatores não significativos, verificou-se a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ($p < 0,05$), pelo teste F, na análise de variância (ANOVA).

Os coeficientes obtidos nos modelos que não tiveram um bom ajuste indicam apenas uma tendência de comportamento dessa resposta em relação às variáveis estudadas, não sendo adequados para ajustar um modelo e gerar superfícies de respostas.

Tabela 5. Análise de variância para PU, GS, PP e DEI na desidratação osmótica de jambo.

Fontes de variação	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado*}
PU					
Regressão	2829,74	9	314,42	1849,50	3,18
Resíduo	1,53	9	0,17		
Falta de ajuste	0,51	5	0,10	0,39	6,26
Erro puro	1,01	4	0,26		
Total	2831,28	18			R ² = 0,999
GS					
Regressão	492,38	9	54,71	106,23	3,18
Resíduo	4,63	9	0,52		
Falta de ajuste	2,74	5	0,55	1,16	6,26
Erro puro	1,89	4	0,47		
Total	497,02	18			R ² = 0,991
PP					
Regressão	1881,60	9	579,13	64,38	3,18
Resíduo	3,25	9	0,36		
Falta de ajuste	2,51	5	0,50	2,69	6,26
Erro puro	0,74	4	0,19		
Total	1884,85	18			R ² = 0,998
DEI					
Regressão	25,07	8	3,13	2,65 (NS)	3,07
Resíduo	11,83	10	1,18		
Falta de ajuste	11,81	6	1,97	437,33	3,58
Erro puro	0,02	4	0,0045		
Total	36,89	18			R ² = 0,699

SQ = soma quadrática; GL = grau de liberdade; MQ = Média quadrática; F_{calculado} = distribuição dos valores de F calculado (p<0,05); *Valores tabelados de F a p<0,05; NS: Não significativos (p>0,05).

5.3 - Análise sensorial

Tomando como parâmetro o DEI os ensaios 6 e 14 foram selecionados por apresentarem maiores valores. Os dois ensaios apresentaram boa PU e PP e um relativo GS.

A Tabela 6 apresenta os dados obtidos no teste de aceitação sensorial para os ensaios 6 e 14.

Observa-se que não há diferença significativa ($p>0,05$) no teste de aceitação para os dois produtos, no entanto, a nota para a qualidade global do ensaio 14 (45°C / 3h / 84°Brix) foi relativamente superior ao ensaio 6 (60°C / 2h / 70°Brix).

Tabela 6. Médias das notas dos atributos sensoriais.

Amostra	Aroma	Cor	Sabor	Textura	Qualidade Global
Ensaio 6	4,53±0,89 ^a	4,03±1,42 ^a	5,00±0,95 ^a	4,67±1,21 ^a	4,97±1,03 ^a
Ensaio 14	4,83±1,05 ^a	4,70±1,21 ^a	5,40±1,07 ^a	4,93±0,94 ^a	5,47±1,07 ^a

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem significativamente a nível de 5% de significância pelo teste “t” de student.

Nas figuras 8 , 9, 10 e 11 verificamos que no ensaio 14, o aroma , cor, sabor e textura foram mais apreciados pelos avaliadores, no entanto os dois primeiros atributos tiveram maior diferença em relação ao ensaio 6.

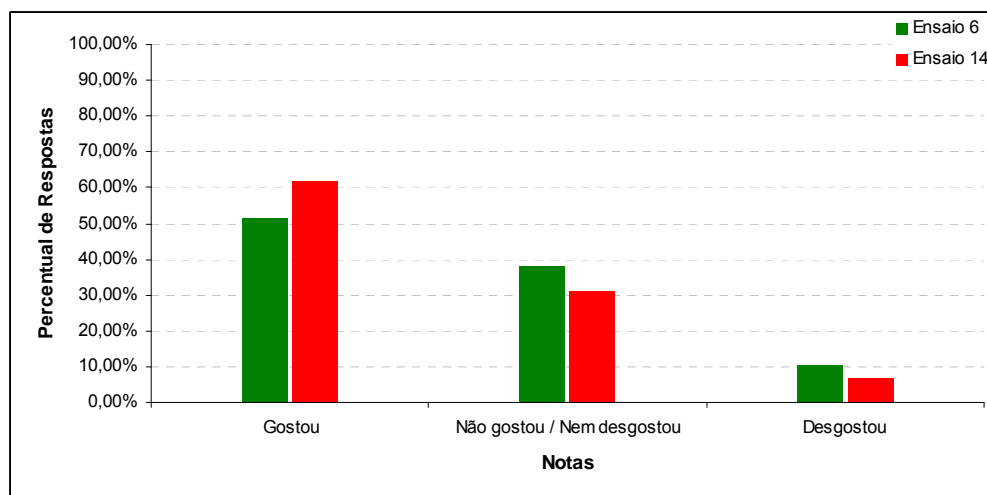


Figura 8. Percentual das respostas para a aroma.

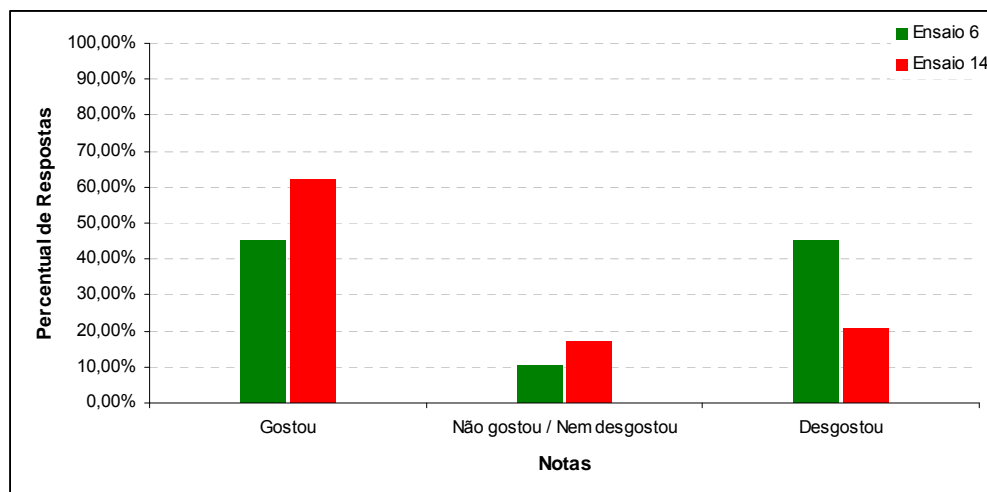


Figura 9. Percentual das respostas para a cor.

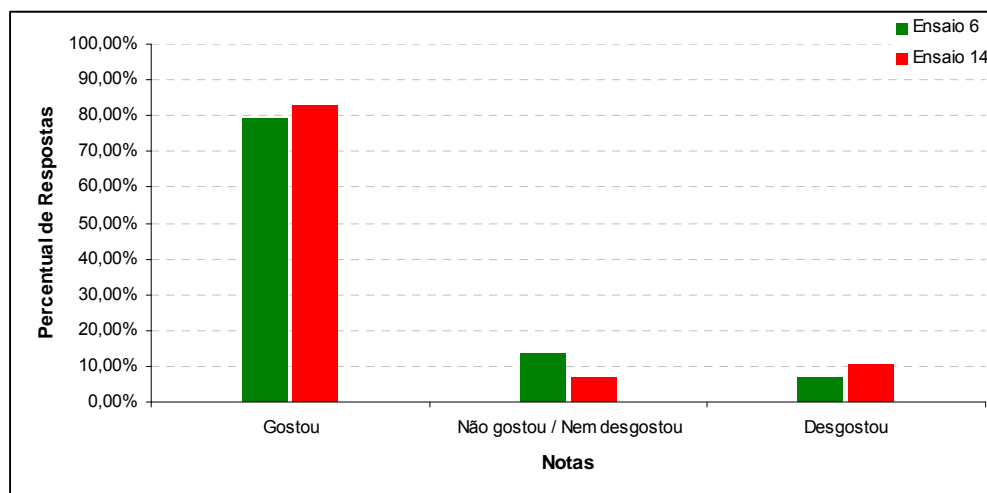


Figura 10. Percentual das respostas para o sabor.

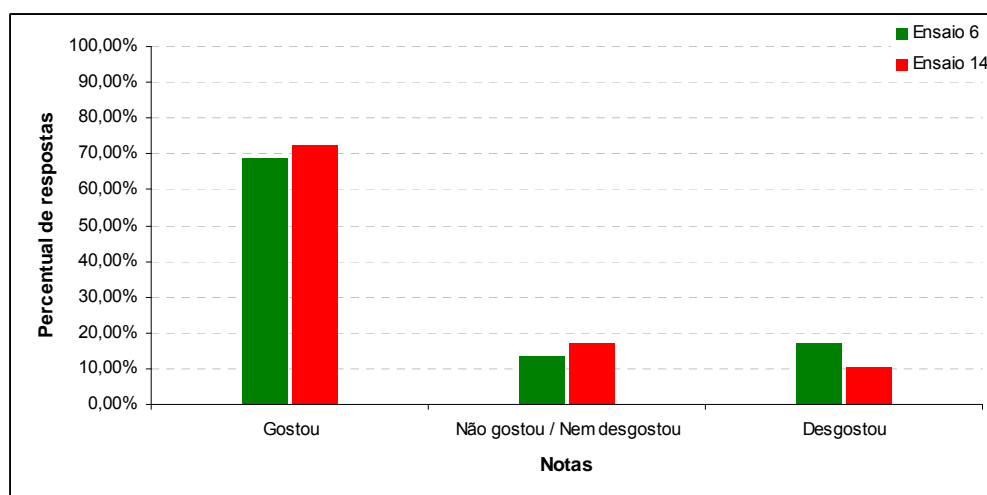


Figura 11. Percentual das respostas para a textura.

Na Figura 12, observa-se que no atributo qualidade global, os consumidores preferiram o ensaio 14, embora não tenha apresentado diferença significativa com o ensaio 6 ($p>0,05$), desta forma este ensaio foi escolhido para o estudo de estabilidade microbiológica e a análise da composição centesimal.

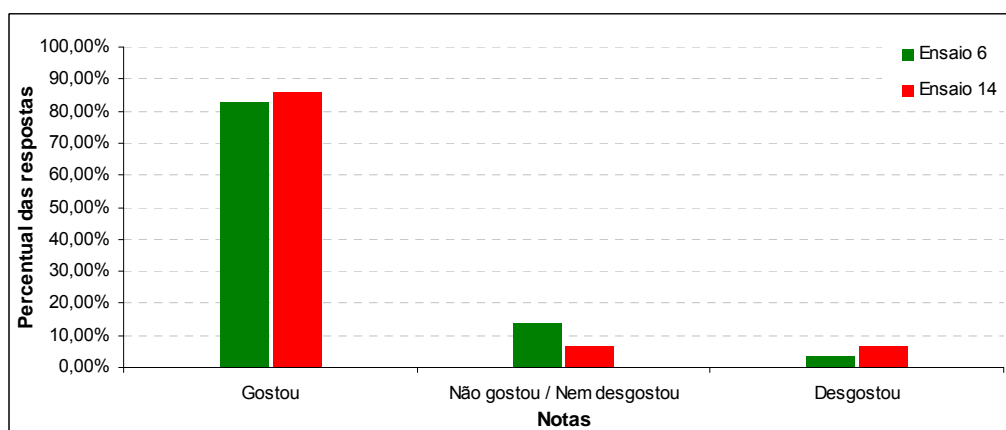


Figura 12. Percentual das respostas para a qualidade global

Pela Figura 13 e 14, o sabor e a textura foram os atributos que receberam as maiores notas para ambos os produtos.

Percentualmente para o atributo sabor, aproximadamente 48% dos julgadores deram a nota 5 para o ensaio 6 e 52% nota 6 para o ensaio 14. Para a textura, 59% e 45% dos julgadores deram nota 5 para os ensaios 6 e 14, respectivamente (Figura 13 e 14). Desta forma estes atributos foram os que mais influenciaram na aceitação positiva do produto.

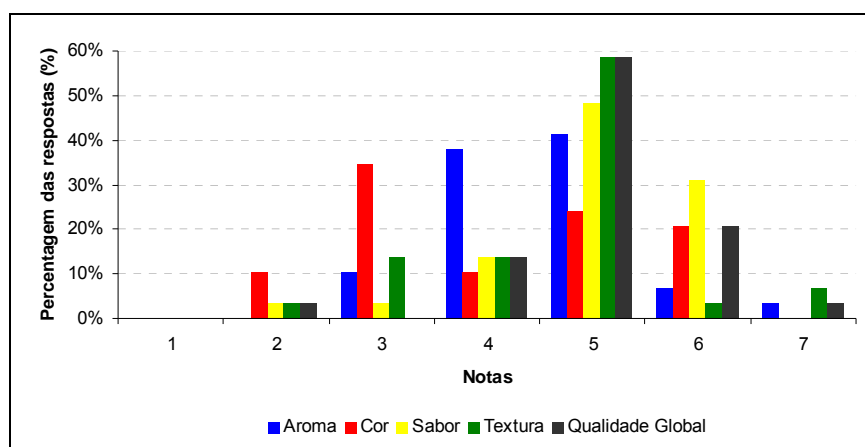


Figura 13. Frequência de distribuição das respostas sensoriais de aceitação para o ensaio 6.

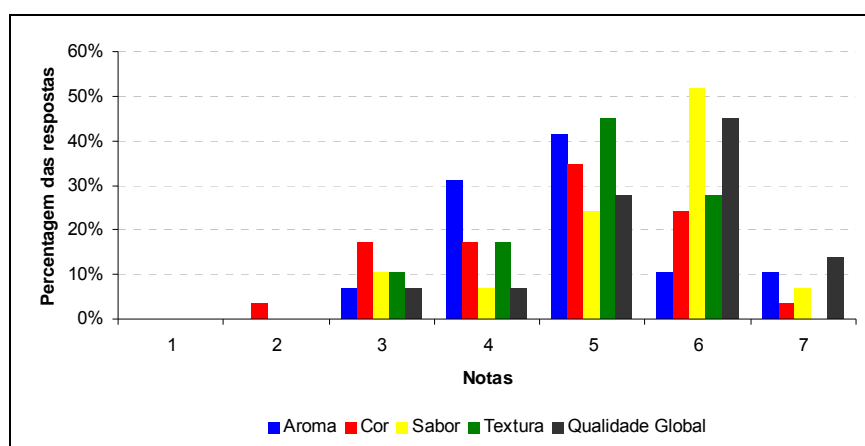


Figura 14. Frequência de distribuição das respostas sensoriais de aceitação para o ensaio 14.

Estes resultados estão de acordo com Elias *et al.* (2008) , afirmando que embora a aparência seja um fator de escolha no momento em que o produto é apresentado ao provador, o sabor e a textura tornam-se atributos de maior importância e influência quando o alimento é degustado.

Este resultado também foi encontrado por Azevedo & Jardine (2000) ao fazer a análise sensorial de abacaxis desidratados osmoticamente na qual as maiores notas e percentagens foram para sabor e textura.

Reis *et al.* (2007) afirmam que a procura e a aceitação de um determinado produto é baseada em sua qualidade. No caso de frutas e hortaliças, evidencia-se que os dois mais importantes atributos de qualidade são a cor e a textura, principalmente o primeiro, pois o consumidor geralmente julga, inicialmente, a qualidade de um produto pela aparência. Nesta pesquisa, a cor foi o atributo que recebeu as menores notas e estas com maior desvio padrão, ou seja, maior variabilidade.

5.4 - Avaliação da estabilidade microbiológica

Os resultados da análise microbiológica do ensaio 14 esta apresentado na Tabela 7.

Foi comprovada que o jambo desidratado osmoticamente estava de acordo com a legislação brasileira (ANVISA, 2001). A ausência de *Salmonella* e Coliformes a 45°C confirmam que os procedimentos sanitários e higiênicos foram corretamente seguidos desde a lavagem das frutas *in natura* até o armazenamento do jambo desidratado. Se houvesse a confirmação de tais

bactérias, a matéria prima deveria ser descartada para impedir qualquer tipo de contaminação.

Tabela 7. Caracterização microbiológica do jambo *in natura* e desidratado para 30, 60 e 90 dias.

Análises	Jambo in natura	Jambo desidratado	Legislação
Coliforme a 45°C	< 0,3 NMP	< 0,3 NMP	Max 10 ² /g
Salmonella	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g

NMP: número mais provável

Segundo Ribeiro *et al.* (2008), além da gravidade da constatação do alimento estar contaminado por microrganismos de origem fecal, a presença de *E. coli* pode ter um significado particularmente importante, uma vez que se constituem em linhagens enteropatogênicas, causadoras de vários surtos e gastroenterites, provocados pela ingestão de água e/ou alimentos contaminados.

A *Salmonella* constitui um alto risco à saúde do consumidor por ser um contaminante de alimentos manipulados sem cuidado higiênico-sanitários, além do armazenamento e transporte serem feitos de maneira inadequada.

Segundo Lima *et al.* (2004) estes resultados obtidos após o armazenamento podem ser atribuídos às características do produto, que possuem baixos níveis de umidade (atividade de água) aliados à presença de aditivos [metabissulfito de sódio (1%) e ácido cítrico (pH 4,0 a 5,0)], que os tornam desfavoráveis ao crescimento microbiano, principalmente mofo e leveduras, que são considerados os microrganismos responsáveis pela deterioração de alimentos de umidade intermediária.

5.5 - Avaliação da composição centesimal

Os resultados da análise físico-química estão apresentados na Figura 15.

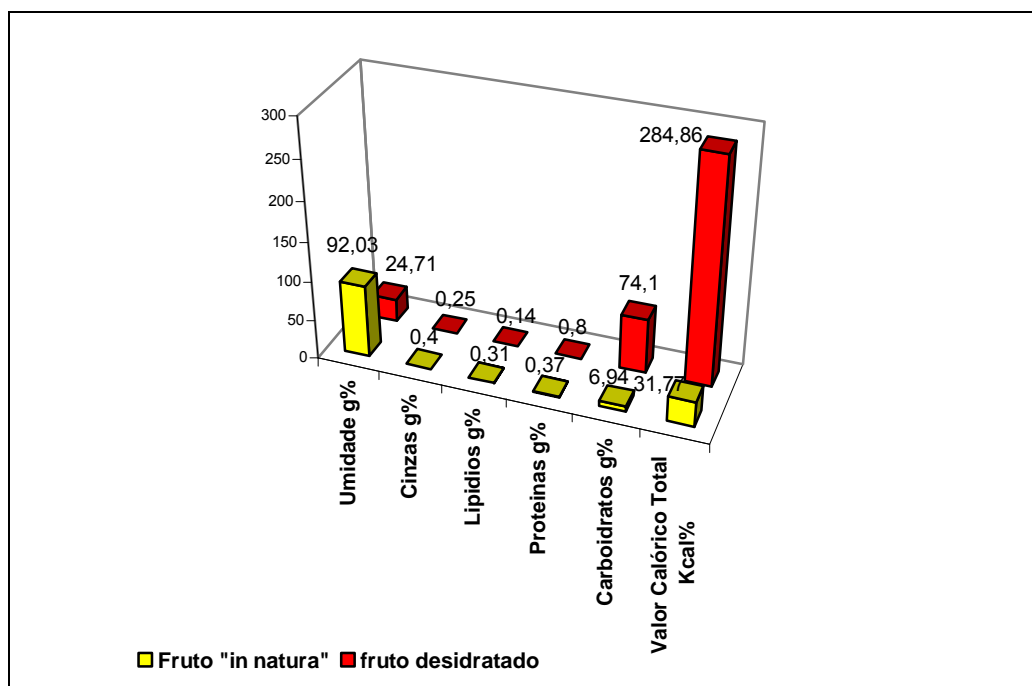


Figura 15. Efeitos da desidratação osmótica sobre a composição físico-química.

Os resultados da caracterização físico-química do jambo *in natura* e desidratado (Figura 15), permitem verificar que este como a maioria dos frutos apresentam alto conteúdo de umidade e baixo percentual de proteínas e lipídeos, resultados estes semelhantes aos achados por Falcão (2002) e Morton (1987).

Observa-se que a umidade do jambo desidratado é aproximadamente três vezes menor que a do *in natura*, o carboidrato e o valor calórico total é

aproximadamente dez e nove vezes maior, respectivamente no jambo desidratado.

O processo de desidratação osmótica seguida de secagem obteve um produto dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (ANVISA, 1978).

6 - CONCLUSÕES

Nas condições que esta pesquisa foi desenvolvida, os resultados obtidos permitem concluir que:

A concentração da solução osmótica, tempo de imersão e temperatura tiveram influência significativa sobre todas as variáveis dependentes, salientando que a concentração da solução osmótica e temperatura tiveram influencia maior sobre a PU e PP.

Os ensaios selecionados foram 6 e 14 devido a maior perda de umidade e menor ganho de sólidos.

O ensaio 14 apresentou maiores notas no atributo Qualidade Global;

Durante todo o período de armazenamento o ensaio 14 atendeu à legislação brasileira em vigor, confirmando as boas práticas de fabricação e as adequadas condições higiênico-sanitárias em todas as etapas de processamento.

O processo de desidratação, nas condições do ensaio 14 (45°C, 3h e 84°Brix) constitui uma boa alternativa para conservar o jambo e diversificar a sua oferta.

7 - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O. A. C. Association of Official Analytical Chemists: **Official Methods of Analysis** 16. ed. Washington, 1998.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n.12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 1-54, jan. 2001.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução CNNPA n.12, de 1978. Aprova: Normas Técnicas Especiais, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. . **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 1-75, 24 de julho de 1978.
- AIKALI, J. S., ARIAHU, C. C., NKPA, N. N. Kinetics of osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 30, p. 597-607, 2006.
- ALMEIDA, F. C. A., RIBEIRO, C. F. A., TOBINAGA, S., GOMES, J. P. Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins. Ver. Brás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 576-584, dez. 2005.
- ALVES, D. G., BARBOSA, J. L., ANTONIO, G. C., MURR, F. E. X. osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 68, p. 99-103, 2005.

- ANDRADE, S. A. C., METRI, J. C., NETO, B. B., GUERRA, N.B. Desidratação osmótica do Jenipapo (*Genipa amarerica* L.). **Ciência. Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 276-281, ago. 2003.
- ANDRADE, S. A. C., NETO, B. B., NÓBREGA, A. C., AZOUBEL, P. M., GUERRA, N. B. Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 551-555, jan.- mar. 2007.
- ANTONIO, G. C. ALVES, D. G., AZOUBEL, P. M. MURR, F. E. X., PARK, K. J. Influence of osmotic dehydration and high temperature short time processes on dried sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). **Journal of Food Engineering**, v 84, p. 375-382, 2007.
- ANTONIO, G. C., AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X., PARK, K. J. Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 696-701, jul.-set. 2008.
- ANTONIO, G. C., KUROZAWA, L. E., XIDIEH MURR, F. E., PARK, K. J. Otimização da desidratação osmótica de batata doce (*Ipomoea batatas*) utilizando metodologia de superfície de resposta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 2, p. 135-141, abr.-jun. 2006.
- ASCAR, J. M. **Alimentos: Aspectos bromatológicos e legais**. Análise percentual. São Leopoldo RS, Unisinos editora, v.01, 1985, p. 327.
- ATARÉS, L., CHIRALT, A., CORRADINI, M. G., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Effect of the solute on the development of compositional profiles in osmotic dehydrated apples slices. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 412-417, 2009.

- AZEVEDO, H. M. C., JARDINE, J. G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 78-82, abr. 2000.
- AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 291-295, 2004.
- AZUARA, E., BERISTAIN, C. I., GUTIÉRREZ, G. F. A method for continuous kinetic evaluation of osmotic dehydration. **Food Science and Technology**, v. 31, p. 317-321, 1998.
- AZUARA, E., CORTÉS, R., GARCIA, H. S., BERISTAIN, C. I. Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 27, p. 409-418, 1992.
- BARONI, A. F., HUBINGER, M. D. Kinetics of the dehydration of onion by immersion. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, p. 81-86, 1999.
- BERISTAIN, C. I., AZUARA, E., CORTÉS, R., GARCIA, H. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 25, p. 576-582, 1990.
- BORIN, I., FRASCARELI, E. C., MAURO, M. A., KIMURA, M. Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 39-50, jan – mar. 2008.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2005. **Métodos Físicos – Químicos para Análise de alimentos** / Ministério

da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Instituto Adolfo Lutz
– Brasília: Ministério da Saúde, 1018p.

CARDOSO, R. L., ONIGENO, A. E., COSTA, J. A., SANTIAGO, S. M.
Influência de diferentes temperaturas de estocagem no teor de acidez
total, sólidos solúveis totais e pH do jambo (*Eugenia malaccensis*, L.).
Magistra, v. 12, n. 1 / 2, jan./dez. 2000.

CARDOSO, R. L., SRUR, A. U. O. Características sensoriais do jambo
(*Eugenia malaccensis*, Lin.) enlatado. **Magistra**, n. 9, p. 7-15, 1996.

CASTELLÓ, M. L., IGUAL, M., FITO, P. J., CHIRALT, A. Influence of osmotic
dehydration on texture, respiration and microbial stability of Apple slices
(Var. Granny Smith). **Journal of Food Engineering**, v. 91, p. 1-9, 2009.

CHAVARRO-CASTRILLÓN, L. M., OCHOA-MARTÍNEZ, C. I., AYALA-
APONTE, A. Efecto de la madurez, geometria y presión sobre la cinética
de transferência de masa em la deshidratación osmótica de papaya
(*Carica papaya* L., var. Maradol). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**,
v. 26, n. 3, p. 596-603, set. 2006.

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

CHENLO, F., MOREIRA, R., FERNÁNDEZ-HERRERO, C., VÁZQUEZ, G.
Osmotic dehydration of chestnut with sucrose: Mass transfer processes
and global kinetics modeling. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p.
765-774, 2007.

CHENLO, F., MOREIRA, R., PEREIRA, G., AMPUDIA, A. Viscosities of
aqueous solutions of sucrose and sodium chloride of interest in osmotic

- dehydration processes. **Journal of Food Engineering**. v. 54. p. 347-352. 2002.
- CHIRSLT, A., TALENS, P. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 167-177, 2005.
- CORZO, O., GOMEZ, E. R. Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 64, p. 213-219, 2004.
- COSTA, R. S., OLIVEIRA, I. V. M., MÔRO, F. V., MARTINS, A. B. G. Aspectos morfológicos e influência do tamanho da semente na germinação do jambo-vermelho. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 117-120, Abr. 2006.
- DE MICHELIS, A., PIRONE, B. N., VULLIOUD, M. B., OCHOA, M. R., KESSELER, A. G., MÁRQUEZ, C. A. Cambios de volumen, area superficial y factor de forma de Heywood durante la deshidratación de cerezas (*Prunus avium*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 317-321, abr.-jun. 2008.
- DERMESONLOUOGLOU, E. K. TAOUKIS, P. S. Osmodehydrofreezing of sensitive fruit and vegetables: Effect on quality characteristic and shelf life. **13th World Congress of Food Science & Technology**. 2006.
- DEROSSI, A., PILLI, T. D., SEVERINI, C., MCCARTHY, M. J. Mass Transfer during osmotic dehydration of apples. **Journal of Food Engineering**, v. 86, p. 519-528, 2008.
- DIONELLO, R. G., BERBERT, P. A., MOLINA, M. A. B., VIANA, A., CARLESSO, V. O., QUEIROZ, V. A. Desidratação por imersão - impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de

- açúcar invertido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 701-709, out.-dez. 2007.
- DJELVEH, G., GROS, J-B., EMAM-DJOMEH, Z. Osmotic dehydration of foods in a multicomponent solution Parte II. Water loss and solute uptake in agar gels and meat. **Food Science and Technology**, v. 34, p. 319-323, 2001.
- ELIAS, N. F., BERBET, P. A., MOLINA, M. A. B., VIANA, A. P., DIONELLO, R. G., QUEIROZ, V. A. V. Avaliação nutricional e sensorial de caqui cv Fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 322-328, abr.-jun. 2008.
- EL-AOUAR, A. A., AZOUBEL, P. M., BARBOSA JR, J. L., MURR, F. E. X.. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (Carica papaya L.). **Journal of Food Engineering**. v. 75, n 2, p. 267-274, 2006.)
- EMAM-DJOMEH, Z., DJELVEH, G., GROS, J-B. Osmotic dehydration of foods in a multicomponent solution Parte I. Lowering of solute uptake in agar gel: diffusion considerations. **Food Science and Technology**, v. 34, p. 312-318, 2001.
- EREN, I., KAYMAK-ERTEKIN, F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 344-352, 2007.
- ESCOBAR, M. P., GALINDO, F. G., WADSÖ, L., NÁJERA, J. R., SJÖHOLM, I. Effect of long-term storage and blanching pre - treatments on the osmotic dehydration kinetics of carrots (*Daucus carota* L. cv. Nerac). **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 313-317, 2007.

- FALADE, K. O., IGBEKA, J. C., AYANWUYI, F. A. Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 979-985, 2007.
- FALCÃO, M. A., PARALUPP, N. D., CLEMENT, C. R. Fenologia e produtividade do jambo (*Sygygium malaccensis*) na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 32, N. 1, p. 3-8, 2002.
- 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**, v. 77, p. 188-193, 2006.
- 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, p. 492-498, 2006.
- FERRANDO, M. SPIES, W. E. L. Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose, and trehalose solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 115-127, 2001.
- FERRARI, C. C., RODRIGUES, L. K., TONON, R. V., HUBINGER, M. D. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 564-570, set. 2005.
- FITO, P., BARAT, J. M., CHIRALT, A. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 77-85, 2001.
- FORNI, E., SORMANI, A., SCALISE, S., TORREGGIANI, D. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. **Food Research International**, v. 30, n. 2, p. 87-94, 1997.

- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 1ª Ed. Atheneu: São Paulo, 2003.
- GIRALDO, G., TALENS, P., FITO, P., CHIRALT, A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Engineering**, v. 58, p. 33-43, 2003.
- GODOY, O., CARVALHO, I. T., RIBEIRO, W., KRUTMAN, A. Produtos do jambo do Pará. **B. CEPPA**, v. 7, n. 2, p. 165-171, jul./dez., 1989.
- GOULARTE, V. D. S., ANTUNES, E. C., ANTUNES, P. I. Qualidade da maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 160-163, maio / ago. 2000.
- ISPIR, A., TOGRUL, I. T. Osmotic dehydration of apricot: Kinetic and the effect of process parameters. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 87, p. 166-180, 2009.
- ITO, A. P., CAVENACHI, M., BERTOLDO, C., PARK, K. J., HUBINGER, M. D. Efeito do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo na transferência de massa e nas propriedades reológicas e de cor de fatias de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27 (supl.), p. 54-63, ago. 2007.
- JALILA, V. R. R., NARAIN, N., SILVA, G. F. Effect of osmotic rehydration on drying characteristics of bananas fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 269-273, abr.-jun. 2008.
- KHIN, M. M., ZHOU, W., PERERA, C. O. Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 817-827, 2007.

- KHOYI, M. R., HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 1355-1360, 2007.
- LARANJEIRA, H. C. A. Otimização do processo de Desidratação Osmótica de Abacaxi (*Ananás comosus* (L.) Merrill) para aplicação à Tecnologia de Métodos Combinados. Campinas, 1997. 100p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas.
- LAZARIDES, H. D. GEKAS, V., & MAVROUDIS, N. Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissue undergoing osmotic processing. **Journal of Food Engineering**, v. 31, p. 315-324, 1997.
- LENART, A., KOWALSKA, H. Mass Exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 137-140, 2001.
- LEWICKI, P. P., PORZECKA-PAWLAK, R. effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 43-50, 2005.
- LIMA, A. S., FIGUEIREDO, R. W., MAIA, G. A., LIMA, J. R., SOUZA, P. H. M. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, abr. 2004.
- MARTIN, N. S. P. P., WASZCZYNSKYJ, N., MASSON, M. L. Efeito das variáveis na desidratação osmótica de manga cv. Tommy Atkins. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n. 6, p. 1755-1759, Nov. / dez. 2007.
- MARTINS, M. C. P., CUNHA, T. L., SILVA, M. R. Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passa de caju-do-cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 158-165, dez. 2008.

- MAVROUDIS, N., GEKAS, V., SJÖHOLM, I. Osmotic dehydration of apples – Effects of agitation and raw material characteristic. **Journal of Food Engineering**, v. 35, p. 191-209, 1998.
- MAYOR, L., CUNHA, R. L., SERENO, A. M. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. **Food Research International**, v. 40, p. 448-460, 2007.
- MOREIRA, R., CHENLO, F., TORRES, M. D., VÁZQUEZ, G. Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 1507-1514, 2007.
- MOREIRA, R., SERENO, A. M. Evaluation of mass transfer coefficients and volumetric shrinkage during osmotic dehydration of apple using sucrose solutions in static and non-static conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 57, p. 25-31, 2003.
- MORTON, J. **Fruits of warm climates**. Maplay Apple. Julia F. Morton, Miami, FL. p. 378- 381.1987.
- NETO, M. A. S., MAIA, G. A., LIMA, J. R., FIGUEIREDO, R. W., FILHO, M. S. M. S., LIMA, A. S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis do processo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, out. 2005.
- NIETO, A. B., SALVATORI, D. M., CASTRO, M. A., ALZAMORA, S. M. Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 269-278, 2004.
- NUNAK, N., SCHLEINING, G. A rapid blade-cutting method for the evaluation of osmotic dehydration of apples and potatoes. **Journal of Texture Studies**, v. 37, p. 80-93, 2006.

- ONIGENO, A. E., CARDOSO, R. L., COSTA, J. A.. Influência de diferentes temperaturas de estocagem no teor de vitamina C e peso do jambo. **Magistra**, n. 11, p. 59-66, 1999.
- PANADÉS, G., FITO, P., AGUIAR, Y., VILLAVICENCIO, M. N., A., COSTA, V. Osmotic dehydration of guava: Influence of operating parameters on process kinetics. **Journal of Food Engineering**, v. 72, p. 383-389, 2006.
- PEIRÓ, R., DIAS, V. M. C., CAMACHO, M. M., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. micro nutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 74, p. 299-307, 2006.
- PEIRÓ-MENA, R., CAMACHO, M. M., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Compositional and physicochemical changes associated to sucessive osmodehydration cycles of pineapple (*Ananas comosus*). **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 842-849, 2007.
- POINTING, J. D., WATERS, G. G., FORREY, R. R., JACKSON, R., STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, v. 20, p. 125-128, oct. 1966.
- RAHMAN, M. S., BUCKLE, K. S., PERERA, C. O. Osmotic dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 452-459, 1996.
- RASTOGI, N. K., RAGHAVARAO, K. S. M. S. Effect of temperature and concentration on osmotic dehydration of coconut. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 564-567, 1994.
- RASTOGI, N. K., RAGHAVARAO, K. S. M. S. Water and Solute Diffusion Coefficients of Carrot as a Function of Temperature and Concentration during Osmotic Dehydration. G. **Journal of Food Engineering**, v. 34, p. 429-440, 1997.

- REIS, K. C., AZEVEDO, L. F., SIQUEIRA, H. H., FERRUA, F. Q. Avaliação físico-química de goiabas desidratadas osmoticamente em diferentes soluções. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 781-785, maio / jun. 2007.
- RIBEIRO, S. C. A., PARK, K. J., HUBINGER, M. D., RIBEIRO, C. F. A., ARAUJO, E. A. F., TOBINAGA, S. Otimização da desidratação osmótica de filés de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) através da metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 485-492, 2008.
- RIZZOLO, A., GERLI, F.M PRINZIVALLI, C., BURATTI, S., TORREGGIANI, D. Headspace volatile compounds during osmotic dehydration of strawberries (cv Camarosa): Influence of osmotic solution composition and processing time. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 529-535, 2007.
- SABLANI, S. S., RAHMAN, M. S. Effect of concentration, temperature and sample geometry on equilibrium coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**, v. 36, p. 65-71, 2003.
- SAMPAIO, R. S. Propagação vegetativa em *Mirlaceae* enxertia de cabedulinha (*Eugenia tomentosa*), jambo (*E. jambos*). Jambolão (*E. jambolana*) e pitanga (*E. uniflora*) em jambolão. **Revista de Agricultura**. Piracicaba, SP, p. 129-130, 1970.
- SAUREL, R. *et al.* Mass transfer phenomena osmotic dehydration of apple. I. Fresh plant tissue. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 29, p. 531-542. , 1994.
- SCALZO, R. L., PAPADIMITRU, C., BERTOLO, G., MAESTRELLI, A., TORREGGIANI, D. Influence of cultivar and osmotic Dehydration time on

- aroma profiles of muskmelon (*Cucumis melo*, cv *reticulatus* Naud.) spheres. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 261-264, 2001.
- SERENO, A. M., HUBINGER, M. D., COMESANÃ, J. F., CORREA, A. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 103-114, 2001.
- SHIGEMATSU, E., ELK, N. M., KIMURA, M., MAURO, M. Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 536-545, set. 2005.
- SILVEIRA, E. T. F., RAHMAN, M. S., BUCKLE, K, A. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. **Food Research International**, v. 29, n. 3-4, p. 227-233, 1996.
- SINGH, B., PANESAR, P. S., NANDA, V., GUPTA, A. K., KENNEDY, J. F. Application of response surface methodology for the osmotic dehydration of carrots. **Journal of Food Processing Engineering**, v. 29, p. 592-614, 2006.
- SOUSA, P. H. M., FILHO, M. S. M. S., MAIA, G. A., FIGUEIREDO, R. W., NETO, M. A. S., CARVALHO, J. M. Avaliação das curvas de secagem e da alteração de cor e textura da banana processada por desidratação osmótica seguida de secagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 179-185, 2003.
- SOUZA, P. H. M., MAIA, G. A., FILHO, M. S. M. S., FIGUEIREDO, R. W., NASSU, R. T. NETO, M. A. S. Influência da concentração e da proporção fruto:xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 126-130, dez. 2003.

- TALENS, P., ESCRIBE, I., MARTÍNEZ-NAVARRTE, N., CHIRALT, A. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. **Food Research International**, v. 36, p. 635-642, 2003.
- TAVARES, J. T. Q., SILVA, C. L., CARDOSO, R. L., SILVA, M. A., CARVALHO, L. A., SANTOS, C. M. G. Aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio em frutos de jambeiro vermelho (*Eugenia malaccensis* L.). **Magistra**, v. 14, n. 2, p. 61-65, jul. / dez. 2002.
- TONON, R. V., BARONI, A. F., HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 715-723, set. 2006.
- TOOREGGIANI, D. BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 247-253, 2001.
- TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, p. 59-68, 1993.
- TSAMAO, C. V. P., BILAME, A., NDJOUENKEU, R., NONO, Y. J. Study of material transfer during osmotic dehydration of onion slices (*Allium cepa*) and tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*). **Food Science and Technology**, v. 38, p. 495-500, 2005.
- VIBERG, U., FREULER, S., GEKAS, V., SJOHOLM, I. Osmotic pretreatment of strawberries and shrinkage effects. **Journal of Food Engineering**, v. 35, p. 135-145, 1998.

8 - ANEXO I

Nome: _____

Data: _____

Idade: _____

Sexo: _____

Por favor, avalie as amostras de jambos desidratados e indique o quanto você gostou ou desgostou de cada um dos atributos sensoriais dos produtos, dando notas de acordo com a escala abaixo.

Código da amostra	671	145
Aroma		
Cor		
Sabor		
Textura		
Qualidade Global		

- 7) Gostei muitíssimo
- 6) Gostei muito
- 5) Gostei
- 4) Não gostei / nem desgostei
- 3) Desgostei
- 2) Desgostei muito
- 1) Desgostei muitíssimo

Dedico a Deus, a meus pais e a todos que contribuíram para a concretização deste sonho

AGRADECIMENTOS

À Deus, Àquele que nos inunda de misericórdia, graça e dignidade.

À meus pais, José Soares e Maria Lucia, pelo apoio e dedicação e sobretudo pelo imenso amor com que vocês nos criam, a mim e as minhas irmãs, Lidyannne e Lauryanne.

Às minhas irmãs, meus tios, primos e amigos que torcem pelo meu sucesso.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela possibilidade de cursar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela ajuda financeira.

À minha orientadora Samara, pela orientação segura, interessada, participativa; pela confiança em mim depositada e por poder contar com sua amizade.

À professora e amiga Neide Shinoharanks, mentora do projeto, por toda ajuda e companheirismo em todos os momentos.

Ao Sr. Enok e demais funcionários que colaboraram direta ou indiretamente, com o sucesso deste trabalho.

Aos colegas de laboratório de análise físico-química de alimentos, pela troca de informações.

Ao amigo e companheiro Rodrigo Aciole pela ajuda constante.

A todos que, de alguma forma, participam dessa luta.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT	X
1 - INTRODUÇÃO	11
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 - Aspectos gerais do jambo-vermelho	13
2.2 - Desidratação osmótica	16
2.2.1 - Fundamentos do processo.....	16
2.2.2 - Variáveis do processo.....	20
2.2.2.1 - Propriedades do tecido vegetal	20
2.2.2.2 - Tipos de agente osmótico	22
2.2.2.3 - Concentração da solução osmótica.....	25
2.2.2.4 - Temperatura da solução osmótica	27
2.2.2.5 - Agitação	28
2.2.2.6 - Tempo de imersão.....	29
2.2.2.7 - Pressão	31
2.2.2.8 - Forma e geometria	32
2.2.2.9 - Proporção amostra/solução.....	32
3 - Objetivo Geral	34
3.1 - Objetivos Específicos.....	34
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 - Material.....	35
4.1.1 - Matéria Prima.....	35
4.1.2. Material para a solução osmótica.....	35
4.1.3. Equipamentos e outros	36
4.2 - Métodos.....	36
4.2.1 Desidratação osmótica.....	36
4.2.2. Planejamento Experimental	38
4.3 - Métodos analíticos.....	41
4.3.1 - Análise física – químicas.....	41

4.3.2 - Análises microbiológicos	43
4.3.3 - Métodos sensoriais	43
4.3.4 - Análise Estatísticos	44
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 – Aspectos gerais	45
5.2 - Análise através da metodologia de superfície de resposta.....	50
5.3 - Análise sensorial	60
5.4 - Avaliação da estabilidade microbiológica	64
5.5 - Avaliação da composição centesimal	66
6 - CONCLUSÕES	68
7 - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	69
8 - ANEXO I.....	V

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Jambo vermelho (<i>Syzygium malaccensis</i>)	15
Figura 3. Corte em fatias no sentido longitudinal da fruta com espessura média 0,7 – 1,0 cm.	38
Figura 4. Apresentação das amostras para a análise sensorial.	44
Figura 5. Superfície de resposta para o efeito da concentração da solução osmótica e tempo de imersão no ganho de sólidos (GS) do jambo desidratado.....	52
Figura 6. Superfície de resposta para o efeito da concentração e temperatura da solução osmótica na perda de umidade (PU) dos jambos desidratados.....	54
Figura 7. Superfície de resposta para o efeito da concentração e temperatura da solução osmótica na perda de peso (PP) dos jambos desidratados.	55
Figura 8. Percentual das respostas para a aroma.....	61
Figura 9. Percentual das respostas para a cor.....	61
Figura 10. Percentual das respostas para o sabor.....	61
Figura 11. Percentual das respostas para a textura.....	62
Figura 12. Percentual das respostas para a qualidade global.....	62
Figura 13. Frequência de distribuição das respostas sensoriais de aceitação para o ensaio 6.....	63
Figura 14. Frequência de distribuição das respostas sensoriais de aceitação para o ensaio 14.....	63
Figura 15. Efeitos da desidratação osmótica sobre a composição físico-química.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Níveis decodificados das variáveis.....	39
Tabela 2. Planejamento experimental da desidratação das fatias de jambo (níveis codificados).	40
Tabela 3. Respostas das variáveis dependentes de acordo com o planejamento fatorial do jambo desidratado osmoticamente.	49
Tabela 4. Coeficientes de regressão do modelo estatístico para PU, GS, PP; DEI.	51
Tabela 5. Análise de variância para PU, GS, PP e DEI na desidratação osmótica de jambo.	59
Tabela 6. Médias das notas dos atributos sensoriais.	60
Tabela 7. Caracterização microbiológica do jambo <i>in natura</i> e desidratado para 30, 60 e 90 dias.....	65

RESUMO

Para reduzir as perdas pós- colheita e diversificar o aproveitamento industrial, do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) foi utilizado o processo de desidratação osmótica através de um planejamento experimental fatorial 2^3 completo, tendo como variáveis independentes: temperatura (20° a 70°C), concentração da sacarose (16° Brix a 84° Brix) e tempo de imersão (1,3 a 4,7h), e dependentes: perda de umidade (PU) e de peso (PP), ganho de sólido (GS) e o índice de eficiência da desidratação (DEI). Os resultados demonstraram a influência significativa de todas as variáveis independentes sobre todas as dependentes, salientando que a concentração da solução osmótica e temperatura tiveram maior influencia sobre a PU e PP. Os ensaios selecionados foram 6 e 14. O ensaio 14 apresentou maiores notas no atributo qualidade global e conformidade com os padrões microbiológicos, constituindo assim uma boa alternativa para conservar o jambo e diversificar a sua oferta.

Palavra chave: desidratação osmótica; metodologia de superfície de resposta, jambo; análise sensorial.

ABSTRACT

To reduce post-harvest losses and diversify the industrial use of red-iamb (*Syzygium malaccensis*) was used the process of osmotic dehydration using a 2^3 factorial experimental design complete, having as independent variables: temperature (20 ° to 70 ° C), concentration of sucrose (16 ° Brix to 84 Brix) and immersion time (1.3 to 4.7 h), and dependent: loss of moisture (PU) and weight (PP), solid gain (SG) and the index of efficiency of dehydration (DEI). The results demonstrated the significant influence of all independent variables on all dependent, emphasizing that the concentration of osmotic solution temperature and had a greater influence on the PU and PP. The tests selected were 6 and 14. The test had 14 more notes attribute the overall quality and compliance with the microbiological standards, thus providing a good alternative to preserve the iamb and diversify its supply.

Keywords: osmotic dehydration; response surface methodology, iamb, sensory analysis.

1 - INTRODUÇÃO

O jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) é um fruto encontrado nos estados da região Norte, Nordeste e nas regiões quentes do Sudeste, sua colheita é realizada entre os meses de Janeiro a Maio. Sendo, portanto consumido apenas no período de safra e normalmente *in natura* ou em forma de compotas (COSTA *et al.*, 2006).

Segundo Dionello *et al.* (2007) os países com baixo índice de desenvolvimento, onde persistem grandes deficiências na infra-estrutura de mercado, as perdas pós-colheita de produtos perecíveis podem variar entre 25 a 50% da produção, consequência da elevada atividade de água que possuem.

A demanda por produtos naturais, à base de frutas, tem crescido rapidamente, não apenas como produtos acabados, mas também como ingredientes a ser adicionado em alimentos mais elaborados como: bebidas, sorvetes, doces, laticínios, panificação, cereais, etc (TORREGGIANE, 1993).

Os processos industriais no qual há redução do conteúdo de umidade surgem como alternativa para solucionar e / ou minimizar os problemas acima citados, trazendo assim, as seguintes vantagens para o alimento: redução no custo de transporte e armazenamento, estabilidade microbiológica e química, aumento na oferta em épocas que a safra tenha finalizado e redução nas perdas devido à deterioração, além de agregar valor ao produto (ANDRADE *et al.*, 2003).

Neste Contexto, a desidratação osmótica apresenta-se como alternativa para reduzir em média de 20% a 50% a umidade inicial do jambo. É uma técnica que aumenta a concentração de sólidos no alimento devido à remoção

parcial de água, sobre uma determinada pressão osmótica, esclarecendo que a parede celular deste alimento age como membrana semipermeável (RASTOGI; RAGHAVARAO, 1994; ISPIR; TOGRUL, 2009). Trata-se de um processamento brando, pois a remoção de água é obtida sem mudança de fase, na qual as frutas inteiras ou em pedaços são imersas em soluções concentradas de substâncias compatíveis com o material a ser tratado.

A desidratação osmótica vem sendo utilizada principalmente como tratamentos prévios a alguns processos convencionais, tais como secagem convectiva com ar, secagem a vácuo, congelamento (MAURO; TAVARES; MENEGALLI, 2002), microondas e liofilização a fim de melhorar a qualidade final, reduzir custos de energia ou mesmo para desenvolver novos produtos (SERENO *et al.*, 2001; LIMA *et al.*, 2004).

Estas considerações, associadas à escassez de estudos sobre processamento de frutos do jambo-vermelho, no que se refere à elaboração de um produto desidratado, em nível industrial, tornam válido a realização desta pesquisa, visando obter produtos desidratados osmoticamente com satisfatória estabilidade e aceitabilidade.

Desta forma, além da redução das perdas pós-colheita do jambo-vermelho será propiciada uma alternativa para o seu aproveitamento industrial.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Aspectos gerais do jambo-vermelho

O jamboeiro (*Syzygium malaccensis*) é uma planta originária da região sudeste asiática, especialmente da Malásia (ONIGENO; CARDOSO; COSTA, 1999). Hoje, é comum e apreciado na América do Sul e Central, onde é cultivada tanto como fruteira quanto como planta ornamental, devido à forma piramidal de sua copa, que alcança 20m de altura (FALCÃO *et al.*, 2002). A família *Mirtaceae* possui grande número de espécies frutíferas, muita das quais, embora apreciadas, têm seu cultivo restrito a pomares caseiros. A propagação dessas espécies é, via de regra, feita por sementes, propiciando o aparecimento de população não homogênea (SAMPAIO, 1970).

É uma árvore disseminada por quase todo território brasileiro, em virtude de sua fácil adaptação ao clima e solo. Não cresce nas regiões frias e semi-áridas sem irrigação (CARDOSO; SRUR, 1996).

Em certos locais, pode ser encontrado o ano inteiro, podendo haver, no mesmo ano, dois períodos de safra, geralmente, de abril a maio e de agosto ou setembro a novembro. Em regiões mais quentes, produzem duas safras por ano, uma entre maio e junho e outra de janeiro a fevereiro (TAVARES *et al.*, 2002). Segundo Morton (1987), o rendimento por árvore varia de 21 a 85 kg de frutos.

Em nossa região, o plantio é feito de forma desordenada ou em quintais, sendo explorada principalmente a característica de sombra, sem se dar a devida atenção ao fruto (GODOY *et al.*, 1989).

Grande parte dos frutos é desperdiçada na época da safra, em virtude da alta produção por árvore, do curto período de safra, da pequena vida útil do fruto *in natura* e da falta de conhecimento da viabilidade tecnológica para a sua industrialização (CARDOSO; SRUR, 1996; TAVARES *et al.*, 2002). Estes fatos evidenciam claramente a importância dos estudos para aumentar a vida útil do jambo, minimizando as perdas, pelo emprego de técnicas de conservação, trazendo benefícios de grande valia a todos os segmentos na cadeia de comercialização (ONIGENO; CARDOSO; COSTA, 1999; CARDOSO *et al.*, 2000).

O fruto (Figura 1), uma baga periforme, de 5 a 7 cm de altura, com superfície vermelho - escura e polpa branca suculenta – esponjosa - quebradiça, quase insípida, contém uma semente e exala aroma forte de maçã e fragrância de rosas; o sabor e a casca são característicos (CARDOSO; SRUR, 1996; TAVARES *et al.*, 2002) e é considerado como um dos maiores frutos do grupo *Eugenia - Syzygium* (FALCÃO *et al.*, 2002), podendo ou não ser provida de semente (GODOY *et al.*, 1989).



Figura 1. Jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*)

O jambo vermelho possui características organolépticas bastante apreciáveis, no entanto, estes têm baixo valor comercial sendo subutilizado na sua forma *in natura*. Embora, Godoy *et al.* (1989) observaram que diversos produtos do jambo vermelho como passa, compota, barra, geléia e pasta com boas características físico-químicas e sensoriais, podendo ser considerados como viáveis para a indústria.

Segundo Falcão *et al.* (2002) em 100 g de polpa de jambo, a composição média contém 90g de água, 0,3 g de proteína, 3,9 g de carboidratos, 1 g de fibras, 253 UI de vitamina A, 0,1 mg de vitamina C, e traços de vitamina B1 e B2.

De acordo com Morton (1987), as análises realizadas no Hawaii, El Salvador e Gana, na qual a porção comestível do jambo *in natura* apresentou em média umidade de $90,95 \pm 0,65 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, proteína de $0,6 \pm 0,10 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, gordura de $0,15 \pm 0,05 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, fibra de $0,7 \pm 0,10 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, cinzas de $0,325 \pm 0,065 \text{ g. } 100\text{g}^{-1}$, cálcio de $5,75 \pm 0,15 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$, fósforo de $14,750 \pm 3,150 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$ e ferro de $0,510 \pm 0,310 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$.

2.2 - Desidratação osmótica

2.2.1 - Fundamentos do processo

Em geral, as frutas e hortaliças são produtos com expectativa de vida útil relativamente curta, e a exigência do consumidor tem aumentado por produtos alimentícios saudáveis, naturais e saborosos, não apenas por produtos acabados, mas também por ingredientes para serem adicionados nos alimentos complexos (RIZZOLO *et al.*, 2007) como produtos para sucos, sorvetes, cereais, laticínios com adição de frutas frescas ou processadas, doces, compotas, panificação, dentre outros (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; LIMA *et al.*, 2004;DERMESONLOUGLOU; TAVARES, 2006; PEIRÓ *et al.*, 2006).

A técnica de desidratação é provavelmente o método mais antigo e importante para preservação de alimentos praticados pela humanidade (FERNANDES *et al.*, 2006).

O uso de secagem artificial para preservar produtos agrícolas tem sido expandido, criando técnicas mais eficientes e métodos que reduzem o consumo de energia e os custos no processo (ANTONIO *et al.*, 2007). Os produtos finais, usualmente secos em condições tradicionais, podem sofrer a degradação e oxidação de alguns nutrientes (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006), apresentando cor escura que reduz a qualidade de mercado do produto (TSAMO *et al.*, 2005). Além do mais estas técnicas consomem mais tempo e energia e, sendo, portanto mais dispendioso (ALKALI; ARIAHU; NKPA, 2006).

A desidratação osmótica de alimentos (principalmente de frutas e hortaliças) é um método conveniente para melhorar a qualidade do produto visto que os aspectos nutricionais, organolépticos e físicos são preservados que outros métodos de desidratação (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; SERENO *et al.*, 2001; CHENLO *et al.*, 2002). Segundo Ribeiro *et al.* (2008) este processo envolve uma significativa remoção de água (40 a 70 g de água é perdida por 100 g de massa inicial do produto) com limitada e controlada incorporação de sólidos (5 a 25 g de soluto em 100 g de massa inicial). Desta maneira, a desidratação osmótica é um importante processo, que possibilita a remoção de água assim como modificação na composição química do alimento (LEWICKI; PORZECKA-PAWLAK, 2005) pela incorporação de solutos do meio osmótico na estrutura porosa das frutas e hortaliças, permitindo formulação específica a ser produzida sem modificação da integridade do produto (MAVROUDIS; GEKAS; SJÖHOLN, 1998; FERRARI *et al.*, 2005).

Logo, é possível, até certo ponto, modificar a formulação do alimento, fazendo um produto mais adequado para os futuros processamento pelo (a) ajuste da composição físico-químico pela redução do conteúdo de água, ou adição de agentes que reduzem a atividade de água; (b) incorporação de ingredientes ou aditivos com propriedades antioxidantes ou de conservação e (c) adição de solutos de interesse nutricional ou sensorial (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; CHENLO *et al.*, 2006; KHOYI; HESARI, 2007;).

As principais vantagens da desidratação osmótica são: inibição do escurecimento enzimático; retenção da cor natural sem adição de sulfitos; alta retenção de compostos voláteis e manutenção de fase envolvida no processo (FALADE; IGBEKA; AYANWUYI, 2007) e, por consequência menor consumo de energia (BERISTAIN, 1990).

Devido à vantagens relacionadas com o consumo de energia e a qualidade do alimento, a desidratação osmótica está ganhando popularidade como etapa preliminar à secagem do alimento (EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007). No entanto o produto submetido a este processo não apresenta conteúdo de umidade suficientemente baixo para ser considerado como estável na sua vida prateleira (SILVEIRA, RAHMAN; BUCKLE, 1996; DJELVEH, GROS; EMAM-DJOMEH, 2001; NETO *et al.*, 2005), conseqüentemente deverá ser seguido de outros processos para reduzir o conteúdo de água (PEIRÓ *et al.*, 2006).

Como pré-tratamento reduz as mudanças físicas, químicas e biológicas durante a secagem em altas temperaturas (RAHMAN; BUCKLE; PERERA, 1996; LENART; KOWALSKA, 2001), e remove parte da água do produto para diminuir a quantidade de cristais formados durante o processo de congelamento. Danos mínimos da membrana celular ocorrem e, portanto uma melhor conservação nas propriedades da fruta (TALENS *et al.*, 2003).

Durante as últimas décadas ampla proposta para desidratação osmótica tem surgido como pré-tratamento em técnicas combinadas. O uso destas técnicas, utilizando baixas temperaturas, minimiza a degradação do produto e permitem mudanças controladas das propriedades originais da matéria prima. (CHENLO *et al.*, 2006).

A desidratação osmótica envolve a remoção parcial de água em alimentos, que são imersos numa solução aquosa hipertônica (CHIRALT; TALENS, 2005; MAYOR; CUNHA; SERENO, 2007; JALILA; NARAIN; SILVA, 2008; ATA RÉ S *et al.*, 2009). Desta forma a força de impulso para remoção de água funciona devido a diferença de pressão osmótica entre o alimento e a solução circundante (FERNANDES *et al.*, 2006).

Durante este processo, dois caminhos de transferência de massa são estabelecidos: o fluxo de saída de água e de substâncias naturais solúveis (açúcares, vitaminas, pigmentos, ácidos orgânicos, minerais e sais, etc.) da fruta para a solução osmótica, e outra em uma direção oposta, solutos solúveis que podem ser transferidos da solução para a fruta (SABLANI; RAHMAN, 2003; NUNAK; SCHLEINING, 2006), logo é importante considerar tanto a perda de peso como o ganho de sólidos (AZUARA *et al.*, 1992). A perda de solutos do produto é quantitativamente negligenciável comparado com as outras duas transferências, mas essencial com relação à composição do produto final (EREN 2007).

Estas transferências citadas acima ocorrem até que o equilíbrio seja atingido (TSAMO, 2005; DIONELLO *et al.*, 2007; ESCOBAR *et al.*, 2007), ou seja, quando o potencial químico entre a solução osmótica e a célula seja nulo (RAHMAN; BUCKLE; PERERA, 1996; LENART; KOWALSKA, 2001).

A taxa de fluxo de massa depende de vários fatores como cultivar, composição e concentração dos solutos osmóticos, temperatura do processo, tempo de imersão, nível de agitação, características específicas do alimento como, tamanho e geometria, razão de volume da solução para o sólido, pressão de operação (AZUARA *et al.*, 1992; CHENLO *et al.*, 2002; EL-AOUAR *et al.*, 2006; DERMESONLOUGLOU, 2006; DIONELLO *et al.*, 2007; DEROSI *et al.*, 2008) ,tipo de equipamento, dentre outros (LENART; KOWALSKA, 2001).

2.2.2 - Variáveis do processo

2.2.2.1 - Propriedades do tecido vegetal

A desidratação osmótica de frutas e vegetais é baseada no princípio da parede e membrana celular agirem como uma membrana semipermeável (RASTOGI; RAGHAVARAO, 1997; ALVES *et al.*, 2005; ESCOBAR *et al.*, 2007), ou seja, não é perfeitamente seletiva, devido à estrutura aberta do tecido celular nos espaços intercelulares e os cortes externos das células (CHIRALT; TALENS, 2005; EREN, 2007; KAYMAK-ERTEKIN, 2007). Esta membrana deveria ser permeável às moléculas de água, mas não às de soluto (RAHMAN; BUCKLE; PERERA, 1996; CORZO; GOMEZ, 2004).

A perda de água e de nutrientes do alimento e a incorporação de sólidos são responsáveis por modificações nas propriedades visco - elásticas do tecido, mudanças nas frações de volume de ar e líquido na amostra (ITO *et al.*, 2007), salientando que as membranas da parede celular são unidades biológicas vivas que poderão alongar ou expandir sobre a influência de crescimento e pressão de turgor gerado no interior das células após a desidratação (TORREGGIANI, 1993; DE MICHELIS *et al.*, 2008; CASTELLO *et al.*, 2009).

Mayor, Cunha, Sereno (2007) e Fito (2001) afirmam que os diferentes comportamentos da fruta durante a desidratação osmótica podem ser explicados por diferenças na estrutura do tecido da planta. Eren (2007) ratifica este resultado e reforça afirmando que as condições de operação e a forma que os produtos foram pré-tratados também influenciam.

A grande variabilidade observada entre as diferentes frutas é principalmente relacionada à compactação do tecido, conteúdo de sólidos solúveis e insolúveis iniciais, espaços intercelulares, presença de ar, razão entre as frações pécticas diferentes, nível de geleificação de pectina e atividade enzimática (SCALZO *et al.*, 2001; DERMESONLOUGLOU, 2006; MAYOR; CUNHA; SERENO, 2007).

Portanto, o controle rigoroso o grau de amadurecimento reduz a dispersão excessiva dos dados experimentais que poderia levar as interpretações errôneas (AZUARA; BERISTAIN; GUTIÉRREZ, 1998).

Todas estas mudanças estruturais afetam as propriedades mecânicas, de textura e sensoriais do alimento, e conseqüentemente a qualidade e aceitabilidade do produto pelo consumidor (MAYOR; CUNHA; SERENO, 2007; CASTELLO *et al.*, 2009).

A alteração celular devido à deformação e quebra dos elementos celulares associados com a desidratação, e trocas ar-líquido, são exemplos de mudanças estruturais devido ao fluxo de massa. Todos esses fenômenos provocam mudanças nas propriedades macroscópicas da amostra, por exemplo, propriedades óticas e mecânicas, que são relacionados com a aparência e textura dos produtos, respectivamente (RIZZOLO *et al.*, 2007).

Escobar *et al.* (2007) afirmam que a imersão do fruto no meio osmótico, as primeiras camadas das células, 1-2 mm abaixo da superfície, morrem devido a severidade do gradiente de pressão osmótico criando um volume próximo da superfície onde a resistência ao transporte de massa diminui substancialmente.

Encurtamento, diminuição na capacidade de reter água, mudanças na porosidade e na resistência à deformação são usualmente observada durante a desidratação osmótica.

Alterações nas propriedades físicas refletem a nociva influência no tecido e morfologia celular (LEWICKI; PORZECKA-PAWLAK, 2005; ANTONIO *et al.*, 2007), alteram fortemente a compartimentalização e permeabilidade da membrana celular, que poderão influenciar as propriedades de transporte do produto durante o processamento (NIETO *et al.*, 2004).

As mudanças nas propriedades macroscópicas também induzem a modificação da fisiologia celular e as reações bioquímicas, provocando várias alterações químicas no tecido, por exemplo, mudanças no perfil de voláteis, ou desenvolvimentos de químicos (ex. etanol ou acetaldeído) associados com mudanças na trajetória de respiração (RIZZOLO *et al.*, 2007).

2.2.2.2 - Tipos de agente osmótico

Segundo Borin *et al.* (2008), Antonio *et al.* (2006), Azoubel e Murr (2004), Emam-Djomeh e Gros (2001) e Raoult-Wack *et al.* (1991), o tipo de agente osmótico utilizado e conseqüentemente seu peso molecular ou comportamento iônico afetam fortemente a desidratação, tanto na perda de água quanto no ganho de sólidos.

Dionello *et al.* (2007) e Ferrari *et al.* (2005) afirmam que as principais exigências para que um soluto seja utilizado como agente osmótico são apresentar alta solubilidade em água, baixo custo, efeito positivo sobre as propriedades sensoriais e a estabilidade final do produto.

O uso de açúcar ou sal em elevada pressão osmótica, para conservar alimentos, é um método bem conhecido, como exemplo temos as frutas em forma de geléias, doces, passas dentre outros, os quais mantêm os produtos em boas condições para o consumo (ALVES *et al.*, 2005). Geralmente, soluções de sacarose são usadas para frutas e cloreto de sódio para hortaliças (ALVES *et al.*, 2005; ALKALI; ARIAHU; NKPA, 2006; SIGH *et al.*, 2006) e alimentos de origem animal (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Agentes osmóticos, especialmente os açúcares, têm importante papel como protetor de compostos, salientando que a utilização da sacarose permite a formação de uma camada na superfície, que forma uma barreira para remoção de água e ganho de sólidos (AZOUBEL; MURR, 2004), mas em contrapartida melhora a qualidade global dos processamentos posteriores (FERRANDO; SPIESS, 2001).

Segundo Tonon, Baroni e Hubinger (2006), a sacarose é considerada o melhor agente desidratante, principalmente quando a desidratação é utilizada como pré-tratamento para secagem. Sua presença na superfície do material representa um obstáculo ao contato com o oxigênio, resultando em uma redução do escurecimento enzimático como também limita ou reduz o uso de SO₂, e aumenta a estabilidade dos pigmentos durante o processamento e subsequente período de estocagem (FORNI *et al.* 1997). De acordo com Aikali, Ariahu e Nkpa (2006) este agente osmótico é considerado de menor custo em relação aos açúcares de baixo peso molecular.

Durante o tratamento osmótico, a captação intensiva de soluto pode afetar a taxa de remoção de água, o processo de secagem complementar, a capacidade de reidratação do alimento e a retenção de aroma do mesmo. Desta maneira a aplicação de uma camada hidrofílica anteriormente a este

processo pode limitar a captação intensa de soluto sem afetar a perda de água (KHIN; ZHOU; PERERA, 2007).

El-Aouar *et al.* (2006) ao desidratar osmoticamente mamão em fatias utilizando sacarose e glicose sob a mesma pressão, como agente osmótico, verificaram que a perda de peso e umidade e o ganho de sólidos foram maior no primeiro agente osmótico.

Ferrari *et al.* (2005) mostraram que o melão desidratado osmoticamente com solução de maltose apresentou simultaneamente, maiores taxa de perda de umidade e menor de ganho de sólidos ao longo do tempo em relação ao processado com sacarose.

Segundo Ispir e Togrul (2009) ao pesquisarem damasco, com diferentes agentes osmóticos, de mesma concentração (70 °Brix), a maior e menor perda de umidade foi obtida pela solução de sacarose e sorbitol, respectivamente. O maior e menor ganho de sólidos foi alcançado pelas soluções de maltodextrina e frutose respectivamente.

Rizzolo *et al.* (2007) ao desidratarem morangos com sorbitol e sacarose, ambos na mesma concentração (60°Brix), a temperatura de 30 °C por 1, 2, 4 e 6 horas, verificaram que o ganho de sólidos foi duas vezes maior em sorbitol e a perda de umidade aumentou ao longo do processo.

Este comportamento é explicado por Dionello *et al.* (2007) na qual açúcares com elevada massa molecular, como a sacarose, acarretam uma diminuição do ganho de sólidos e aumento na perda de umidade, favorecendo a perda de peso e, conseqüentemente, o processo de desidratação. Sacarídeos de baixa massa molecular como a glicose, frutose e sorbitol, favorecem o ganho de açúcares pela alta velocidade de penetração das

moléculas nos tecidos vegetais, aumentando o ganho de sólidos e reduzindo a perda de umidade, desfavorecendo o processo de desidratação.

2.2.2.3 - Concentração da solução osmótica

O aumento da concentração da solução osmótica produziu maior perda de umidade e ganho de sólidos na desidratação osmótica em maçã (KHIN; ZHOU; PERERA, 2007; MOREIRA; SERENO, 2003), tomates tipo cherry (AZOUBEL; MURR, 2004) e melancia (FALADE *et al.*, 2007) devido a maior diferença no potencial químico da água e do soluto entre a amostra e a solução osmótica. Segundo Ispir e Torgul (2009) este aumento da concentração acarreta maior ganho de sólidos, que não é desejável, pois pode afetar o sabor tornando demasiadamente doce (ANTONIO *et al.*, 2008).

Beristain *et al.* (1990), ao desidratarem osmoticamente anéis de abacaxi verificaram que a quantidade de açúcar absorvido aumentou com a elevação da concentração da solução de sacarose, obtendo os seguintes resultados: a 50°Brix, 60°Brix e 70°Brix elevou 10%, 16% e 25% respectivamente. Falade *et al.* (2007) atribuíram este efeito ao possível efeito de inchação da membrana da célula, que poderia aumentar a permeabilidade da membrana.

Escobar (2007) afirma que a composição e a concentração do soluto da solução osmótica e a temperatura influenciam fortemente os coeficientes de difusão na migração dos componentes (água e soluto).

Segundo Antonio *et al.* (2008) as concentrações das soluções osmóticas utilizando açúcar estão na faixa de 40 a 70%. E no caso de vegetais, as soluções de cloreto de sódio variam entre 5 a 20%.

Souza *et al.* (2003) observaram que o aumento da concentração da solução osmótica diminuiu o tempo de secagem, das bananas desidratadas, melhorando a cor e textura. Goularte, Antunes e Antunes (2000) constataram similar resultados com outras.

Por outro lado, soluções de sacarose com concentrações maiores que 75°Brix são difíceis de serem preparadas, devido à solubilidade e por apresentarem altas viscosidades, o que dificulta sua manipulação e o processo de agitação, além de dificultar aumento da temperatura. Khoyi e Hesari (2007) ao desidratarem damascos, constataram que nas concentrações de 60 °Brix e 70°Brix a 50°C, a perda de umidade e o ganho de sólidos foram próximos, salientando que a 60°Brix a viscosidade diminuiu significativamente causando um aumento na perda de umidade, em oposição ao de 70°Brix, por possuir viscosidade maior, a taxa de perda de umidade teve redução.

Em escala industrial é de suma importância a reutilização da solução osmótica, caso contrário, será processada como resíduo elevando o custo do processo (PEIRÓ *et al.*,2006). Diferentes alternativas podem ser apontadas para resolver este problema, como reconcentrar a solução osmótica, aumentando o custo ou fazer o reuso ou reciclo sucessivos desta solução, tendo como problema a diluição da mesma e contaminação microbiológica. A possibilidade de reciclar as soluções osmóticas ou o uso delas em outras formulações de alguns alimentos é muito importante para tornar o processo econômico e ambientalmente correto (PEIRÓ-MENA, CAMACHO & MARTÍNEZ-NAVARRETE, 2007).

2.2.2.4 - Temperatura da solução osmótica

Para as frutas não sofrem mudanças significativas nos atributos sensoriais, como cor, aroma, sabor e textura durante a desidratação osmótica, convém que não sejam submetidas a altas temperaturas (PEIRÓ-MENA; CAMACHO; MARTÍNEZ-NAVARRETE, 2007).

A temperatura encontra-se também envolvido na ruptura da integridade do tecido da planta e membranas, por exemplo, a membrana plasmática começa a sofrer danos irreversíveis a 55°C (MAURO; TAVARES; MENEGALLI, 2002). Conforme Falade *et al.* (2007) temperaturas acima de 45°C, eleva as taxas das reações bioquímicas aumentam, a desnaturação térmica torna-se predominante, o escurecimento enzimático e deterioração começam a realizar-se, ao passo que Silveira, Rahman e Buckle (1996) observaram modificações desvantajosas de cor, ácido ascórbico e conteúdo de clorofila em temperaturas acima de 50°C, na desidratação do kiwi, enquanto que nas temperaturas abaixo de 40°C estes constituintes foram preservados.

De acordo com Panadés *et al.* (2006) ao pesquisar o efeito da temperatura no processo de desidratação osmótica de goiaba, sob pressão atmosférica, a vácuo pulsado e a vácuo contínuo, verificaram que temperaturas acima de 50°C provocaram maior perda de umidade. Esta perda pode produzir a obstrução dos poros da fruta, retardando a entrada de soluto por difusão, explicando o maior ganho de solutos a 40°C.

Segundo Khin, Zhou e Perera (2007) altas temperaturas favoreceram a perda de umidade e ganho de sólidos na desidratação osmótica de maçã sem cobertura. Comportamento semelhante foi observado por Falade *et al.* (2007) ao desidratar osmoticamente fatias de melancias em 50°Brix, com diferentes

temperaturas. A maior perda de água e ganho de sólidos foram observados a 40°C comparadas com 30°C e 20°C. Altas temperaturas parecem promover mais rapidamente a perda de umidade, como também melhor transferência de massa na superfície, provavelmente devido a baixa viscosidade do meio osmótico.

Hhoyi e Hesari (2007) ao desidratarem osmoticamente damasco com as temperaturas entre 30°C a 60°C, verificaram que aumentando esta variável, a perda de umidade e ganho de sólidos aumentaram, possivelmente devido ao aumento nos coeficientes de difusão e diminuição da viscosidade da solução de sacarose. Comportamento similar foi constatado por Ispir e Togrul (2009) na mesma fruta, ao utilizarem 70 °Brix de concentração com diferentes agentes osmóticos e por Beristain *et al.* (1990), em anéis de abacaxi, como também por Eren e Kaymak-Ertekin (2007) e Moreira e Sereno (2003) em batatas e maçãs, respectivamente.

2.2.2.5 - Agitação

A desidratação é normalmente conduzida com agitação do líquido da solução osmótica para reduzir a resistência externa e aumentar a taxa global de transferência de massa (MOREIRA; SERENO, 2003).

A viscosidade é uma propriedade física, que afeta a taxa de transporte de massa do processo e exerce grande influência sobre o nível de agitação, que representa um importante aspecto econômico (CHENLO *et al.*, 2002; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

Portanto, o nível de agitação pode influenciar na cinética de transferência de massa, reduzindo o tempo de contato do xarope com o fruto,

alcançando mais rápido a umidade desejada ao alimento (MOREIRA, *et al.*, 2007).

O efeito da agitação foi estudado por Andrade *et al.* (2003), desidratando osmoticamente jenipapo em solução de sacarose a 30°Brix e temperatura de 30°C, com e sem agitação. Os autores verificaram que os ensaios com agitação apresentaram maior perda de umidade, enquanto os sem agitação, maior ganho de sólidos. Moreira e Sereno (2003) ao desidratarem maçãs tiveram resultados similares quanto à perda de umidade, porém o ganho de sólidos não foi afetado. Este resultado é importante para o processo industrial, pois mantém as características naturais do fruto.

Moreira *et al.* (2007) ao desidratar castanha utilizando como agente osmótico o glicerol em diversas concentrações (25 a 60°Brix) a 25°C, em três níveis de agitação (0, 40 e 110 rpm) verificaram que os valores da perda de peso foram independentes do nível de agitação empregados. No entanto para a taxa de perda de umidade o efeito da agitação foi observado na menor concentração empregada. Este comportamento pode ser explicado pela baixa força de impulso de glicerol a 25°Brix, como também pelas mudanças nas características hidrodinâmicas da fase externa que modifica a resistência global de transferência de massa.

2.2.2.6 - Tempo de imersão

A taxa de desidratação osmótica é elevada no início do processamento devido a maior diferença de pressão osmótica entre a solução e a matéria prima, e da menor resistência à transferência de massa neste estágio do processo (LENART; KOWALSKA, 2001).

Com o passar do tempo, a membrana celular não fornece uma barreira efetiva para o soluto, ficando este livre para penetrar dentro de todas as partes da célula (MAURO; TAVARES; MENEGALLI, 2002).

A perda de umidade ocorre, principalmente, durante as duas primeiras horas e o maior ganho de sólidos, durante os trinta minutos iniciais (ALVES *et al.*, 2005; SHIGEMATSU *et al.*, 2005).

De acordo com Lewicki e Porzecka-Pawlak (2005) ao desidratarem cubos de maçã, com xarope de sacarose, na concentração de 61,5 °Brix, à temperatura de 30°C por 30, 60, 120 e 180 minutos, verificaram que após 30 minutos de osmose houve aumento de aproximadamente 70% de matéria seca e redução de 48% de água.

Baroni e Hubinger (1999) ao desidratarem cebolas em solução de sal (15°Brix) a 30°C observaram que tanto a taxa de perda de umidade com a de ganho de sólidos foram maiores na fase inicial do processo, diminuindo com o tempo. Esta redução na taxa de remoção de água e penetração de solutos é devida a mudanças estruturais do produto, como enrugamento e ruptura da membrana celular causando compactação das camadas de superfície e aumento na resistência de transferência de massa.

Resultados similares quanto a redução da perda de umidade nas primeiras horas de processo, foram obtidos por Azoubel e Murr (2004) ao desidratarem tomates tipo Cherry inteiros em diferentes agentes osmóticos de sacarose e sal.

Neto *et al.* (2005) ao desidratarem osmoticamente manga em diversas concentrações de solução osmótica observaram que as velocidades de perda de água e ganho de sólidos foram maiores nas primeiras horas de desidratação, tendendo ao equilíbrio no final do período de 5 horas.

Segundo Souza *et al.* (2003), quanto maior o tempo de osmose, maior a perda de umidade, entretanto, existe um limite para o conteúdo final de água no alimento, que é seu valor de equilíbrio com a solução osmótica.

Resultados contrários aos citados anteriormente foram obtidos por Khoyi e Herasi (2007) ao desidratarem damasco a 50°C em solução de sacarose a 60°Brix, alcançando uma perda de umidade baixa durante 6 horas, significando que após estas 6 horas o processo não é viável com relação aos custos de operação.

2.2.2.7 - Pressão

Segundo Panadés *et al.* (2006), Neto *et al.* (2005) e Souza *et al.* (2003), vários estudos afirmam que a velocidade do processo de desidratação osmótica em frutas é maior sob vácuo que sob pressão atmosférica, devido ao aumento no contato da superfície produto-solução. Mújica-Paz *et al.* (2003) ratifica estes resultados, explicando que a área interfacial sólido - líquido e a transferência de massa entre as fases pode ser aumentada pelo uso de condições sub – atmosféricas.

Panadés *et al.* (2006) verificaram que ao desidratarem osmoticamente goiaba sob pressão atmosférica, à vácuo pulsado e à vácuo contínuo, detectaram que o vácuo causa uma desidratação intensa no alimento provocando o colapso celular e fechamento dos poros. Este efeito é menor no vácuo pulsado devido ao curto tempo de aplicação deste.

No vácuo pulsado quando a pressão atmosférica é restabelecida, a solução osmótica entra nos poros devido ao mecanismo hidrodinâmico, e conseqüentemente, o aumento de contato da superfície fruta - solução oferece

uma passagem permanente para transferência de massa do exterior para o interior do alimento. No regime de pressão atmosférica, este fenômeno não ocorre, explicando que o maior ganho de sólidos ocorre no vácuo pulsado.

2.2.2.8 - Forma e geometria

Chavarro - Castrillón, Ochoa-Martínez e Ayala - Aponte (2006) ao pesquisarem mamão desidratados osmoticamente constataram que a maior perda de peso e umidade foram para amostras cortadas em cilindro seguidas por anéis e por último aquelas em laminas. Com relação ao ganho de sólidos este é maior, quanto menor for a área superficial (cilindro < anel < lamina).

Falade *et al.* (2007) verificaram que a perda de umidade e o ganho de sólidos aumentaram com a diminuição da espessura das amostras de melancia desidratadas em solução de sacarose à 40°C e 50 °Brix. Fato este explicado pelo aumento da área superficial em contato com a solução osmótica. Maiores valores de perda de umidade e ganho de sólidos foram obtidos pelas barras com 10 mm de espessura comparadas com aquelas com 20 e 30 mm . Resultados semelhantes foram alcançados por Ispir & Togrul (2009) ao desidratarem damascos.

2.2.2.9 - Proporção amostra/solução

Kohyi e Hesari (2007) desidrataram osmoticamente damasco em solução de sacarose a 50°C e 60°Brix, em diferentes proporções de solução/amostra e observaram que ao aumentar a proporção de 1:5 para 1:10

houve maior aumento na perda de água, ressaltando que esta ultima proporção esta próximo de 1:15. A variável DEI após 6 horas de processo apresentou os seguintes valores: 2.83, 3.10 e 2.30 para proporção de 1:5, 1:10 e 1:15, respectivamente, ou seja, a melhor proporção é de 1:01, tendo menor ganho de sólidos e menor custo de operação.

Dionello *et al.* (2007) constataram na desidratação osmótica de abacaxi, que a proporção 1:10 manteve durante o processamento as concentrações das soluções osmóticas (sacarose e açúcar invertido) sem diluição, no entanto, foi observado, que os ensaios que foram utilizados açúcar invertido sem diluição foram os que apresentaram os maiores níveis de diluições das soluções.

O efeito da proporção entre amostra e a solução foi pesquisado por Ispir e Togrul (2009) na desidratação osmótica de damasco, utilizando glicose e maltodextrina, a 70 °Brix. A perda de umidade e o ganho de sólidos foram inversamente proporcionais a diminuição da proporção amostra/solução. Esta diminuição evita uma significativa diluição do meio osmótico pela remoção de água e subsequente redução da força de impulso durante o processo.

3 - Objetivo Geral

Otimizar o processo de desidratação osmótica do jambo – vermelho (*Syzygium malaccense*).

3.1 - Objetivos Específicos

Estudar a influência do tempo de imersão, temperatura e concentração da solução osmótica sobre a perda de umidade e de peso, ganho de sólidos e DEI (Índice de Eficiência da Desidratação)

Verificar a aceitabilidade do jambo-vermelho desidratado osmoticamente.

Avaliar a estabilidade do produto durante o armazenamento.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Material

4.1.1 - Matéria Prima

Para realização deste estudo foram utilizados jambos (*Syzygium malaccense*), adquiridos no comércio (supermercados e feiras livres) da Região Metropolitana do Recife – PE no estágio de maturação (maduro) e isentos de doenças.

As frutas foram selecionadas de acordo com o conteúdo de sólidos solúveis (7°Brix a 9°Brix), tamanho, aparência (frutas sadias), forma (uniforme), ausência de injúrias ou doenças e grau de maturação (frutas maduras, porém firmes) a fim de obter amostras homogêneas.

4.1.2. Material para a solução osmótica

- Sacarose comercial;
- Metabissulfito de sódio P.A. – ACS, fabricante: F. Maia Indústria e Comércio Ltda. P. M.= 190,11. Pureza= 97%;
- Ácido Cítrico (acidulante monohidratado), PA = 95%, P. M.= 210,14. Fabricante: Vetec.

4.1.3. Equipamentos e outros

- Shaker com controle de temperatura e agitação;
- Vidraria e equipamentos diversos necessários às análises;
- Balança semi-analítica e analítica;
- Estufa com circulação de ar;
- Refratômetro Atago

4.2 - Métodos

4.2.1 Desidratação osmótica

A desidratação osmótica foi realizada de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

Os jambos foram selecionados, lavados, cortados manualmente, ao meio (Figura 3), para retirada da semente, e a seguir cortados longitudinalmente em fatias de 0,7-1,0 cm de espessura. Em seguida as fatias foram mergulhadas em solução de metabissulfito de sódio (1%) por 5 minutos (Eren, 2007), drenadas e branqueadas com vapor à 100°C por 30 segundos, e resfriadas no banho de gelo. Na seqüência foram imersas na solução osmótica de sacarose (ajustado o pH entre 4 e 5 com ácido cítrico), mantidos sob agitação constante, sob temperatura e tempo predeterminados (Tabela 1). A relação amostra/solução foi de 1:20 para garantir a concentração constante da

solução osmótica. Após o processo, as amostras foram drenadas, sobre em papel absorvente para retirar o excesso do xarope, e pesadas. Posteriormente, foram secadas a 60 °C, em estufa com circulação de ar, por aproximadamente 4 horas \pm 1 hora. Após secagem as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno com capacidade para 500g.

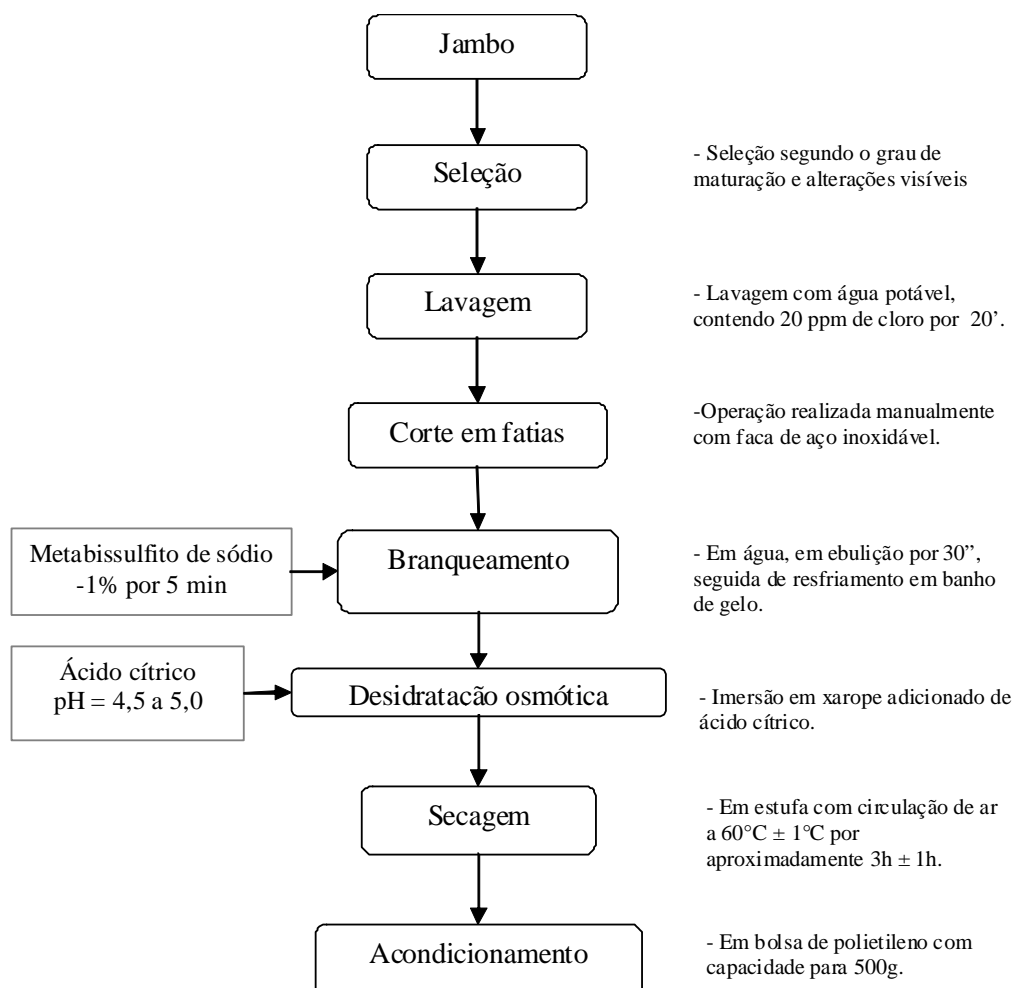


Figura 2 – Fluxograma para obtenção do jambo desidratado osmoticamente.



Figura 3. Corte em fatias no sentido longitudinal da fruta com espessura média 0,7 – 1,0 cm.

4.2.2. Planejamento Experimental

A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para avaliar a influência das variáveis do processo sobre a desidratação osmótica das fatias de jambo. Os ensaios experimentais foram realizados de acordo com um planejamento fatorial 2^3 completo, com 8 pontos fatoriais (níveis ± 1), 5 pontos centrais (nível 0) e 6 pontos axiais ($\pm \alpha$), totalizando 19 ensaios. Este planejamento teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura (T), do tempo de imersão (t) e da concentração da solução osmótica (C) (variáveis independentes) sobre as respostas: perda de umidade (PU), ganho de sólidos (GS), perda de peso (PP) e relação PU/GS, ao final do processo. Os dados obtidos foram ajustados ao seguinte polinômio:

$$Y = \varphi(T, C, t) = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 t + \beta_3 C + \beta_{11} T^2 + \beta_{22} t^2 + \beta_{33} C^2 + \beta_{12} Tt + \beta_{13} TC + \beta_{23} Ct$$

Equação 1

Em que β_n são os coeficientes de regressão, y é a resposta em questão (PU, IS, PP e PU/IS) e T, C e t são as variáveis independentes codificadas

(temperatura, concentração da solução osmótica e tempo de imersão respectivamente). As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores das variáveis independentes decodificadas e codificadas respectivamente.

Tabela 1. Níveis decodificados das variáveis.

Variáveis	Níveis				
	- α	- 1	0	+ 1	+ α
Temperatura (°C)	20	30	45	60	70
Tempo de imersão (horas)	1,3	2	3	4	4,7
Concentração da solução osmótica (°Brix)	16	30	50	70	84

Tabela 2. Planejamento experimental da desidratação das fatias de jambo (níveis codificados).

Ensaio	Variáveis Codificadas			Variáveis Decodificados		
	T	t	C	Temperatura(°C)	Tempo (horas)	Concentração (°Brix)
1	-1	-1	-1	30	2	30
2	+1	-1	-1	60	2	30
3	-1	+1	-1	30	4	30
4	+1	+1	-1	60	4	30
5	-1	-1	+1	30	2	70
6	+1	-1	+1	60	2	70
7	-1	+1	+1	30	4	70
8	+1	+1	+1	60	4	70
9	-1,682	0	0	20	3	50
10	+1,682	0	0	70	3	50
11	0	-1,682	0	45	1,3	50
12	0	+1,682	0	45	4,7	50
13	0	0	-1,682	45	3	16
14	0	0	+1,682	45	3	84
15	0	0	0	45	3	50
16	0	0	0	45	3	50
17	0	0	0	45	3	50
18	0	0	0	45	3	50
19	0	0	0	45	3	50

4.3 - Métodos analíticos

4.3.1 - Análise física – químicas

Todos os experimentos foram feitos em triplicata, precedidos pela determinação dos seguintes parâmetros no jambo vermelho antes e depois do processo de desidratação osmótica:

- Sólidos solúveis (°Brix) por refratometria (BRASIL, 2005);
- Umidade – determinada em balança do infra - vermelho (AOAC, 1998: Método 985.14);
- Peso – obtido diretamente através da balança analítica.

Para avaliar a eficácia dos fatores utilizados na matriz de planejamento, os produtos resultantes dos ensaios tecnológicos foram acompanhados quanto:

Ganho de sólidos (GS)* – calculada através de um balanço de massa de sólidos do processo, que conduziu à seguinte equação:

$$GS(\%) = 100 \times \frac{BT_f \times BT_i M_i}{M_i} \quad \text{Equação 2}$$

Perda de umidade (PU)* – calculada em termos percentuais, com base no peso inicial do material, antes da desidratação e final (após a desidratação).

$$PU(\%) = 100 \times \frac{U_i M_i - U_f M_f}{M_i} \quad \text{Equação 3}$$

Perda de peso (PP)* – calculada pela seguinte equação:

$$PP(\%) = 100 \times \frac{M_i - M_f}{M_i}$$

Equação 4

DEI – Índice de eficiência de desidratação

$$DEI = \frac{PU}{GS}$$

Equação 5

sendo:

GS (%) = ganho de sólidos, com base na massa inicial do material;

PU (%) = perda de umidade, com base na massa inicial do material;

PP (%) = perda percentual de peso do material desidratado;

BT_i = teor inicial de sólidos totais do material (%);

BT_f = teor final de sólidos totais do material (%);

U_i = teor inicial de umidade da matéria (%);

U_f = teor final de umidade do material (%);

M_i = massa total inicial do material;

M_f = massa total final do material.

* Calculados segundo LARANJEIRA (1997)

A fruta “in natura” e o produto preferido através da análise sensorial, também foram avaliados quanto aos parâmetros que se seguem:

- Umidade (g/100), determinação pelo método Karl Fisher (BRASIL, 2005);
- Lipídeos (g/100g), determinação direta em Soxhlet (BRASIL, 2005);

- Cinzas (g/100g), determinação de resíduos por incineração (BRASIL, 2005);
- Proteínas (g/100g), Método: Adolfo Lutz, (BRASIL, 2005);
- Hidrato de Carbono (g/100g), Método: Cálculo, (ASCAR, 1985);
- Valor Calórico Total (kcal/100g), Método: Por Cálculo.

4.3.2 - Análises microbiológicas

O fruto *in natura* e os produtos obtidos nos ensaios a serem realizados foram avaliados após o processamento e no intervalo de 30, 60 e 90 dias, segundo a RDC. n. 12/01, quanto a:

- Coliforme a 45°C / g – Método: (AOAC, 2002);
- Salmonella ssp Method : 996.08 ,(AOAC,2002);

4.3.3 - Métodos sensoriais

Os ensaios com maiores valores de DEI foram submetidos a análise sensorial de aceitação, por meio da utilização de uma escala hedônica de 7 pontos, ancorados em extremos de “gostei muitíssimo” (7) e “desgostei muitíssimo” (1) (Anexo I). Foram recrutados 50 julgadores não treinados, entre alunos, professores e funcionários do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Após a realização do teste de aceitação, as notas dos produtos no atributo qualidade global foram expressas em porcentagens. Para o total de respostas, foi considerado como “gostou” os

seguintes pontos da escala hedônica de 7: gostei, gostei muito e gostei muitíssimo, e para o “desgostou” os pontos: desgostei, desgostei muito e desgostei muitíssimo. A aceitabilidade foi considerada como ótima quando esteve acima de 90%, boa acima de 80%, moderada acima de 70% e, razoável acima de 60%. (MAIA et AL.,2008) As amostras foram servidas aleatoriamente e para a degustação foram avaliadas em cabines individuais. O produto foi servido a temperatura ambiente, dispostos em pratos de fundo branco, codificados com números de três dígitos, iluminados por luz natural do dia (Figura 4). A análise sensorial foi realizada após um dia de elaboração do jambo desidratado.

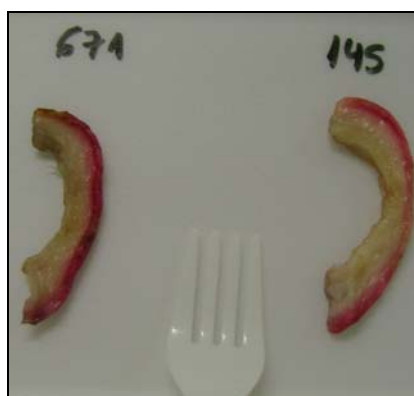


Figura 4. Apresentação das amostras para a análise sensorial.

4.3.4 - *Análise Estatísticos*

Visando a otimização do processo, as respostas obtidas para todos os ensaios foram avaliadas quanto aos efeitos principais e as interações entre os fatores. A Análise sensorial foi avaliada através do teste “t” de student. Ambas as análises ao nível de 5% de significância, através do programa computacional Statistica 6.0 (STATSOFT, 1997).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Aspectos gerais

Os resultados dos ensaios a desidratação osmótica encontram-se apresentados na Tabela 3.

Observa-se que a perda de umidade foi superior ao ganho de sólidos em todos os experimentos, ratificando os resultados de diversos autores (LAZARIDES *et al.*, 1995; TSAMO *et al.*, 2005; LEWICKI; PORZECKA-PAWLAK, 2005; ANTONIO *et al.*, 2006).

Resultados similares foram alcançados por Kowalska e Lenart (2001) ao desidratarem abóbora, cenoura e maçã. Embora estes dois últimos tenham apresentado maior perda de água, o processo foi vantajoso, por apresentar maior PU do que GS.

Segundo Dionello *et al.* (2007) o controle efetivo das principais variáveis que interferem na desidratação osmótica, faz com que o processo resulte em duas situações: $PU > GS$ ou $GS < PU$, ou seja, predominância da impregnação.

Conforme Tabela 3, a PU variou de 50 a 60%, nas maiores temperaturas (45°C-70°C) e concentrações (50 °Brix – 84 °Brix), independentemente do tempo de imersão utilizado. O maior valor de PP ocorreu em duas horas de tempo de imersão, à concentração de 70°Brix a uma temperatura de 60°C (Ensaio 6).

Nesta mesma tabela observamos que nas condições de 70°Brix e 84°Brix com 60°C e 45°C (Ensaio 6 e 14) respectivamente, a PU, PP, GS e o DEI foram próximos, salientando que a 70°Brix a viscosidade diminuiu devido a maior temperatura, facilitando a PU e PP, em oposição ao de 84°Brix. Estes resultados demonstraram que apesar das dificuldades de manipulação das soluções de sacarose com elevadas concentrações, citadas por Khoyi e Hesari (2007), os ensaios 6 e 14 apresentaram uma boa eficiência de desidratação. Resultados similares foram verificados por Khoyi e Hesari (2007) ao desidratarem damascos.

Ficando confirmado nestes experimentos que o comportamento do jambo é provavelmente devido à sua natureza física. Segundo Eren (2007) os diferentes comportamentos da fruta durante a desidratação osmótica pode ser explicada por diferença na estrutura do tecido da planta.

É possível verificar que em todos os ensaios quanto mais elevadas as concentrações e temperaturas, maior a PU e PP, resultado semelhante ao obtido por Baroni e Hubinger (1999), convém ressaltar que Torreggiani (1993), temperaturas acima de 45°C ocorrem escurecimento enzimático e deterioração do “flavour”, e superior a 60°C modificam as características do tecido favorecendo o fenômeno de impregnação de solutos.

Verifica-se que o maior GS ocorreu em elevadas concentrações de sacarose (50°Brix e 70°Brix) e em tempos de imersão que variaram de 3 a 4,7 horas, independentemente da temperatura utilizada. Os tratamentos com melhor desempenho para o GS foram os ensaios 1, 3, 4 e 13 (Tabela 3) por apresentarem baixo GS.

Em relação ao DEI (tabela 3), todos os valores foram superiores a 1, indicando a predominância da PU sobre o GS, conforme desejado e

semelhante resultado foi encontrado por Tsamo *et al.* (2005) ao desidratarem cebola e tomate.

O ensaio 13 obteve maior valor de DEI, entretanto ao menor GS de todo o experimento, no entanto a PU foi inferior a 15%, não atingindo o nosso objetivo que é maximizar a PU e minimizar a penetração de sólidos (KOWALSKA; LENART, 2001; BORIN *et al.*, 2008).

Os ensaios 6, 8, 10 e 14 obtiveram PU superior a 50%, no entanto os ensaios 8 e 10 foram os que apresentaram maior GS (acima de 20%), devido ao maior tempo de imersão. Sendo assim os ensaios 6 e 14 foram escolhidos para análise sensorial.

Nesta mesma tabela, quando se elevou o tempo de imersão de 2 para 4 horas, nos ensaios 1 e 3 (30°C e 30 °Brix) respectivamente, houve aumento percentual na PU (84,04%) e PP (255%) e diminuição no GS (1,97%). Em relação ao ensaio 5 e 7 (30°C e 70 °Brix), com 2 e 4 horas de imersão respectivamente, foi constatado aumento na PU (1,02%) e GS (69,98%) e uma diminuição PP (67,49%), provavelmente pela elevação da concentração como também pelo aumento da permeabilidade da membrana celular, como explicado por Lazarides *et al.* (1997).

Nieto *et al.* (2004) constatou que o conteúdo de sólidos solúveis durante a desidratação osmótica de maçã, aumentou gradualmente no decorrer do tempo, e uma significativa perda de umidade e peso foi obtida no estagio inicial do processo. Estes resultados foram ratificados por Lewicki e Porzecka-Pawlak (2005) com relação à PU, ao afirmar que o fluxo de água é maior nos primeiros 30 minutos de osmose.

No entanto, quando se elevou o tempo de imersão de 2 para 4 horas, nos ensaios 6 e 8 (60°C e 70 °Brix) respectivamente, foi verificado aumento na PU (2,74%) e no GS (26,62%) e diminuição na PP (18,50%).

Shigematsu (2005) observou que em solução com concentração e temperatura elevadas, e tempo de imersão longo, as estruturas celulares podem ser injuriadas e o soluto passa a ocupar todos os espaços da célula, aumentando assim o GS (ensaio 8).

Comparando os ensaios 5 e 6 e 7 e 8, é possível verificar o efeito da temperatura sobre a PU, GS e PP. Para os dois primeiros ensaios verificamos os seguintes aumentos: PU (71,42%), PP (115,64%) e GS (16,10%), e para os últimos: PU (65,01%), PP (440,65%) e GS (13,50%).

Tabela 3. Respostas das variáveis dependentes de acordo com o planejamento fatorial do jambo desidratado osmoticamente.

Ensaio	Variáveis independentes						Variáveis dependentes			
	Codificadas			Decodificadas			PU	GS	PP	DEI
	T	t	C	T (°C)	t (h)	C (°Brix)				
1	-1	-1	-1	30	2	30	14,10	10,15	4,00	1,39
2	+1	-1	-1	60	2	30	24,62	17,20	6,80	1,43
3	-1	+1	-1	30	4	30	25,95	9,95	14,20	2,60
4	+1	+1	-1	60	4	30	34,22	11,80	20,80	2,90
5	-1	-1	+1	30	2	70	34,01	15,59	18,92	2,18
6	+1	-1	+1	60	2	70	58,30	18,10	40,80	3,22
7	-1	+1	+1	30	4	70	34,36	26,50	6,15	1,30
8	+1	+1	+1	60	4	70	56,70	22,92	33,25	2,47
9	-1,682	0	0	20	3	50	26,80	17,30	8,20	1,55
10	+1,682	0	0	70	3	50	54,95	20,30	33,40	2,71
11	0	-1,682	0	45	1,3	50	27,60	17,30	12,20	1,59
12	0	+1,682	0	45	4,7	50	36,81	21,10	15,80	1,74
13	0	0	-1,682	45	3	16	14,55	1,80	9,80	8,08
14	0	0	+1,682	45	3	84	50,92	16,90	32,70	3,01
15	0	0	0	45	3	50	36,20	17,90	19,82	2,02
16	0	0	0	45	3	50	36,80	18,20	18,89	2,02
17	0	0	0	45	3	50	37,20	18,50	19,31	2,01
18	0	0	0	45	3	50	35,90	17,30	18,70	2,07
19	0	0	0	45	3	50	36,55	16,80	19,14	2,17

T = temperatura; C = concentração; t = tempo; PU = Perda de Umidade; GS = Ganho de Sólidos; PP = Perda de Peso; DEI = Índice de Eficiência da Desidratação.

5.2 - Análise através da metodologia de superfície de resposta

Os coeficientes de regressão encontram-se apresentados na Tabela 4.

Na Tabela 4, verificamos pelos valores de β que a PU foi influenciada, em ordem decrescente pela concentração osmótica, temperatura e tempo de imersão, todos com sinal positivo, lembrando que este último teve uma pequena contribuição, ou seja, o aumento destas variáveis influenciou a PU. O termo quadrático da temperatura teve um efeito positivo enquanto o tempo de imersão e a concentração da solução osmótica tiveram efeito negativo sobre a PU.

Vantagens similares foram alcançadas por Martins, Cunha e Silva (2008) na elaboração de passa de caju-do-cerrado; Antonio *et al.* (2008) ao desidratar batatas em solução de açúcar e sal; Singh *et al.* (2006) em cenouras; Almeida *et al.* (2005) em mangas; Ferrari *et al.* (2005) em melões e Moreira *et. al* (2007) em castanhas.

Na mesma tabela, constata-se uma contribuição positiva da temperatura da solução osmótica seguido pela concentração, enquanto o efeito do tempo de imersão foi desprezível sobre a PP em comparação com as demais variáveis do processo, logo a PP do jambo desidratado foi diretamente proporcional a temperatura e concentração da solução osmótica.

Em sentido oposto, Martins, Cunha & Silva (2008) ao pesquisar o efeito das condições da desidratação na qualidade de passas de caju-do-cerrado verificou que os efeitos lineares do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica foram os mais efetivos para a PP.

Tabela 4. Coeficientes de regressão do modelo estatístico para PU, GS, PP; DEI.

Fontes	Coeficientes			
	PU	GS	PP	DEI
β_0	36,527	17,707	19,193	2,096
Linear				
β_1	8,259	0,943	7,378	0,329
β_2	2,611	1,210	0,727	0,095
β_3	10,667	4,350	6,724	-0,562
Quadrático				
β_{11}	1,553	0,558	0,461	-0,186
β_{22}	-1,511	0,699	-1,943	-0,350
β_{33}	-1,324	-2,782	0,620	1,021
Interação				
β_{12}	-0,521	-1,411	1,127	NS
β_{13}	3,476	-1,246	4,947	0,234
β_{23}	-2,834	2,666	-5,565	-0,539

PU = Perda de Umidade; GS = Ganho de Sólidos; PP = Perda de Peso; DEI = Índice de Eficiência da Desidratação. NS: Não significativos ($p > 0,05$)

Os resultados (Tabela 4) mostram a contribuição positiva da concentração e os efeitos negligenciáveis da temperatura e do tempo, em relação ao GS. O termo quadrático da concentração teve efeito negativo sobre esta variável. Portanto, de acordo com os coeficientes apresentados na tabela 4 e figura 5, a concentração da solução osmótica foi o fator que mais influenciou a incorporação de sacarose, ou seja, quanto maior a concentração maior o GS.

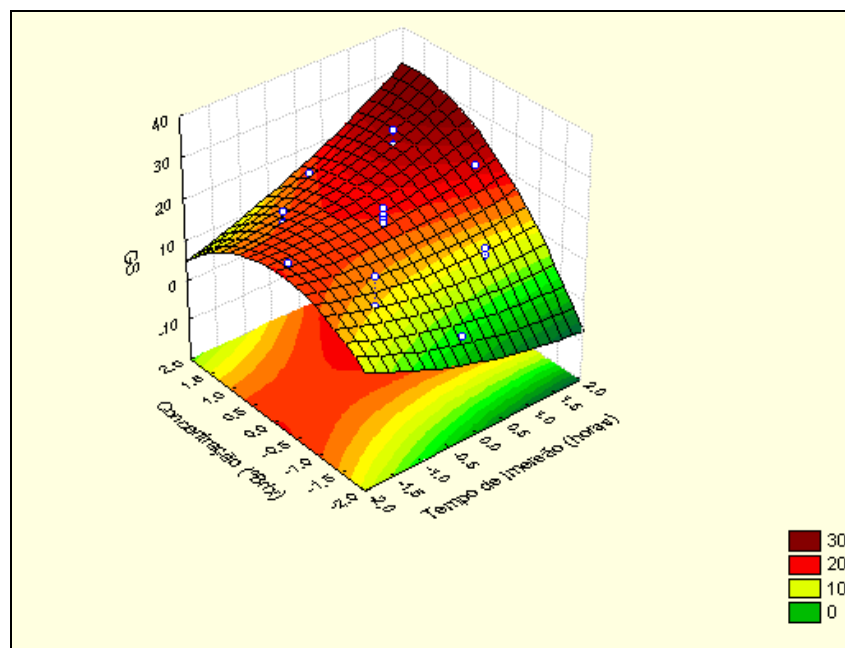


Figura 5. Superfície de resposta para o efeito da concentração da solução osmótica e tempo de imersão no ganho de sólidos (GS) do jambo desidratado.

Nesta tabela como também nas Figuras 5, 6 e 7, observa-se que PU, GS e PP foram influenciados positivamente e significativamente pela concentração de sacarose, ou seja, quanto maior esta variável independente maior as variáveis dependentes citadas acima.

A interação entre o tempo de imersão e a concentração tem um efeito positivo sobre o GS (Figura 5) e negativo sobre a PP, ou seja, um aumento no nível na interação destas variáveis aumenta o GS e diminui o PP (Tabela 4).

Vale salientar que ao analisar a Figura 5 observamos que o GS se eleva quando a concentração atinge o nível de -1 a 0,5, começando a abaixar acima de 0,5 e abaixo de -1, o que podemos comprovar pela Tabela 4 que o termo quadrático da concentração é negativo.

Talens *et al.* (2003) afirma que baixas concentrações de soluções implica numa menor força de impulso e subsequente longos tempos de tratamentos, que poderá induzir a um grande número de camadas celulares

danificadas pelo tratamento osmótico. Em células danificadas, as membranas podem ser desnaturadas e permitir a difusão dos solutos através de uma ampla zona na amostra, desta forma promovendo o ganho de sólidos.

De forma oposta, a diminuição do GS com o aumento da concentração osmótica foi observado por ITO *et al.* (2007) ao estudar o processo de desidratação osmótica de manga sobre pressão à vácuo e por Ferrari *et al.* (2005) em melão em soluções de sacarose e maltose. Estes pesquisadores explicam este comportamento, ao fato das soluções mais concentradas limitar a entrada de sólidos no produto pela formação de uma camada superficial e também o aumento da viscosidade da solução osmótica representa uma barreira para a transferência de massa da solução para a fruta. Além disso, a intensa saída de água da fruta para a solução pode dificultar a impregnação de sólidos.

Nas Figuras 6 e 7 podemos perceber que há um aumento da PU e PP respectivamente, em função do aumento da concentração e temperatura da solução osmótica, esse comportamento é esperado devido a estas variáveis encontram-se fortemente relacionadas.

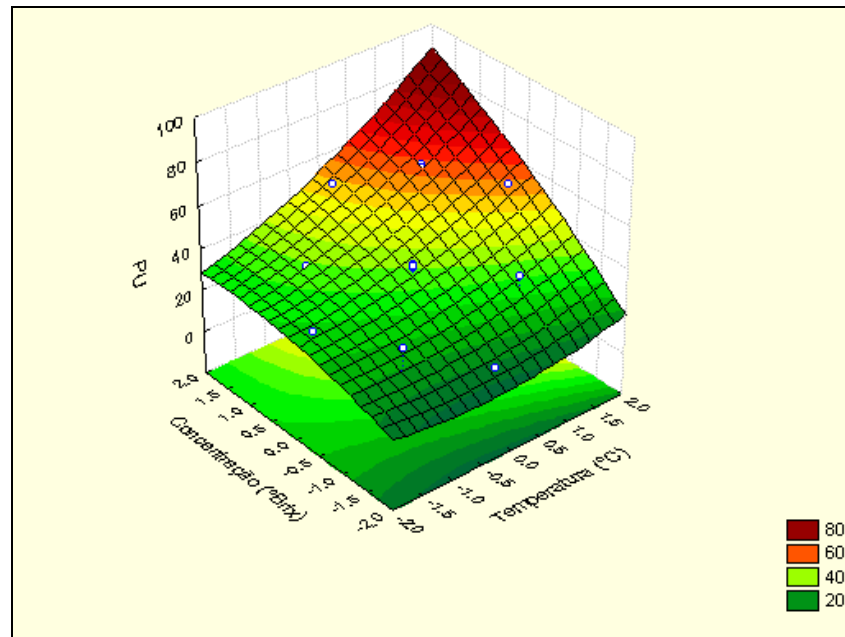


Figura 6. Superfície de resposta para o efeito da concentração e temperatura da solução osmótica na perda de umidade (PU) dos jambos desidratados.

Em contrapartida, Falade *et al.* (2007) observaram que elevados valores de concentração e temperatura da solução osmótica provocaram maior PU e GS através das fatias de melancia, como também em damasco (Khoyi e Hesari, 2007).

Da mesma forma, para Antonio *et al.* (2006) as concentrações de sacarose e sal, seguidas da temperatura foram as variáveis de maior significância para a PU e GS durante a desidratação de fatias de batata doce. No entanto, Forni *et al.* (1997) verificaram que na pressão atmosférica, a PU e o GS aumentaram em função do tempo de imersão na desidratação de damasco utilizando diversos agentes osmóticos.

A interação entre temperatura e tempo teve um efeito positivo, mas desprezível, quando comparado aos termos lineares, no entanto, as interações temperatura e concentração e tempo e concentração tiveram efeito significativo positivo e negativo sobre a PP, respectivamente (Tabela 4). Resultado oposto foi observado por Moreira *et al.* (2007) na qual a PP aumentou com a elevação

da concentração da solução osmótica, e em seguida com o aumento do tempo de imersão.

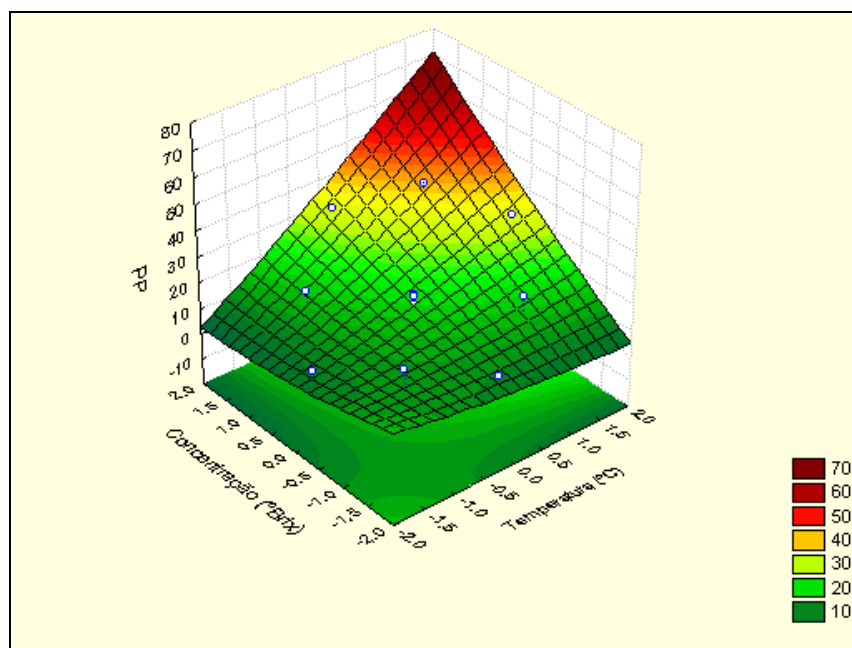


Figura 7. Superfície de resposta para o efeito da concentração e temperatura da solução osmótica na perda de peso (PP) dos jambos desidratados.

As interações temperatura e concentração tiveram contribuição significativa e positiva, contrário ao obtido pela interação entre o tempo e concentração sobre a PP. (Tabela 4 e Figura 7), ou seja, quanto maior forem estas variáveis, maior a PP pelo fruto. Este resultado foi verificado por Alakali, Ariathu e Nkpa (2006) e Andrade *et al.* (2002) ao desidratarem mangas e jenipapos respectivamente.

Na Figura 7, observa-se que a PP é acima de 30% quando a temperatura e a concentração aumentam entre os níveis 1.0 a +1.682.

O efeito significativo e positivo da concentração da solução osmótica sobre a PP e GS, foi verificado em cebolas, morangos e castanhas por Baroni e Hubinger (1999); Viberg *et al.* (1998); Chenlo *et al.* (2006), respectivamente.

O mesmo efeito foi constatado na PP e PU em cantaloupe, mamão, batatas e bananas por Corzo e Gómez (2004); El-Aouar *et al.* (2006); Antonio *et al.* (2008) e Jalali, Narain e Silva (2008) respectivamente.

Khin, Zhou e Perera (2007) e Falade *et al.* (2007) afirmam que aumentando a concentração da solução osmótica cresce a força de impulso entre a solução e a fruta, portanto um aumento na taxa de transferência de massa.

Azoubel e Murr (2004) ao desidratarem tomate cereja, constataram que a taxa de PU está diretamente relacionada com a concentração da solução osmótica, ou seja, maiores concentrações geram rapidez na PU como também maior GS. Resultados semelhantes foram alcançados por Neto *et al.* (2005) e Andrade *et al.* (2007) ao desidratarem manga e jenipapo respectivamente.

Tsamo *et al.* (2005) e Saurel *et al.* (1994) afirmam que os solutos de alto peso molecular, como a sacarose, favorece a PU, comparados aos de baixo peso molecular.

O processo de desidratação osmótica com solução de sacarose é controlado pelo acúmulo de moléculas de açúcar na superfície do citoplasma, criando encrustação, formando assim uma barreira para a PU e GS (Azoubel e Murr, 2004). Segundo Shigematsu *et al.* (2005), elevadas concentrações de solução osmótica (acima de 60%) podem causar injúrias nas primeiras camadas da célula do tecido vegetal.

Almeida *et al.* (2005) também verificou que a PP no processo de desidratação da manga Tommy Atkins aumentou com o aumento da concentração e que os maiores valores da PP foram obtidos utilizando-se

concentrações acima de 58% e temperaturas entre 48 e 50°C, independente do tempo de processo.

Em menor intensidade (Tabela 4), a temperatura teve um efeito positivo sobre a PU e PP, ou seja, um aumento no nível desta variável aumenta a PU e PP, visto que a energia cinética das moléculas é elevada (ALAKALI; ARIAHU; NKPA (2006). Semelhantes aos resultados obtidos em maçãs e bananas por Moreira e Sereno (2003) e Jalali, Narain e Silva (2008) respectivamente, esclarecendo que este aumento de temperatura tem limite, para evitar a perda de aroma e o escurecimento.

Similar comportamento foi observado por Dionello *et al.* (2007), constatando que o aumento da temperatura da solução de sacarose de 40 para 50°C, favoreceu a PU, PP e GS das amostras, utilizando as mesmas concentrações com agitação e sem.

Chenlo *et al.* (2007) verificaram que o efeito da temperatura de operação influencia os parâmetros de desidratação osmótica, estes pesquisadores concluíram que o aumento no valor desta variável de 25 para 45°C tornou a desidratação mais intensa, atingindo menores valores de conteúdo de umidade em castanha. No entanto este comportamento foi observado para todas as concentrações, embora a intensidade do efeito fosse maior com as soluções mais concentradas. De maneira similar para Tonon *et al.* (2006), a temperatura foi a variável que mais influenciou sobre a PU ao final do processo de desidratação de tomate em soluções ternárias, resultando em um aumento desta resposta.

De forma oposta, os resultados de El-Aouar *et al.* (2006) observaram que o efeito da temperatura da solução osmótica praticamente não influenciou

na PP durante a desidratação de mamão em soluções de xarope de milho e sacarose.

Em contrapartida, Tonon (2006), El-Aouar *et al.* (2006) e Ferrari *et al.* (2005) observaram que a temperatura foi o fator que mais influenciou no GS, na desidratação de tomate em soluções ternárias, mamão e melão, respectivamente.

O aumento da temperatura altera e eleva a permeabilidade da membrana celular e diminui a viscosidade da solução osmótica, permitindo maior ingresso de sacarose para fruta.

Na Tabela 4, podemos verificar que o DEI é um índice adequado para avaliar o processo de desidratação osmótica (Moreira *et al.*, 2007; Khin, Zhou e Perera, 2007), teve maior influência e negativa da concentração da solução, em seguida da temperatura com sinal positivo, ou seja, quanto maior for a concentração e menor a temperatura menor será o DEI.

No entanto, comparando as respostas do DEI com os demais (PU, GS e PP) observamos que os coeficientes de regressão foram insignificantes, desta forma a PU, por ter obtido os coeficientes lineares maiores, pode ser considerada também como um importante parâmetro para avaliar a desidratação osmótica.

Na Tabela 5, eliminando-se os fatores não significativos, verificou-se a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ($p < 0,05$), pelo teste F, na análise de variância (ANOVA).

Os coeficientes obtidos nos modelos que não tiveram um bom ajuste indicam apenas uma tendência de comportamento dessa resposta em relação às variáveis estudadas, não sendo adequados para ajustar um modelo e gerar superfícies de respostas.

Tabela 5. Análise de variância para PU, GS, PP e DEI na desidratação osmótica de jambo.

Fontes de variação	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado*}
PU					
Regressão	2829,74	9	314,42	1849,50	3,18
Resíduo	1,53	9	0,17		
Falta de ajuste	0,51	5	0,10	0,39	6,26
Erro puro	1,01	4	0,26		
Total	2831,28	18			R ² = 0,999
GS					
Regressão	492,38	9	54,71	106,23	3,18
Resíduo	4,63	9	0,52		
Falta de ajuste	2,74	5	0,55	1,16	6,26
Erro puro	1,89	4	0,47		
Total	497,02	18			R ² = 0,991
PP					
Regressão	1881,60	9	579,13	64,38	3,18
Resíduo	3,25	9	0,36		
Falta de ajuste	2,51	5	0,50	2,69	6,26
Erro puro	0,74	4	0,19		
Total	1884,85	18			R ² = 0,998
DEI					
Regressão	25,07	8	3,13	2,65 (NS)	3,07
Resíduo	11,83	10	1,18		
Falta de ajuste	11,81	6	1,97	437,33	3,58
Erro puro	0,02	4	0,0045		
Total	36,89	18			R ² = 0,699

SQ = soma quadrática; GL = grau de liberdade; MQ = Média quadrática; F_{calculado} = distribuição dos valores de F calculado (p<0,05); *Valores tabelados de F a p<0,05; NS: Não significativos (p>0,05).

5.3 - Análise sensorial

Tomando como parâmetro o DEI os ensaios 6 e 14 foram selecionados por apresentarem maiores valores. Os dois ensaios apresentaram boa PU e PP e um relativo GS.

A Tabela 6 apresenta os dados obtidos no teste de aceitação sensorial para os ensaios 6 e 14.

Observa-se que não há diferença significativa ($p>0,05$) no teste de aceitação para os dois produtos, no entanto, a nota para a qualidade global do ensaio 14 (45°C / 3h / 84°Brix) foi relativamente superior ao ensaio 6 (60°C / 2h / 70°Brix).

Tabela 6. Médias das notas dos atributos sensoriais.

Amostra	Aroma	Cor	Sabor	Textura	Qualidade Global
Ensaio 6	4,53±0,89 ^a	4,03±1,42 ^a	5,00±0,95 ^a	4,67±1,21 ^a	4,97±1,03 ^a
Ensaio 14	4,83±1,05 ^a	4,70±1,21 ^a	5,40±1,07 ^a	4,93±0,94 ^a	5,47±1,07 ^a

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem significativamente a nível de 5% de significância pelo teste “t” de student.

Nas figuras 8 , 9, 10 e 11 verificamos que no ensaio 14, o aroma , cor, sabor e textura foram mais apreciados pelos avaliadores, no entanto os dois primeiros atributos tiveram maior diferença em relação ao ensaio 6.

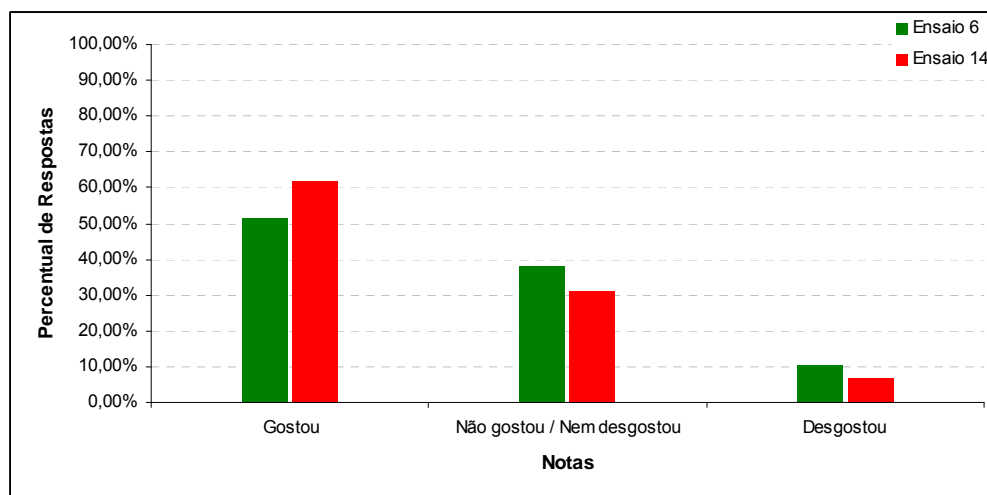


Figura 8. Percentual das respostas para a aroma.

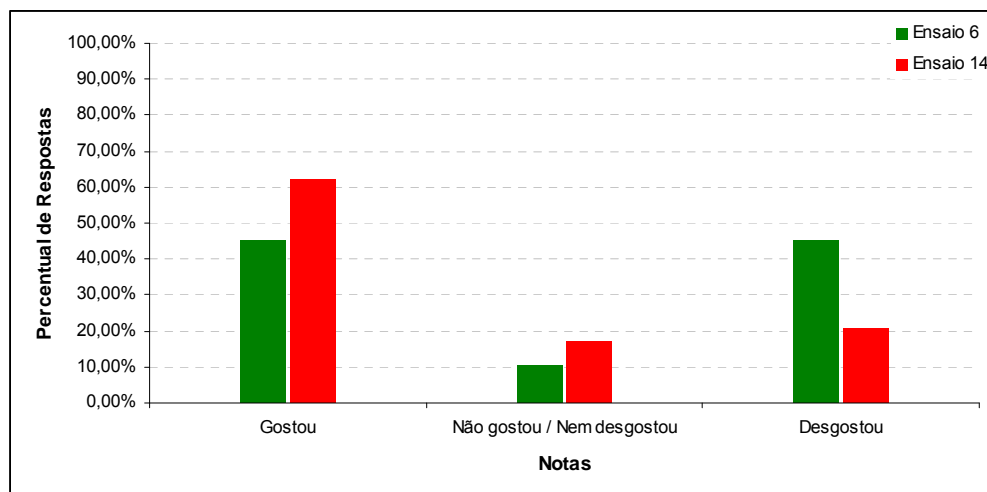


Figura 9. Percentual das respostas para a cor.

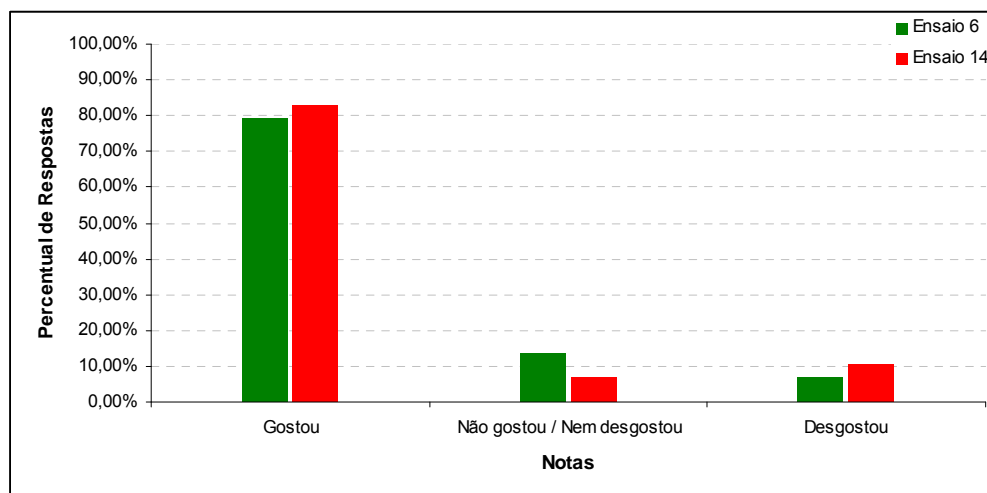


Figura 10. Percentual das respostas para o sabor.

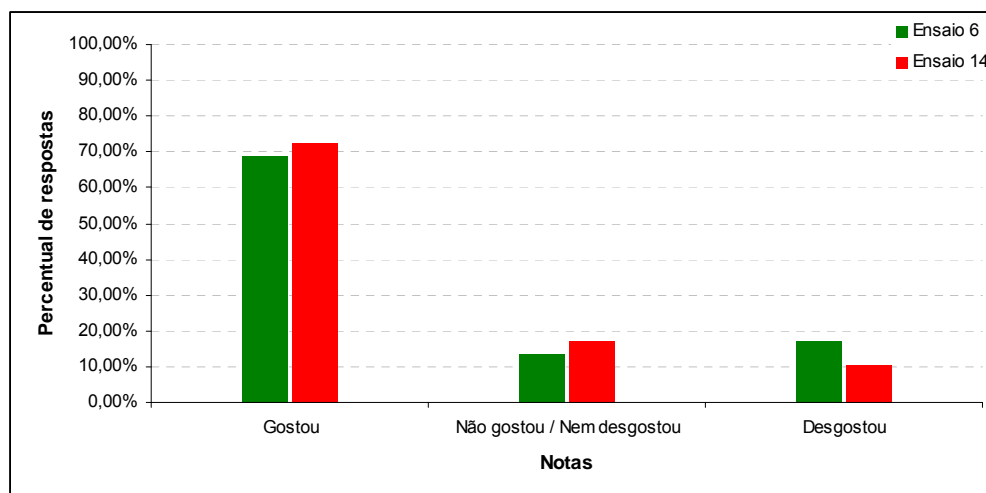


Figura 11. Percentual das respostas para a textura.

Na Figura 12, observa-se que no atributo qualidade global, os consumidores preferiram o ensaio 14, embora não tenha apresentado diferença significativa com o ensaio 6 ($p > 0,05$), desta forma este ensaio foi escolhido para o estudo de estabilidade microbiológica e a análise da composição centesimal.

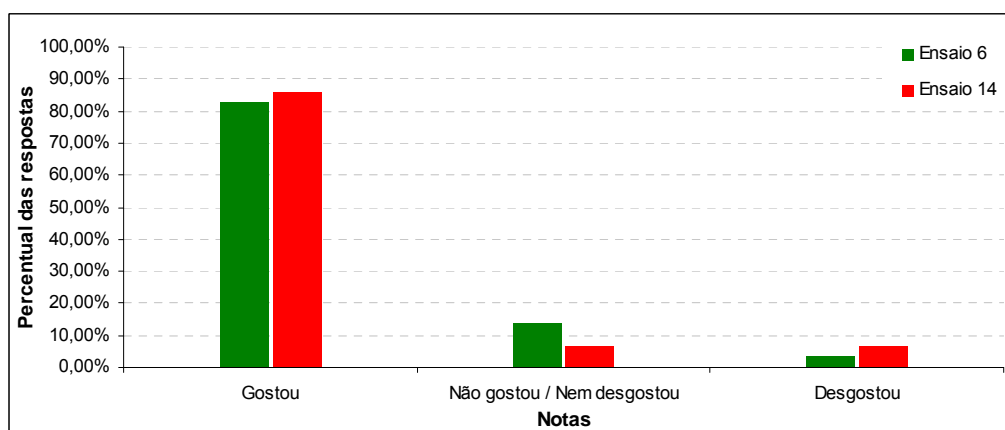


Figura 12. Percentual das respostas para a qualidade global

Pela Figura 13 e 14, o sabor e a textura foram os atributos que receberam as maiores notas para ambos os produtos.

Percentualmente para o atributo sabor, aproximadamente 48% dos julgadores deram a nota 5 para o ensaio 6 e 52% nota 6 para o ensaio 14. Para a textura, 59% e 45% dos julgadores deram nota 5 para os ensaios 6 e 14, respectivamente (Figura 13 e 14). Desta forma estes atributos foram os que mais influenciaram na aceitação positiva do produto.

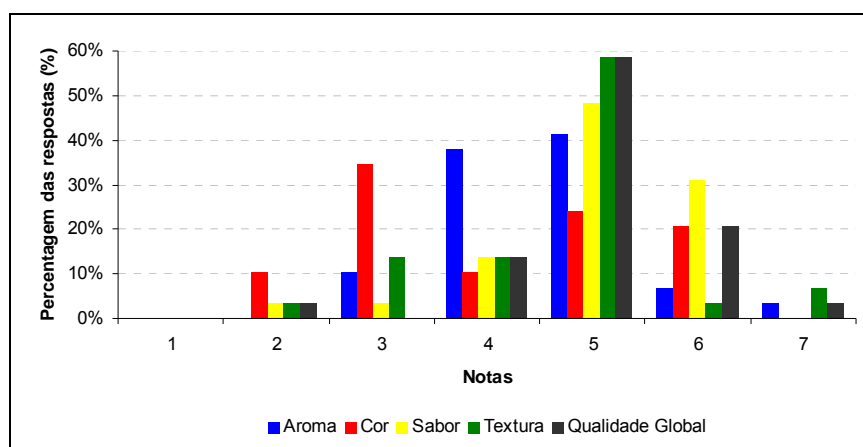


Figura 13. Frequência de distribuição das respostas sensoriais de aceitação para o ensaio 6.

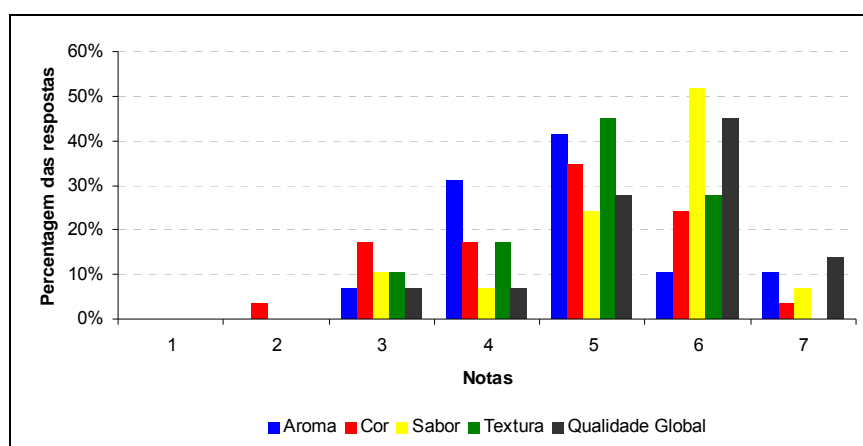


Figura 14. Frequência de distribuição das respostas sensoriais de aceitação para o ensaio 14.

Estes resultados estão de acordo com Elias *et al.* (2008) , afirmando que embora a aparência seja um fator de escolha no momento em que o produto é apresentado ao provador, o sabor e a textura tornam-se atributos de maior importância e influência quando o alimento é degustado.

Este resultado também foi encontrado por Azevedo & Jardine (2000) ao fazer a análise sensorial de abacaxis desidratados osmoticamente na qual as maiores notas e percentagens foram para sabor e textura.

Reis *et al.* (2007) afirmam que a procura e a aceitação de um determinado produto é baseada em sua qualidade. No caso de frutas e hortaliças, evidencia-se que os dois mais importantes atributos de qualidade são a cor e a textura, principalmente o primeiro, pois o consumidor geralmente julga, inicialmente, a qualidade de um produto pela aparência. Nesta pesquisa, a cor foi o atributo que recebeu as menores notas e estas com maior desvio padrão, ou seja, maior variabilidade.

5.4 - Avaliação da estabilidade microbiológica

Os resultados da análise microbiológica do ensaio 14 esta apresentado na Tabela 7.

Foi comprovada que o jambo desidratado osmoticamente estava de acordo com a legislação brasileira (ANVISA, 2001). A ausência de *Salmonella* e Coliformes a 45°C confirmam que os procedimentos sanitários e higiênicos foram corretamente seguidos desde a lavagem das frutas *in natura* até o armazenamento do jambo desidratado. Se houvesse a confirmação de tais

bactérias, a matéria prima deveria ser descartada para impedir qualquer tipo de contaminação.

Tabela 7. Caracterização microbiológica do jambo *in natura* e desidratado para 30, 60 e 90 dias.

Análises	Jambo in natura	Jambo desidratado	Legislação
Coliforme a 45°C	< 0,3 NMP	< 0,3 NMP	Max 10 ² /g
Salmonella	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g

NMP: número mais provável

Segundo Ribeiro *et al.* (2008), além da gravidade da constatação do alimento estar contaminado por microrganismos de origem fecal, a presença de *E. coli* pode ter um significado particularmente importante, uma vez que se constituem em linhagens enteropatogênicas, causadoras de vários surtos e gastroenterites, provocados pela ingestão de água e/ou alimentos contaminados.

A *Salmonella* constitui um alto risco à saúde do consumidor por ser um contaminante de alimentos manipulados sem cuidado higiênico-sanitários, além do armazenamento e transporte serem feitos de maneira inadequada.

Segundo Lima *et al.* (2004) estes resultados obtidos após o armazenamento podem ser atribuídos às características do produto, que possuem baixos níveis de umidade (atividade de água) aliados à presença de aditivos [metabissulfito de sódio (1%) e ácido cítrico (pH 4,0 a 5,0)], que os tornam desfavoráveis ao crescimento microbiano, principalmente mofo e leveduras, que são considerados os microrganismos responsáveis pela deterioração de alimentos de umidade intermediária.

5.5 - Avaliação da composição centesimal

Os resultados da análise físico-química estão apresentados na Figura 15.

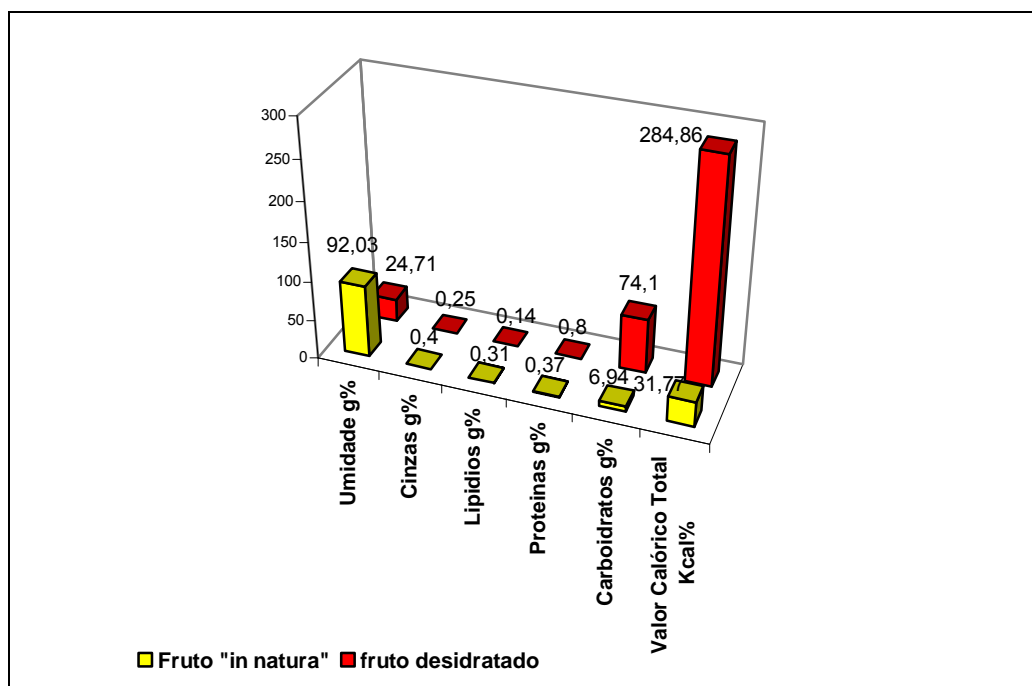


Figura 15. Efeitos da desidratação osmótica sobre a composição físico-química.

Os resultados da caracterização físico-química do jambo *in natura* e desidratado (Figura 15), permitem verificar que este como a maioria dos frutos apresentam alto conteúdo de umidade e baixo percentual de proteínas e lipídeos, resultados estes semelhantes aos achados por Falcão (2002) e Morton (1987).

Observa-se que a umidade do jambo desidratado é aproximadamente três vezes menor que a do *in natura*, o carboidrato e o valor calórico total é

aproximadamente dez e nove vezes maior, respectivamente no jambo desidratado.

O processo de desidratação osmótica seguida de secagem obteve um produto dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (ANVISA, 1978).

6 - CONCLUSÕES

Nas condições que esta pesquisa foi desenvolvida, os resultados obtidos permitem concluir que:

A concentração da solução osmótica, tempo de imersão e temperatura tiveram influência significativa sobre todas as variáveis dependentes, salientando que a concentração da solução osmótica e temperatura tiveram influencia maior sobre a PU e PP.

Os ensaios selecionados foram 6 e 14 devido a maior perda de umidade e menor ganho de sólidos.

O ensaio 14 apresentou maiores notas no atributo Qualidade Global;

Durante todo o período de armazenamento o ensaio 14 atendeu à legislação brasileira em vigor, confirmando as boas práticas de fabricação e as adequadas condições higiênico-sanitárias em todas as etapas de processamento.

O processo de desidratação, nas condições do ensaio 14 (45°C, 3h e 84°Brix) constitui uma boa alternativa para conservar o jambo e diversificar a sua oferta.

7 - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O. A. C. Association of Official Analytical Chemists: **Official Methods of Analysis** 16. ed. Washington, 1998.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n.12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 1-54, jan. 2001.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução CNNPA n.12, de 1978. Aprova: Normas Técnicas Especiais, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. . **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 1-75, 24 de julho de 1978.
- AIKALI, J. S., ARIAHU, C. C., NKPA, N. N. Kinetics of osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 30, p. 597-607, 2006.
- ALMEIDA, F. C. A., RIBEIRO, C. F. A., TOBINAGA, S., GOMES, J. P. Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins. Ver. Brás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 576-584, dez. 2005.
- ALVES, D. G., BARBOSA, J. L., ANTONIO, G. C., MURR, F. E. X. osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 68, p. 99-103, 2005.

- ANDRADE, S. A. C., METRI, J. C., NETO, B. B., GUERRA, N.B. Desidratação osmótica do Jenipapo (*Genipa amarerica* L.). **Ciência. Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 276-281, ago. 2003.
- ANDRADE, S. A. C., NETO, B. B., NÓBREGA, A. C., AZOUBEL, P. M., GUERRA, N. B. Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 551-555, jan.- mar. 2007.
- ANTONIO, G. C. ALVES, D. G., AZOUBEL, P. M. MURR, F. E. X., PARK, K. J. Influence of osmotic dehydration and high temperature short time processes on dried sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). **Journal of Food Engineering**, v 84, p. 375-382, 2007.
- ANTONIO, G. C., AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X., PARK, K. J. Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 696-701, jul.-set. 2008.
- ANTONIO, G. C., KUROZAWA, L. E., XIDIEH MURR, F. E., PARK, K. J. Otimização da desidratação osmótica de batata doce (*Ipomoea batatas*) utilizando metodologia de superfície de resposta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 2, p. 135-141, abr.-jun. 2006.
- ASCAR, J. M. **Alimentos: Aspectos bromatológicos e legais**. Análise percentual. São Leopoldo RS, Unisinos editora, v.01, 1985, p. 327.
- ATARÉS, L., CHIRALT, A., CORRADINI, M. G., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Effect of the solute on the development of compositional profiles in osmotic dehydrated apples slices. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 412-417, 2009.

- AZEVEDO, H. M. C., JARDINE, J. G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 78-82, abr. 2000.
- AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 291-295, 2004.
- AZUARA, E., BERISTAIN, C. I., GUTIÉRREZ, G. F. A method for continuous kinetic evaluation of osmotic dehydration. **Food Science and Technology**, v. 31, p. 317-321, 1998.
- AZUARA, E., CORTÉS, R., GARCIA, H. S., BERISTAIN, C. I. Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 27, p. 409-418, 1992.
- BARONI, A. F., HUBINGER, M. D. Kinetics of the dehydration of onion by immersion. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, p. 81-86, 1999.
- BERISTAIN, C. I., AZUARA, E., CORTÉS, R., GARCIA, H. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 25, p. 576-582, 1990.
- BORIN, I., FRASCARELI, E. C., MAURO, M. A., KIMURA, M. Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 39-50, jan – mar. 2008.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2005. **Métodos Físicos – Químicos para Análise de alimentos** / Ministério

da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Instituto Adolfo Lutz
– Brasília: Ministério da Saúde, 1018p.

CARDOSO, R. L., ONIGENO, A. E., COSTA, J. A., SANTIAGO, S. M.
Influência de diferentes temperaturas de estocagem no teor de acidez
total, sólidos solúveis totais e pH do jambo (*Eugenia malaccensis*, L.).
Magistra, v. 12, n. 1 / 2, jan./dez. 2000.

CARDOSO, R. L., SRUR, A. U. O. Características sensoriais do jambo
(*Eugenia malaccensis*, Lin.) enlatado. **Magistra**, n. 9, p. 7-15, 1996.

CASTELLÓ, M. L., IGUAL, M., FITO, P. J., CHIRALT, A. Influence of osmotic
dehydration on texture, respiration and microbial stability of Apple slices
(Var. Granny Smith). **Journal of Food Engineering**, v. 91, p. 1-9, 2009.

CHAVARRO-CASTRILLÓN, L. M., OCHOA-MARTÍNEZ, C. I., AYALA-
APONTE, A. Efecto de la madurez, geometría y presión sobre la cinética
de transferencia de masa em la deshidratación osmótica de papaya
(*Carica papaya* L., var. Maradol). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**,
v. 26, n. 3, p. 596-603, set. 2006.

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

CHENLO, F., MOREIRA, R., FERNÁNDEZ-HERRERO, C., VÁZQUEZ, G.
Osmotic dehydration of chestnut with sucrose: Mass transfer processes
and global kinetics modeling. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p.
765-774, 2007.

CHENLO, F., MOREIRA, R., PEREIRA, G., AMPUDIA, A. Viscosities of
aqueous solutions of sucrose and sodium chloride of interest in osmotic

- dehydration processes. **Journal of Food Engineering**. v. 54. p. 347-352. 2002.
- CHIRSLT, A., TALENS, P. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 167-177, 2005.
- CORZO, O., GOMEZ, E. R. Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 64, p. 213-219, 2004.
- COSTA, R. S., OLIVEIRA, I. V. M., MÔRO, F. V., MARTINS, A. B. G. Aspectos morfológicos e influência do tamanho da semente na germinação do jambo-vermelho. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 117-120, Abr. 2006.
- DE MICHELIS, A., PIRONE, B. N., VULLIOUD, M. B., OCHOA, M. R., KESSELER, A. G., MÁRQUEZ, C. A. Cambios de volumen, area superficial y factor de forma de Heywood durante la deshidratación de cerezas (*Prunus avium*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 317-321, abr.-jun. 2008.
- DERMESONLOUOGLOU, E. K. TAOUKIS, P. S. Osmodehydrofreezing of sensitive fruit and vegetables: Effect on quality characteristic and shelf life. **13th World Congress of Food Science & Technology**. 2006.
- DEROSSI, A., PILLI, T. D., SEVERINI, C., MCCARTHY, M. J. Mass Transfer during osmotic dehydration of apples. **Journal of Food Engineering**, v. 86, p. 519-528, 2008.
- DIONELLO, R. G., BERBERT, P. A., MOLINA, M. A. B., VIANA, A., CARLESSO, V. O., QUEIROZ, V. A. Desidratação por imersão - impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de

- açúcar invertido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 701-709, out.-dez. 2007.
- DJELVEH, G., GROS, J-B., EMAM-DJOMEH, Z. Osmotic dehydration of foods in a multicomponent solution Parte II. Water loss and solute uptake in agar gels and meat. **Food Science and Technology**, v. 34, p. 319-323, 2001.
- ELIAS, N. F., BERBET, P. A., MOLINA, M. A. B., VIANA, A. P., DIONELLO, R. G., QUEIROZ, V. A. V. Avaliação nutricional e sensorial de caqui cv Fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 322-328, abr.-jun. 2008.
- EL-AOUAR, A. A., AZOUBEL, P. M., BARBOSA JR, J. L., MURR, F. E. X.. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (Carica papaya L.). **Journal of Food Engineering**. v. 75, n 2, p. 267-274, 2006.)
- EMAM-DJOMEH, Z., DJELVEH, G., GROS, J-B. Osmotic dehydration of foods in a multicomponent solution Parte I. Lowering of solute uptake in agar gel: diffusion considerations. **Food Science and Technology**, v. 34, p. 312-318, 2001.
- EREN, I., KAYMAK-ERTEKIN, F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 344-352, 2007.
- ESCOBAR, M. P., GALINDO, F. G., WADSÖ, L., NÁJERA, J. R., SJÖHOLM, I. Effect of long-term storage and blanching pre - treatments on the osmotic dehydration kinetics of carrots (*Daucus carota* L. cv. Nerac). **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 313-317, 2007.

- FALADE, K. O., IGBEKA, J. C., AYANWUYI, F. A. Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 979-985, 2007.
- FALCÃO, M. A., PARALUPP, N. D., CLEMENT, C. R. Fenologia e produtividade do jambo (*Syzygium malaccensis*) na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 32, N. 1, p. 3-8, 2002.
- 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**, v. 77, p. 188-193, 2006.
- 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, p. 492-498, 2006.
- FERRANDO, M. SPIES, W. E. L. Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose, and trehalose solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 115-127, 2001.
- FERRARI, C. C., RODRIGUES, L. K., TONON, R. V., HUBINGER, M. D. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 564-570, set. 2005.
- FITO, P., BARAT, J. M., CHIRALT, A. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 77-85, 2001.
- FORNI, E., SORMANI, A., SCALISE, S., TORREGGIANI, D. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. **Food Research International**, v. 30, n. 2, p. 87-94, 1997.

- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 1ª Ed. Atheneu: São Paulo, 2003.
- GIRALDO, G., TALENS, P., FITO, P., CHIRALT, A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Engineering**, v. 58, p. 33-43, 2003.
- GODOY, O., CARVALHO, I. T., RIBEIRO, W., KRUTMAN, A. Produtos do jambo do Pará. **B. CEPPA**, v. 7, n. 2, p. 165-171, jul./dez., 1989.
- GOULARTE, V. D. S., ANTUNES, E. C., ANTUNES, P. I. Qualidade da maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 160-163, maio / ago. 2000.
- ISPIR, A., TOGRUL, I. T. Osmotic dehydration of apricot: Kinetic and the effect of process parameters. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 87, p. 166-180, 2009.
- ITO, A. P., CAVENACHI, M., BERTOLDO, C., PARK, K. J., HUBINGER, M. D. Efeito do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo na transferência de massa e nas propriedades reológicas e de cor de fatias de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27 (supl.), p. 54-63, ago. 2007.
- JALILA, V. R. R., NARAIN, N., SILVA, G. F. Effect of osmotic rehydration on drying characteristics of bananas fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 269-273, abr.-jun. 2008.
- KHIN, M. M., ZHOU, W., PERERA, C. O. Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 817-827, 2007.

- KHOYI, M. R., HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 1355-1360, 2007.
- LARANJEIRA, H. C. A. Otimização do processo de Desidratação Osmótica de Abacaxi (Ananás comosus (L.) Merrill) para aplicação à Tecnologia de Métodos Combinados. Campinas, 1997. 100p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas.
- LAZARIDES, H. D. GEKAS, V., & MAVROUDIS, N. Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissue undergoing osmotic processing. **Journal of Food Engineering**, v. 31, p. 315-324, 1997.
- LENART, A., KOWALSKA, H. Mass Exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 137-140, 2001.
- LEWICKI, P. P., PORZECKA-PAWLAK, R. effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 43-50, 2005.
- LIMA, A. S., FIGUEIREDO, R. W., MAIA, G. A., LIMA, J. R., SOUZA, P. H. M. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, abr. 2004.
- MARTIN, N. S. P. P., WASZCZYNSKYJ, N., MASSON, M. L. Efeito das variáveis na desidratação osmótica de manga cv. Tommy Atkins. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n. 6, p. 1755-1759, Nov. / dez. 2007.
- MARTINS, M. C. P., CUNHA, T. L., SILVA, M. R. Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passa de caju-do-cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 158-165, dez. 2008.

- MAVROUDIS, N., GEKAS, V., SJÖHOLM, I. Osmotic dehydration of apples – Effects of agitation and raw material characteristic. **Journal of Food Engineering**, v. 35, p. 191-209, 1998.
- MAYOR, L., CUNHA, R. L., SERENO, A. M. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. **Food Research International**, v. 40, p. 448-460, 2007.
- MOREIRA, R., CHENLO, F., TORRES, M. D., VÁZQUEZ, G. Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 1507-1514, 2007.
- MOREIRA, R., SERENO, A. M. Evaluation of mass transfer coefficients and volumetric shrinkage during osmotic dehydration of apple using sucrose solutions in static and non-static conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 57, p. 25-31, 2003.
- MORTON, J. **Fruits of warm climates**. Maplay Apple. Julia F. Morton, Miami, FL. p. 378- 381.1987.
- NETO, M. A. S., MAIA, G. A., LIMA, J. R., FIGUEIREDO, R. W., FILHO, M. S. M. S., LIMA, A. S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis do processo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, out. 2005.
- NIETO, A. B., SALVATORI, D. M., CASTRO, M. A., ALZAMORA, S. M. Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 269-278, 2004.
- NUNAK, N., SCHLEINING, G. A rapid blade-cutting method for the evaluation of osmotic dehydration of apples and potatoes. **Journal of Texture Studies**, v. 37, p. 80-93, 2006.

- ONIGENO, A. E., CARDOSO, R. L., COSTA, J. A.. Influência de diferentes temperaturas de estocagem no teor de vitamina C e peso do jambo. **Magistra**, n. 11, p. 59-66, 1999.
- PANADÉS, G., FITO, P., AGUIAR, Y., VILLAVICENCIO, M. N., A., COSTA, V. Osmotic dehydration of guava: Influence of operating parameters on process kinetics. **Journal of Food Engineering**, v. 72, p. 383-389, 2006.
- PEIRÓ, R., DIAS, V. M. C., CAMACHO, M. M., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. micro nutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 74, p. 299-307, 2006.
- PEIRÓ-MENA, R., CAMACHO, M. M., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Compositional and physicochemical changes associated to sucessive osmodehydration cycles of pineapple (*Ananas comosus*). **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 842-849, 2007.
- POINTING, J. D., WATERS, G. G., FORREY, R. R., JACKSON, R., STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, v. 20, p. 125-128, oct. 1966.
- RAHMAN, M. S., BUCKLE, K. S., PERERA, C. O. Osmotic dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 452-459, 1996.
- RASTOGI, N. K., RAGHAVARAO, K. S. M. S. Effect of temperature and concentration on osmotic dehydration of coconut. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 564-567, 1994.
- RASTOGI, N. K., RAGHAVARAO, K. S. M. S. Water and Solute Diffusion Coefficients of Carrot as a Function of Temperature and Concentration during Osmotic Dehydration. G. **Journal of Food Engineering**, v. 34, p. 429-440, 1997.

- REIS, K. C., AZEVEDO, L. F., SIQUEIRA, H. H., FERRUA, F. Q. Avaliação físico-química de goiabas desidratadas osmoticamente em diferentes soluções. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 781-785, maio / jun. 2007.
- RIBEIRO, S. C. A., PARK, K. J., HUBINGER, M. D., RIBEIRO, C. F. A., ARAUJO, E. A. F., TOBINAGA, S. Otimização da desidratação osmótica de filés de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) através da metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 485-492, 2008.
- RIZZOLO, A., GERLI, F.M PRINZIVALLI, C., BURATTI, S., TORREGGIANI, D. Headspace volatile compounds during osmotic dehydration of strawberries (cv Camarosa): Influence of osmotic solution composition and processing time. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 529-535, 2007.
- SABLANI, S. S., RAHMAN, M. S. Effect of concentration, temperature and sample geometry on equilibrium coefficients during osmotic dehydration of mango. **Food Research International**, v. 36, p. 65-71, 2003.
- SAMPAIO, R. S. Propagação vegetativa em *Mirlaceae* enxertia de cabedulinha (*Eugenia tomentosa*), jambo (*E. jambos*). Jambolão (*E. jambolana*) e pitanga (*E. uniflora*) em jambolão. **Revista de Agricultura**. Piracicaba, SP, p. 129-130, 1970.
- SAUREL, R. *et al.* Mass transfer phenomena osmotic dehydration of apple. I. Fresh plant tissue. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 29, p. 531-542. , 1994.
- SCALZO, R. L., PAPADIMITRU, C., BERTOLO, G., MAESTRELLI, A., TORREGGIANI, D. Influence of cultivar and osmotic Dehydration time on

- aroma profiles of muskmelon (*Cucumis melo*, cv *reticulatus* Naud.) spheres. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 261-264, 2001.
- SERENO, A. M., HUBINGER, M. D., COMESANÃ, J. F., CORREA, A. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 103-114, 2001.
- SHIGEMATSU, E., ELK, N. M., KIMURA, M., MAURO, M. Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 536-545, set. 2005.
- SILVEIRA, E. T. F., RAHMAN, M. S., BUCKLE, K, A. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. **Food Research International**, v. 29, n. 3-4, p. 227-233, 1996.
- SINGH, B., PANESAR, P. S., NANDA, V., GUPTA, A. K., KENNEDY, J. F. Application of response surface methodology for the osmotic dehydration of carrots. **Journal of Food Processing Engineering**, v. 29, p. 592-614, 2006.
- SOUSA, P. H. M., FILHO, M. S. M. S., MAIA, G. A., FIGUEIREDO, R. W., NETO, M. A. S., CARVALHO, J. M. Avaliação das curvas de secagem e da alteração de cor e textura da banana processada por desidratação osmótica seguida de secagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 179-185, 2003.
- SOUZA, P. H. M., MAIA, G. A., FILHO, M. S. M. S., FIGUEIREDO, R. W., NASSU, R. T. NETO, M. A. S. Influência da concentração e da proporção fruto:xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 126-130, dez. 2003.

- TALENS, P., ESCRIBE, I., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N., CHIRALT, A. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. **Food Research International**, v. 36, p. 635-642, 2003.
- TAVARES, J. T. Q., SILVA, C. L., CARDOSO, R. L., SILVA, M. A., CARVALHO, L. A., SANTOS, C. M. G. Aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio em frutos de jambeiro vermelho (*Eugenia malaccensis* L.). **Magistra**, v. 14, n. 2, p. 61-65, jul. / dez. 2002.
- TONON, R. V., BARONI, A. F., HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 715-723, set. 2006.
- TOOREGGIANI, D. BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 247-253, 2001.
- TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, p. 59-68, 1993.
- TSAMAO, C. V. P., BILAME, A., NDJOUENKEU, R., NONO, Y. J. Study of material transfer during osmotic dehydration of onion slices (*Allium cepa*) and tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*). **Food Science and Technology**, v. 38, p. 495-500, 2005.
- VIBERG, U., FREULER, S., GEKAS, V., SJOHOLM, I. Osmotic pretreatment of strawberries and shrinkage effects. **Journal of Food Engineering**, v. 35, p. 135-145, 1998.

8 - ANEXO I

Nome: _____

Data: _____

Idade: _____

Sexo: _____

Por favor, avalie as amostras de jambos desidratados e indique o quanto você gostou ou desgostou de cada um dos atributos sensoriais dos produtos, dando notas de acordo com a escala abaixo.

Código da amostra	671	145
Aroma		
Cor		
Sabor		
Textura		
Qualidade Global		

- 7) Gostei muitíssimo
- 6) Gostei muito
- 5) Gostei
- 4) Não gostei / nem desgostei
- 3) Desgostei
- 2) Desgostei muito
- 1) Desgostei muitíssimo