



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

OTIMIZAÇÃO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE UVA CRIMSON *SEEDLESS*
(*Vitis vinifera* L.)

RECIFE

2011

MARIA ANUNCIADA LEAL PORTO

OTIMIZAÇÃO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE UVA CRIMSON *SEEDLESS*

(*Vitis vinifera* L.)

Dissertação submetida à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Samara Alvachian Cardoso Andrade

CO-ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Nonete Barbosa Guerra

RECIFE

2011

Ficha catalográfica

P853o Porto, Maria Anunciada Leal
Otimização da desidratação osmótica de uva Crimson
Seedless (*Vitis vinifera* L.) / Maria Anunciada Leal Porto. –
Recife, 2011.
63 f.: il.

Orientadora: Samara Alvachian Cardoso Andrade.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Ciências Domésticas, Recife, 2011.
Referências.

1. Desidratação osmótica 2. Uva Crimson *Seedless*
3. *Vitis vinifera* L. 4. Planejamento fatorial I. Andrade,
Samara Alvachian Cardoso, orientadora II. Título

CDD 664

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

OTIMIZAÇÃO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE UVA CRIMSON SEEDLESS
(*Vitis vinifera* L.)

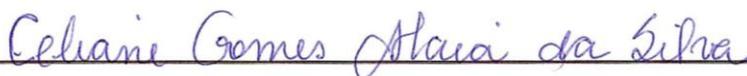
Por Maria Anunciada Leal Porto

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 29/08/2011 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em sua forma final.

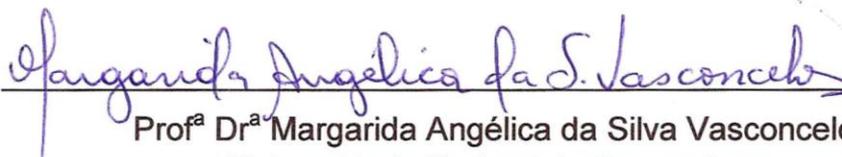
Banca Examinadora:



Prof^a Dr^a Maria Inês Sucupira Maciel
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof^a Dr^a Celiane Gomes Maia da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof^a Dr^a Margarida Angélica da Silva Vasconcelos
Universidade Federal de Pernambuco

Ao meu paizinho que é um “pãe” herói, meu ídolo e alicerce de vida. A minha querida mãe, que mesmo “longe” sempre está presente. E, a minha luz, razão de tudo que faço na vida, minha Ritoquinha;

Dedico.

Agradecimentos

À Deus que sempre me acompanhou e me deu forças na caminhada da vida;

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade;

Às minhas orientadoras Samara Alvachian Cardoso Andrade e Nonete Barbosa Guerra, pelo incentivo, atenção e sabias palavras;

Às professoras Celiane, Enayde, Maria Inês, Vera, e demais professores que sempre estiveram presentes e a Ana Engrácia, pelo apoio sempre;

À professora Maria Inês Sucupira Maciel pela sua dedicação e carinho em todos os momentos importantes e necessários desta jornada;

Às amigas que conquistei durante esta fase, que muito estudamos, mas também rirmos bastante, Deni (Aldenise), Dri (Adriana), Lídia, Mari (Mariane) e Mariazinha (Quésia);

À minha linda e pequena família: Meu Paizinho, meus irmãos Dyl, Beto, Penha e Guga, minhas cunhadas Erikinha, Carol e Amanda, meu cunhado Ide, minhas amadas sobrinhas Tata, Zelinha, Leca, Debbie e Belinha, e minha princesa Ritoquinha, pelo amor, paciência, apoio e compreensão nas ausências familiares;

À minha grande família, pelo amor e estímulo;

À Tatinha, pela dedicação e amor a minha pequenina, o que me ajudou na dedicação a este projeto;

À minha grande amiga Amanda, pelo carinho, lealdade e ajuda eterna;

A você, que me acompanhou, me deu forças e amor em todos os momentos, suportando com destreza as minhas “loucuras”;

E a todos que sempre, em algum momento, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, ou que torceram por mim...

Muito obrigada!

“Plante seu jardim e decore sua alma, ao invés de esperar que alguém lhe traga flores. E você aprende que realmente pode suportar, que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida!”

(William Shakespeare)

Lista de Figuras

Revisão de literatura

- Figura 1: Cultivo da uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.) no Vale15
do São Francisco
(<http://www.alagoasnegocios.com.br/conteudo/Index.asp?vCod=28959>)

Artigo - Desidratação osmótica da uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.).

- Figura 1: Fluxograma do processo de desidratação osmótica da uva37
Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.).
- Figura 2: Percentual de umidade durante a desidratação osmótica da43
uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.).
- Figura 3: Uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.) desidratada46
osmoticamente tratada com branqueamento, perfuração e
hidróxido de sódio.
- Figura 4: Uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.) desidratada46
osmoticamente tratada com branqueamento e perfuração.
- Figura 5: (a) Método Superfície de Resposta para PU em função do50
tempo (horas) versus concentração de sacarose (%); (b)
Linhas de Contorno para PU função do tempo (horas) versus
concentração de sacarose (%).
- Figura 6: (a) Método Superfície de Resposta para PU em função da52
temperatura (°C) versus tempo (horas); (b) Linhas de
Contorno para PU em função da temperatura (°C) versus
tempo (horas).
- Figura 7: (a) Método Superfície de Resposta para IS em função do53
tempo (horas) versus concentração de sacarose (%); (b)
Linhas de Contorno para IS em função do tempo (horas)
versus concentração de sacarose (%).
- Figura 8: Valores experimentais e estimados de razão de umidade54
pela estimativa dos parâmetros da equação de Page e
Thompson.
- Figura 9: Efeitos da desidratação osmótica sobre a composição55
centesimal da uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.).

Lista de Tabelas

Artigo - Desidratação osmótica da uva Crimson Seedless (*Vitis vinifera* L.).

Tabela 1: Níveis codificados e decodificados do planejamento fatorial fracionado 2^{6-2}39
Tabela 2: Níveis codificados e decodificados do delineamento composto central rotacional (DCCR) 2^339
Tabela 3: Estimativa dos efeitos para perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) para o planejamento fatorial 2^{6-2}44
Tabela 4: Valores codificados e respostas da DO para incorporação de sólidos (IS), perda de umidade (PU) e índice de eficiência de desidratação (IED), do DCCR para três fatores.47
Tabela 5: Valores dos coeficientes de regressão da modelagem das três respostas através da equação quadrática.48
Tabela 6: Análise de variância do modelo ajustado para PU, IS e IED.49
Tabela 7: Caracterização microbiológica da uva Crimson Seedless (<i>Vitis vinifera</i> L.) <i>in natura</i> e desidratada.56

Resumo

A uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.) é uma das mais importantes variedades sem sementes, devido ao seu atraente cacho médio, e grande bagas rosadas escuras. Apresenta característica sensorial excelente devido a sua textura firme e crocante, sabor que varia do doce ao neutro, e coloração uniforme. Destaca-se como a segunda variedade sem semente mais importante do Vale do São Francisco. À desidratação osmótica apresenta-se como boa alternativa para reduzir a atividade de água desta uva, permitindo o seu armazenamento por períodos longos e melhorando a sua estabilidade e qualidade. Esta pesquisa teve como objetivo relacionar as influências de diferentes parâmetros para um eficiente processo de desidratação osmótica deste fruto, com a finalidade de reduzir as perdas pós-colheita como também oferecer novas alternativas para o produtor. Para otimizar a desidratação osmótica foi realizado ensaio preliminar com as variáveis independentes: temperatura (T) (20°C a 40°C), tempo de imersão (t) (0,5 a 4,0 horas, com intervalos a cada 30 minutos) e concentração da solução osmótica (C) (35°Brix, 50°Brix e 60°Brix); sendo a variável dependente perda de umidade (PU). Em seguida foi aplicado planejamento fracionado 2^{6-2} , tendo como variáveis independentes: T (30°C e 50°C), t (1,0 e 4,0 horas), NaOH (0% e 2%), branqueamento (0 e 1 minuto), perfurações no fruto (0 e 16 perfurações/cm²) e C (30°Brix e 60°Brix); e as variáveis dependentes PU e incorporação de sólidos (IS). Prosseguindo foi realizado um planejamento fatorial 2^3 , com variáveis independentes: T (30°C a 50°C), t (1 a 4 horas) e C (40°Brix a 50°Brix), sendo constante o branqueamento (30 segundos) e perfurações (8 perfurações/cm²); as variáveis dependentes foram PU, IS e IED (Índice de Eficiência de Desidratação). As melhores condições para a desidratação osmótica utilizando o IED como parâmetro foi a aplicação de branqueamento por 30 segundos, 8 perfurações/cm², solução osmótica com 42°Brix, tempo de imersão de 1,6 horas e temperatura de 46°C. Os modelos de superfície de resposta obtidos foram preditivos para PU e IS, exceto para o IED. O produto selecionado ajustou melhor a equação de Page ($R^2 = 0,995$).

Palavras chaves: desidratação osmótica, uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.), planejamento fatorial.

Abstract

Crimson Seedless Grapes (*Vitis vinifera L.*) is one of the most important seedless variety, due to its attractive bunch medium, and large dark pink berries. It features excellent sensory characteristics due to its firm texture and crisp flavor that varies from sweet to neutral and uniform color. Stands out as the second most important seedless variety of the São Francisco. Osmotic dehydration is presented as a good alternative to reduce the water activity of this grape, allowing its storage for long periods and improving its stability and quality. This study aimed to relate the influences of different parameters for efficient osmotic dehydration of fruit, in order to reduce post-harvest losses as well as offer new alternatives for the producer. To optimize the osmotic dehydration preliminary test was conducted with independent variables: temperature (T) (20°C to 40°C), immersion time (t) (0.5 to 4.0 hours, with breaks every 30 minutes) and concentration of osmotic solution (C) (35°Brix, 50°Brix and 60°Brix) was the dependent variable moisture loss (ML). Then 2^{6-2} fractional design was used, having as independent variables: T (30°C and 50°C), t (1.0 and 4.0 hours), NaOH (0% and 2%), bleach (0 and 1 minute), perforated in the fruit (0 and 16 holes/cm²) and C (30°Brix and 60°Brix) and the dependent variables and solids ML and incorporation of solid (IS). Proceeding was conducted a factorial design 2^3 , with independent variables: T (30°C to 50°C), t (1 to 4 hours) and C (40°Brix to 50°Brix), being constant bleaching (30 seconds) and perforated (8 holes/cm²); the dependent variables were ML, IS and DEI (Dehydration Efficiency Index). The best conditions for osmotic dehydration using DEI as a parameter was the application of bleach for 30 seconds, 8 holes/cm², osmotic solution at 42°Brix, immersion time of 1.6 hours and temperature of 46 ° C. The response surface models obtained were predictive of ML and IS, except for DEI. The product selected best set Page's equation ($R^2 = 0.995$).

Keywords: osmotic dehydration; Crimson Seedless Grape (*Vitis vinifera L.*); factorial design.

Sumário

1. Introdução	12
2. Revisão de Literatura	14
2.1. Aspectos Gerais da Uva Crimson Seedlees (<i>Vitis vinifera</i> L.).....	14
2.2. Desidratação Osmótica	17
2.2.1. Fundamentos do Processo	17
2.2.2. Variáveis do Processo	20
2.2.2.1. Permeabilidade do Tecido Vegetal	20
2.2.2.2. Tipo e Concentração do Agente Osmótico	21
2.2.2.3. Temperatura	22
2.2.2.4. Tempo de Imersão	22
2.3. Sistema de secagem mais empregados em frutas.....	23
3. Objetivos	26
3.1. Objetivo Geral	26
3.2. Objetivos Específicos	26
4. Referências	27
5. Artigo - Otimização da desidratação osmótica da uva Crimson Seedless (<i>Vitis vinifera</i> L.)	33

1. Introdução

Tem-se observado que o mercado de uvas apresenta tendência de aumento do consumo de uvas sem sementes, substituindo as tradicionais com sementes (AMARAL; CAMARGO; OLIVEIRA, 2010). As uvas sem sementes vêm conquistando consumidores europeus, porém, no Brasil, a produção ainda é pouco significativa (COLOMBO et al., 2011).

A uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.) é uma das mais importantes variedades sem sementes, devido ao seu atraente cacho médio, e grande bagas rosadas. Apresenta característica sensorial excelente devido a sua textura, firmeza e sabor (FORTEA et al., 2009). Destaca-se como a segunda variedade sem sementes mais importante cultivada no Vale do São Francisco (SOUZA LEÃO, 2001; FELDBERG et al., 2008).

Este fruto é altamente perecível, suscetível à ocorrência de danos de diversas origens, deteriorando-se em poucos dias, fato que dificulta a sua comercialização, elevando o desperdício. Dos diversos processos desenvolvidos pelo homem, a secagem, o mais antigo processo de conservação de alimentos, apresenta-se viável para reverter este quadro. A aplicação dessa técnica reduz a umidade do produto, minimizando a possibilidade de deterioração microbiana e de reações químicas indesejáveis, sem que percam suas propriedades biológicas e nutritivas (MACHADO et al., 2011).

Neste contexto, para reduzir estes desperdícios à desidratação osmótica apresenta-se como boa alternativa para reduzir a atividade de água da uva, permitindo o seu armazenamento por períodos longos e melhorando a sua estabilidade e qualidade. O processo de desidratação osmótica consiste na imersão de alimentos em uma solução de baixa atividade de água, a fim de induzir a saída de água (CASTRO-GIRÁLDEZ et al., 2011).

Essa tecnologia pode ser utilizada como pré-tratamento de frutas tropicais, com o objetivo de obter produtos secos de alta qualidade (LOMBARDA et al., 2008).

Este processo envolve mecanismos de absorção de açúcar e remoção de água, e, como ambos são dependentes da temperatura e concentração, espera-se que estes parâmetros exerçam influência na velocidade de desidratação.

Desta forma, o desenvolvimento desta pesquisa se justifica pela representatividade de uvas no Brasil, principalmente na região nordeste onde se encontra uma das maiores plantações. Diante do exposto esta pesquisa teve como objetivo relacionar as influências de diferentes parâmetros para um eficiente processo de desidratação osmótica de uvas *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.), com a finalidade de reduzir as perdas pós-colheita como também oferecer novas alternativas para o produtor do referido fruto.

2. Revisão de Literatura

2.1. Aspectos Gerais da Uva Crimson Seedlees

O cultivo da videira teve início na Ásia Menor, na região entre os mares Negro e Cáspio. Muitos botânicos acreditam que essa região é o berço da *Vitis vinifera*, espécie da qual a maioria das variedades cultivadas provêm. No Brasil, a viticultura de mesa teve início em 1532, quando as primeiras vinhas foram trazidas para a capitania de São Vicente (MASHIMA, 2000).

O mercado de uvas *in natura* apresenta tendência no aumento do consumo de uvas sem sementes, substituindo as tradicionais uvas com sementes. As uvas apirênicas já dominaram o mercado dos Estados Unidos e Europa, e seguramente em outros mercados, como o brasileiro, os consumidores estão susceptíveis a mudanças de hábito de consumo, preferindo às uvas sem sementes, como sendo de melhor qualidade (AMARAL; CAMARGO; OLIVEIRA, 2010).

As condições ambientais do trópico brasileiro, em suas diferentes regiões, possibilitam o planejamento da produção de uvas ao longo do ano, o que pode garantir oferta permanente de uvas de boa qualidade, com ampla possibilidade de ocupar espaço em períodos de desabastecimento no mercado internacional (SOUZA LEÃO, 2001).

A produção de uvas de mesa representa um dos mais importantes agronegócios da fruticultura brasileira, destacando-se o polo Petrolina-PE e Juazeiro-BA (Figura 1) como o maior produtor nacional de uvas finas, com uma área colhida de 10.151 hectares em 2008, respondendo por 39,3% da produção de uva para o consumo *in natura* do País e por 98% das exportações brasileiras de uvas (SOUZA LEÃO; BRANDÃO; GONÇALVES, 2011).

Este polo concentra a maior produção nordestina da fruta, visto que a localidade possui característica ímpar na produção de uva, pois é único no mundo capaz de produzir mais de duas safras por ano (OLIVEIRA FILHO, 2011).



Figura 1: Cultivo da uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.) no Vale do São Francisco

(<http://www.alagoasnegocios.com.br/conteudo/Index.asp?vCod=28959>)

Consonante com as demandas do mercado, atualmente a criação de cultivares de uvas de mesa sem sementes é uma das grandes prioridades dos programas de melhoramento da videira em todo o mundo. O valor comercial da uva *Crimson Seedless* é influenciado por seu aspecto visual, principalmente, a atrativa coloração rosada escura e textura crocante (SOUZA LEÃO, 2001) e destaca-se como a segunda variedade sem sementes mais importante cultivada no Vale do São Francisco. (FELDBERG et al., 2008).

Estima-se que no ano de 2011, a safra brasileira de uva alcance a produção de 1.387.787 milhão de toneladas. Os estados de maior produtividade são Rio Grande do Sul, São Paulo e, em terceiro lugar Pernambuco. Dentre os quatro maiores municípios produtores estão Petrolina (PE), Bento Gonçalves (RS), Flores da Cunha (RS) e Caxias do Sul (RS), respondendo por 27,1% da produção nacional de uvas (IBGE, 2011).

O consumo de frutas, em especial as uvas, é considerado benéfico à saúde humana devido à ação dos nutrientes como vitaminas, minerais, fibras e os compostos fenólicos. Teófilo et al. (2011) afirmam que a uva é uma das maiores fontes dos flavonóides (antocianinas, flavanóis e flavonóis), estilbenos (resveratrol), ácidos fenólicos (derivados dos ácidos cinâmicos e benzóicos) e ampla variedade de taninos.

Brar, Singh, Swinny (2008) identificaram onze antocianinas e dois flavonóis na pele da baga de uva Crimson *Seedless*. Das antocianinas identificadas, quatro não haviam sido relatadas anteriormente [cyanidin 3-O-(6"-O-acetyl)-glucoside, peonidin 3-O-(6"-O-acetyl)-glucoside, malvidin 3-O-(6"-O-acetyl)-glucoside, malvidin 3-O-(6"-O-coumaroyl)-glucoside]. No estudo foi possível observar que há uma evolução das diferentes antocianinas e flavonóis na pele da uva Crimson *Seedless* durante o desenvolvimento e maturação da baga. Esses achados fortalecem a repercussão positiva à cerca do consumo desta fruta, tendo em vista que é considerada fonte de compostos com função antioxidante.

De acordo com Monteiro (2011), a importância no consumo de uvas e seus produtos se dá pelos polifenóis neles presentes, os quais estão associados à proteção antioxidante, prevenção de agregação plaquetária, redução da formação de trombos e da concentração de biomarcadores de inflamação. Além disso, foram observados em animais que estes compostos reduzem lipídeos plasmáticos, aumentam a atividade de enzimas antioxidantes e previnem a oxidação da LDL (LowDensityLipoprotein) e doenças coronarianas.

Considerando a repercussão positiva à saúde associada ao consumo de uvas, diferentes processos tecnológicos têm sido aplicados a esta fruta. As formas de apresentação dos produtos da uva ao mercado, as mais comuns são sucos, vinhos, uvas passas, geléias, entre outros. Vale ressaltar que o objetivo principal do emprego de tecnologias visa aumentar a vida de prateleira, bem como incluir novos produtos na rotina alimentar dos consumidores.

O aumento na produção de uvas sem sementes gera excedentes de qualidade inferior, que normalmente são comercializados a baixo preço para produção de vinagre ou descartados. A utilização do excedente de produção na

elaboração de passas pode ser uma alternativa de renda para os produtores de uva de mesa (FELDBERG et al., 2008).

As uvas secas contém açúcares concentrados e facilmente absorvido, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais e outras substâncias essenciais para o corpo humano (PENOV; ROYTCHEV; CHRISTOV, 2009). Estas passas podem ser obtidas através do processo de desidratação, no qual permite serem consumidas durante o ano todo (redução da perecibilidade) e a praticidade de transporte, bem como armazenamento, além de facilitar a exportação.

2.2. Desidratação Osmótica - DO

2.2.1. Fundamentos do Processo

A produção de alimentos, sua preservação e distribuição são consideradas até hoje grandes problemas para as políticas de segurança alimentar e nutricional, porém de acordo Walter Belik (2003) o conceito de Segurança Alimentar leva em consideração três aspectos principais: quantidade, qualidade e regularidade no acesso aos alimentos. Nota-se que está se utilizando a idéia de acesso aos alimentos, mas as populações de mais baixa renda ou devido a outros conflitos internos dos países, podem não ter acesso. Outro aspecto importante diz respeito à qualidade dos alimentos consumidos, o alimento não pode estar submetido a qualquer tipo de risco por contaminação, problemas de apodrecimento ou outros decorrentes de prazos de validade vencidos. O último elemento referente a esta definição diz respeito à regularidade, ou seja, as pessoas têm que ter acesso constante à alimentação (alimentando-se ao menos três vezes ao dia, como se passou a considerar recentemente).

A fome e o desperdício de alimentos são dois grandes problemas que o Brasil enfrenta, constituindo-se em um dos paradoxos do País, pois o Brasil é um dos maiores exportadores de produtos agrícolas do mundo, produzindo aproximadamente 140 milhões de toneladas de alimentos por ano, e, ao mesmo

tempo, existem milhões de excluídos sem acesso ao alimento em quantidade e/ou qualidade (GONDIM et al., 2005).

As frutas e hortaliças possuem a característica comum de sofrerem rápida deterioração, devido, principalmente, à quantidade de água livre. Para aumentar a estabilidade deste grupo de alimentos, torna-se necessário reduzir a quantidade de água para um teor intermediário, o que pode ser obtido pela elaboração de novos produtos, incluindo-se os desidratados. Desta forma, a desidratação constitui uma boa alternativa para elevar a vida de prateleira, aproveitar o excedente de produção, disponibilizando para o mercado consumidor produtos estáveis e seguros, agregar valor e atender as inúmeras divergências entre as preferências do consumidor (BEZERRA, 2007; CHITARRA, CHITARRA, 2005; GOMES et al., 2007; MARQUES et al., 2007).

A aplicação de calor sob condições controladas para remover grande parte de água presente no alimento depende das características de transferência de massa e energia, tanto do ar como do alimento (FELLOWS, 2006; BARBOSA-CÁNOVAS, VEGA-MERCADO, 2000). O processo de desidratação é complexo e afeta as propriedades dos alimentos de diversas maneiras. A maioria das alterações ocorridas no alimento por desidratação são desvantajosas para a qualidade do produto final. No entanto, as mudanças podem ser minimizadas pela utilização de um adequado processo em relação ao tipo de matéria-prima (LEWICKI, 2006).

Nos últimos anos, a desidratação osmótica tem sido utilizada como pré-tratamento para muitos processos como congelamento, secagem, secagem a vácuo, ao ar e fritura. Por isso é caracterizada como um dos processos mais adequados para obtenção de produtos de umidade intermediária com boas características sensoriais, melhor qualidade da textura, melhor estabilização da cor e reduzindo perdas de nutrientes, além de realce no sabor sem alterar sua integridade (ALMEIDA et al., 2005; LOMBARDA et al., 2008; ISPIR; TOĞRUL, 2009; AL-MUHTASHEB et al., 2010; GERMER et al., 2011).

Além disso, o processo osmótico pode ser empregado no desenvolvimento de produtos minimamente processados (TORRES et al, 2008; MORAGA et al, 2009), prolongando sua vida útil, com ligeira redução na atividade de água de frutas e

melhorar a estabilidade microbiológica, sem alterar consideravelmente as características de qualidade de frutas frescas (FERRARI et al., 2011).

Desidratação osmótica é um processo de desidratação parcial que envolve o contato direto do alimento com uma solução hipertônica, de um ou mais solutos, originando dois fluxos simultâneos e opostos: saída de água do produto para a solução e migração de solutos da solução para o produto (CHIRALT; FITO, 2003; ALMEIDA et al., 2005; AZOUBEL; MURR, 2010). Castro-Giráldez et al. (2011) descrevem que o processo de desidratação osmótica consiste na imersão de alimentos em solução de baixa atividade de água.

Este processo é normalmente utilizado para remover parcialmente a água através de tecidos vegetais, obtendo-se assim estabilização do alimento sem tratamentos de acidificação ou pasteurização. A força motriz para a difusão de água a partir do tecido na solução é fornecida pela maior pressão osmótica da solução hipertônica (ALMEIDA et al., 2005; ISPIR; TOĞRUL, 2009; GERMER et al., 2011).

Ribeiro et al. (2010) afirmam que a remoção parcial de água dos alimentos osmoticamente desidratados promove a saída de sólidos solúveis do alimento, mas que é quantitativamente desprezível, embora possa repercutir minimamente nas características sensoriais e nutricionais, podendo assim afetar a qualidade do produto (GERMER, 2011).

A transferência de massa e qualidade do produto final osmoticamente desidratado depende de vários fatores, como: permeabilidade do tecido (CHIRALT; FITO, 2003; ISPIR; TOĞRUL, 2009; MAYOR; MOREIRA; SERENO, 2011; MORENO et al., 2011); tipo e concentração do agente osmótico (PARK et al., 2002; AZOUBEL; MURR, 2004; EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007; DERMESONLOUOGLU; POURGOURI; TAOUKIS, 2008; BCHIR et al., 2009) e temperatura e tempo de processo (TORREGGIANI, 1993; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006; KHOYI; HESARI, 2007; BCHIR et al., 2009, ISPIR; TOĞRUL, 2009; UDDIN et al., 2004; ALAM; AMARJIT; SAWHNEY, 2010).

2.2.2. Variáveis do Processo

2.2.2.1. Permeabilidade do Tecido Vegetal

O conhecimento das propriedades físico-químicas dos alimentos é importante para um desenho adequado das operações de processo, bem como para o controle e melhoria da qualidade do produto final (MAYOR; MOREIRA; SERENO, 2011). A modelagem de processos osmóticos é limitada justamente pela complexidade e diversidade de estruturas em tecido biológico, bem como sobre a sua resposta estrutural ao estresse osmótico (CHIRALT; FITO, 2003).

Nos processos de desidratação, o calor e a transferência de massa podem modificar as propriedades físico-químicas do material, tais como composição química, propriedades mecânicas e de volume e porosidade. Além disso, a abordagem da fisiologia celular depende de grande número das propriedades biofísicas, como módulo de elasticidade e tortuosidade da parede celular, porosidade e permeabilidade da membrana (ISPIR; TOĞRUL, 2009; MAYOR; MOREIRA; SERENO, 2011).

O comportamento de transferência de massa de tecidos de plantas em tratamentos osmóticos é afetado pela fração de volume dos espaços intercelulares, presença de gás ou de fase líquida nos poros e permeabilidade das membranas celulares. Da mesma forma, as alterações estruturais também afetam o comportamento de transporte de massa (CHIRALT; FITO, 2003).

Durante a desidratação osmótica a transferência de massa ocorre através das membranas celulares semipermeáveis. Duas resistências se opõem a esta transferência: interna e externa. A dinâmica de fluidos da interface sólido-líquido delibera sobre a resistência externa, enquanto que a resistência interna, além de ser muito mais complexa, é influenciada pela estrutura celular, permeabilidade da membrana e parede celular, geometria dos frutos e interação entre os fluxos de massas diferentes (MORENO et al., 2011).

2.2.2.2. Tipo e Concentração do Agente Osmótico

A concentração da solução e a natureza dos solutos podem influenciar na taxa de remoção de água e impregnação de solutos no tecido vegetal. Azoubel e Murr (2004) ao pesquisarem a desidratação osmótica do tomate cereja, em soluções binárias, relataram que soluções de concentrações elevadas apresentam maior perda de água e coeficientes de difusão aparente comparados com as de menor concentração.

Dermesonlouoglou, Pourgouri e Taoukis (2008) afirmam que a escolha de soluto está relacionada com a perda de água, ganho de sólidos e propriedades sensoriais do produto final. Existem várias soluções (glicose, sacarose, frutose, sorbitol, xarope de milho, cloreto de sódio, e suas combinações) que podem ser empregadas durante a DO. Silva et al. (2011), consideraram a sacarose uma boa solução osmótica, especialmente quando o DO é aplicada como tratamento para secagem, porque reduz escurecimento enzimático e proporciona sabor agradável.

Eren e Kaymak-Ertekin (2007) ao desidratarem batatas observaram que solutos de alto peso molecular favorecem a perda de água e ganho de sólidos. Resultados opostos foram obtidos por Azoubel e Murr (2004) ao desidratarem tomate cereja, verificando que a solução osmótica de sal promoveu maior perda de umidade comparado a solução osmótica binária de sacarose e sal.

Ao desidratarem sementes de romã, Bchir et al (2009) utilizaram dois agentes osmóticos sacarose e glicose, e verificaram que o primeiro favoreceu a difusividade efetiva da água ao passo que a glicose a difusividade efetiva de sólidos, conseqüentemente maior impregnação. Quanto à perda de água estes achados corroboram com os resultados alcançados por Eren e Kaymak-Ertekin (2007).

Park et al. (2002) ao desidrataram cubos de pera, em soluções de sacarose a 40°Brix, 55°Brix e 70°Brix e temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C, relatam que o aumento da concentração na temperatura de 60°C provocou maior perda de água e ganho de sólidos.

2.2.2.3. *Temperatura*

A temperatura é um fator de grande importância no processo de DO, estando envolvida com a ruptura dos tecidos e membranas dos vegetais. Além disso, exerce efeito sobre a taxa de osmose, coeficiente de difusão da água e viscosidade da solução osmótica (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006). De acordo com Torreggiani (1993), apesar da temperatura gerar aumento da taxa de osmose, temperaturas acima de 45°C podem acarretar alterações nas características sensoriais e mudanças na parede celular do fruto.

Khoyi e Hesari (2007) ao desidratarem damascos com temperaturas entre 30°C e 60°C, verificaram que aumentando esta variável obtinham maiores perdas de umidade e ganho de sólidos, concluindo-se que a temperatura elevada provoca aumento nos coeficientes de difusão e diminuição da viscosidade da solução osmótica.

Ispir e Toğrul (2009) corroboram com os achados de Khoyi e Hesari (2007), visto que ao desidratarem o mesmo fruto verificaram que a taxa de perda de água e incorporação de sólidos estava diretamente relacionada com a temperatura da solução como também com a concentração; proporção entre a amostra e a solução e geometria da amostra.

2.2.2.4. *Tempo de Imersão*

De acordo com KOWALSKA e LENART (2001), as taxas de perda de umidade (PU) e de incorporação de sólidos (IS) nos vegetais são maiores no início da DO, devido ao maior gradiente de pressão osmótica existente entre o alimento e a solução hipertônica, notando-se diminuição da taxa de velocidade de osmose ao longo do tempo.

O tempo de imersão teve maior influencia sobre o ganho de sólidos durante a DO de cenouras, vindo em seguida a temperatura (UDDIN et al., 2004).

Alam, Amarjit e Sawhney (2010) utilizando a metodologia de superfície de resposta para investigar a cinética de DO de groselha indiana, relatam que o efeito

da concentração de açúcar (50°Brix - 70°Brix), temperatura da solução (30°C - 60°C) e tempo de imersão (60 minutos - 180 minutos) afetaram significativamente a PU e IS no fruto.

2.3. Sistemas de secagem mais empregados para frutas

Com o desenvolvimento de novos métodos de conservação e facilidade para obter frutas frescas no mercado, a secagem é atualmente considerada como mais um método empregado para diversificar produtos para a conveniência do consumidor (RAMOS et al., 2004).

O processo de secagem pode ser lento, utilizando baixa temperatura e velocidade do ar elevada. Esse sistema induz ao desenvolvimento de produtos uniformes e densos com taxa de reidratação e capacidade reduzida. Por outro lado, a taxa de secagem rápida resulta em produtos menos densos, mais resistentes, com uma crosta na superfície e maior taxa de reidratação, resultando em produtos com textura macia. O controle do parâmetro velocidade de secagem é fundamental na determinação das propriedades de textura dos frutos secos (RAMOS et al., 2004; BORGES et al., 2010).

Os sistemas de secagem podem ser representados por modelos matemáticos. Estes modelos utilizam as informações sobre as propriedades termofísicas do alimento. Os modelos são empíricos, e alguns derivam do modelo difusional da segunda lei de Fick para diferentes geometrias. Também para a secagem existem as isotermas de sorção e desorção que levam em consideração os parâmetros de percentual da umidade versus atividade de água (BARBOSA-CÁNOVAS; VEJA-MERCADO, 2000; VEGA GÁLVEZ, et al., 2007; BATISTA; ROMERO, 2010).

Na literatura, encontram-se vários métodos propostos para analisar a secagem em camada fina de produtos higroscópicos: os teóricos, semiteóricos e empíricos (JUNIOR; CORRÊA, 1999). Muita ênfase se tem dado ao desenvolvimento de modelos semiteóricos, que concorrem para que haja harmonia entre a teoria e a facilidade de uso. Tais modelos se baseiam de modo geral na Lei

de Newton. Quando se aplica esta Lei, presume-se que as condições sejam isotérmicas e que a resistência à transferência de umidade se restrinja apenas à superfície do produto. Entre os modelos semiteóricos, encontra-se o de Page (Equação 1), que têm sido amplamente utilizado (MARTINAZZO et al., 2007).

Equação de Page

$$RU = e^{-kt^n}$$

Equação 1

Sendo: RU= razão de umidade (adimensional); K, n constantes do modelo que dependem das condições de operação do processo de secagem e características do material a ser secado; t = tempo (minuto).

O método empírico é um método de abordagem com base em dados experimentais e na análise adimensional. Os modelos empíricos de secagem apresentam relação direta entre o conteúdo de umidade e o tempo de secagem; omitem os fundamentos do processo de secagem. Conseqüentemente, não oferecem visão apurada dos importantes processos que ocorrem durante o fenômeno, embora descrevam as curvas de secagem para determinadas condições experimentais; entre esses modelos, tem-se o de Thompson (Equação 2), tradicionalmente utilizados nos estudos de secagem de produtos agrícolas e de alimentos (MARTINAZZO et al., 2007).

Equação de Thompson

$$t = \ln(RU)^A + \ln(RU)^B \Rightarrow t = \ln(RU)^{A+B}$$

Equação 2

Sendo: A e B são constantes relacionadas à temperatura do ar e RU é a razão de umidade.

Ribeiro et al. (2003), determinaram a taxa de redução de água, em função da temperatura, fluxo de ar e período de pré-secagem, assim como ajustaram diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais para representação da cinética de secagem do café cereja descascado. Utilizaram os modelos matemáticos clássicos de secagem, como: exponencial, page, resíduos sucessivos (com dois termos) e Thompson, e, afirmaram que as curvas de secagem para todas as temperaturas tiveram um bom ajuste, com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,97.

Demir et al. (2004), ao avaliarem cinco modelos matemáticos diferentes, para determinar as melhores condições de secagem sobre a cor e quantidade de óleos essenciais das folhas de louro (*Laurusnobilis* L.), concluíram ser o modelo de Page o que melhor descreveu o processo de secagem.

3. *Objetivos*

3.1. Objetivo Geral

1. Otimizar o processo de desidratação osmótica da uva *Crimson Seedless (Vitis vinifera L.)*.

3.2. Objetivos Específicos

1. Investigar a ação do pré-tratamento do fruto por Branqueamento, Hidróxido de sódio e Perfurações sobre a eficiência do processo de desidratação;
2. Avaliar o efeito da temperatura, tempo de imersão e concentração da solução osmótica sobre a Perda de Umidade (PU), Incorporação de Sólidos IS) e Índice de Eficiência de Desidratação (IED);
3. Estabelecer as melhores condições de processo para a uva, utilizando como parâmetro o DEI;
4. Avaliar as características de qualidade físico-química e microbiológica do produto selecionado;
5. Determinar a cinética de secagem para o produto selecionado.

4. Referências

ALAM, M.S.; AMARJIT, S.; SAWHNEY, B. K. Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices. **Journal Food Science Technology**, v.47, n.1, p.47–54, 2010.

ALMEIDA, F.A.C.; RIBEIRO, C.F.A.; TOBINAGA, S.; GOMES, J. Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.576-584, 2005.

AL-MUHTASEB, A.H.; AL-HARAHSEH, M.; HARARAH, M.; MAGEE, T.R.A. Drying characteristics and quality change of unutilized-protein rich-tomato pomace with and without osmotic pre-treatment. **Industrial Crops and Products**, n.31, p.171–177, 2010.

AMARAL, A. L.; CAMARGO, U. A; OLIVEIRA, P.R.D. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento - Encarte Especial – Uvas sem sementes**. Disponível em <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio10/uvas.pdf>. Acesso em 25 de maio de 2010.

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.

AZOUBEL, P.M.; MURR, F.E.X. Optimisation of Osmotic Dehydration of Cashew Apple (*Anacardium occidentale* L.) in Sugar Solutions. **Food Science and Technology International**, n.9, p.427-433, 2010.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; VEGA-MERCADO, H. **Deshidratación de alimentos**. Espanha: Editorial ACRIBIA, 2000. p.297.

BATISTA, G.B.; ROMERO, J.T. **Avaliação e modelamento da cinética de secagem de casca de banana nanica em um secador de leito fixo**. Unesp - Universidade Estadual Paulista - PROPE - Pró-Reitoria de Pesquisa. Disponível em http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_36878785898.pdf. Acesso em 13 de dezembro de 2010.

BCHIR, B.; BESBES, S.; ATTIA, H.; BLECKER, C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds: mass transfer kinetics and differential scanning calorimetry characterization. **International Journal of Food Science and Technology**, n.44, p.2208–2217, 2009.

BELIK, W. Perspectivas para segurança alimentar e nutricional no Brasil. **Saúde e Sociedade**, v.12, n.1, p.12-20, 2003.

BEZERRA, T. S. **Desidratação de hortaliças: aspectos teóricos**. 2007. 54f. Monografia (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Curso de Especialização lato sensu em Tecnologia de Alimentos, Centro de Excelência e Turismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BORGES, S.V.; MANCINI, M.C.; CORRÊA, J.G.; LEITE, J. Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.3, p.605-612, 2010.

BRAR, H.S.; SINGH, Z.; SWINNY, E. Dynamics of anthocyanin and flavonol profiles in the 'Crimson Seedless' grape berry skin during development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v.117, n.4, p.349-356, 2008.

CASTRO-GIRÁLDEZ, M.; TYLEWICZ, U.; FITO, P.J.; DALLA ROSA, M.; FITO, P. Analysis of chemical and structural changes in kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv Hayward) through the osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, n.105, p.599–608, 2011.

CHIRALT, A.; FITO, P. Transport Mechanisms in Osmotic Dehydration: The Role of the Structure. **Food Science and Technology International**, v.3, n.9, p.179-186, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora UFLA, 2005. p.783.

COLOMBO, L.A.; ASSIS, A.M.; SATO, A.J.; TESSMANN, D.J.; GENTA, W.; ROBERTO, S.R. Produção fora de época da videira 'BRS Clara' sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, v.41, n.2, p.212-218, 2011.

DEMIR, V.; GUNHAN, T.; YAGCIOGLU, A. K.; DEGIRMENCIOGLU, A. Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. **Biosystems Engineering**, v.88, n.3, p.325-335, 2004.

DERMESONLOUOGLU, E.K.; POURGOURI, S.; TAOUKIS, P.S. Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucumber. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, n.9, p.542–549, 2008.

EREN, I.; KAYMAK-ERTEKIN, F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, n.79, p.344–352, 2007.

FELDBERG, N.P.; MOTA, R.V.; SIMÕES, W.L.; REGINA, M.A. Viabilidade da utilização de descartes de produção de uvas sem sementes para elaboração de passas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.3, p.846-849, 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2° ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p.602.

FERRARI, C.C.; ARBALLO, J.R.; MASCHERONI, R.H.; HUBINGER, M.D. Modelling of mass transfer and texture evaluation during osmotic dehydration of melon under vacuum. **International Journal of Food Science and Technology**, n.46, p.436–443, 2011.

FORTEA, M.I.; LÓPEZ-MIRANDA, S.; SERRANO-MARTÍNEZ, A.; CARREÑO, J.; NÚÑEZ-DELICADO, E. Kinetic characterisation and thermal inactivation study of polyphenol oxidase and peroxidase from table grape (Crimson Seedless). **Food Chemistry**, v.113, n.4, p.1008-1014, 2009.

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

GOMES, A. T.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Desidratação Osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.3, n.3, p.212-226, 2007.

GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.825-827, 2005.

IBGE. **Dados de Previsão de Safra. Produção** - Brasil - abril 2011. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=2&z=t&o=11&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1>. Acesso em: 03 jun 2011.

ISPIR, A.; TOĞRUL, I.T. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. **Chemical Engineering Research and Design**, n.87, p.166–180, 2009.

JÚNIOR, P.C.A.; CORRÊA, P.C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.349-353, 1999.

KHOYI, M. R., HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, n.78, p.1355-1360, 2007.

KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, v.49, p.137-140, 2001.

LEWICKI, P.P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science & Technology**, n.17, p.153–163, 2006.

LOMBARDA, G.E.; OLIVEIRAC, J.C.; FITOB, P.; ANDRÉS, A. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. **Journal of Food Engineering**, v.85, n.2, p.277-284, 2008.

MACHADO, A.V.; OLIVEIRA, E.L.; SANTOS, E.S.; OLIVEIRA, J.A.; FREITAS, L.M. Avaliação de um secador solar sob convecção forçada para a secagem do pedúnculo de caju. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.1, p.1-7, 2011.

MARQUES, L. F.; DUARTE, M. E. M.; RANGEL, M. E.; MATA, M. C.; NUNES, L. S.; COSTA, T. L.; et al. Secagem precedida de desidratação osmótica de pseudofruto de caju: comparação entre modelos matemáticos aplicados. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.9, n.2, p.161-170, 2007.

MARTINAZZO, A.P.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; MELO, E.C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.301–306, 2007.

MASHIMA, C.H. **Perfil de Negócios - Uva sem Sementes**. SEBRAE: Recife, 2000. 36p.

MAYOR, L.; MOREIRA R.; SERENO, A.M. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fruits. **Journal of Food Engineering**, v.103, p.29–37, 2011.

MONTEIRO, M.P. **Bebida à base de subproduto da uva: efeitos sobre o estresse oxidativo e marcadores de risco de doenças cardiovasculares em mulheres saudáveis**. 2011. 100f. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Nutrição em Saúde Pública. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. São Paulo-SP, 2011.

MORAGA, M.J.; MORAGA, G.; FITO, P.J.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of vacuum impregnation with calcium lactate on the osmotic dehydration kinetics and quality of osmodehydrated grapefruit. **Journal of Food Engineering**, n.90, p.372–379, 2009.

MORENO, J.; CHIRALT, A.; ESCRICHE, I; SERRA, J.A. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. **Food Research International**, n.33, p.609–616, 2000.

MORENO, J.; SIMPSON, R.; SAYAS, M.; SEGURA, I.; ALDANA, O.; ALMONACID, S. Influence of ohmic heating and vacuum impregnation on the osmotic dehydration kinetics and microstructure of pears (cv. Packham's Triumph). **Journal of Food Engineering**, n.104, p.621–627, 2011.

OLIVEIRA FILHO, F.A. Produção, área colhida e efetivo de uva no Nordeste. Informe Rural ETENE, n.5, p.1-6, 2011.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R.; PARK, H. K. B. P. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). **Journal of Food Engineering**, v.52, p.293-298, 2002.

PENOV, N.; ROYTCHEV, V.; CHRISTOV, Ch. Influence of osmotic treatment in the drying of Sultanina grapes (*Vitis vinifera* L.). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.5, n.15, p.386-392, 2009.

RAMOS, I.N.; SILVA, C.L.M.; SERENO, A.M.; AGUILERA, J.M. Quantification of microstructural changes during first stage air drying of grape tissue. **Journal of Food Engineering**, n.62, p.159–164, 2004.

RIBEIRO, D.M.; BORÉM, F.M.; ANDRADE, E.T.; ROSA, S.D.V.F. Taxa de redução de água do café cereja descascado em função da temperatura da massa, fluxo de ar e período de pré-secagem. *Revista Brasileira de Armazenamento*, n.7, p. 94-107, 2003.

RIBEIRO, S.C.A.; PARK, K.J.; HUBINGER, M.D.; RIBEIRO, C.F.A.; ARAÚJO, E.A.F.; TOBINAGA, S. Análise sensorial de músculo de mapará com e sem tratamento osmótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, ed.30, supl.1, p.24-32, 2010.

SILVA, K.S.; CAETANO, L.C.; GARCIA, C.C.; ROMERO, J.T.; SANTOS, A.B.; MAURO, M.A. Osmotic dehydration process for low temperature blanched pumkin. **Journal of Food Engineering**, v.105, p-56-64, 2011.

SOUZA LEÃO, P.C. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - Comportamento das Variedades de Uva Sem Sementes Crimson Seedless e Fantasy Seedless no Submédio São Francisco**. EMBRAPA SEMI ÁRIDO, 2001, 21p.

SOUZA LEÃO, P.C.; BRANDÃO, E.O.; GONÇALVES, N.P.S. Caracterização agrônômica e molecular do clone Itália Muscat no submédio do Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.297-302, 2011.

TEÓFILO, J.S.C.; BERNARDO, G.L.; SILVA, E.L.; PROENÇA, R.P.C. Aquecimento de vinho tinto e suco de uva utilizados em preparações culinárias não afeta a capacidade antioxidante e o teor de fenóis totais. **Revista de Nutrição**, v.24, n.1, p.153-159, 2011.

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, 2006.

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

TORRES, J.D.; TALENS, P.; ESCRICHE, I.; CHIRALT, A. Influence of process conditions on mechanical properties of osmotically dehydrated mango. **Journal of Food Engineering**, n.74, p.240–246, 2006.

UDDIN, M.B.; AINSWORTH, P.; IBANOĞLU, Ş. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, n.65, p.473–477, 2004.

VEGA GÁLVEZ, A.; TELLO, I.C.; LEMUS, M.R. Mathematical simulation of drying process of chilean gracilaria (*Gracilaria chilensis*). **Revista Chilena de Ingeniería**, v.15, n.1, p.55-64, 2007.

5. Resultados e Discussão

5.1 Artigo

*Otimização da desidratação osmótica de uva Crimson
Seedless (Vitis vinifera L.)*

Resumo

A uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.) é uma das mais importantes variedades sem sementes, devido ao seu atraente cacho médio, e grande bagas rosadas escuras. Apresenta característica sensorial excelente devido a sua textura firme e crocante, sabor que varia do doce ao neutro, e coloração uniforme. Destaca-se como a segunda variedade sem semente mais importante do Vale do São Francisco. À desidratação osmótica apresenta-se como boa alternativa para reduzir a atividade de água desta uva, permitindo o seu armazenamento por períodos longos e melhorando a sua estabilidade e qualidade. Esta pesquisa teve como objetivo relacionar as influências de diferentes parâmetros para um eficiente processo de desidratação osmótica deste fruto, com a finalidade de reduzir as perdas pós-colheita como também oferecer novas alternativas para o produtor. Para otimizar a desidratação osmótica foi realizado ensaio preliminar com as variáveis independentes: temperatura (T) (20°C a 40°C), tempo de imersão (t) (0,5 a 4,0 horas, com intervalos a cada 30 minutos) e concentração da solução osmótica (C) (35°Brix, 50°Brix e 60°Brix); sendo a variável dependente perda de umidade (PU). Em seguida foi aplicado planejamento fracionado 2^{6-2} , tendo como variáveis independentes: T (30°C e 50°C), t (1,0 e 4,0 horas), NaOH (0% e 2%), branqueamento (0 e 1 minuto), perfurações no fruto (0 e 16 perfurações/cm²) e C (30°Brix e 60°Brix); e as variáveis dependentes PU e incorporação de sólidos (IS). Prosseguindo foi realizado um planejamento fatorial 2^3 , com variáveis independentes: T (30°C a 50°C), t (1 a 4 horas) e C (40°Brix a 50°Brix), sendo constante o branqueamento (30 segundos) e perfurações (8 perfurações/cm²); as variáveis dependentes foram PU, IS e IED (Índice de Eficiência de Desidratação). As melhores condições para a desidratação osmótica utilizando o IED como parâmetro foi a aplicação de branqueamento por 30 segundos, 8 perfurações/cm², solução osmótica com 42°Brix, tempo de imersão de 1,6 horas e temperatura de 46°C. Os modelos de superfície de resposta obtidos foram preditivos para PU e IS, exceto para o IED. O produto selecionado ajustou melhor a equação de Page ($R^2 = 0,995$).

Palavras chaves: desidratação osmótica, uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.), planejamento fatorial.

Abstract

Crimson Seedless Grapes (*Vitis vinifera L.*) is one of the most important seedless variety, due to its attractive bunch medium, and large dark pink berries. It features excellent sensory characteristics due to its firm texture and crisp flavor that varies from sweet to neutral and uniform color. Stands out as the second most important seedless variety of the São Francisco. Osmotic dehydration is presented as a good alternative to reduce the water activity of this grape, allowing its storage for long periods and improving its stability and quality. This study aimed to relate the influences of different parameters for efficient osmotic dehydration of fruit, in order to reduce post-harvest losses as well as offer new alternatives for the producer. To optimize the osmotic dehydration preliminary test was conducted with independent variables: temperature (T) (20°C to 40°C), immersion time (t) (0.5 to 4.0 hours, with breaks every 30 minutes) and concentration of osmotic solution (C) (35°Brix, 50°Brix and 60°Brix) was the dependent variable moisture loss (ML). Then 2^{6-2} fractional design was used, having as independent variables: T (30°C and 50°C), t (1.0 and 4.0 hours), NaOH (0% and 2%), bleach (0 and 1 minute), perforated in the fruit (0 and 16 holes/cm²) and C (30°Brix and 60°Brix) and the dependent variables and solids ML and incorporation of solid (IS). Proceeding was conducted a factorial design 2^3 , with independent variables: T (30°C to 50°C), t (1 to 4 hours) and C (40°Brix to 50°Brix), being constant bleaching (30 seconds) and perforated (8 holes/cm²); the dependent variables were ML, IS and DEI (Dehydration Efficiency Index). The best conditions for osmotic dehydration using DEI as a parameter was the application of bleach for 30 seconds, 8 holes/cm², osmotic solution at 42°Brix, immersion time of 1.6 hours and temperature of 46 ° C. The response surface models obtained were predictive of ML and IS, except for DEI. The product selected best set Page's equation ($R^2 = 0.995$).

Keywords: osmotic dehydration; Crimson Seedless Grape (*Vitis vinifera L.*); factorial design.

1. Introdução

O mercado de uvas *in natura* apresenta tendência no aumento do consumo de uvas sem sementes, substituindo as tradicionais uvas com sementes. As uvas *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.) é uma das principais variedades sem sementes, sendo a segunda variedade mais importante cultivada no Vale do São Francisco (SOUZA LEÃO, 2001; FELDBERG et al., 2008).

É necessário a aplicação de métodos de preservação, pois trata de um fruto altamente perecível, decompondo-se em poucos dias, elevando assim o desperdício e dificultando a sua comercialização.

Os processos tecnológicos de desidratação ou secagem são os mais utilizados na conservação de produtos agropecuários. A aplicação dessa técnica reduz a umidade do produto, minimizando a possibilidade de deterioração microbiana e de reações químicas indesejáveis sem que percam suas propriedades biológicas e nutritivas (MACHADO et al., 2011). Vale destacar que dentre os processos de redução de umidade, a desidratação osmótica tem se mostrado bastante eficiente.

Neste contexto, a desidratação osmótica (DO) apresenta-se como alternativa para reduzir a umidade inicial do fruto. Este processo envolve mecanismos de absorção de açúcar e remoção de água, minimizando a perecibilidade de deterioração microbiana e de reações químicas indesejáveis, sem que percam suas propriedades biológicas e nutritivas (MACHADO et al., 2011).

Desta forma, o desenvolvimento deste estudo se justifica pela representatividade de uvas no Brasil, principalmente na região nordeste onde se encontra uma das maiores plantações. Diante do exposto esta pesquisa teve como objetivo relacionar as influências de diferentes parâmetros para um eficiente processo de desidratação osmótica de uvas *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.), com a finalidade de reduzir as perdas pós-colheita como também oferecer novas alternativas para o produtor do referido fruto.

2. Material e Métodos

2.1. Material

Matéria Prima

Uvas Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.) no estágio de maturação maduro, com bagas em forma elíptica e coloração rosa escuro e uniforme, apresentando peso entre 3,5g e 4,5g por fruto, sólidos solúveis variando entre 16 e 19ºBrix, foram adquiridas em supermercado local (Recife-PE). As frutas estavam embaladas em bandejas de poliestireno e cobertas por filme plástico, sendo transportadas em caixas isotérmicas, para o Laboratório de Análises Físico-Químicas de Alimentos (LAFQA) do Departamento de Ciências Domésticas (DCD), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e para o Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos Nonete Barbosa Guerra (LEAAL), do Departamento de Nutrição, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

2.2. Métodos

2.2.1. Processo Tecnológico

O processo de desidratação osmótica foi realizado de acordo com as etapas descritas no fluxograma apresentado na Figura 1.

O processo de desidratação foi conduzido em diferentes concentrações de solução osmótica, mantidas sob temperatura controlada e agitação constante (260 rpm), de acordo com delineamento experimental definido. A relação amostra/solução foi de 1g do fruto para cada 20g da solução osmótica, com a finalidade de minimizar mudanças na concentração da solução durante a osmose.

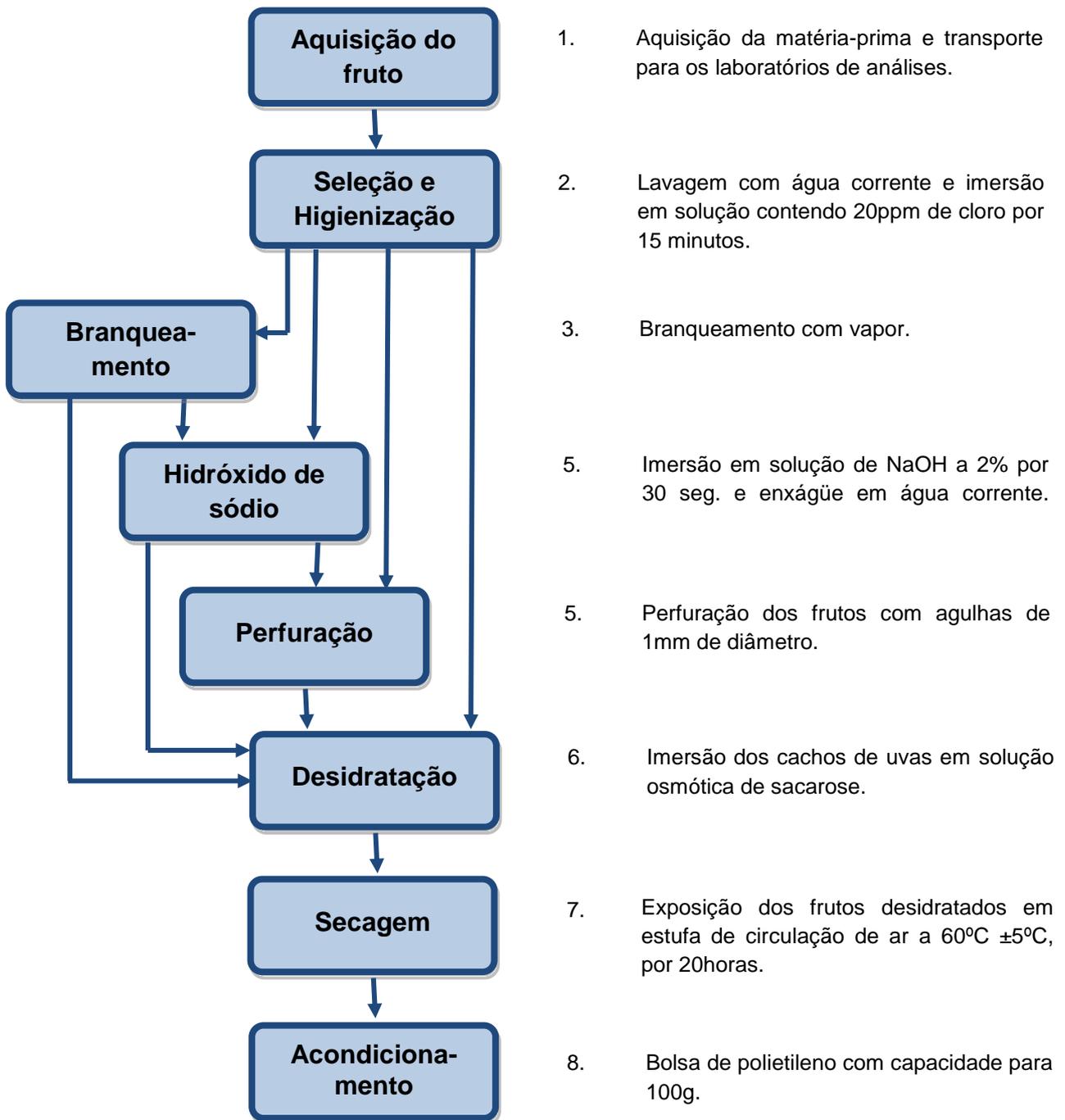


Figura 1: Fluxograma do processo de desidratação osmótica da uva Crimson Seedless (*Vitis vinifera* L.).

2.2.2. Delineamento Experimental

A estratégia sequencial de planejamentos adotada nesta pesquisa consistiu de 3 etapas, de acordo com descrições a seguir:

2.2.2.1. Etapa 1 – Ensaios Preliminares.

Para verificar o comportamento da uva durante a DO, buscando como resposta a perda de umidade (PU), foram realizados ensaios preliminares, conforme estudo de García-Segovia (2010). Foram considerados como variáveis independentes a temperatura (20°C e 40°C), concentração da solução osmótica (35°Brix; 50°Brix e 60°Brix) e tempo (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 horas).

2.2.2.2. Etapa 2 - Planejamento Fracionado 2^{6-2} .

Analisando a resposta da perda de umidade (PU) na etapa anterior, foi delineado um planejamento fracionado 2^{6-2} , totalizando 16 ensaios. Foram definidas como variáveis independentes: temperatura (°C), tempo (hora), hidróxido de sódio (%), branqueamento (minuto), perfurações (número de perfurações/cm²) e concentração de solução osmótica (°Brix). As respostas obtidas a partir desses ensaios foram: PU, incorporação de sólidos (IS). Os níveis codificados e decodificados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Níveis codificados e decodificados do planejamento fatorial fracionado 2^{6-2} .

Variáveis independentes	Código	Níveis	
		-1	1
Temperatura (°C)	x_1	30	50
Tempo (hora)	x_2	1	4
NaOH (%)	x_3	0	2
Branqueamento (minuto)	x_4	0	1
Perfurações (número/cm ²)	x_5	0	16
Sacarose (°Brix)	x_6	30	60

2.2.2.3. Etapa 3 – Planejamento Fatorial 2^3 Completo.

Após análise dos efeitos das 6 variáveis do planejamento fracionado, foi realizado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2^3 , com dois pontos axiais (+/- α) e três pontos centrais, totalizando 17 ensaios. As variáveis independentes foram: temperatura (°C), tempo (hora) e concentração da solução osmótica (°Brix), e as dependentes PU, IS e IED. Em todos os ensaios, as uvas foram branqueadas por 30 segundos e perfuradas com 8 perfurações/cm². Os níveis codificados deste planejamento fatorial estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Níveis codificados e decodificados do delineamento composto central rotacional (DCCR) 2^3 .

Variáveis independentes	Código	Níveis				
		-1,68	-1	0	1	1,68
Temperatura (°C)	x_1	30	34	40	46	50
Tempo (hora)	x_2	1,0	1,6	2,5	3,4	4,0
Sacarose (°Brix)	x_3	40	42	45	48	50

2.3. Métodos para avaliação da eficiência da desidratação osmótica

Os frutos osmoticamente desidratados resultantes dos delineamentos experimentais foram analisados quanto à IS, PU e IED, utilizando as equações propostas por Andrade et al. (2003):

1. Incorporação de Sólidos (IS):

$$IS (\%) = 100 \times \frac{(B_f M_f - B_i M_i)}{M_i}$$

Equação 1

2. Perda de Umidade (PU):

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

Equação 2

3. Índice de Eficiência de Desidratação (IED):

$$IED = \frac{PU}{IS}$$

Equação 3

Onde:

M_i e M_f = peso (g) das amostras inicial e final (no tempo t).

U_i e U_f = percentual de umidade (%) das amostras inicial e final (no tempo t).

B_i e B_f = teor de sólidos solúveis (°Brix) das amostras inicial e final (no tempo t).

Todas as amostras obtidas dos diferentes tratamentos foram submetidas às determinações de Umidade através de método termogravimétrico em estufa a 105°C até peso constante (AOAC, 2002; Method 985.14); Sólidos solúveis através de refratômetro manual Atago, modelo N-1 (AOAC, 2002) e Peso da amostra foi obtido diretamente através de balança analítica.

2.4. Métodos de Secagem

Após a avaliação da eficiência da desidratação osmótica, o ensaio selecionado foi submetido ao processo de secagem. O resultado da cinética de

secagem foi ajustado pelos modelos matemáticos de Page e Thompson (MARTINAZZO et al., 2007).

Equação de Page

$$RU = e^{-kt^n}$$

Equação 4

Equação de Thompson

$$t = \ln(RU)^A + \ln(RU)^B \Rightarrow t = \ln(RU)^{A+B}$$

Equação 5

Onde:

RU é razão de umidade (adimensional); kn são constantes do modelo matemático que dependem das condições de operação do processo de secagem e características do material a ser secado; t é o tempo; A e B são constantes relacionadas à temperatura do ar.

2.5. Análises de composição Físico-químicas

Para determinação da composição centesimal, a fruta *in natura* e o produto final da DO foram analisados em triplicata quanto aos teores de cinzas, proteínas, lipídios, umidade (AOAC, 2002); e carboidratos por diferença (ASCAR, 1985). O valor calórico foi calculado utilizando-se os coeficientes de ATWATER que considera 4kcal/g de proteínas e carboidratos e 9kcal/g para os lipídios (TORRES et al., 2000). A atividade de água através da análise em Decagon AquaLab 4TE water activity meter.

2.6. Análises Microbiológicas

Na fruta *in natura* e no produto final selecionado foram realizadas análises microbiológicas de Coliformes totais e Coliformes a 45°C (AOAC, 2002; Method: 991.14) e *Salmonella* ssp (AOAC,2002; Method: 996.08), de acordo com estabelecido na Resolução - CNNPA nº 12 (BRASIL, 1978) e na Resolução - RDC nº 12 (BRASIL, 2001).

2.7. Métodos Estatísticos

As análises dos resultados foram realizadas de acordo com programa computacional *Statistica 7.0* (STATSOFT, 2004), adotando-se nível de significância de 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

3.1. Etapa 1 – Ensaio Preliminares

Na Figura 2 observa-se que a PU durante as duas primeiras horas foi muito baixa variando de 0,26% (60°Brix/20°C) a 1,46% (50°Brix/20°C). Os achados desta pesquisa divergem dos resultados obtidos em estudos anteriores, nos quais a PU foi mais intensa nas duas primeiras horas de DO, explicada em decorrência da força motriz entre a seiva diluída da fruta e a solução hipertônica (AZOUBEL; MURR, 2000; ALVES et al., 2005; SHIGEMATSU et al., 2005; OZDEMIR et al., 2008; ISPIR; TOĞRUL, 2009; SILVA; CORRÊA; SILVA, 2010).

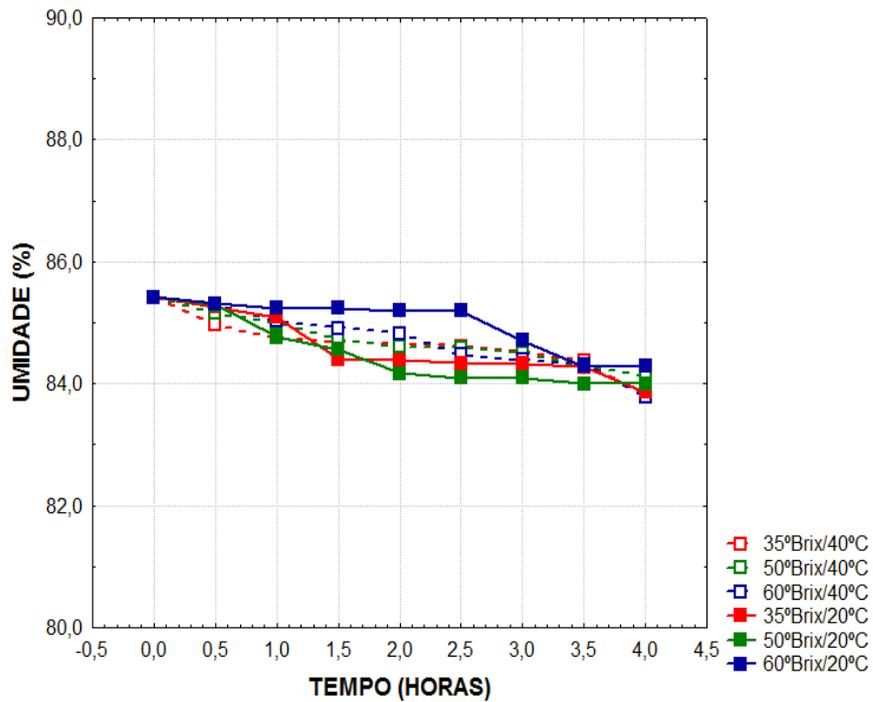


Figura 2: Percentual de umidade durante a desidratação osmótica da uva Crimson Seedless (*Vitis vinifera* L.).

Mesmo com a continuidade do experimento até 4 horas (Figura 2) a variação de PU (1,33% a 1,90%) permaneceu baixa, comportamento este provavelmente ocasionado pela alta resistência da casca do fruto, fazendo-a funcionar como barreira, dificultando a saída de água do interior da baga da uva.

A dificuldade de troca de massa, durante as duas primeiras horas, entre o fruto e a solução, também foi verificada por Azoubel e Murr (2000); Cavalcanti Mata, Braga e Kross (2003); Souza et al. (2007); e por Silva, Corrêa e Silva (2010); quando desidrataram osmoticamente tomate cereja, tomate, tomate e acerola, respectivamente.

A perda de umidade e a incorporação de sólidos na amostra dependem das variáveis consideradas no processo como também da estrutura do tecido vegetal. Em nível celular, a parede celular e membrana agem como barreira não-seletiva e seletiva, respectivamente. Com relação à parede celular esta também protege a célula contra agressões mecânicas e rupturas quando acontece desequilíbrio osmótico (CHIRALT; FITO, 2003).

Desta forma, pode-se afirmar que o fator limitante para a remoção de água da uva é a permeabilidade da casca, a qual apresentou resistência à transferência de massa, salientando que é esta permeabilidade o principal fator responsável pela cinética da DO.

Considerando os resultados da PU, foi delineado um planejamento fatorial fracionado. Foram avaliadas variáveis independentes que pudessem favorecer a PU, reduzindo a tensão ocasionada pela casca do fruto, tais como: imersão em hidróxido de sódio a 2% (SOUZA et al., 2007), branqueamento por 1 minuto (SILVA; CORRÊA; SILVA, 2010) e 16 perfurações/cm² na casca da uva (AZOUBEL; MURR, 2000).

3.2. Etapa 2 - Planejamento fracionado 2⁶⁻²

Os resultados obtidos revelaram que a PU foi mais eficiente com a aplicação prévia do branqueamento, seguido da concentração da solução osmótica (°Brix) e das perfurações (Tabela 3).

Tabela 3: Estimativa dos efeitos para perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) para o planejamento fatorial 2⁶⁻².

Fatores	Efeitos	
	PU	IS
Temperatura (°C)	17,32	19,91
Tempo (hora)	16,2	14,54
NaOH (%)	9,39	NS
Branqueamento (minuto)	49,73	45,06
Perfurações (número/cm ²)	22,81	21,7
Sacarose (°Brix)	30,85	32,28
Média	30,17	28,02

PU: Perda de Umidade (%); IS: Incorporação de Sólidos (%); NS: Não significativo ($p \leq 0,05$).

Quanto às perfurações, resultados similares foram obtidos por Azoubel e Murr (2000), ao registrarem maior PU durante a DO de tomate cereja tratados por perfurações com agulhas, para melhorar a permeabilidade. Em relação ao branqueamento, Moreno et al. (2000) ao desidratarem morangos, registraram mudanças de textura na pele, obtendo maior PU e IS, favorecendo maior estabilidade microbiana.

Ainda na Tabela 3 nota-se que o aumento da concentração da solução osmótica acelerou a PU, devido ao aumento da pressão osmótica no exterior do fruto, conforme foi relatado por Mizkahi, Eichler e Ramon (2001) ao observarem o fenômeno da DO em sistemas de gel.

Na Tabela 3 pode-se constatar que a IS teve o mesmo comportamento da PU, ou seja, o branqueamento, concentração da solução osmótica e número de perfurações ($n = 16$) aplicados à uva favoreceram a incorporação de sólidos. Este fato é considerado indesejável, pois a finalidade da técnica aplicada é obter um produto desidratado osmoticamente similar ao *in natura*, visto que a impregnação de solutos ao alimento poderá modificar suas propriedades sensoriais e nutricionais (TORREGIANI, 1993). Efeito similar foi obtido para a incorporação de sólidos, nos estudos descritos por Telis et al. (2004) e García-Segovia et al. (2010), ao desidratarem osmoticamente tomates e *aloe vera*, respectivamente.

Pode-se constatar ainda, que a exposição do fruto à solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) não apresentou influência significativa ($p < 0,05$) em relação à IS (Tabela 3), mas afetou a cor e textura do fruto, visto que a uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.) não apresentou boa aparência (Figura 3). Estes resultados contrapõem aos obtidos por Souza et al. (2007) ao desidratarem osmoticamente tomates constatando redução na IS.



Figura 3: Uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.) desidratada osmoticamente tratada com branqueamento, perfuração e hidróxido de sódio.



Figura 4: Uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.) desidratada osmoticamente tratada com branqueamento e perfuração.

Diante dos resultados de PU e IS, na etapa seguinte foi considerado branqueamento por 30 segundos e 8 perfurações/cm² nas bagas de uvas e ausência de NaOH, com intuito de obter um fruto com menor IS e boa aparência. Considerando que às variáveis tempo e temperatura são fatores preponderantes que interferem diretamente sobre o comportamento das demais variáveis, estas foram mantidas, para análise do comportamento, na etapa seguinte (AZOUBEL; MURR, 2003; MAYOR et al., 2006; JOCKIC et al., 2007; KHOYI; HESARI, 2007; SOUZA et al., 2007; MARTINS; CUNHA; SILVA, 2008; GERMER et al., 2011).

3.3. Etapa 3 – Planejamento Fatorial 2³ Completo

Os resultados obtidos nos 17 ensaios do planejamento fatorial 2³ são mostrados na tabela 4. Os valores para a perda de umidade na grande maioria dos ensaios foram maiores que a incorporação de sólidos, resultados que ratificam os

obtidos por outros pesquisadores como Ispir e Toğrul (2009) e Bchir et al. (2009) ao desidratarem osmoticamente damasco e sementes de romã, respectivamente.

Tabela 4: Valores codificados e respostas da Desidratação Osmótica para incorporação de sólidos (IS), perda de umidade (PU) e índice de eficiência de desidratação (IED), do Delineamento composto central rotacional (DCCR) para três fatores, de uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.).

Ensaio	Sacarose	Tempo	Temperatura	IS	PU	IED
1	-1	-1	-1	8,71	6,78	0,78
2	1	-1	-1	17,74	18,58	1,05
3	-1	1	-1	26,17	29,51	1,13
4	1	1	-1	33,97	38,78	1,14
5	-1	-1	1	13,31	20,59	1,55
6	1	-1	1	18,56	24,74	1,33
7	-1	1	1	17,28	21,57	1,25
8	1	1	1	19,55	23,72	1,21
9	-1,68	0	0	7,69	6,67	0,87
10	1,68	0	0	31,30	38,90	1,24
11	0	-1,68	0	23,37	24,13	1,03
12	0	1,68	0	42,36	45,88	1,08
13	0	0	-1,68	4,91	6,93	1,41
14	0	0	1,68	22,54	20,53	0,91
15	0	0	0	23,06	25,83	1,12
16	0	0	0	31,08	32,41	1,04
17	0	0	0	27,42	31,05	1,13

PU: Perda de Umidade (%); IS: Incorporação de Sólidos (%) e IED: Índice de Eficiência de Desidratação.

Uma análise de regressão foi aplicada para modelar os valores de PU, IS e IED como funções quadráticas da concentração da solução osmótica, tempo de imersão e temperatura. Os coeficientes de regressão para os modelos obtidos são apresentados na Tabela 5. Os coeficientes de regressão para um modelo linear na concentração da solução osmótica e no tempo de imersão para PU e IS foram

significativos ($\rho < 0,05$), exceto para o IED, e os valores de R^2 correspondentes acima de 0,8, exceto para o IED ($R^2 = 0,330$).

Resultado similar foi encontrado por Sagar e Kumar (2009) em pesquisa da cinética de transferência de massa na DO de fatias de manga, tendo verificado valores de R^2 superiores a 0,8. No entanto, Barrera et al. (2009), obteve resultado inferior ($R^2 = 0,66$) na DO de fatias de maçã estabilizadas com cálcio.

Na Tabela 6 verifica-se a análise de variância, podendo-se afirmar que para os dois modelos (PU e IS) a falta de ajuste não foi estatisticamente significativa ($\rho \leq 0,05$). Sendo assim, os modelos ajustados para estas duas variáveis dependentes foram considerados preditivos. As figuras correspondentes ao modelo de superfície de resposta e as linhas de contorno destes modelos para PU e IS são mostrados nas Figuras 5 (a,b), 6 (a,b) e 7 (a,b).

Tabela 5: Valores dos coeficientes de regressão da modelagem das três respostas através da equação quadrática.

Coeficientes	PU	IS	IED
β_0	29,796	27,341	1,092
β_1	5,973	4,691	NS
β_2	5,821	1,170	NS
β_3	NS	NS	NS
β_{11}	NS	NS	NS
β_{22}	NS	NS	NS
β_{33}	-5,778	-5,281	NS
β_{12}	NS	NS	NS
β_{13}	NS	NS	NS
β_{23}	-5,371	NS	-0,109
	$R^2 = 0,891$	$R^2 = 0,817$	$R^2 = 0,330$

β_0 : Média; β_1 : Concentração de Sacarose (°Brix); β_2 : Tempo (hora); β_3 : Temperatura (°C); NS: Não Significativo ($\rho \leq 0,05$); PU: Perda de Umidade (%); IS: Incorporação de Sólidos (%) e IED: Índice de Eficiência de Desidratação.

Tabela 6: Análise de variância do modelo ajustado para PU, IS e IED.

PU					
Fonte de Variação	GL	SQ	MQ	F_{cal}	F_{tab}
Regressão	4	1.555,366	388,841	12,049	3,26
Resíduo	12	387,249	32,271		
Falta de ajuste	10	363,128	36,313	3,011	19,4
Erro Puro	2	24,121	12,060		
TOTAL	16				
IS					
Fonte de Variação	GL	SQ	MQ	F_{cal}	F_{tab}
Regressão	3	978,569	326,190	7,591	3,41
Resíduo	13	558,598	42,969		
Falta de ajuste	11	526,327	47,848	2,965	19,4
Erro Puro	2	32,271	16,136		
TOTAL	16				
IED					
Fonte de Variação	GL	SQ	MQ	F_{cal}	F_{tab}
Regressão	9	0,1962	0,0218	0,38	3,68
Resíduo	7	0,3991	0,0570		
Falta de ajuste	5	0,3941	0,0788	31,53	19,3
Erro Puro	2	0,005	0,0025		
TOTAL	16				

PU: Perda de Umidade; IS: Incorporação de Sólidos; IED: Índice de Eficiência de Desidratação. GL: grau de liberdade; SQ: soma quadrática; MQ: Média quadrática; F_{cal}: Fcalculado; F_{tab}: tabelado; NS: Não Significativo ($p \leq 0,05$).

Os resultados apresentados na Tabela 5 revelam que as respostas PU e IS dependem linearmente da concentração de sacarose e do tempo de imersão, com coeficiente positivo. Nas Figuras 5a e 5b observa-se que a PU aumentou

gradativamente com a concentração de sacarose durante toda a DO. Estes resultados podem ser atribuídos ao fato de que a alta viscosidade da solução osmótica (>48°Brix) tem maior pressão osmótica, favorecendo a saída de água da fruta.

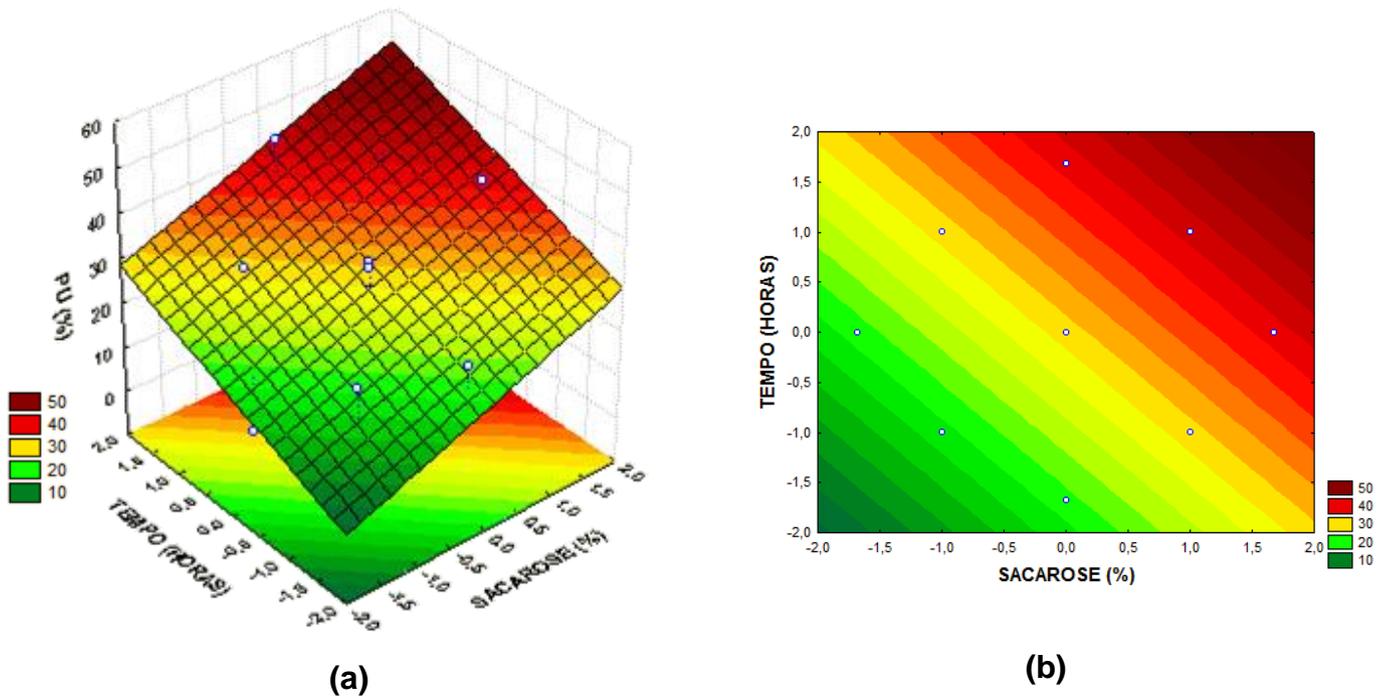


Figura 5: (a) Método Superfície de Resposta para Perda de Umidade em função do tempo (horas) versus concentração de sacarose (%); (b) Linhas de Contorno para PU função do tempo (horas) versus concentração de sacarose (%).

Pode-se constatar que com o aumento do tempo de imersão do fruto maior a PU (Figura 5). Em concordância com os achados de Uddin et al. (2004) utilizando a metodologia de superfície de resposta para avaliação da troca de massa na DO de cenouras, observaram que a solução osmótica e o tempo de imersão foram as variáveis que mais afetaram a PU durante o processo.

Por outro lado a temperatura não teve influência em nenhuma das respostas, como se observa na Tabela 5. Resultados discordantes foram encontrados por Alam, Amarjit e Sawhney (2010) ao otimizarem a DO de fatias de groselha indiana

comprovando que a perda de água encontrada foi significativamente afetada pela temperatura, concentração e tempo de imersão ($p \leq 0,01$).

Mercali et al. (2010) ao avaliarem a cinética de transferência de massa de bananas registraram elevada troca de massa com maior temperatura e concentração de solutos o que pode ser explicado pelo gradiente de maior pressão osmótica ao aumentar a temperatura ou concentração de soluto. Além disso, relataram que altas temperaturas parecem promover a perda rápida de água através do inchaço e plasticização das membranas celulares e difusão mais rápida da água no interior do produto devido à menor viscosidade do meio osmótico.

Na DO de cenoura em cubos, Singh et al. (2010) verificaram que a perda de água aumentou com o aumento da concentração da solução osmótica, temperatura da solução e duração do processo. Porém, as interações com outras variáveis (concentração e tempo) tiveram um efeito negativo sobre a PU.

Na Tabela 5 observa-se que a interação entre o tempo de imersão e temperatura foi significativo para a perda de umidade ($p \leq 0,05$), porém com sinal negativo, ou seja, quanto maior o tempo de imersão e menor temperatura maior será PU (Figura 6a e 6b). Observa-se que a Figura 6a possui concavidade voltada para baixo, confirmando que o termo quadrático da temperatura foi significativo com sinal negativo.

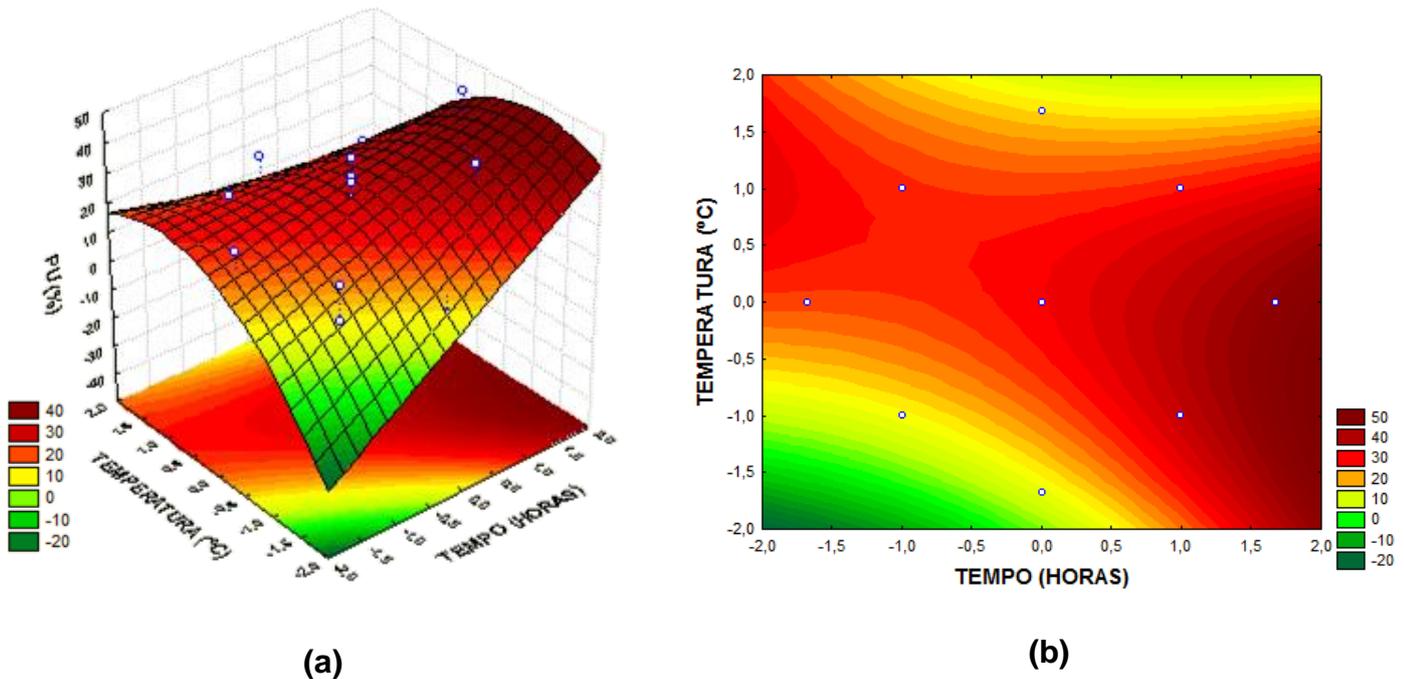


Figura 6: (a) Método Superfície de Resposta para Perda de Umidade em função da temperatura (°C) versus tempo (horas); (b) Linhas de Contorno para PU em função da temperatura (°C) versus tempo (horas).

Na Figura 7a observou-se que independente da temperatura, houve elevação contínua da IS com o aumento da concentração da solução de sacarose e tempo de imersão. Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo et al. (2010), que ao descreverem as interações das variáveis na DO do jambo-vermelho, relatam que o tempo de imersão e a concentração da solução tiveram efeito positivo sobre a IS.

Diferentemente desses achados, Singh et al. (2010) ressaltaram que os termos lineares de todas as variáveis do processo (concentração da solução osmótica, tempo e temperatura) e o termo quadrático de temperatura, além dos termos de interação com a variável tempo tiveram efeitos significativos sobre a IS.

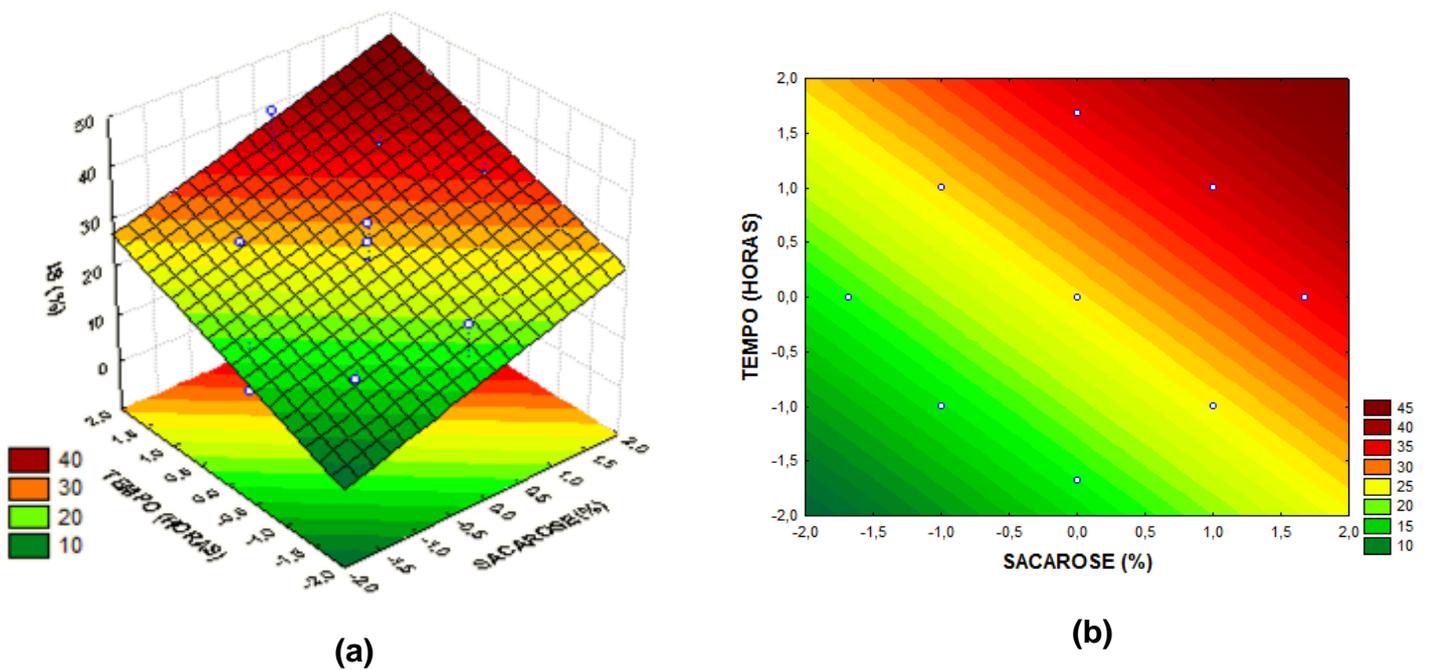


Figura 7: (a) Método Superfície de Resposta para Incorporação de Sólidos em função do tempo (horas) versus concentração de sacarose (%); (b) Linhas de Contorno para IS em função do tempo (horas) versus concentração de sacarose (%).

As equações de regressão obtidas neste estudo (PU e IS) podem ser usadas para obter melhores condições para a consecução das propriedades físicas e sensoriais desejadas em produtos derivados de uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.). Entretanto, deve ser lembrado que a validade das equações obtidas nesta pesquisa restringiu-se aos limites dos fatores experimentais utilizados, e que o modelo gerado pelo IED não foi preditivo (Tabela 6).

Tomando o IED como parâmetro (BRANDELERO et al., 2005; SHIGEMATSU et al., 2005; ALAM, AMARJIT, SAWHNEY, 2010; SILVA, CORREA, SILVA, 2010) e analisando os resultados obtidos da PU e IS, é possível afirmar que o ensaio 5 foi o que obteve maior IED, ou seja, apresentou boa perda de umidade (20,59%) e baixa IS (13,31%), sendo o produto selecionado para avaliação da composição centesimal, análise microbiológica e cinética de secagem em estufa.

3.4. Método de secagem

Observa-se na figura 8 que o modelo matemático de Page se ajustou melhor aos dados experimentais de secagem, com coeficiente de determinação igual a 0,995, podendo ser ajustado na previsão da cinética de secagem da uva. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al. (2003) utilizando modelos matemáticos para a cinética de secagem do café cereja.

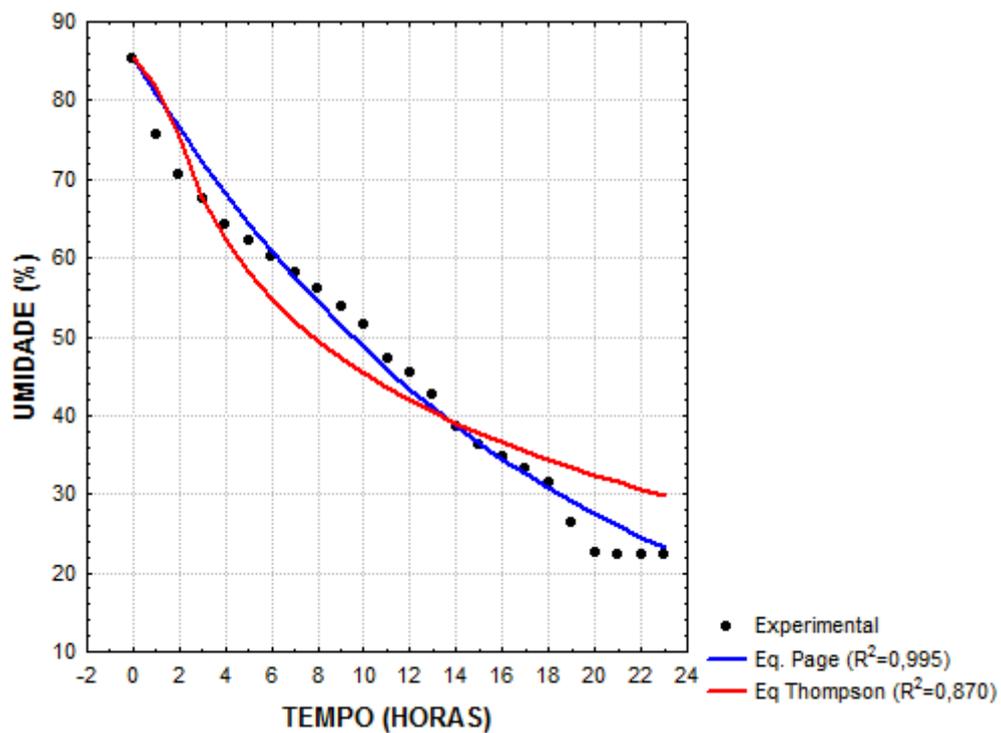


Figura 8: Valores experimentais e estimados de razão de umidade pela estimativa dos parâmetros da equação de Page e Thompson, para a uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.).

3.5. Avaliação da composição centesimal e análises microbiológicas.

Os resultados da composição centesimal da uva *in natura* e do fruto desidratado (42°Brix; 1,6 horas; 46°C) estão apresentados na figura 9. Pode-se verificar que a uva se comporta como a maioria dos frutos, apresentando alto conteúdo de umidade e baixo percentual de proteínas e lipídios (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

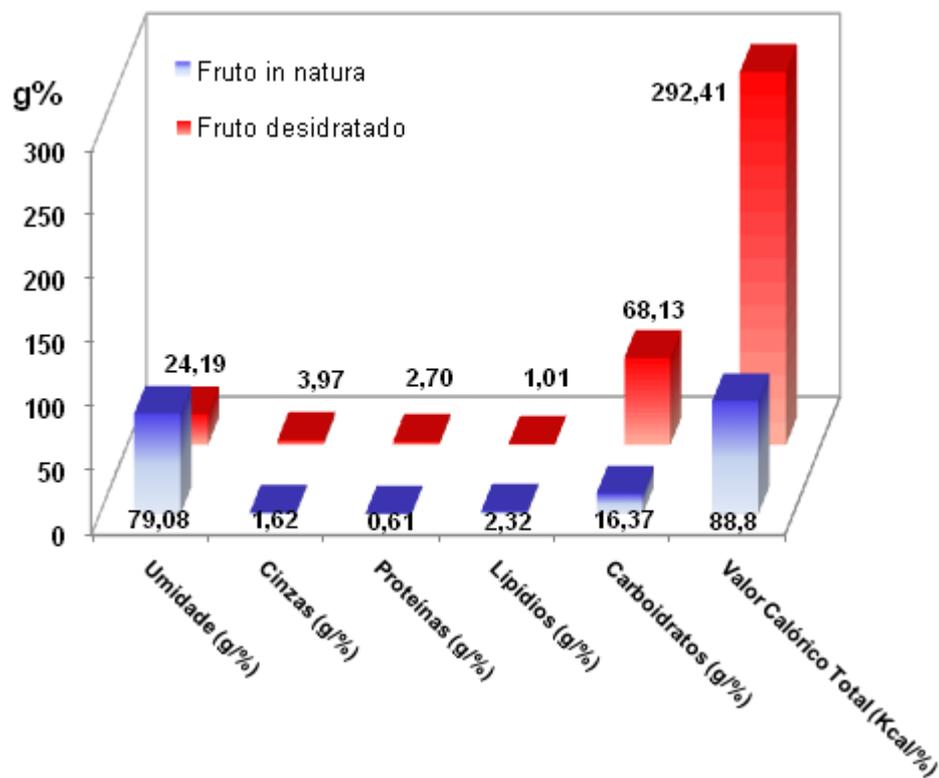


Figura 9: Efeitos da desidratação osmótica sobre a composição centesimal da uva *Crimson Seedlees* (*Vitis vinifera* L.).

O conteúdo de proteínas e umidade encontrados nesta pesquisa para a uva *in natura* foram inferiores aos achados por Souza, Lima e Vieites (2010), que ao avaliarem 5 diferentes tipos de uvas detectaram umidade de 84,9% a 89,9%; proteínas de 0,41% a 0,79%; com relação a cinzas, lipídios e carboidratos estes autores encontram valores levemente superior ao desta pesquisa.

Observa-se que a umidade e lipídios da uva desidratada é aproximadamente duas vezes menor que a *in natura*, ao passo que o carboidrato e proteínas é cerca de quatro vezes superior. Este aumento ocorreu provavelmente devido à concentração de nutrientes e incorporação de sólidos. Quanto aos lipídios, supõe-se que houve perda durante o branqueamento e a DO devido à utilização de temperaturas elevadas.

O processo de desidratação osmótica seguida de secagem obteve um produto dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, sendo o teor de umidade inferior a 25% (BRASIL, 1978) e 0,58 de atividade de água (Aa), caracterizando um produto com atividade de água intermediária. Essas características associadas ao resultado das análises microbiológicas (Tabela 7) demonstram que o crescimento microbiológico pode ser inibido pela baixa atividade de água deste produto, pois de acordo com Jay (2005) o menor valor de Aa encontrado para bactérias halofílicas foi de 0,75 e mofos xerófilos e leveduras osmofílicas crescem em Aa de 0,65 e 0,61, respectivamente.

Tabela 7: Caracterização microbiológica da uva Crimson *Seedless* (*Vitis vinifera* L.) *in natura* e desidratada.

Análise Microbiológica	Fruto <i>in natura</i>		Fruto desidratado	
	Resultado	Legislação	Resultado	Legislação
Coliformes totais	< 0,3 NMP	Sem parâmetro	< 0,3 NMP	< 2 x 10 ² / g
Coliformes a 45°C	< 0,3 NMP	< 2 x 10 ² / g	Ausência em 1g	Ausência em 1g
<i>Salmonella</i> ssp	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g

NMP: número mais provável.

Desta forma, foi comprovado que a uva desidratada osmoticamente apresentou-se em conformidade com o previsto nas legislações brasileiras (BRASIL, 1978; BRASIL, 2001). Estes resultados inferem que o processo tecnológico e os procedimentos de manipulação empregados durante o desenvolvimento desta pesquisa são considerados adequados quanto às condições higiênico-sanitárias.

4. Conclusões

Dentro das condições que foi realizada a presente pesquisa pode-se concluir que:

- O branqueamento, a concentração de sacarose, e o número de perfurações exerceram maior influência sobre a Perda de Umidade e Incorporação de Sólidos.
- A concentração de sacarose e tempo de imersão apresentaram efeitos positivos sobre a IS e PU, exceto para o IED.
- A temperatura não apresentou nenhuma influência sobre a PU, IS e IED.
- Os modelos estatísticos de superfície de resposta obtidos foram preditivos para PU e IS, exceto para o IED.
- As melhores condições para a desidratação osmótica da uva *Crimson Seedless* (*Vitis vinifera* L.), utilizando o IED como parâmetro, foi a aplicação de branqueamento por 30 segundos, 8 perfurações por cm², solução osmótica com 42°Brix, tempo de imersão de 1,6 horas e temperatura de 46°C.
- O produto selecionado ajustou melhor a equação de Page ($R^2 = 0,995$).
- Durante todo o processamento da desidratação osmótica e secagem o ensaio selecionado apresentou adequadas condições higiênico-sanitárias, de acordo com as legislações vigentes.

5. Referências

- ALAM, M.S.; AMARJIT, S.; SAWHNEY, B. K. Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices. **Journal Food Science Technology**, v.47, n.1, p.47–54, 2010.
- 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.; BARROS NETO, B.; GUERRA, N.B. Desidratação osmótica do jenipapo (*Genipa americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p.276-281, 2003.
- ARAÚJO, L.C.; GUERRA, N.B.; VASCONCELOS, M.A.S.; SHINOHARA, N.K.S.; ALBUQUERQUE, S.S.M.C.; ANDRADE, S.A.C. Otimização da desidratação osmótica do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*). **Brazilian Journal Food Technology**, v.13, n.2, p.98-106, 2010.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**, v.2, 17th ed. Washington: AOAC. 2002.
- ASCAR, J. M. **Alimentos: Aspectos bromatológicos e legais. Análise percentual**. São Leopoldo - RS, Unisinos editora, v.01, 1985, p. 257 263.
- AZOUBEL, P.M.; MURR, F.E.X. Mathematical modelling of the osmotic dehydration of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.228-232, 2000.
- AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Optimisation of osmotic dehydration of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) in sugar solutions. **Food Science and Technology International**, v.9, n.6, p.427-433, 2003.
- BARRERA, C.; BETORET, N.; CORELL, P.; FITO, P. Effect of osmotic dehydration on the stabilization of calcium-fortified apple slices (var. Granny Smith): Influence of operating variables on process kinetics and compositional changes. **Journal of Food Engineering**, n.92, p.416–424, 2009.
- BCHIR, B.; BESBES, S.; ATTIA, H.; BLECKER, C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds: mass transfer kinetics and differential scanning calorimetry characterization. **International Journal of Food Science and Technology**, n.44, p.2208–2217, 2009.

BRANDELERO, R.P.H.; VIEIRA, A.P.; TELIS, V.R.N.; TELIS-ROMERO, J.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimento comestível em abacaxis processados por métodos combinados: isoterma de sorção e cinética de desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.2, p.285-290, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução CNNPA n.12 de 24 de julho 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.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de janeiro de 2001.

CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; BRAGA, M.E.D.; KROSS, R.K. Secagem osmótica de tomate: efeito da epiderme. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. Especial, n.1, p.77-84, 2003.

CHIRALT, A.; FITO, P. Transport Mechanisms in Osmotic Dehydration: The Role of the Structure. **Food Science and Technology International**, v.3, n.9, p.179-186, 2003.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed.rev.e ampl. Lavras, 2005. 783p.

GARCÍA-SEGOVIA, P.; MOGNETTI, C.; ANDRÉS-BELLO, A.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Osmotic dehydration of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). **Journal of Food Engineering**, n.97, p.154–160, 2010.

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

ISPIR, A.; TOĞRUL, I.T. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. **Chemical Engineering Research and Design**, n.87, p.166–180, 2009.

JAY, J.M. **Microbiologia de alimentos**. 6.ed. Artmed, 2005. 711p.

JOCKIC, A.; GYURA, J.; LEVIC, L.; ZAVARGO, Z. Osmotic Dehydration of Sugar Beet in Combined Aqueous Solutions of sucrose and Sodium chloride. **Journal of Food Engineering**, n.78, p.47-51. 2007.

KHOYI, M. R., HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, v.78, p.1355-1360, 2007.

MACHADO, A.V.; OLIVEIRA, E.L.; SANTOS, E.S.; OLIVEIRA, J.A.; FREITAS, L.M. Avaliação de um secador solar sob convecção forçada para a secagem do pedúnculo de caju. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.1, p.1-7, 2011.

MARTINAZZO, A.P.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; MELO, E.C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.301–306, 2007.

MARTINS, M.C.P.; CUNHA, T.L.; SILVA, M.R. Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.28 (Supl.), p.158-165, 2008.

MAYOR, L., MOREIRA, R., CHENLO, F., SERENO, A.M. Kinetics of osmotic dehydration of pumpkin with sodium chloride solutions. **Journal of Food Engineering**, n.74, p.253-262, 2006.

MERCALI, G.D.; TESSARO, I.C.; NOREÑA, C.P.Z.; MARCZAK, L.D.F. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of bananas (*Musa sapientum*, *shum.*). **International Journal of Food Science and Technology**, n.45, p.2281–2289, 2010.

MIZKAHI, S.; EICHLER, S.; RAMON, O. Osmotic dehydration phenomena in gel systems. **Journal of Food Engineering**, v.49, n.1, p.87-96, 2001.

MORENO, J.; CHIRALT, A.; ESCRICHE, I; SERRA, J.A. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. **Food Research International**, n.33, p.609–616, 2000.

OZDEMIR, M.; OZEN, B.F.; DOCK, L.L.; FLOROS, J.D. Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. **Food Science and Technology**, n.41, p.2044-2050, 2008.

RIBEIRO, D.M.; BORÉM, F.M.; ANDRADE, E.T.; ROSA, S.D.V.F. Taxa de redução de água do café cereja descascado em função da temperatura da massa, fluxo de ar e período de pré-secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n.7, p. 94-107, 2003.

SAGAR, V.R.; KUMAR, P.S. Involvement of some process variables in mass transfer kinetics of osmotic dehydration of mango slices and storage stability. **Journal of Scientific & Industrial Research**, v.68, p.1043-1048, 2009.

SILVA, M.A.C.; CORRÊA, J.L.G.; SILVA, Z.E. Application of inverse methods in the osmotic dehydration of acerola. **International Journal of Food Science and Technology**, n.45, p.2477–2484, 2010.

SINGH, B.; PANESAR, P.S.; NANDA, V.; KENNEDY, J.F. Optimisation of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. **Food Chemistry**, n.123, p.590–600, 2010.

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, 2005.

SOUZA, A.V.; LIMA, G.P.P.; VIEITES, R.L. Avaliação nutricional de diferentes variedades de uva (*Vitis* sp). **Naturalia**, v.33, p.100-109, 2010.

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

STATSOFT. **Computer program manual**. Tulsa: Statsoft, 2004. (Statsoft Statistica for Windows 6.0).

TELIS, V.R.N.; MURARI, R.C.B.D.L.; YAMASHITA, F. Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. **Journal of Food Engineering**, v.61, p.253-259, 2004.

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

TORRES, E.A.F.S.; CAMPOS, N.C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M.L.; PHILIPPI, S.T.; RODRIGUES, R.S.M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.145-150, 2000.

UDDIN, M.B.; AINSWORTH, P.; IBANOĞLU, Ş. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, n.65, p.473–477, 2004.