



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José do Rio Preto

LETÍCIA YURI NAGAI

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE MANGA CV. PALMER EM
SOLUÇÃO DE SACAROSE COM E SEM ADIÇÃO DE ÁCIDO
ASCÓRBICO**

São José do Rio Preto - SP
2012

LETÍCIA YURI NAGAI

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE MANGA CV. PALMER EM
SOLUÇÃO DE SACAROSE COM E SEM ADIÇÃO DE ÁCIDO
ASCÓRBICO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Maria Aparecida Mauro

Co-orientadores:

Prof^a. Dr^a. Adriana Barbosa Santos

Prof. Dr. Maurício Boscolo

São José do Rio Preto - SP
2012

Nagai, Letícia Yuri.

Desidratação osmótica de manga cv. Palmer em solução de sacarose com e sem adição de ácido ascórbico / Letícia Yuri Nagai. - São José do Rio Preto: [s.n.], 2012.

112 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Maria Aparecida Mauro

Co-orientdor: Adriana Barbosa Santos

Co-orientdor: Maurício Boscolo

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Desidratação osmótica. 3. Frutas – Desidratação. 4. Manga – Secagem. 5. Antioxidantes. I. Mauro, Maria Aparecida. II. Santos, Adriana Barbosa. III. Boscolo, Maurício. IV. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. V. Título.

CDU – 664.8.047

LETÍCIA YURI NAGAI

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE MANGA CV. PALMER EM
SOLUÇÃO DE SACAROSE COM E SEM ADIÇÃO DE ÁCIDO
ASCÓRBICO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de São José do Rio Preto.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Maria Aparecida Mauro
UNESP – São José do Rio Preto
Orientador

Prof. Dr. Roger Darros Barbosa
UNESP – São José do Rio Preto

Dr^a. Sílvia Pimentel Marconi Germer
ITAL – Campinas

São José do Rio Preto, 26 de abril de 2012.

Dedico este trabalho

À meus queridos e amados pais, Luiz e Odete, e irmãos, Larissa e Luiz
que sempre me apoiaram incansavelmente.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pelas graças recebidas durante todas as etapas até chegar aqui.

Aos meus pais Luiz e Odete, pelo amor, apoio incondicional em todos os momentos e imensurável esforço para que chegasse até aqui.

Aos meus irmãos Larissa e Luiz, que proporcionaram momentos divertidos mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus avós, Sumie, Hitoshi (*in memorian*), Yukimi e Sotoiti, e familiares, tias, tios e primos, que sempre me deram forças. Em especial, ao meu primo Takashi, à Deize, ao Pedro e à D. Ivone que além do apoio, acolheram-me.

Ao meu namorado Douglas, que apesar da distância, sempre me ajudou nos momentos em que mais precisei. Sua compreensão e paciência também foram fundamentais.

À Prof^a. Dr^a. Maria Aparecida Mauro por ter aceitado a orientar-me neste trabalho, dispondo de sua paciência e fornecendo seus conhecimentos científicos, valiosos para o crescimento científico-profissional.

Aos professores doutores Adriana Barbosa Santos e Maurício Boscolo pela co-orientação, que foram essenciais no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e amigos da graduação foram a base profissional para que chegasse até aqui.

À Flaviana, pela sua amizade, seu apoio, conselhos, disponibilidade.

Ao Diego, à Natália, à Samara, à Bruna, à Débora com quem convivo que desde a graduação, nossa amizade fortaleceu ainda mais.

Às “meninas” da pensão com quem convivi por dois anos, em especial a Heloísa, pela amizade. Esses anos foram muito divertidos.

Aos companheiros de laboratório (Flaviana, Diego, Molina, Lola) que desprenderam seu precioso tempo ao me ajudarem e pela amizade.

Aos membros da banca, Dr^a. Sílvia Pimentel Marconi Germer e Prof. Dr. Roger Darros Barbosa.

Ao Prof. Dr. Roberto da Silva e à Prof^a. Dr^a. Eleni Gomes por disponibilizarem a centrífuga, possibilitando a realização das análises.

Ao Ricardo, ao Thiago, à Ticiane, à Janaína, à Ariane, à Elen, à Andréia, à Fernanda, à Cristiane, à Rafaela, à Cássia e outros que sempre se dispuseram a ajudar e esclarecer minhas dúvidas, mesmo aquelas mais simples.

Aos colegas do departamento pela amizade.

Aos técnicos de laboratório Ginaldo, Newton, Luis, João sempre dispostos a resolverem detalhes imprescindíveis no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Às empresas Vallens Ingredientes Industriais LTDA. e N&B Comercial de Ingredientes Ltda. por fornecerem amostra de ácido ascórbico.

A todos que participaram da trajetória meus sinceros agradecimentos.

“O sucesso nasce do querer,
da determinação e da
persistência em se chegar a
um objetivo. Mesmo não
atingindo o alvo, quem busca e
vence obstáculos, no mínimo
fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

A manga é uma fruta sazonal, nutricionalmente rica, com características peculiares e atrativas. Para um melhor aproveitamento desta fruta, esta pode ser submetida à desidratação osmótica (DO) a qual reduz a umidade prolongando a vida de prateleira. Este processo possibilita também a impregnação de substâncias de interesse, preservando e/ou melhorando a qualidade nutricional. O objetivo desse trabalho foi estudar a DO de mangas cv Palmer com e sem adição de ácido ascórbico à solução osmótica de sacarose. Os ensaios da cinética de DO sem adição do ácido ascórbico foram conduzidos imergindo as mangas em soluções de sacarose nas concentrações de 40, 50 e 60%, durante os tempos de 30, 60, 120 e 240 minutos na temperatura de 25°C. Neste processo determinaram-se os sólidos totais, os açúcares redutores e não redutores, a cor e os teores de vitamina C e de compostos fenólicos totais. A DO com adição de ácido ascórbico foi realizada por meio do delineamento fatorial 2^3 com quatro pontos centrais e dois blocos, tendo como resposta a umidade e o teor de açúcar, vitamina C e compostos fenólicos totais. Os fatores foram concentração de sacarose (40 a 60%), concentração de ácido ascórbico (0,5 a 2%) e tempo (60 a 180 minutos). A influência de cada variável independente e as interações foram analisadas pelo método de superfície de resposta. A cinética foi caracterizada pelo aumento da perda de água e do ganho de sacarose ao elevar a concentração das soluções osmóticas. A eficiência do processo (perda de água/ganho de solutos) variou de 3 a 6% entre os tratamentos. Os coeficientes de difusão de água e sacarose na manga se apresentaram na mesma ordem de magnitude, $10^{-6} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, sendo que em solução osmótica com 40% de sacarose a difusividade foi maior que em soluções a 50 e 60% de concentração. Tanto a cor quanto o teor de vitamina C e o de compostos fenólicos totais não apresentaram grandes variações durante o processo.

A retenção dos nutrientes foi alta e atribuída à baixa relação área/volume dos pedaços de manga e aos tempos moderados de tratamento, que restringiriam os efeitos do processo às regiões mais superficiais da fruta, bem como à baixa temperatura de processo, que, possivelmente, evitou a degradação destas substâncias. A DO com adição do ácido ascórbico na solução apresentou efeito significativo desta substância no teor de vitamina C e de compostos fenólicos. A concentração de ácido ascórbico também exerceu influência sobre a umidade, ao interagir com o fator concentração de sacarose. Todas as respostas foram influenciadas pelo tempo de processo. A concentração de sacarose teve efeito significativo sobre a umidade e o teor de açúcar. A impregnação de ácido ascórbico durante o processo osmótico foi independente da concentração de sacarose da solução osmótica e possibilitou aumentar consideravelmente o teor de vitamina C na manga.

Palavras chave: *Mangifera indica* L., transferência de massa, antioxidantes

ABSTRACT

Mango (Mangifera indica L.) is a seasonal fruit with excellent nutritional value and attractive characteristics. Aiming to prevent losses and add value to the final products, osmotic dehydration (OD) can be a promising alternative for food preservation. This treatment also allows impregnating substances of interest to prevent losses or improve the nutritional quality. The objective of this work was to investigate OD with and without addition of ascorbic acid in the sucrose osmotic solution of mangoes of Palmer cultivar. OD kinetics without ascorbic acid addition was done in mangoes immersed in sucrose solutions (40, 50 and 60%) during 30, 60, 120 and 240 minutes at 25° C. Total solids, reducing and non-reducing sugars contents, levels of vitamin C and total phenolic compounds, and color were determined during the process. OD with ascorbic acid addition was performed using a complete 2³ factorial design with four central points, two levels, and two blocks. The responses were moisture and sugar, vitamin C and total phenolic compounds contents. The factors were sucrose concentration (40 to 60%), ascorbic acid concentration (0.5 to 2%), and process time (60 to 180 minutes). The influence of each independent variable and the interactions were analyzed by response surface methodology. The kinetics was characterized for water loss and solid gain that increased when increasing sucrose concentration of osmotic solutions. The process efficiency (loss of water gain / solutes) ranged from 3 to 6% between the treatments. The diffusion coefficients for water and sucrose in mango had the same magnitude order 10⁻⁶ cm²s⁻¹. Samples osmotically dehydrated in 40% osmotic concentration had water and sucrose diffusivities higher than in 50 and 60% osmotic concentration. Color, vitamin C and total phenolic compounds contents did not show remarkable changes during the process without vitamin C addition. The nutrients retention was high and it was related to the area/volume ratio of the

mango pieces and to the moderate process time, which would restrict the process effects to the superficial layer, as well as to the low process temperature, that possibly minimized nutrient degradation. The addition of ascorbic acid in the osmotic solution had a significant effect on vitamin C and phenolic compounds in the fruit. Vitamin C compound also influenced the moisture when interact with the sucrose concentration factor. All responses were influenced by the process time. Sucrose concentration had a significant effect on moisture and sugar content. The ascorbic acid impregnation during the osmotic process was not affected by sucrose concentration of osmotic solution and allowed enhancing the nutritional content of the treated mango.

Keywords: Mangifera indica L., mass transfer, antioxidants

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Manga cv. Palmer.....	25
Figura 2	Perda de água (equação 2) em função do tempo de DO, de fatias de manga imersas em soluções aquosas de sacarose nas concentrações de 40 (●), 50 (■) e 60 (▲)% , nos tempos de processo de 30, 60, 120 e 240 minutos.....	58
Figura 3	Ganho de sacarose (equação 4) em função do tempo de DO, de fatias de manga imersas em soluções aquosas de sacarose nas concentrações 40 (●), 50 (■) e 60 (▲)%nos tempos de processo de 30, 60, 120 e 240 minutos.....	58
Figura 4	Média do teor de vitamina C nos tempo (0, 30, 60, 120 e 240 minutos) em função da concentração de solução osmótica 40 (●), 50 (■) e 60 (▲)% de sacarose..	65
Figura 5	Retenção de vitamina C de fatias de manga durante o tratamento com solução desidratante de sacarose a 40 (■), 50 (■) e 60 (■) % nos tempos de 30, 60, 120 e 240 minutos.....	66
Figura 6	Média do teor de compostos fenólicos nos tempo (0, 30, 60, 120 e 240 minutos) em função da concentração de solução osmótica 40 (●), 50 (■) e 60 (▲)% de sacarose.....	69
Figura 7	Retenção dos compostos fenólicos de fatias de manga durante o tratamento com solução desidratante de sacarose a 40 (■), 50 (■) e 60 (■) % nos tempos de 0, 30, 60, 120e 240 minutos.....	70

Figura 8	Diagrama de Pareto dos efeitos estimados e interações relativos à umidade.....	73
Figura 9	Representação gráfica de médias dos fatores.....	73
Figura 10	Superfície de resposta do y_1 (teor de umidade) em função de χ_1 (concentração de sacarose) e de χ_2 (concentração de ácido ascórbico).....	77
Figura 11	Superfície de resposta do y_1 (teor de umidade) em função de χ_1 (concentração de sacarose) e de χ_3 (tempo).....	77
Figura 12	Superfície de resposta do y_1 (teor de umidade), em função de χ_2 (concentração de ácido ascórbico) e de χ_3 (tempo).....	78
Figura 13	Diagrama de Pareto dos efeitos estimados e interações relativos ao teor de açúcar.....	81
Figura 14	Superfície de resposta do y_2 (teor de açúcar) em função de χ_1 (concentração de sacarose) e de χ_3 (tempo).....	84
Figura 15	Diagrama de Pareto dos efeitos estimados para o teor de vitamina C.....	87
Figura 16	Superfície de resposta do y_3 (teor de vitamina C) em função de χ_2 (concentração de ácido ascórbico) e χ_3 (tempo).....	90
Figura 17	Diagrama de Pareto dos efeitos estimados para o teor de compostos fenólicos.....	93
Figura 18	Superfície de resposta do y_4 (teor de compostos fenólicos) em função de χ_2 (concentração de ácido ascórbico) e χ_3 (tempo).....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Delineamento fatorial 2^3 com tratamento e bloco aleatorizado e valores codificados dos fatores da desidratação osmótica com adição de ácido ascórbico de manga (<i>Mangifera indica</i> L.) cv. Palmer.....	49
Tabela 2	Delineamento fatorial 2^3 com tratamento e bloco aleatorizados e valores decodificados dos fatores da desidratação osmótica com adição de ácido ascórbico de manga (<i>Mangifera indica</i> L.) cv. Palmer.....	50
Tabela 3	Valores médios e respectivo desvio padrão das medidas obtidas das características física e químicas do primeiro e segundo lote de manga cv Palmer.....	52
Tabela 4	Média e desvio padrão da umidade e do teor de sacarose em função do tempo e concentração da solução osmótica de sacarose das fatias de manga cv. Palmer durante DO.....	54
Tabela 5	Coeficiente de difusão da água e sacarose ocorrida durante a desidratação osmótica das fatias de manga nas soluções de concentração de 40, 50 e 60% de sacarose.....	54
Tabela 6	Variação de massa, perda de água, ganho de sacarose e eficiência da desidratação osmótica de fatias de manga imersas em solução concentrada a 40, 50 e 60%.....	56
Tabela 7	Valores dos parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40, 50 e 60% de concentração nos tempos de 0, 30, 60, 120 e 240 minutos.....	60

Tabela 8	Valores dos parâmetros de cor C^* e H^* das amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40, 50 e 60% de concentração nos tempos de 0, 30, 60, 120 e 240 minutos.....	61
Tabela 9	Valor médio e desvio padrão do teor de vitamina C em mg/100 g de fatias de manga (b.u.) nos tempos 0, 30, 60, 120 e 240 minutos e concentração da solução desidratante de 40, 50 e 60%.....	63
Tabela 10	Média, erro padrão e limite de confiança dos dados de vitamina C em função do tempo de processo.....	63
Tabela 11	Média, erro padrão e limite de confiança dos dados de vitamina C em função da concentração da solução osmótica.....	64
Tabela 12	Análise de variância dos dados do teor de vitamina C...	64
Tabela 13	Valor médio e desvio padrão do teor de compostos fenólicos totais em mg/100 g de fatias de manga (b.u.) nos tempos 0, 30, 60, 120 e 240 minutos e concentração da solução desidratante de 40, 50 e 60%.....	67
Tabela 14	Média, erro padrão e limite de confiança dos dados do teor de compostos fenólicos em função do tempo de processo.....	68
Tabela 15	Média, erro padrão e limite de confiança dos dados do teor de compostos fenólicos em função da concentração da solução osmótica.....	68
Tabela 16	Análise de variância dos dados do teor de compostos fenólicos.....	69
Tabela 17	Delineamento fatorial 2^3 aleatorizado e resposta da umidade da amostra após os tratamentos.....	71

Tabela 18	Efeito, erro padrão, teste t bilateral, significância e limite de confiança de 95% dos fatores sobre a umidade.....	72
Tabela 19	Análise de variância da influência dos fatores sobre a umidade com ajuste do modelo completo.....	74
Tabela 20	Efeito estimado dos fatores sobre a umidade após ajuste do modelo reduzido.....	75
Tabela 21	Análise de variância da umidade após ajuste do modelo reduzido.....	75
Tabela 22	Valores preditos, observados e resíduo das respostas de umidade.....	76
Tabela 23	Delineamento fatorial 2^3 aleatorizado e resposta do teor de açúcar.....	79
Tabela 24	Efeito, erro padrão, teste t bilateral, significância e limite de confiança de 95% dos fatores sobre o teor açúcar.....	80
Tabela 25	Análise de variância da influência dos fatores sobre o teor de açúcar com ajuste do modelo completo.....	81
Tabela 26	Efeito estimado dos fatores sobre o teor de açúcar após ajuste do modelo reduzido.....	82
Tabela 27	Análise de variância do teor de açúcar após ajuste do modelo reduzido.....	83
Tabela 28	Valores observados, preditos e resíduos da resposta encontrada para o teor de açúcar.....	83
Tabela 29	Delineamento fatorial 2^3 aleatorizado e resposta do teor de vitamina C dado em mg de ácido ascórbico/100 gramas de fruta.....	85
Tabela 30	Efeito, erro padrão, teste t bilateral, significância e limite de confiança de 95% dos fatores sobre o teor de vitamina C.....	86

Tabela 31	Análise de variância da influência dos fatores sobre o teor de vitamina C com ajuste do modelo completo.....	87
Tabela 32	Efeito estimado dos fatores sobre o teor de vitamina C após ajuste do modelo reduzido.....	88
Tabela 33	Análise de variância do teor de vitamina C após ajuste do modelo reduzido.....	88
Tabela 34	Valores observados, preditos e resíduos para o teor de vitamina C.....	89
Tabela 35	Delineamento fatorial 2 ³ aleatorizado com a resposta do teor de compostos fenólicos dado em mg de ácido gálico/100 g de fruta.....	92
Tabela 36	Efeito, erro padrão, teste t bilateral, significância e limite de confiança de 95% dos fatores sobre o teor de compostos fenólicos.....	92
Tabela 37	Análise de variância da influência dos fatores sobre o teor de compostos fenólicos de manga cv. Palmer com ajuste do modelo completo.....	93
Tabela 38	Efeito estimado dos fatores sobre o teor de compostos fenólicos de manga cv. Palmer após Ajuste do modelo reduzido.....	94
Tabela 39	Análise de variância do teor de compostos fenólicos de manga cv. Palmer após ajuste do modelo reduzido.....	94
Tabela 40	Valores observados, preditos e resíduo do teor de compostos fenólicos.....	95

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
2.1	Manga.....	24
2.2	Desidratação Osmótica (DO).....	27
2.3	Antioxidantes.....	30
2.3.1	Vitamina C.....	31
2.3.2	Compostos Fenólicos.....	33
3	OBJETIVO.....	35
3.1	Objetivo Geral.....	35
3.2	Objetivos Específicos.....	35
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.1	Material.....	36
4.2	Caracterização da Matéria-Prima.....	36
4.3	Desidratação Osmótica em Solução de Sacarose.....	37
4.3.1	Preparo das Amostras.....	37
4.3.2	Desidratação Osmótica.....	38
4.3.3	Ensaio de Equilíbrio.....	38
4.3.4	Modelos Matemáticos.....	39
4.3.5	Metodologias Analíticas.....	41
4.3.5.1	pH (Potencial Hidrogeniônico).....	42
4.3.5.2	Sólidos Totais.....	42
4.3.5.3	Sólidos Solúveis Totais (SST).....	42
4.3.5.4	Açúcares Redutores e Totais.....	42
4.3.5.5	Cor.....	43
4.3.5.6	Vitamina C.....	44
4.3.5.7	Compostos Fenólicos Totais.....	45
4.3.5.7.1	Extratos da Fruta.....	45
4.3.5.7.2	Determinação dos Compostos Fenólicos Totais.....	46

4.4	Desidratação Osmótica em Solução de Sacarose com Adição de Ácido Ascórbico.....	47
4.4.1	Preparo das Amostras.....	47
4.4.2	Desidratação Osmótica.....	47
4.4.3	Metodologias Analíticas.....	48
4.4.4	Delineamento Experimental.....	48
4.5	Análise Estatística.....	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1	Caracterização da Matéria Prima.....	52
5.2	Desidratação Osmótica em Solução de Sacarose.....	53
5.2.1	Cinética de Desidratação Osmótica.....	53
5.2.2	Cor.....	59
5.2.3	Teor de Vitamina C.....	62
5.2.4	Teor de Compostos Fenólicos Totais.....	67
5.3	Desidratação Osmótica em Solução de Sacarose com Adição de Ácido Ascórbico.....	71
5.3.1	Umidade.....	71
5.3.2	Teor de Açúcar.....	79
5.3.3	Teor de Vitamina C.....	85
5.3.4	Teor de Compostos Fenólicos Totais.....	91
6	CONCLUSÕES.....	97
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	99
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
	APÊNDICE.....	111
	APÊNDICE A.....	112

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos é notória a mudança nos hábitos alimentares em consequência do reconhecimento da necessidade de uma alimentação adequada, valorizada pelos benefícios à saúde e pela contribuição para a melhoria da qualidade de vida (SILVA; MENEZES, 2001).

Uma maior atenção tem sido dada às frutas, reconhecidas fontes de vitaminas, minerais e fibras, os quais são nutricionalmente importantes na dieta. Seu consumo regular tem sido associado à baixa incidência de doenças crônicas não transmissíveis, pois se acredita que esse efeito protetor esteja relacionado à presença de fitoquímicos com ação antioxidante (RIBEIRO et al., 2007; MELO et al., 2008).

Com isso, a manga tem sido foco de pesquisas por ser uma rica fonte de compostos bioativos, como carotenóides, vitamina C e compostos fenólicos, e também pela possibilidade de aproveitamento por apresentar grande perda no volume de produção (CARDELLO; MORAES; CARDELLO, 1993; BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002; ANDRÉS et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007).

Além disso, alimentos prontos para o consumo estão sendo cada vez mais procurados. A manga apresenta o inconveniente de ser um tanto trabalhosa para ser consumida devido ao seu tamanho relativamente grande, necessidade de descasque e a presença de um caroço também grande.

Dessa forma, novas tecnologias de processamento estão sendo desenvolvidas visando à minimização das perdas, à possibilidade do consumo durante todo o ano, à conservação por um tempo maior, à praticidade tanto do consumo como do transporte, à manutenção das características organolépticas semelhantes ao fruto *in natura*, e à qualidade dos alimentos (SOUSA, 2008).

Aproximadamente 20% das mangas são processadas em produtos como suco integral ou misturas, polpas congeladas, purê, néctar, geleias,

sorvetes, enlatados, licores, entre outros (CARDELLO; MORAES; CARDELLO, 1993; CARDELLO; MORAES, 1997; BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002; DAMIANI et al., 2009; KIM et al., 2010). Na Ásia, para auxiliar os pequenos e médios produtores, a secagem é aplicada como técnica de conservação do excedente de produção e das mangas parcialmente danificadas (ANDRÉS et al., 2007). Porém, tradicionalmente a qualidade de mangas secas tem sido ruim devido à textura rígida, apresentando cor não atrativa e *flavor* de cozido, com perda de valor nutritivo, o que reduz seu valor comercial (TEDJO et al., 2002; ANDRÉS et al., 2007).

Uma tecnologia que tem recebido atenção para conservação de frutas é a desidratação osmótica. Ela tem sido sugerida por muitos pesquisadores como um pré-tratamento para reduzir o alto conteúdo de água, diminuindo o consumo energético e para melhoria da qualidade das frutas processadas e minimamente processadas visando à manutenção das características desejáveis (TEDJO et al., 2002; ALVES et al., 2005; ALAKALI; ARIAHU; NKPA, 2006).

Esta técnica consiste em imergir a fruta em uma solução aquosa hipertônica que favorece a saída de água, e possivelmente de outros componentes, do tecido vegetal para a solução concentrada pela diferença de pressão osmótica e a transferência do soluto da solução para o alimento, devido aos gradientes de concentração (TORREGGIANI, 1993).

Através da transferência de soluto é possível inserir no alimento substâncias capazes de conferir ao produto uma melhor qualidade sensorial, componentes fisiologicamente ativos (antioxidantes, vitaminas ou minerais), agentes redutores de atividade de água ou pH, antimicrobianos ou qualquer outro soluto de interesse nutricional, fornecendo melhor estabilidade e propriedades funcionais, as quais agregam valor ao produto final (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; SOUZA NETO et al., 2004).

Para evitar ou diminuir o escurecimento e as perdas nutricionais tem-se estudado a adição de ácido cítrico e ascórbico na solução osmótica, como realizado por Robbers, Singh e Cunha (1997). Esses autores verificaram que a adição dessas substâncias preveniu escurecimento, perdas de ácido ascórbico e, em alguns casos, resultou no aumento do teor deste último no kiwi.

Sendo assim, a DO é uma técnica plausível de ser estudada por ser alternativa de pré-processamento ou processamento mínimo para o excedente de produção e por manter as características originais ou até mesmo de melhorar o valor nutricional da fruta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manga

A manga é uma fruta, originária da região sudeste asiática, que foi introduzida no Brasil no século XVI (CARVALHO et al., 2004). Possui grande expressão econômica em muitas regiões, principalmente nas tropicais, o que a torna a quarta fruta dos trópicos a alcançar o mercado internacional, depois da banana, do abacaxi e do abacate (FARAONI; RAMOS; STRINGHETA, 2009).

Segundo Correia e Araújo (2010), dados da FAO de 2009 apontaram que o Brasil é o sétimo produtor mundial de manga. Neste mesmo ano o Brasil produziu pouco mais de um milhão de toneladas da fruta e exportou apenas 4,62% da produção, dessa forma o mercado interno é a principal fonte de escoamento. Atualmente no país, a maior produção (73,41%) se concentra na região nordeste, seguido pelo sudeste, com 24,83%, as demais regiões têm produção menos expressiva (EMBRAPA, 2011).

Pertencente à família das *Anacardiaceae*, ordem *Rutales*, a manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical, polposa e sazonal com pico de produção no Brasil entre outubro e março (BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002; BRANDÃO et al. 2003; ARAÚJO, 2004; BARRETO et al., 2008). Apresenta uma diversidade de cultivares com diferencial no tamanho do fruto e caroço, cor, *flavor* e composição, resultado de extensa pesquisa na área de reprodução de plantas (BARRETO et al., 2008).

As variedades de manga podem ser diferenciadas quanto à possibilidade de processamento e quanto à presença ou ausência de fibras na polpa. Para o consumo *in natura*: Haden, Tommy Atkins, Keity, Palmer, Ruby, Zill e Van Dick são ideais. A Imperial, Carlota, São Quirino, Nom Plus Ultra, Haden, Palmer, Kent e Zill são as apropriadas para

elaboração de compota em calda, enquanto que para fabricar néctar, Carlota, Palmer, Manga D'água e Sensation, são as indicadas (CAMARGO FILHO; ALVES; MAEZZI, 2004).

Nos maiores mercados consumidores do mundo (Estados Unidos e Europa) as variedades de manga mais comercializadas são Tommy Atkins, Haden, Keity e Kent, todas selecionadas na Flórida-EUA (CAMARGO FILHO; ALVES; MAEZZI, 2004). No Brasil, as principais cultivares plantadas nas áreas comerciais são Tommy Atkins, em maior quantidade, Haden, segunda mais consumida (DAMIANI et al., 2009), Keitt, Van Dyke, Rosa, Ubá, entre outras (FRANCO; RODRIGUEZ-AMAYA; LANÇAS, 2004; FARAONI; RAMOS; STRINGHETA, 2009).

A cultivar Palmer vem ganhando espaço no mercado e sua aparição é mais recente que a Haden e a Tommy Atkins (RIBEIRO, 2006). Apesar de não ser citada como a mais produzida, é apropriada para o consumo de diversas formas, pois possui pouca ou nenhuma fibra, ao contrário da espada que é muito fibrosa; sua casca é fina, roxa quando “verde” e vermelha quando madura; a polpa é amarelada, firme, de bom sabor e com alto teor de sólidos solúveis; possui relação polpa/fruto de aproximadamente 72%; sua semente é monoembriônica e comprida; apresenta vida de prateleira de tempo razoável e produções regulares; é bem aceita no mercado interno. A mangueira é semi-anã, de copa aberta, e também se originou na Flórida, em 1945 (COSTA; SANTOS, 2004).



Figura 1. Manga cv. Palmer
Fonte: COSTA; SANTOS, 2004

A manga possui grande aceitação no mercado por apresentar aparência exótica, características sensoriais peculiares e atraentes de sabor, aroma e cor, além de ser de alto valor nutricional (CARDELLO; MORAES; CARDELLO, 1993; CARDELLO; MORAES, 1997; CARDELLO; CARDELLO, 1998; BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002; BRANDÃO et al., 2003; HILUEY et al., 2005; ANDRÉS et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007), o que aumenta as perspectivas dos países produtores (SILVA; MENEZES, 2001).

O alto valor nutricional da polpa se deve especialmente pelo conteúdo de antioxidantes como: vitamina C, apresentando valores de até 110 mg/100g da fruta dependendo da variedade (BLEINROTH, 1976 apud BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002); carotenóides, precursores da vitamina A, responsáveis pela coloração amarela da polpa quando madura, que aumenta progressivamente, sendo encontrada 37 % na fruta verde e 50 % na fruta madura (HOJO et al., 2009); e compostos fenólicos que são produtos secundários do metabolismo vegetal e possuem excelentes propriedades antioxidantes (SOONG; BARLOW, 2004; RIBEIRO et al., 2007; MELO et al., 2008).

O conteúdo desses antioxidantes modifica de acordo com as condições e local da cultura, prática de cultivo, variedade, estágio de maturação e armazenamento (RIBEIRO et al., 2007). Outros compostos também são encontrados em diferentes quantidades como água, carboidratos, ácidos orgânicos, sais minerais, proteínas e vitaminas (CARDELLO; CARDELLO, 1998).

A manga é uma fruta cuja respiração celular é intensa, o que acelera a sua deterioração. Sendo assim, o armazenamento em câmaras frias pode prolongar a sua vida útil (AWAD, 1993). Para tanto, deve-se levar em consideração a temperatura durante o armazenamento, pois a mesma exerce influência na taxa de respiração e transpiração. O excesso de transpiração resulta no enrugamento, desenvolvimento desuniforme da cor e amadurecimento irregular, afetando as características sensoriais

(EVANGELISTA, 1999). Dessa forma, as frutas tropicais como a manga, devem ser armazenadas em temperatura entre 10 e 13°C, pois são susceptíveis a baixas temperaturas, quando podem também desenvolver sintomas de *chilling* que são: ausência do dulçor, aroma e sabor da polpa; casca opaca; manchas marrons na casca; maturação irregular; suscetibilidade à deterioração por fungos e redução do nível de carotenóides (HOJO et al., 2009).

Além do armazenamento outros fatores prejudicam a integridade da manga que são as doenças, as pragas, as deficiências nutricionais, as características físicas e químicas, o grau de maturação e tratamentos empregados na pré-colheita, colheita e pós-colheita. (SILVA; MENEZES, 2001). O tempo de exposição prolongado no varejo, preços desfavoráveis ao produtor, ausência de padrões predefinidos para a comercialização e falta de orientação de mercado, também afetam no comércio da fruta que é quase que exclusivamente na forma *in natura* (DAMIANI et al., 2009; CORREIA; ARAÚJO, 2010).

Diante disso as perdas chegam a 27,43%, segundo Chitarra e Chitarra (2005), com percentuais diferentes em cada etapa da comercialização: 2% na estocagem, 10% no transporte e 83% na exposição do produto na loja (PEROSA; SILVA; ARNALDI, 2009).

2.2 Desidratação Osmótica (DO)

O processamento térmico é um tradicional tratamento de vegetais que pode alterar a estrutura e qualidade do alimento, além de ser de alto custo industrial (ALVES et al., 2005; ALAKALI; ARIAHU; NKPA, 2006). Então, a busca por processos não térmicos tem sido feita para obtenção de diversos produtos de frutas que apresentem as qualidades de um alimento fresco (ANDRÉS et al., 2007).

Assim, a DO tem recebido considerável atenção na aplicação em frutas e vegetais por ser um processo brando de conservação que requer

relativamente baixa energia e temperatura por não haver necessidade de mudança do estado físico da água (TEDJO et al., 2002; ANDRÉS et al., 2007; FALADE; IGBEKA; AYANWUYI, 2007) e por conferir ao processado qualidade, estabilidade na cor, intensificação no *flavor*, inibição do escurecimento enzimático e integridade estrutural, nutricional, funcional e sensorial, uma vez que pode contribuir para uma boa retenção das vitaminas e compostos voláteis (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; ANDRÉS et al., 2007; FALADE; IGBEKA; AYANWUYI, 2007; KHOYI; HESARI, 2007; PANI et al., 2008).

Apesar de a técnica apresentar numerosas vantagens, a umidade alcançada pelo produto durante a DO não é suficiente para inibir o crescimento microbiano (SILVEIRA, RAHMAN; BUCKLE, 1996; ANDRÉS et al., 2007). Por essa razão, é frequentemente aplicada como um pré-tratamento à secagem o que proporciona reduzido consumo energético, ótimo rendimento e obtenção de produtos desidratados de qualidade, com mudanças físicas, químicas e biológicas menos bruscas (SILVEIRA, RAHMAN; BUCKLE, 1996; KOWALSKA; LENART, 2001; ANDRÉS et al., 2007; MARFIL; SANTOS; TELIS, 2008; GERMER et al., 2011). Esta pode ser aplicada também antes do congelamento podendo melhorar a resistência da textura de frutas congeladas pela diminuição da quantidade de cristais de gelo que reduzem a modificação estrutural e sensorial durante o processo descongelamento (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; TEDJO et al., 2002). A aplicação de uma DO branda tem sido utilizada, com bons resultados, na preparação de frutas em pedaços minimamente processadas (TEDJO et al., 2002; PEREIRA et al., 2004).

A DO se dá pela imersão do alimento em solução aquosa hipertônica de um agente osmótico como sal e/ou açúcar de concentrações geralmente entre 5 a 20% de sal e 40 a 70% de açúcar (ANTONIO et al., 2008). Neste processo ocorrem dois principais fluxos de transferência de massa. O fluxo mais importante consiste na remoção de parte da água quando esta sai do tecido devido à diferença de pressão

osmótica entre o alimento e a solução circundante. O outro ocorre pelo transporte do soluto da solução para o produto elevando o teor de sólidos. Com o segundo fluxo é possível impregnar substâncias ao produto com propriedades antioxidantes ou de conservação e solutos de interesse nutricional e sensorial adicionando-as a solução osmótica. Um terceiro fluxo pode ser considerado, o fluxo natural dos solutos como: açúcares, ácidos orgânicos, minerais e sais, que saem do alimento para solução (TORREGIANI, 1993; RAOULT-WACK, 1994; KOWALSKA; LENART, 2001; CHIRALT; FITO, 2003; CHIRALT; TALENS, 2005; FALADE; IGBEKA; AYANWUYI, 2007; KHOYI; HESARI, 2007; GERMER et al., 2011).

A taxa de transferência de massa ou difusão durante a DO acontece até que o equilíbrio seja atingido, ou seja, quando o potencial químico entre a solução osmótica e o alimento seja nulo. (KOWALSKA; LENART, 2001). Em vegetais, a DO sofre influência da estrutura celular dos tecidos, que determinam o ganho de soluto e a perda de água, assim como das condições de processo, isto é, temperatura, tamanho e geometria da amostra, razão solução/amostra, composição, concentração, grau de agitação da solução osmótica, tempo de processo, além de outros procedimentos que alteram a estrutura do sólido, como tratamento térmico preliminar (SILVEIRA, RAHMAN; BUCKLE, 1996; RASTOGI; RAGHAVARAO; NIRANJAN, 1997; KOWALSKA; LENART, 2001; RASTOGI et al., 2002; TEDJO et al., 2002; CHIRALT; FITO, 2003; CHIRALT; TALENS, 2005; ANDRÉS et al., 2007).

Como o número de variáveis envolvidas é grande, elas devem ser conhecidas e controladas para a obtenção do produto desejado. Durante o processo muitos aspectos da microestrutura celular podem ser afetados, alterando a estrutura do tecido e influenciando profundamente as propriedades que determinam as taxas de transferência de massa (NIETO et al., 2004; SEGUÍ; FITO; FITO, 2009).

2.3 Antioxidantes

A oxidação é um processo metabólico celular que gera energia necessária para as atividades essenciais das células. Possuem como subproduto os radicais livres, sendo os principais, superóxidos, hidroxilas, hidroperoxilas, peroxilas, alcoxilas e oxigênio singlete, que são extremamente reativos, altamente instáveis e podem provocar danos no organismo de forma expressiva (BIANCHI; ANTUNES, 1999; BANERJEE; NDASGUPTA; DE, 2005; ROESLER et al., 2007).

Além do metabolismo das células, os radicais livres são formados através de fontes exógenas como a radiação ionizante, fumo, pesticidas, poluição e alguns medicamentos (BIANCHI; ANTUNES, 1999; TAWAHA et al., 2007).

O organismo defende-se contra esses radicais pela presença de algumas enzimas que atuam como antioxidantes por sua capacidade de inibir ou retardar a oxidação. Porém, a formação de uma grande quantidade desses íons reativos livres não podem ser totalmente neutralizados pelas enzimas antioxidantes, podendo ocasionar danos e morte celular (BIANCHI; ANTUNES, 1999; BANERJEE; NDASGUPTA; DE, 2005).

Dessa forma, o estresse oxidativo tem sido associado ao desenvolvimento de muitas doenças crônicas e degenerativas, como câncer, inflamação crônica, doenças cardiovasculares, Parkinson e Alzheimer, assim como ao processo de envelhecimento e alteração no DNA ocasionando mutagênese e carcinogênese (BIANCHI; ANTUNES, 1999; BANERJEE; NDASGUPTA; DE, 2005; ROESLER et al., 2007).

Estudos clínicos e epidemiológicos têm mostrado evidências de que são os antioxidantes da dieta que auxiliam a neutralizar a presença dos radicais livres no organismo humano (BIANCHI; ANTUNES, 1999; MÜLLER et al., 2010). Assim, torna-se importante a dieta rica em

antioxidantes, com frutas e vegetais para redução dos efeitos nocivos do estresse oxidativo devido a contribuição para a baixa e significativa redução da incidência dessas doenças encontradas nas populações (SOARES, 2002). Outra forma de aumentar o consumo é o enriquecimento dos alimentos com antioxidantes (TAWAHA et al., 2007) que previnem também a deterioração dos alimentos por mecanismos oxidativos (TOBAL, 2008).

Os antioxidantes naturais podem ser compostos fenólicos (tocoferóis, flavonóides e ácidos fenólicos), compostos nitrogenados (alcalóides, derivados de clorofila, aminoácidos e aminas), carotenóides e ácido ascórbico (VELIOGLU et al., 1998; BANERJEE; NDASGUPTA; DE, 2005; ROESLER et al., 2007; TAWAHA, et al., 2007; MÜLLER et al., 2010).

2.3.1 Vitamina C

Os vegetais contribuem de forma importante na dieta como fonte de vitamina C e são responsáveis por suprir boa parte desta vitamina consumida pela população (BENASSI; ANTUNES, 1988), sendo que o organismo humano não é capaz de sintetizar essa substância (ROSA et al., 2007). Esta é encontrada sob as formas reduzida designada como ácido ascórbico, e oxidada denominado ácido deidroascórbico, ambas fisiologicamente ativas (ANDERSON et al., 1988 apud ARANHA et al., 2000; ROSA et al., 2007).

A vitamina C é um componente requerido na dieta humana como agente de prevenção nas funções biológicas, pois sua ausência pode desencadear o escorbuto, que compromete as articulações, ocasiona lesões na mucosa intestinal, provoca inflamações das gengivas, enfraquecimento dos dentes (redução na ossificação), hemorragias causadas pelo rompimento das paredes dos vasos sanguíneos e

deterioração do sistema imunológico (PAULING, 1988 apud ARANHA et al., 2000; BASU; SCHORAH, 1982 apud ROSA et al., 2007).

A formação do colágeno, da integridade do tecido conjuntivo, das cartilagens, da matriz óssea, da dentina, da pele e dos tendões se dá pela participação da vitamina C na hidroxilação da prolina para formar hidroxiprolina. Além disso, reduz a suscetibilidade às infecções. Há demonstrações experimentais de que a vitamina C pode inibir a síntese de DNA (Ácido Desoxirribonucléico) e RNA (Ácido Ribonucléico) de tumores (ARANHA et al., 2000).

A vitamina C, ainda, acelera a absorção intestinal dos íons de ferro e sua mobilização, influenciando sua distribuição dentro do organismo (ARANHA et al., 2000; RIBEIRO et al., 2007).

No alimento este composto previne a alteração de cor que pode ser provocada pela ação de enzimas, principalmente as polifenoloxidasas que oxidam os compostos fenólicos (MADHAVI; SINGHAL; KULKARNI, 1996).

Apesar de ser tão importante para o funcionamento do organismo humano e, em alguns casos, ser um conservador de alimentos é o composto mais afetado pelo processamento e armazenamento de frutas e vegetais, por ser termolábil, degradada na presença de enzimas (ex. ascorbato oxidase) e pela sua interação com outras substâncias. Por isso, sua retenção é utilizada frequentemente como indicativo da preservação dos demais nutrientes e de conservação do alimento (CARDELLO; MORAES; CARDELLO, 1993; CARDELLO; CARDELLO, 1998; ROSA et al., 2007; ALVES et al., 2010).

Alguns trabalhos mostram a perda da vitamina após o armazenamento. Alves et al (2010) observaram que em manga cv. Palmer minimamente processada apresentou redução em até 50%. do teor inicial de vitamina C durante o armazenamento sob refrigeração, considerando períodos de avaliação em que as mangas ainda se apresentavam apropriadas para o consumo. Brunini e colaboradores (2002) prepararam polpa de manga Tommy-Atkins triturada e fatiada para posterior

congelamento, constatando perdas de vitamina C superiores a 75% em relação ao conteúdo inicial, durante armazenamento de 6 meses a -18°C. Porém, durante o congelamento (por 180 dias a -18°C) de manga Haden não foram detectadas perdas por Cardello, Moraes e Cardello (1993), que atribuíram o fato da preservação da vitamina C à inativação parcial da enzima ascorbato oxidase no congelamento.

2.3.2 Compostos Fenólicos

O interesse pelo estudo dos compostos fenólicos é devido, principalmente, à capacidade antioxidante destas substâncias em sequestrar radicais livres (ASSAMI et al., 2003).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários de plantas, localizados nos vacúolos. Sua presença é característica de cada cultivar, influenciado pelo grau de maturação, ambiente de plantio e condições de estocagem cujas diferenças apresentam grande interesse para aplicações tecnológicas e nutricionais (BRAVO, 1998; ASSAMI et al.; 2003; ZARDO et al. 2008; ZARDO et al. 2009).

Estas substâncias podem aparecer livres ou ligadas a proteínas ou açúcares, sendo que com o último, formam os glicosídeos, alguns de alto grau de polimerização (SOARES, 2002). Os poliglicosídeos são muito solúveis em água e pouco solúveis em solventes orgânicos apolares. A solubilidade bem como outras propriedades físicas e químicas são favorecidas de acordo com a posição do açúcar na estrutura fenólica. As agliconas apresentam uma grande variedade de solubilidade e estabilidade. Estas diferenças podem ser usadas para separá-los, quantificá-los e desenvolver estudos de suas atividades fisiológicas (FURLONG et al., 2003).

Entre as estruturas químicas às quais se atribui atividade antioxidante e conseqüentemente sua função fisiológica, destacam-se dentro dos compostos fenólicos, os ácidos fenólicos derivados do ácido

hidroxicinâmico, flavonóides, ácido gálico e quercitina (FURLONG et al., 2003; BARRETO et al., 2008). Esses compostos são preferencialmente oxidados no meio biológico e funcionam como economizador de nutriente antioxidante protegendo o organismo contra o estresse oxidativo (BRAVO, 1998; RIBEIRO et al., 2007). Eles têm atraído atenção pela sua atividade antioxidante, atuando como substâncias antibacterianas, antivirais, anti-inflamatórias, antialérgicas, antitrombóticas, além de demonstrar ação vaso dilatadora, prevenindo doenças cardiovasculares, e ação contra a atividade biológica do câncer detectada pela inibição de proliferação de células cancerígenas *in vitro* (VELIOGLU et al., 1998; KIM et al., 2010). Segundo Ribeiro e colaboradores (2007) a ingestão diária recomendada de antioxidantes desse grupo de compostos é estimada em 0,15 a 1 g por dia.

Nos alimentos, a ação dos compostos fenólicos é responsável pela cor, *flavor*, adstringência e aroma (BRAVO, 1998; SOARES, 2002; BARRETO et al., 2008).

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi investigar a desidratação osmótica de manga cv. Palmer, sem e com adição de ácido ascórbico na solução de sacarose, avaliando a retenção de vitamina C e a impregnação do ácido ascórbico, bem como verificar o teor dos compostos fenólicos durante os processos.

3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

- ✓ Avaliar a desidratação osmótica de manga em solução de sacarose através das seguintes determinações:
 - cinética de desidratação, perda de água e ganho de sacarose;
 - coeficientes de difusão da água e da sacarose;
 - influência da desidratação osmótica sobre a alteração de cor, retenção de vitamina C e compostos fenólicos.
- ✓ Avaliar a desidratação osmótica de manga em solução de sacarose com adição de ácido ascórbico determinando a influência das concentrações de sacarose e ácido ascórbico na solução osmótica e do tempo de processo, sobre a umidade e os teores de açúcar, vitamina C e compostos fenólicos totais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

As mangas da cultivar Palmer utilizadas neste trabalho foram da safra de 2010/2011 que no Estado de São Paulo, segundo Menten (2011), teve início em dezembro e término em março. Elas foram adquiridas no mercado local, CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo) de São José do Rio Preto – SP. Dois lotes foram necessários. O primeiro lote, que teve sua aquisição no mês de janeiro, foi utilizado na execução da DO sem adição de ácido ascórbico e no mês seguinte adquiriu-se o segundo lote para realização da DO com adição de ácido ascórbico. O ácido ascórbico de grau comestível foi fornecido pela empresa Vallens Ingredientes Industriais LTDA. Os reagentes, grau PA, para realização da análise de açúcar eram da marca Synth, para quantificação da vitamina C os reagentes ácido oxálico e 2,6-diclorofenolindofenol eram da Synth e Vetec, respectivamente, e o reagente Folin-Ciocalteu para realização da análise de compostos fenólicos era da marca Dinâmica.

4.2 Caracterização da Matéria-Prima

Inicialmente as mangas foram selecionadas pela presença ou não de injúrias e separadas conforme sua coloração, que indica o grau de maturação de forma subjetiva. Em seguida, foram pesadas em balança semianalítica (modelo BK 4000, marca Gehaka) e medidas em comprimento e largura com paquímetro. As mangas escolhidas foram previamente lavadas em água corrente e depois imergidas em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos, segundo recomendação de Damiani et al.(2009).

4.3 Desidratação Osmótica em Solução de Sacarose

Os ensaios de DO foram realizados no Laboratório de Processos e Análises do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), campus São José do Rio Preto-SP.

O processo de DO foi executado utilizando-se o delineamento fatorial 3x5, ou seja, na presença de dois fatores, a concentração da solução, com três níveis (40, 50 e 60% de sacarose), e o tempo de processo, com cinco níveis (0, 30, 60, 120, 240 minutos). Os experimentos foram divididos em três dias. O primeiro foi realizado, um dia após a aquisição das mangas e os demais foram a cada dois dias, totalizando em seis dias de armazenamento da matéria-prima sob-refrigeração, contados a partir da data da compra do primeiro lote. A concentração da solução osmótica utilizada a cada dia de processo foi escolhida aleatoriamente. O processamento não permitiu a aleatorização do tempo.

4.3.1 Preparo das Amostras

As mangas foram manualmente descascadas e cortadas em duas bandas no sentido longitudinal, com faca de aço inoxidável. As bandas foram fatiadas em fatiador elétrico (marca ECO), na espessura aproximada de 14 mm. Essas fatias foram cortadas por um vazador retangular construído em metal com as bordas afiadas, resultando em formato de paralelepípedo, com comprimento e largura de cinco e quatro centímetros, respectivamente. Medidas do teor de sólidos solúveis totais e pH foram realizadas para determinar o grau de maturação.

4.3.2 Desidratação Osmótica (DO)

A DO foi realizada em uma cuba encamisada de 30 x 30 x 35 cm contendo 20 kg de solução. A temperatura da solução foi controlada através da água circulante na camisa, que foi mantida a 25°C por banho ultratermostatizado (modelo MA-184, marca Marconi).

A solução desidratante consistiu de sacarose em água, nas concentrações de 40, 50 e 60% (p/p). Um agitador mecânico (modelo MA 261, marca Marconi), composto por uma hélice naval de 10 cm de diâmetro permaneceu a 1300 rpm, mantendo a homogeneidade da solução durante todo processo.

Quatro cestos confeccionados em nylon, contendo aproximadamente 150 g (massa inicial, M_i) de amostra, foram dispostos no interior da cuba, em estrutura apropriada. Cada cesto representou o tempo de processo pré-determinado de 30, 60, 120 e 240 minutos e apresentou relação fruta:solução de aproximadamente 1:30. Transcorrido o tempo de DO, retirou-se o cesto da solução desidratante e este foi imerso rapidamente em água, para a retirada do excesso da solução da superfície da amostra, e com papel absorvente a água superficial foi enxugada. Em seguida, as amostras foram pesadas, obtendo-se a massa final (M_f), e submetidas à preparação para as determinações analíticas de sólidos totais, açúcares redutores e totais, cor, vitamina C e compostos fenólicos.

4.3.3 Ensaio de Equilíbrio

Em frascos de vidro contendo 600 g de solução de sacarose nas concentrações de 40, 50 e 60% (p/p) foram inseridas 60 g de amostras fatiadas na espessura de 6 mm, aproximadamente, oferecendo proporção fruta:solução 1:10. Esses frascos foram dispostos em incubadora

refrigerada MA-830/A, marca Marconi, onde permaneceram sob agitação de 180 rpm, na temperatura de 25°C. As amostras foram mantidas nessa condição durante 48 horas e, posteriormente, foram analisadas quanto a sólidos totais e açúcares redutores e totais.

4.3.4 Modelos Matemáticos

A eficiência da DO foi calculada, para cada tratamento, com base na perda de água e ganho de sacarose, determinados pelos dados obtidos de massas (inicial e final), teores de água e de açúcares, totais e redutores, das amostras frescas e processadas.

A variação de massa (ΔM) em relação à massa inicial é dada segundo:

$$\Delta M = \frac{M_f - M_i}{M_i} = \Delta P_{\text{água}} + \Delta G_{\text{sacarose}} \quad (1)$$

onde M_f representa a massa final (após a desidratação osmótica) e M_i a massa inicial, antes da DO.

A perda de água em relação à massa inicial ($\Delta P_{\text{água}}$) é calculada por:

$$\Delta P_{\text{água}} = \frac{(M_f \cdot U_f) - (M_i \cdot U_i)}{M_i} \quad (2)$$

com U_f representando a umidade da fruta após a DO e U_i a umidade da fruta fresca.

O ganho de sacarose em relação à massa inicial ($\Delta G_{sacarose}$) pode ser calculado pela diferença entre as equações (1) e (2):

$$\Delta G_{sacarose} = \Delta M - \Delta P_{\acute{a}gua} \quad (3)$$

O ganho de sacarose também pode ser calculado segundo:

$$\Delta G_{sacarose} = \frac{(M_f \cdot S_f) - (M_i \cdot S_i)}{M_i} \quad (4)$$

com S_f representando o conteúdo de sacarose da fruta após a DO e S_i seu conteúdo na fruta fresca.

A eficiência (E), dada em porcentagem, foi determinada segundo:

$$E = \frac{\Delta P_{\acute{a}gua}}{\Delta G_{sacarose}} \cdot 100 \quad (5)$$

As difusividades da água e da sacarose foram determinadas nas fatias de manga com base na equação de difusão também conhecida com Segunda Lei de Fick que é dada pela equação (6) considerando a difusividade e a densidade constantes. As soluções analíticas foram ajustadas aos dados experimentais considerando-se o sólido com a forma geométrica simples de placa plana e a espessura constante ao longo do processo.

$$\frac{\partial \omega_i}{\partial t} = D_{im} \frac{\partial^2 \omega_i}{\partial z^2} \quad (6)$$

sendo que ω_i é a fração de massa da espécie i (água ou sacarose) e D_{im} é o coeficiente de difusão efetivo correspondente à difusão da espécie i em uma mistura m .

Considerando-se que o sólido (fatia da fruta) seja uma placa com ambas as superfícies expostas à solução osmótica cuja concentração se mantém constante, e que a variação das dimensões do sólido seja desprezível, tem-se a seguinte solução analítica da equação de Fick, integrada ao longo da espessura (CRANK, 1975):

$$\frac{\bar{\omega}_i - \omega_i^{eq}}{\omega_i^0 - \omega_i^{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp \left[-(2n-1)^2 \frac{\pi^2 D_{im} t}{L^2} \right] \quad (7)$$

sendo que $\bar{\omega}_i$ é a fração de massa média da espécie i na fatia, em base úmida, ω_i^{eq} é a fração de massa da mesma espécie no tecido, em equilíbrio com a solução osmótica e ω_i^0 representa a fração nas condições iniciais, D_{im} é a difusividade binária efetiva, t é o tempo e L é a espessura média da amostra. Para o cálculo do coeficiente de difusão da água e da sacarose foram utilizados seis termos da série.

4.3.5 Metodologias Analíticas

Para as determinações analíticas, exceto para cor, as amostras foram previamente trituradas no miniprocessador (modelo HC 31, marca Black&Decker) e pesadas em balança analítica (modelo AS200, marca Ohaus).

4.3.5.1 pH (Potencial Hidrogeniônico)

Utilizando pHmetro de bancada (modelo TEC 5, marca Tecnal) o pH foi determinado em 10 g de amostra na qual adicionou-se 100 mL de água. Esta mistura foi homogeneizada em seguida, realizou-se a determinação direta do pH através do método potenciométrico (IAL, 2005), em triplicata.

4.3.5.2 Sólidos Totais

Os sólidos totais foram determinados em triplicata pelo método gravimétrico, segundo a AOAC (2005). O procedimento se deu em estufa a vácuo (modelo TE-395, marca Tecnal) a 60°C até a obtenção de peso constante de 2 g de amostra. O resultado foi expresso em % de umidade.

4.3.5.3 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Através da refratometria determinaram-se os sólidos solúveis totais, em triplicata, pela leitura direta com o refratômetro portátil modelo PAL-3 (0-93°Brix), marca ATAGO. O resultado foi expresso em °Brix.

4.3.5.4 Açúcares Redutores e Totais

A determinação de açúcares redutores e totais foi realizada pela metodologia de titulação de óxido-redução (AOAC, 1970).

Inicialmente 5 g de amostra foram neutralizadas e transferidas para um balão de 250 mL. A neutralização foi realizada com solução de NaOH 0,1 M. A seguir, foram adicionados clarificantes acetato de zinco 1 M e ferrocianeto de potássio 0,25 M em alíquotas de 5 mL. Completou-se o volume a 250 mL, filtrou-se o extrato e a solução filtrada foi utilizada para

a quantificação de açúcares redutores. Para a quantificação dos açúcares totais, em um balão 100 mL, uma alíquota de 50 mL do filtrado foi submetida à hidrólise ácida com 5 mL de ácido clorídrico P.A. a 68-70°C por cinco minutos. A solução foi neutralizada com NaOH 40% e o volume de 100 mL completado, obtendo-se a solução a ser titulada.

Ambas as soluções foram tituladas com um volume conhecido de licor de Fehling, padronizado com solução de glicose. A titulação foi conduzida no equipamento determinador de açúcares redutores (modelo TE-0861, marca Tecnal).

Os açúcares redutores foram expressos em glicose e os não-redutores, em sacarose. O teor de açúcares não redutores foi obtido pela diferença entre o teor de açúcares totais e o teor de açúcares redutores.

4.3.5.5 Cor

As medições da intensidade de cor das amostras *in natura* e tratadas foram realizadas em quatro replicatas, em espectrofotômetro de bancada ColorFlex, marca HunterLab, previamente calibrado com padrões de cor branco e preto. Os parâmetros foram medidos fisicamente através da técnica estabelecida pela CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) que consiste na percepção tricromática do espectro visível, ou seja as cores são obtidas pelas determinações dos estímulos causados pelas três cores primárias: azul, vermelho e amarelo, o que permite obter um perfil cromático real do material analisado. Para tanto, o ângulo de observação foi de 10° e a fonte de iluminação, D65. A leitura foi realizada através do CIELAB, que consiste da claridade (L^*), variando de 0 (preto) a 100 (branco), e cromaticidade a^* e b^* , com a^* definido por $-a^*$ (verde) e $+a^*$ (vermelho) e b^* por $-b^*$ (azul) e $+b^*$ (amarelo). Através destes parâmetros calculou-se C^* (Chroma ou índice de

saturação) e H (ângulo Hue ou tonalidade) através das equações (8) e (9) (MARTIM, 2006; OSÓRIO et al., 2007) apresentadas a seguir:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (8)$$

onde C^* é o Chroma e a^* e b^* os parâmetros mensurados.

$$H = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (9)$$

onde H é o ângulo Hue e a^* e b^* os parâmetros mensurados.

4.3.5.6 Vitamina C

A determinação da vitamina C das mangas frescas e processadas foi realizada segundo a metodologia de Benassi e Antunes (1988).

Em 12,5 g de amostra fresca e processada adicionou-se 25 mL da solução de ácido oxálico 2% (p/v) e homogeneizou-se. Em seguida, pesou-se 10 g da mistura que foi transferida a um balão volumétrico de 50 mL e o volume completado com solução de ácido oxálico 2%. O extrato diluído foi filtrado a vácuo e retiraram-se, em triplicata, alíquotas de 10 mL. As alíquotas do filtrado foram tituladas com a solução de DCFI (2,6-diclorofenolindofenol) 0,01% (p/v) até que fosse detectado o ponto de viragem, indicado pela passagem do incolor à tonalidade rósea.

A padronização do DCFI foi realizada pela titulação de 10 mL da solução padrão de ácido ascórbico, em triplicata. A solução padrão foi preparada com 125 mg de ácido ascórbico (Sigma) diluído em ácido oxálico 2% em um balão volumétrico de 50 mL. Dessa solução uma alíquota de 2 mL foi transferida a um balão volumétrico de 50 mL o qual foi completado com a mesma solução de ácido oxálico.

O conteúdo de vitamina C foi calculado pela seguinte equação:

$$\frac{\text{mg de Vit C}}{100 \text{ g de amostra}} = \frac{\frac{m \text{ Ácido Ascórbico Padrão (g)} \cdot 2 \text{ mL} \cdot 10 \text{ mL}}{50 \text{ mL} \cdot 50 \text{ mL}} \cdot \frac{\text{Volume Gasto DCFI Amostra (mL)}}{\text{Volume Gasto DCFI Padrão (mL)}} \cdot \frac{100 \text{ g}}{m \text{ Amostra (g)}}}{\left(\frac{25 \text{ mL} + m \text{ Amostra (g)}}{m \text{ Extrato (g)}} \right) \cdot \frac{50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}}} \quad (10)$$

onde m é a massa do Ácido Ascórbico Padrão, da Amostra ou do Extrato em gramas.

A partir dos teores de vitamina C encontrados calculou-se a retenção da vitamina C durante o processo de acordo com Murphy, Criner e Gray (1975) que considera a variação total de massa.

4.3.5.7 Compostos Fenólicos Totais

4.3.5.7.1 Extratos da Fruta

A etapa de extração é muito importante para quantificação dos compostos fenólicos. Sua extração depende de diversos fatores como tipo de solvente, pH, temperatura, número de etapas de extração, volume do solvente e tamanho das partículas das amostras (PRADO, 2009).

A extração foi realizada segundo Prado (2009) com algumas modificações. A partir de 5 g de polpa congelada, transferidas ao erlenmeyer, realizou-se a extração utilizando-se 50 mL da solução aquosa de etanol 80% (v/v). Os erlenmeyers foram dispostos em mesa agitadora orbital (modelo TE-141, marca Tecnal), durante duas horas, sob agitação constante de 200 rpm e temperatura ambiente. Em seguida, os extratos foram centrifugados (modelo CR 22GIII, marca Hitachi) a 5000xg durante 15 minutos também a temperatura ambiente. Após a coleta do sobrenadante os extratos foram devidamente diluídos, sendo as análises de compostos fenólicos totais realizadas imediatamente, segundo

Singleton, Orthofer e Lamuela (1999), através do método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, utilizando o ácido gálico como padrão.

4.3.5.7.2 Determinação dos Compostos Fenólicos Totais

O reagente de Folin-Ciocalteu é uma solução complexa de íons poliméricos formados a partir de heteropoliácidos, ácidos fosfotungstênio e fosfomolibdico. Em meio básico, se reduzem ao oxidar os fenolatos, formando compostos óxidos azuis de tungstênio e molibdênio. O reagente tem sua coloração inicial amarela alterada para azul, cuja intensidade segue a Lei de Lambert-Beer (TOBAL, 2008).

A análise foi realizada de acordo com Prado (2009). Alíquotas de 0,5 mL dos extratos devidamente diluídos em álcool 80% foram transferidos para frascos de vidro âmbar e adicionados 2,5 mL de solução aquosa de Folin-Ciocalteu (1:10 v/v), que foram homogeneizados no agitador de tubos (modelo MA 162, Marconi) e deixados em repouso por cinco minutos. Em seguida, foram adicionados 2 mL da solução carbonato de sódio (4:96 p/v), homogeneizados e os frascos foram novamente deixados em repouso durante duas horas, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. A absorbância foi mensurada no espectrofotômetro UV/Vis *Gold Spectrumlab* 53 no comprimento de onda 740 nm. O branco, apenas solução alcoólica 80%, foi conduzido nas mesmas condições que as amostras. Os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico (AG) (mg AG/100 g de fruta) calculados por meio do ajuste da curva de calibração do ácido gálico com concentrações que variaram de 5 a 80 mg/L de solução. A curva de calibração é apresentada no Apêndice A.

Após a determinação dos compostos fenólicos totais calculou-se a retenção desses compostos durante o processo de DO em consideração o peso da amostra fresca e da amostra processada de acordo com Murphy, Criner e Gray (1975).

4.4 Desidratação Osmótica em Solução de Sacarose com Adição de Ácido Ascórbico

4.4.1 Preparo das Amostras

As mangas cv. Palmer utilizadas neste processo foram do lote dois. Para obtenção das amostras, as mangas foram manualmente descascadas e cortadas em duas bandas no sentido longitudinal com faca de aço inoxidável. As bandas foram fatiadas em fatiador elétrico (marca ECO), na espessura aproximada de 12 mm. A partir das fatias, foram retiradas amostras no formato de discos com um vazador de metal com bordas afiadas, resultando em amostras com 2 cm de diâmetro.

4.4.2 Desidratação Osmótica

Em frascos de vidro, prepararam-se 600 g de soluções osmóticas cujas concentrações de sacarose variaram de 40 a 60%. Em relação à massa da solução desidratante utilizada adicionou-se ácido ascórbico nas concentrações que variaram de 0,5 a 2%. Em cada frasco inseriu-se aproximadamente 60 g de amostra, obtendo-se a proporção de fruta:solução de 1:10.

Os frascos foram dispostos em incubadora refrigerada (modelo MA-830/A, marca Marconi), a qual permaneceu sob agitação a 150 rpm, em temperatura de 25°C. As amostras foram retiradas após 60, 120 e 180 minutos, drenadas e imersas rapidamente em água para retirada do excesso da solução sobre a superfície e imediatamente secas em papel absorvente.

4.4.3 Metodologias Analíticas

As metodologias aplicadas para determinação das respostas de umidade e teor de açúcar, vitamina C e compostos fenólicos, foram as mesmas descritas nos itens 4.3.5.2, 4.3.5.4, 4.3.5.6 e 4.3.5.7, respectivamente. Previamente a essas análises as amostras foram trituradas no homogeneizador (modelo TE-102, marca Tecnal).

4.4.4 Delineamento Experimental

Realizou-se o delineamento experimental fatorial para caracterizar o processo de desidratação osmótica com adição de ácido ascórbico, determinando os fatores que influenciaram as respostas de umidade e teor de açúcar, vitamina C e compostos fenólicos.

O delineamento experimental foi o fatorial 2^3 completo, com quatro replicatas do ponto central (0), totalizando em 12 tratamentos. Os fatores foram concentração de sacarose (χ_1), concentração de ácido ascórbico (χ_2) e tempo (χ_3) com dois níveis cada, sendo o valor codificado máximo igual a +1 e o mínimo -1. A matriz com os valores codificados dos fatores e com a ordem de realização dos experimentos após a aleatorização dos tratamentos está descrita na Tabela 1.

Ainda na Tabela 1 observa-se a presença dos blocos no delineamento fatorial, pois a execução dos ensaios foram divididos em dois dias. Optou-se pela blocagem ao se considerar que uma possível alteração do grau de maturação com o passar do tempo pudesse constituir uma fonte de variação indesejada.

Cada bloco, ou seja, cada dia de processo continha seis tratamentos. Considerou-se na composição dos blocos dois tratamentos de cada nível de tempo, isto é, dois com o nível baixo (-1) e dois como o nível alto (+1) e dois pontos centrais. Apesar disso, o princípio da

aleatorização foi respeitado na escolha e na ordem de experimentação dos tratamentos dentro do bloco.

Isto ocorreu em função da limitação experimental, uma vez que a determinação de vitamina C foi realizada imediatamente após o processo, apenas duas análises nos níveis escolhidos (60 a 180 minutos) foram possíveis de serem realizadas, devido à restrição de tempo, pois há demanda de tempo, tanto para o preparo da amostra como para a titulometria.

Tabela 1. Delineamento fatorial 2^3 com tratamento e bloco aleatorizado e valores codificados dos fatores da desidratação osmótica com adição de ácido ascórbico de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer.

Ensaio	Tratamento Aleatorizado	Bloco Aleatorizado	Fatores		
			χ_1	χ_2	χ_3
1	1	1	-1	-1	-1
2	4	1	1	1	-1
3	8	2	1	1	1
4	6	1	1	-1	1
5	12	2	0	0	0
6	2	2	1	-1	-1
7	7	1	-1	1	1
8	11	2	0	0	0
9	10	1	0	0	0
10	9	1	0	0	0
11	3	2	-1	1	-1
12	5	2	-1	-1	1

Os valores codificados da Tabela 1 podem ser transcritos para valores decodificados (Tabela 2) e vice-versa através das equações:

$$\chi_1 = \frac{(CS - 50)}{10} \quad (11)$$

$$\chi_2 = \frac{(CAA - 1,25)}{0,75} \quad (12)$$

$$\chi_3 = \frac{(t - 120)}{60} \quad (13)$$

onde χ_1 , χ_2 e χ_3 são os valores codificados da concentração de sacarose, concentração de ácido ascórbico e tempo, respectivamente; CS é a concentração de sacarose dada em %, CAA é a concentração de ácido ascórbico, também em % e t é o tempo de processo, em minutos.

Tabela 2. Delineamento fatorial 2^3 com tratamento e bloco aleatorizados e valores decodificados dos fatores da desidratação osmótica com adição de ácido ascórbico de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer.

Ensaio	Tratamento Aleatorizado	Bloco Aleatorizado	Fatores		
			Concentração de Sacarose (%)	Concentração de Ácido Ascórbico (%)	Tempo (min)
1	1	1	40	0,50	60
2	4	1	60	2,00	60
3	8	2	60	2,00	180
4	6	1	60	0,50	180
5	12	2	50	1,25	120
6	2	2	60	0,50	60
7	7	1	40	2,00	180
8	11	2	50	1,25	120
9	10	1	50	1,25	120
10	9	1	50	1,25	120
11	3	2	40	2,00	60
12	5	2	40	0,50	180

Efetuuou-se somente a replicata do primeiro bloco e o ensaio 3 do segundo bloco devido a erros analíticos. Não foi possível a realização da repetição do experimento no segundo bloco, devido ao aumento do grau de maturação com relação ao primeiro dia de experimento, o qual alterou a firmeza da polpa da manga, impossibilitando o processo da desidratação osmótica.

A avaliação da influência dos fatores sobre cada variável resposta foi efetuada por meio da análise de variância, adotando nível de significância de 5%.

O modelo de regressão foi ajustado para descrever as variáveis resposta, seguindo a forma geral de primeira ordem descrita por Montgomery (2001):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \beta_3\chi_3 + \beta_{12}\chi_1\chi_2 + \beta_{13}\chi_1\chi_3 + \beta_{23}\chi_2\chi_3 + \beta_{123}\chi_1\chi_2\chi_3 + \varepsilon_i \quad (14)$$

Sendo o y_i a variável resposta, representado por y_1 a umidade, y_2 o teor de açúcar, y_3 o teor de vitamina C e y_4 o teor de compostos fenólicos; β_0 o coeficiente de regressão médio; β_1 , β_2 , β_3 , β_{12} , β_{13} , β_{23} e β_{123} os coeficientes de regressão do modelo; χ_1 , χ_2 e χ_3 são as variáveis independentes (fatores) codificadas concentração de sacarose, concentração ácido ascórbico e tempo, respectivamente; $\chi_1\chi_2$, $\chi_1\chi_3$, $\chi_2\chi_3$ e $\chi_1\chi_2\chi_3$ representam as interações; e ε_i é o componente de erro para cada resposta y_i .

4.5 Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o recurso oferecido pelo software Statistica versão 7.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da Matéria-Prima

Os valores apresentados na Tabela 3 são valores médios obtidos das análises realizadas em cada dia de processo.

Tabela 3. Valores médios e respectivo desvio padrão das medidas obtidas das características física e químicas do primeiro e segundo lote de manga cv Palmer.

Características Física e Químicas	Lote 1	Lote 2
Peso (g)	400,7 a 726,8	611,6 a 1141,4
Comprimento (cm)	12,67±0,65	14,35±1,06
Largura (cm)	8,46±0,48	9,76±0,69
Umidade (% b.u.)	81,98±0,16	84,34±0,14
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	9,59±0,69	9,44±0,71
pH	3,94±0,07	3,81±0,05
Açúcares Redutores (% b.u.)	3,26±0,18	3,68±0,06
Açúcares Não Redutores (% b.u.)	5,37±0,79	5,10±1,33

b.u. Base Úmida

O peso médio das mangas entre os lotes diferiram em mais de 200 g, pois as mangas do segundo lote se apresentaram maiores tanto em comprimento como em largura com relação ao primeiro.

Devido ao grande tamanho apresentado, o segundo lote não atende o padrão estabelecido para exportação para os Estados Unidos, que é de 250 a 600 g e Europa, de 300 a 450 g (ARAÚJO, 2004; CORREIA; ARAÚJO, 2010), disponibilizando as mangas para comércio interno ou industrialização, já que para industrialização da manga é desejável que os frutos tenham peso superior a 200 g, visando bom rendimento em polpa (MARTIM, 2006; CORREIA; ARAÚJO, 2010).

De acordo com a Tabela 3, a umidade esteve próxima de 85% (b.u.) determinadas para manga de acordo com Alakali, Ariahu e Nkpa (2006).

O teor de SST altera-se de acordo com o grau de maturação. Dessa forma, conforme este parâmetro as mangas de ambos os lotes se

encontraram em condições muito próximas. Porém, não estão adequadas para o consumo *in natura*, cujo mínimo aceitável é de 12° Brix, segundo Ribeiro (2006). Este autor cita ainda que, quanto mais elevado o teor de SST, menor o índice de firmeza do fruto. Portanto, se a manga apresentar teor de sólidos solúveis elevado, poderá dificultar tanto no preparo da amostra quanto no processo de desidratação osmótica.

O pH pouco variou entre os lotes e apresentou-se abaixo de 4,5 como encontrado na maioria das variedades.

O teor de açúcares redutores e não redutores também se apresentaram muito próximos entre os lotes.

5.2 Desidratação Osmótica em Soluções de Sacarose

5.2.1 Cinética de Desidratação Osmótica

Na Tabela 4 são apresentados os resultados experimentais da umidade e do teor de sacarose em função do tempo de DO, incluindo os dados obtidos nos ensaios de equilíbrio, determinado após 48 horas de processo.

Em quatro horas de desidratação osmótica, a umidade foi reduzida de 81,80% a 75,03; 82,04% a 72,15 e 82,09% a 68,27% nas soluções osmóticas com 40, 50 e 60% de sacarose, respectivamente, a partir dos quais pode se verificar que houve redução na umidade conforme o aumento da concentração da solução osmótica, que ocorre devido à diferença do potencial químico da água e soluto entre a amostra e solução osmótica (ARAÚJO, 2009).

O conteúdo final de sacarose, determinado após quatro horas de processo, foi de 10,89, 12,19 e 14,42% nas três concentrações de solução, 40, 50 e 60%, respectivamente. Este grande aumento está associado ao gradiente de concentração e também pode ser atribuído ao aumento da permeabilidade da membrana celular, que com o avanço da

desidratação, sofre danos e deixa de ser uma barreira efetiva para o soluto permitindo que difunda em todas as partes da célula (MAURO; TAVARES; MENEGALLI, 2002).

Tabela 4. Média e desvio padrão do teor de umidade e sacarose em função do tempo e concentração da solução osmótica de sacarose das fatias de manga cv. Palmer durante DO.

Concentração da Solução Osmótica (%)	Tempo (horas)	Teor de Umidade (% b.u.)	Teor de Sacarose (% b.u.)
40	0	81,80±0,01	6,16±0,01
	0,5	79,34±0,06	8,43±0,56
	1	78,27±0,07	9,26±0,79
	2	76,76±0,03	9,97±1,09
	4	75,03±0,09	10,89±1,22
	48	60,48±0,04	22,64±0,69
50	0	82,04±0,02	5,37±0,58
	0,5	79,94±0,11	6,64±0,51
	1	76,95±0,08	8,07±0,62
	2	74,31±0,10	11,41±0,85
	4	72,15±0,02	12,19±0,48
	48	48,57±0,02	30,84±0,41
60	0	82,09±0,27	4,57±0,00
	0,5	76,72±0,04	7,57±0,09
	1	75,37±0,08	10,27±0,05
	2	71,95±0,07	11,84±0,38
	4	68,27±0,41	14,42±0,17
	48	38,38±0,18	38,46±0,60

b.u.: base úmida

Os coeficientes de difusão apresentados na Tabela 5 foram calculados a partir do ajuste da equação (7) aos dados experimentais da Tabela 4.

Tabela 5. Coeficiente de difusão da água e sacarose ocorrida durante a desidratação osmótica das fatias de manga nas soluções de concentração de 40, 50 e 60% de sacarose.

Concentração da Solução Osmótica (%)	Coeficiente de Difusão da Água ($\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$)	R ²	Coeficiente de Difusão da Sacarose ($\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$)	R ²
40	$2,77 \times 10^{-6}$	0,99	$2,63 \times 10^{-6}$	0,96
50	$2,58 \times 10^{-6}$	0,97	$2,13 \times 10^{-6}$	0,94
60	$2,50 \times 10^{-6}$	0,99	$2,14 \times 10^{-6}$	0,98

Os valores dos coeficientes de difusão tanto da água como da sacarose se apresentaram próximos em todas as concentrações estudadas, com diminuição da difusividade com o aumento da concentração da solução osmótica, o que está de acordo com Henrion (1964). Assim, na DO em solução com concentração a 40%, foram encontrados coeficientes ligeiramente superiores aos determinados nas outras duas, 50 e 60%, não ultrapassando diferença de 20% com relação o tratamento que teve menor difusividade.

A variação de massa (ΔM) durante a desidratação osmótica é negativa, pelo fato da perda de água predominar sobre o ganho de sólidos durante todo o processo osmótico, o que pode ser constatado na Tabela 6, que mostra variação de massa, perda de água, ganho de sólidos e eficiência da DO, segundo as equações (1), (2), (4) e (5), respectivamente. Isso pode ser visto também através do coeficiente de difusão da água, que é maior que o da sacarose, apesar de serem da mesma ordem de 10^{-6} (Tabela 5). Este fato deve-se à baixa permeabilidade das membranas celulares à sacarose, em virtude do seu alto peso molecular, o que limita os espaços para sua difusão, ao contrário das moléculas de água, que têm sua difusão favorecida (TORREGGIANI, 1993; EL-AQUAR; MURR, 2003).

Sousa Neto et al. (2005) ao desidratarem manga, observaram que o aumento da concentração da solução osmótica ocasionou maior perda de peso, com predominância também da perda água em relação ao ganho de sólidos, obtendo balanço de massa negativo, como neste trabalho, uma vez que o balanço é obtido através da equação (1).

O valor da perda de peso encontrado neste trabalho foi de 14,96%, quando se avalia o processo na solução a 50%, no tempo de duas horas e temperatura ambiente (25°C). Em temperatura mais alta, a 50°C, com a mesma concentração de solução, Martim, Waszczynskyj e Masson (2007) observaram variação de massa de 19,65% em manga Tommy Atkins, superior ao deste trabalho, que pode ser atribuído a influência da

temperatura de processo como observado por Khoyi e Hesari (2007). Oquendo (2007), ao desidratar osmoticamente mangas cv Kent, observou maior perda de peso em amostras tratadas com maior concentração da solução osmótica a 65° Brix sob pressão atmosférica.

Tabela 6. Variação de massa (ΔM), perda de água, ganho de sacarose e eficiência da desidratação osmótica de fatias de manga imersas em solução concentrada a 40, 50 e 60%.

Concentração da Solução Osmótica (%)	Tempo (minuto)	ΔM (%)	Perda de Água (%)	Ganho de Sacarose (%)	Eficiência (%)
40	30	-6,73	- 7,79 $\pm$ 0,06	1,70 $\pm$ 0,53	4,59
	60	-8,46	- 10,15 $\pm$ 0,06	2,31 $\pm$ 0,72	4,39
	120	-9,15	- 12,06 $\pm$ 0,03	2,89 $\pm$ 0,99	4,17
	240	-12,25	- 15,96 $\pm$ 0,08	3,40 $\pm$ 1,07	4,70
50	30	-4,70	- 5,85 $\pm$ 0,11	0,96 $\pm$ 0,49	6,07
	60	-7,74	- 11,05 $\pm$ 0,07	2,08 $\pm$ 0,58	5,32
	120	-14,96	- 18,85 $\pm$ 0,08	4,34 $\pm$ 0,72	4,34
	240	-19,35	- 23,86 $\pm$ 0,02	4,46 $\pm$ 0,38	5,34
60	30	-8,48	- 11,88 $\pm$ 0,04	2,35 $\pm$ 0,08	5,07
	60	-11,60	- 15,46 $\pm$ 0,07	4,52 $\pm$ 0,02	3,43
	120	-22,35	- 26,22 $\pm$ 0,06	4,62 $\pm$ 0,29	5,82
	240	-23,70	- 30,00 $\pm$ 0,32	6,42 $\pm$ 0,13	4,66

Segundo Alves e colaboradores (2005) a perda de água ocorre, principalmente, durante as duas primeiras horas conforme observado neste estudo. O processo apresenta taxa de desidratação osmótica elevada no início do processamento devido à maior diferença de pressão osmótica entre a solução e a matéria prima (KOWALSKA; LENART, 2001). Após esse período a transferência de massa apresentou pequena variação no conteúdo de água entre duas e quatro horas. Isso foi observado também por Souza Neto e colaboradores (2005) que realizaram o processo de desidratação osmótica em manga por 5 horas.

Constatou-se uma grande relação do aumento da concentração da solução osmótica com o aumento da perda de água e do ganho de sacarose (Figuras 2 e 3). Segundo Maeda e Loreto (1998), o aumento da concentração da solução osmótica leva a uma redução do tempo necessário para se atingir determinado nível de desidratação. No entanto,

soluções com mais de 75° Brix tornam-se inapropriadas ao processamento devido ao limite de solubilidade do agente utilizado, dificultando o preparo da solução, além da alta viscosidade, o que dificulta a sua manipulação e o processo de agitação (ARAÚJO, 2009).

O aumento da perda de água e ganho de sólidos em soluções de altas concentrações também ocorreu no estudo realizado por Souza Neto e colaboradores (2005), ao realizarem DO em manga Coité utilizando soluções de 45, 55 e 65% de sacarose durante tempo máximo de 5 horas na temperatura de 65°C. Em outras frutas como abacaxi, as soluções concentradas provocaram também grande ganho de sólidos (BERISTAIN et al.,1990).

Neste estudo a perda de água e o ganho de sólidos foram de 18,85% e 4,34% nas amostras tratadas por duas horas em solução a 50%, inferior ao encontrado por Souza Neto et al. (2004) e Martim, Waszczynskyj e Masson (2007), mesmo naquelas tratadas em solução de concentração mais altas. Os primeiros autores desidrataram osmoticamente mangas cv Coité no formato de cubos de aproximadamente 3 cm, branqueadas termicamente e processadas em soluções de 45° a 65° Brix na temperatura de 65° C por duas horas, e encontraram perda de água superior a 30% e ganho de sólidos em torno de 9%. No segundo trabalho os autores processaram cubos de 1 cm de mangas cv Tommy Atkins, em solução a 50%, temperatura de 50°C por duas horas, sendo que a perda foram de 28,16% e ganho aproximado de 9,93%.

Estas diferenças, de perda de água e ganho de sólidos, são atribuídas à forma geométrica, à temperatura de processo, à variedade do fruto, ao grau de maturação e ao processo de pré-tratamento, o branqueamento térmico, que utiliza altas temperaturas e provoca desestruturação da membrana, favorecendo a saída de água e entrada do agente osmótico nas células.

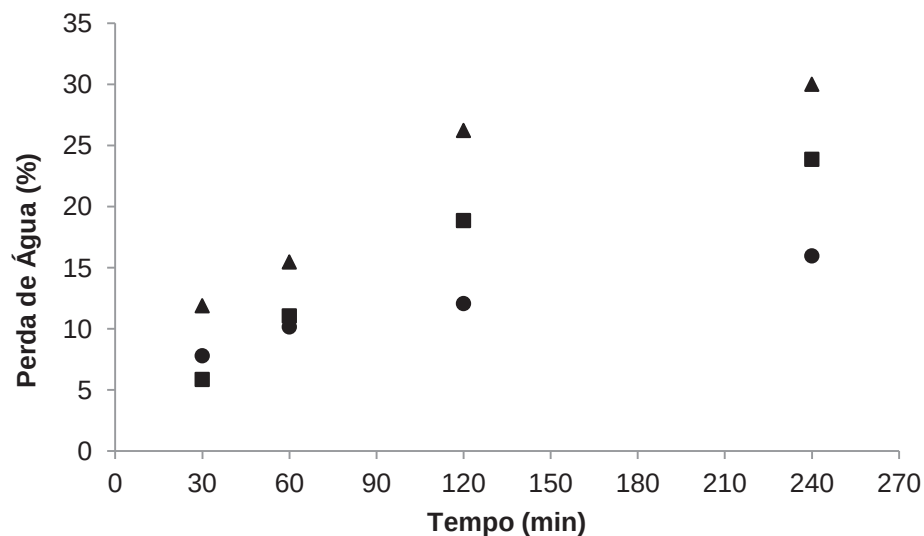


Figura 2. Perda de água (equação 2) em função do tempo de DO, de fatias de manga imersas em soluções aquosas de sacarose nas concentrações de 40 (●), 50 (■) e 60 (▲)% , nos tempos de processo de 30, 60, 120 e 240 minutos.

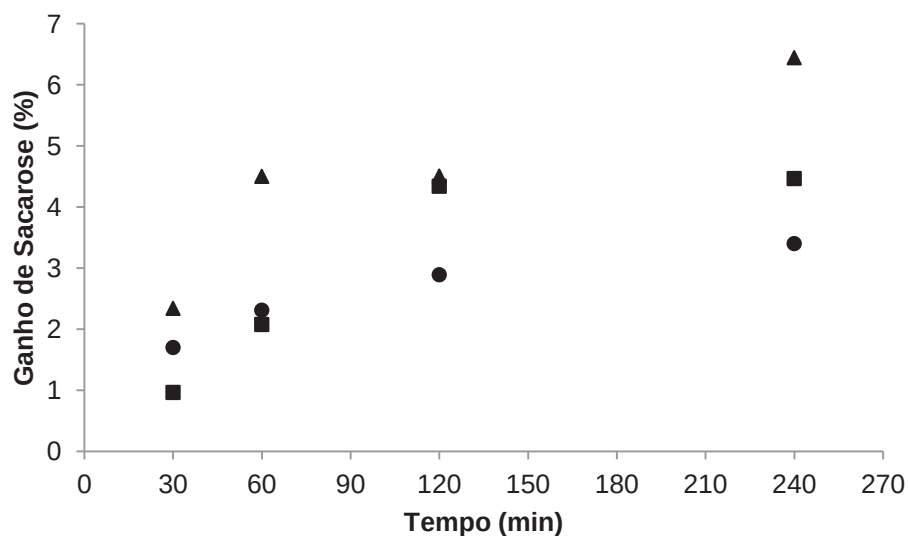


Figura 3. Ganho de sacarose (equação 4) em função do tempo de DO, de fatias de manga imersas em soluções aquosas de sacarose nas concentrações 40 (●), 50 (■) e 60 (▲)% nos tempos de processo de 30, 60, 120 e 240 minutos.

Em certos produtos, o ganho de sólidos tem sido considerado uma das principais deficiências do processo por modificar a composição e o perfil nutricional natural do produto (AZEREDO; JARDINE, 2000).

A incorporação de sólidos e a perda de água dependem das características do material tais como estrutura do tecido vegetal e membranas da célula, as quais podem se modificar durante o processamento, ocasionando perda da integridade da matéria e causando alterações na permeabilidade e seletividade da membrana celular (RASTOGI et al., 2002; MAURO; TAVARES; MENEGALLI, 2002).

A relação entre a perda de água e o ganho de sacarose (equação 5) é definida como eficiência do processo, ou seja, quanto maior a perda de água e menor o ganho de sólidos, portanto, mais eficiente é a DO.

Durante a desidratação na solução com 40% de sacarose, a eficiência manteve-se constante durante todo o período de processo. Nas demais concentrações obteve-se uma boa eficiência com 30 minutos de processo. Entretanto, o período muito curto de tempo não é suficiente para reduzir o teor de umidade consideravelmente, com relação a um tempo mais longo, apesar de impregnar menor quantidade de açúcar.

5.2.2 Cor

Os pigmentos naturais são compostos instáveis e participam de diferentes reações, em função disto, a alteração de cor de um alimento é um indicador das alterações químicas e bioquímicas possíveis de ocorrer durante o processamento e estocagem (RIBEIRO et al., 2007). Dessa forma, a cor é o maior determinador de qualidade, pois ela representa em torno de 40% do critério de aceitação do consumidor (BAARDSETH et al., 1988). Segundo Osório e colaboradores (2007), no processo de DO a alteração de cor é uma das mudanças sensoriais mais significativas.

A análise de cor das amostras frescas e desidratadas osmoticamente está apresentada na Tabela 7 e foi realizada através dos parâmetros L^* , a^* e b^* .

Tabela 7. Valores dos parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40, 50 e 60% de concentração nos tempos de 0, 30, 60, 120 e 240 minutos.

Concentração da Solução Osmótica (%)	Tempo (minutos)	Parâmetros de Cor		
		L^*	a^*	b^*
40	0	74,48±0,04	14,65±0,13	70,56±0,48
	30	69,63±0,41	20,05±0,28	72,93±0,29
	60	71,44±0,22	15,45±0,36	70,46±0,66
	120	68,34±0,04	17,38±0,19	71,23±0,24
	240	67,49±0,36	20,68±0,25	72,90±0,71
50	0	72,14±0,22	17,88±0,33	67,02±0,22
	30	71,97±0,26	12,65±0,27	66,83±0,48
	60	71,27±0,53	16,07±0,36	65,76±0,60
	120	69,95±0,32	19,06±0,50	73,07±0,66
	240	71,72±0,49	16,85±0,34	67,90±0,94
60	0	74,39±0,53	12,70±0,28	70,34±0,38
	30	74,01±0,47	14,73±0,33	70,18±0,59
	60	78,22±0,19	11,38±0,29	70,37±0,47
	120	72,08±0,24	18,86±0,25	79,45±0,49
	240	69,03±0,41	12,84±0,25	71,69±0,42

A claridade (L^*) das mangas desidratadas osmoticamente em geral foi levemente reduzida, em comparação com a fruta fresca. Germer et al. (2011) também verificaram diminuição deste parâmetro após a DO de pêssgo seguida da secagem convencional. A desidratação osmótica pode ter dois efeitos divergentes sobre o parâmetro claridade. Se por um lado, a concentração dos pigmentos pode aumentar sua absorção seletiva de luz, por outro, a solução osmótica impregnada na superfície pode aumentar o índice de refração nessa fase líquida do tecido, elevando a reflexão na superfície e conseqüentemente o parâmetro L^* (CHIRALT; TALENS, 2005).

No presente trabalho constataram-se variações não graduais nos valores do parâmetro L^* no intervalo de tempo estudado (Tabela 7), o que pode ser resultado das influências divergentes somadas às variações da matéria prima, possivelmente maiores que as variações decorrentes do processo.

Ao observar os valores de a^* e b^* constatou-se que a cor da manga apresenta mais a pigmentação vermelha que verde pelo valor positivo de a^* , e principalmente pigmentação amarela pelo valor elevado e positivo de b^* . Ambos apresentaram pouca variação em função do tempo de processo.

A presença do amarelo na manga deve-se à presença de carotenoides em sua composição. Heng, Guilbert e Cuq (1990), na desidratação osmótica de mamão, atribuem a manutenção da cor amarela à lipossolubilidade do pigmento.

Com os dados da Tabela 7 calculou-se C^* e H^* apresentados na Tabela 8, utilizando-se as equações (8) e (9), respectivamente.

Tabela 8. Valores dos parâmetros de cor C^* e H^* das amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose a 40, 50 e 60% de concentração nos tempos de 0, 30, 60, 120 e 240 minutos.

Concentração da Solução Osmótica (%)	Tempo (minutos)	Parâmetros de Cor	
		C^*	H^*
40	0	72,06±0,49	78,27±0,05
	30	75,63±0,29	74,63±0,21
	60	72,13±0,72	77,63±0,17
	120	73,32±0,27	76,29±0,11
	240	75,78±0,75	74,16±0,03
50	0	69,37±0,14	75,07±0,31
	30	68,02±0,51	79,28±0,18
	60	67,69±0,67	76,27±0,19
	120	75,52±0,72	75,38±0,30
	240	69,95±0,99	76,06±0,11
60	0	71,48±0,43	79,76±0,17
	30	71,71±0,64	78,15±0,17
	60	71,28±0,51	80,82±0,17
	120	81,66±0,53	76,65±0,10
	240	72,83±0,43	79,85±0,19

O índice de saturação (C^*) e o ângulo Hue (H^*) não apresentaram grandes flutuações.

Como neste estudo, Ito e colaboradores (2007) ao desidratarem manga da variedade Tommy Atkins em soluções de concentração de 45 a 55° Brix por até cinco horas na temperatura de 20 e 30° C com aplicação de vácuo por um período, seguido de pressão atmosférica, verificaram que a diferença de cor entre a fruta fresca e a processada foi pequena, pois os parâmetros de cor L^* e C^* permaneceram praticamente constantes após a DO. As diferenças de cor constatadas entre os tratamentos foram atribuídas às variações naturais da fruta frescas utilizadas nos diferentes ensaios.

Mangas da variedade Kent desidratadas osmoticamente a 30° C também não apresentaram mudanças significativas na L^* , no C^* nem no H^* quando comparadas às amostras frescas e tratadas osmoticamente sob pressão atmosférica, todavia o tratamento sob vácuo tornou a amostra mais translúcida devido à saída de gás do tecido e penetração de solução osmótica alterando a amostra tratada com relação à inicial (TORRES et al., 2008).

Em oposição a este estudo e aos outros citados, Martim (2006) ao realizar o processo de desidratação osmótica em manga da variedade Tommy Atkins, tendo como soluto a sacarose e temperatura de processo a 50° C, obteve valores de H^* e C^* com diferença significativa, possivelmente devido à temperatura aplicada no processo.

5.2.3 Teor de Vitamina C

O conteúdo inicial de vitamina C encontrado na manga cv. Palmer (Tabela 9) foi menor que o apresentado por Carvalho e colaboradores (2004), que reportaram o teor de 56,7 mg de ácido ascórbico/100g de polpa de manga da mesma cultivar. Ribeiro e colaboradores (2007) ressaltam que variações nos teores podem ocorrer devido aos diferentes

métodos de quantificação, aos sistemas de produção, ao clima e ao armazenamento pós-colheita.

As amostras desidratadas osmoticamente em soluções aquosas com concentrações de 40, 50 e 60% de sacarose, durante 30, 60, 120 e 240 minutos, em geral, não apresentaram grandes variações do teor de vitamina C entre os tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9. Valor médio e desvio padrão do teor de vitamina C em mg/100 g de fruta (b.u.) nos tempos 0, 30, 60, 120 e 240 minutos e concentração da solução osmótica de 40, 50 e 60%.

Tempo (minuto)	Concentração da Solução Osmótica (%)		
	40	50	60
0	45,05±0,00	48,08±0,78	44,29±0,26
30	44,95±0,00	50,20±0,00	46,30±0,25
60	45,45±0,00	49,37±0,26	47,67±0,00
120	47,93±0,07	49,62±0,26	49,10±0,26
240	47,58±0,00	55,76±0,52	48,38±0,50

b.u. Base úmida

Os dados da Tabela 9 foram utilizados no estudo dos efeitos dos fatores: concentração da solução osmótica e tempo de processo, uma vez que se trata de um delineamento experimental fatorial 3x5.

A Tabela 10 apresenta a média dos teores de vitamina C das amostras tratadas nas três concentrações de soluções osmóticas para cada tempo de processo (0, 30, 60, 120 e 240 min), o erro padrão e os limites de confiança correspondentes aos respectivos teores.

Tabela 10. Média, erro padrão e limite de confiança dos teores de vitamina C, em função do tempo de processo, dados em mg de ácido ascórbico/100 g de fruta.

Tempo (minuto)	N	Média	Erro Padrão	Limite de Confiança -95,00%	Limite de Confiança +95,00%
0	3	45,803	1,158	40,820	50,786
30	3	47,148	1,575	40,373	53,924
60	3	47,496	1,136	42,610	52,382
120	3	48,881	0,498	46,737	51,025
240	3	50,570	2,603	39,368	61,772

A maior média do teor de vitamina C foi encontrada na amostra desidratada por 240 minutos, enquanto que a menor foi da fruta fresca, tendo um aumento gradual entre os tempos de processo.

A Tabela 11 apresenta a média dos teores de vitamina C das amostras tratadas em todos os tempos de processo para cada concentração de solução osmótica (40, 50 e 60%), o erro padrão e os limites de confiança correspondentes aos respectivos teores.

Tabela 11. Média, erro padrão e limite de confiança dos teores de vitamina C em função da concentração da solução osmótica, dados em mg de ácido ascórbico/100 g de fruta.

Concentração da Solução Osmótica (%)	N	Média	Erro Padrão	Limite de Confiança -95,00%	Limite de Confiança +95,00%
40	5	46,190	0,646	44,395	47,984
50	5	50,603	1,334	46,899	54,308
60	5	47,146	0,852	44,781	49,511

Com relação a média obtida das amostras tratadas em concentrações diferentes, a amostra submetida a DO na concentração a 50% foi a que apresentou o maior teor de vitamina C, 50,603 mg de ácido ascórbico/100 g de fatias de manga.

A Tabela 12 permite inferir que há efeito estatisticamente significativo do tempo ($P=0,040$) e da concentração da solução ($P=0,004$) sobre o teor de vitamina C. A interação não pode ser inferida por falta de repetição.

Tabela 12. Análise de variância dos dados do teor de vitamina C.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Valor P
Regressão	1	34530,77	34530,77	14611,95	< 0,001*
Tempo	4	39,56	9,89	4,19	0,040*
Concentração	2	53,92	26,96	11,41	0,004*
Erro	8	18,91	2,36	-	-
Total	14	112,38	-	-	-

Apesar dos fatores significativos, a variação do teor da vitamina C foi pequena, o que se constata na Figura 4. Verifica-se que o teor de vitamina C apresenta um leve aumento com o passar do tempo de processo, sendo o maior teor encontrado nas amostras tratadas por 240 minutos. Amostras tratadas na solução osmótica com 50% de sacarose apresentaram maiores teores, uma vez que, o teor inicial era mais elevado que os demais.

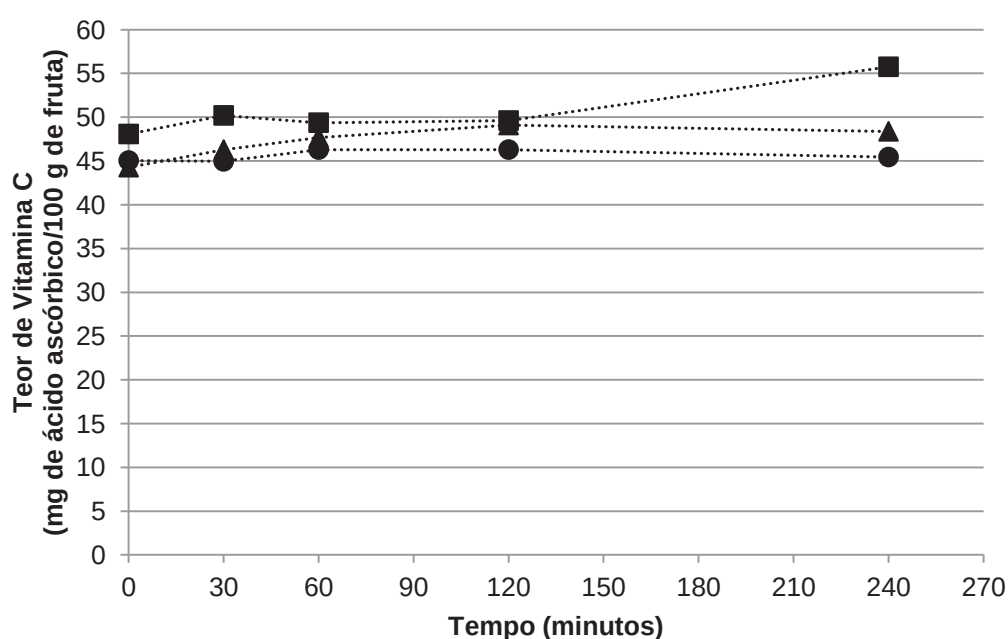


Figura 4. Média do teor de vitamina C nos tempo (0, 30, 60, 120 e 240 minutos) em função da concentração de solução osmótica 40 (●), 50 (■) e 60 (▲)% de sacarose.

Os resultados apontaram que o teor de vitamina C aumentou ao longo do tempo do processo de DO devido à concentração da vitamina nas amostras. Entretanto, apesar da concentração de vitamina C aumentar na amostra desidratada osmoticamente, devido ao processo de concentração promovido pela DO, é necessário elucidar se houve perda de vitamina C em relação ao conteúdo inicial presente nas amostras frescas como pode ser observado na Figura 5.

Portanto, calculou-se a retenção da vitamina C ao longo do processo. Observou-se elevada retenção de vitamina C (Figura 5). Isso pode ser atribuído à espessura da fatia, que foi de aproximadamente 14 mm, pois a desidratação ocorre principalmente na superfície. Além disso, a temperatura branda utilizada pode ter sido outro fator que evitou a degradação da vitamina C. Vial et al. (1991) observaram que temperaturas de 40°C ou menos conservam de forma satisfatória o ácido ascórbico em kiwi. Em temperaturas superiores a 50° C houve modificações na cor e conteúdo de ácido ascórbico e clorofila. Os autores também reportam que as perdas podem ser ocasionadas pelo arraste de compostos durante a DO assim como por degradação química.

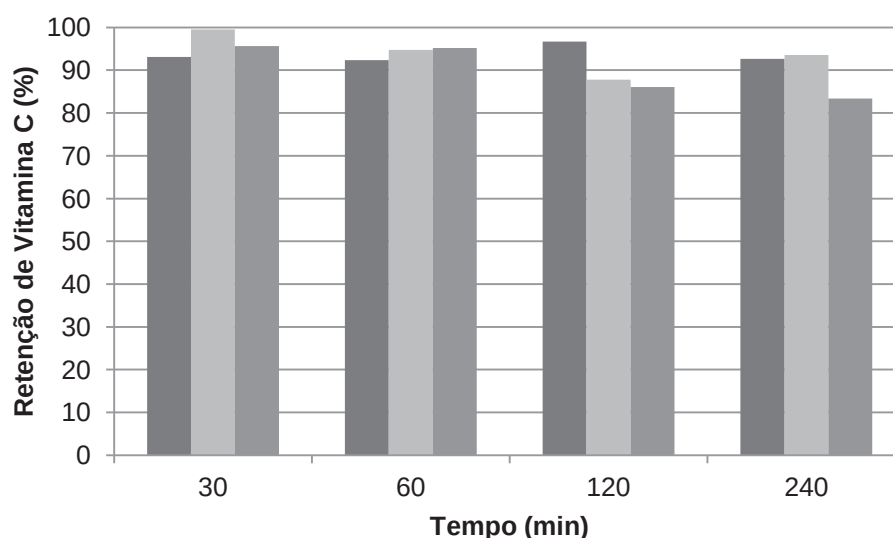


Figura 5. Retenção de vitamina C de fatias de manga durante o tratamento com solução desidratante de sacarose a 40 (■), 50 (■) e 60 (■) % nos tempos de 30, 60, 120 e 240 minutos.

As maiores concentrações das soluções desidratantes injuriam mais o tecido celular, assim como o tempo de exposição à solução, uma vez que a transferência de massa atinge camadas mais profundas da fatia. Constatou-se que na concentração de 60% e tempos mais

prolongados de processo as perdas foram maiores que nas outras duas concentrações.

5.2.4 Teor de Compostos Fenólicos Totais

A Tabela 13 apresenta o teor dos compostos fenólicos encontrados nas amostras, após o processo de desidratação osmótica.

Tabela 13. Valor médio e desvio padrão do teor de compostos fenólicos totais em mg/100 g de fatias de manga (b.u.) nos tempos 0, 30, 60, 120 e 240 minutos e concentração da solução desidratante de 40, 50 e 60%.

Tempo (minuto)	Concentração da Solução Osmótica (%)		
	40	50	60
0	46,79±1,75	47,75±3,11	49,85±2,71
30	48,74±2,31	51,04±3,44	56,74±1,95
60	54,55±1,97	55,71±2,25	61,62±0,74
120	54,68±1,95	53,78±4,24	64,47±4,56
240	55,75±1,69	58,19±1,74	69,27±2,36

b.u. Base úmida

O teor de compostos fenólicos encontrado na manga *in natura* neste estudo (Tabela 13) foi inferior ao encontrado por Ribeiro (2006) para a mesma cultivar, 128,20 mg/100 g de fruta fresca. A variação no teor de compostos fenólicos não se deve apenas à variação no cultivo, grau de maturação e inadequado manuseio pós-colheita (NORATTO et al., 2010), mas também devido à inexistência de um único método de extração dessas substâncias (PRADO, 2009), uma vez que há compostos solúveis em água e outros solúveis em solventes orgânicos apolares.

Os valores iniciais apresentam uma pequena diferença entre os ensaios realizados nas soluções de concentração de 40, 50 e 60% e tempos variando de 30 a 240 minutos. Apesar da realização de amostragem, e das mangas serem do mesmo lote, as diferenças podem ser atribuídas aos diferentes grau de maturação e a erros inerentes às análises.

O processamento foi avaliado quanto ao efeito significativo do tempo de processo e da concentração da solução desidratante sobre o teor de compostos fenólicos dos dados apresentados na Tabela 13.

As Tabelas 14 e 15 apresentam a média dos dados de compostos fenólicos em função do tempo e concentração, respectivamente, além do erro padrão e limite de confiança.

Os compostos fenólicos apresentam-se em maior quantidade nas amostras tratadas por 240 minutos e as amostras não submetidas ao processo de DO apresentaram menor teor de compostos fenólicos como pode ser observado pelos dados apresentados na Tabela 14

Tabela 14. Média, erro padrão e limite de confiança dos dados do teor de compostos fenólicos em função do tempo de processo, dado em mg de ácido gálico/100g de fruta.

Tempo (minuto)	N	Média	Erro Padrão	Limite de Confiança -95,00%	Limite de Confiança +95,00%
0	3	48,129	0,906	44,232	52,026
30	3	52,170	2,378	41,937	62,403
60	3	57,293	2,190	47,869	66,718
120	3	57,642	3,421	42,921	72,363
240	3	61,071	4,160	43,173	78,968

A Tabela 15 apresenta um aumento no teor de compostos fenólicos com o aumento da concentração da solução osmótica, sendo assim o menor teor encontrado foi no tratamento a 40%.

Tabela 15. Média, erro padrão e limite de confiança dos dados do teor de compostos fenólicos em função da concentração da solução osmótica, dado em mg de ácido gálico/100g de fruta.

Concentração da Solução Osmótica (%)	N	Média	Erro Padrão	Limite de Confiança -95,00%	Limite de Confiança +95,00%
40	5	52,099	1,810	47,074	57,123
50	5	53,295	1,816	48,254	58,336
60	5	60,390	3,327	51,153	69,626

Pode-se inferir que houve efeito significativo do tempo de processo e da concentração da solução osmótica sobre o teor de compostos fenólicos, cujo valor P é 0,001 para ambos, como apresentado na Tabela 16. O experimento executado com dois fatores pode apresentar interação, porém não pode ser detectado devido à ausência da repetição.

Tabela 16. Análise de variância dos dados do teor de compostos fenólicos.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Valor P
Regressão	1	45806,93	45806,93	8967,740	< 0,001*
Tempo	4	311,90	77,98	15,266	0,001*
Concentração	2	200,83	100,42	19,659	0,001*
Erro	8	40,86	5,11	-	-
Total	14	553,60	-	-	-

Na Figura 6 observa-se o aumento gradual do teor de compostos fenólicos no decorrer do processo osmótico, apresentando menor teor na amostra fresca e maior na amostra processada por 240 minutos. Houve também o aumento gradual do teor de compostos fenólicos totais com o aumento da concentração da solução osmótica, provavelmente em decorrência da concentração dos compostos fenólicos nas amostras.

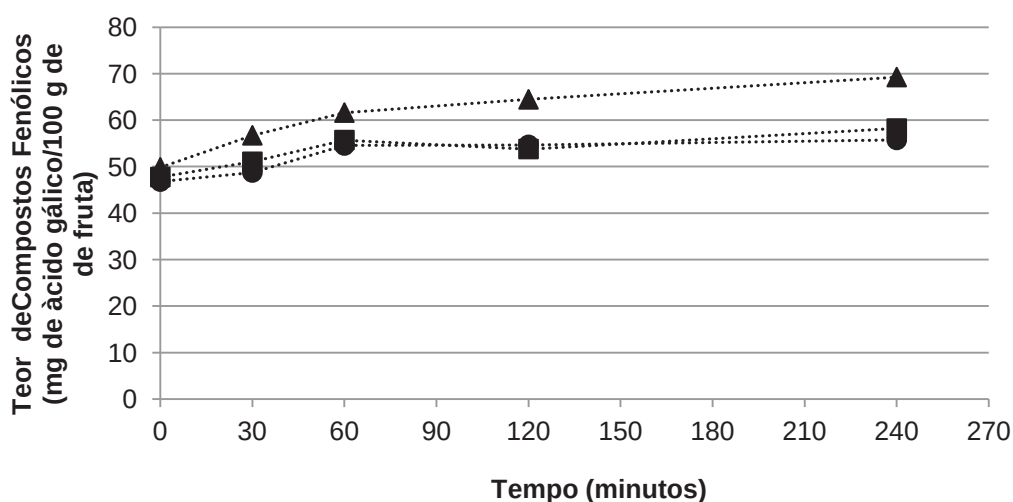


Figura 6. Média do teor de compostos fenólicos nos tempo (0, 30, 60, 120 e 240 minutos) em função da concentração de solução osmótica 40 (●), 50 (■) e 60 (▲)% de sacarose.

Os resultados apresentados apontam aumento no teor de compostos fenólicos no decorrer do tempo de desidratação osmótica e com o aumento da concentração da solução desidratante.

A Figura 7 mostra as retenções de compostos fenólicos após os tratamentos, elas se apresentam a cima de 100%, isto foi atribuído a erros experimentais, principalmente relacionados à extração e às pesagens antes e depois do processo.

Embora as retenções não mostrem perdas elas podem ocorrer, pois os compostos podem degradar-se ou até mesmo serem eliminado do tecido por arraste durante a transferência de massa de água do vegetal para a solução, pois alguns compostos fenólicos têm alta solubilidade em água (MELO et al., 2008).

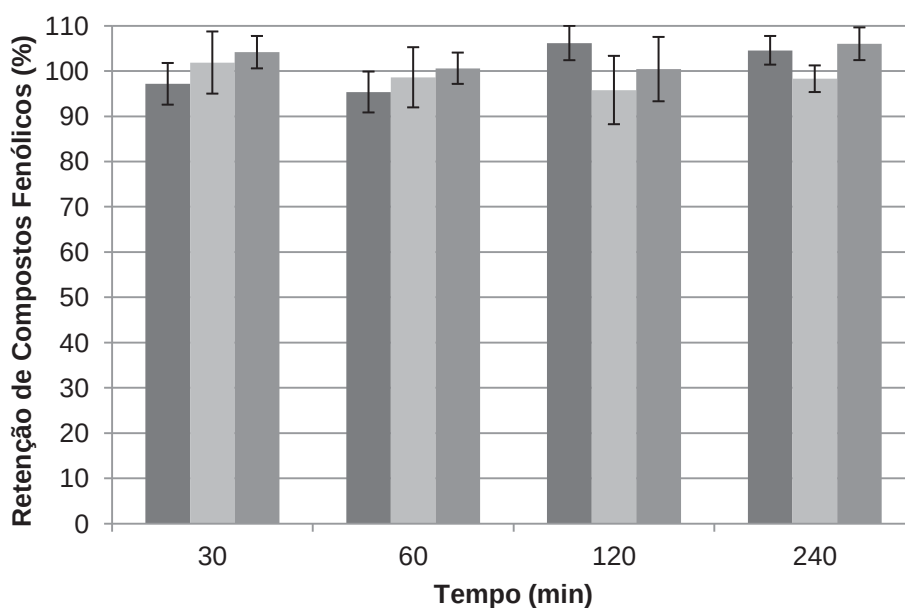


Figura 7. Retenção dos compostos fenólicos de fatias de manga durante o tratamento com solução desidratante de sacarose a 40 (■), 50 (□) e 60 (▒) % nos tempos de 0, 30, 60, 120 e 240 minutos.

5.3 Desidratação Osmótica em Solução de Sacarose com Adição de Ácido Ascórbico

5.3.1 Teor de Umidade

A Tabela 17 apresenta a descrição do delineamento 2^3 e a umidade após o tratamento, cujos valores são menores que a umidade média inicial de 84,34%.

As umidades mais elevadas foram verificadas nos ensaios 1 e 11 quando as amostras foram tratadas com os níveis baixos de χ_1 (concentração de sacarose) e χ_3 (tempo), enquanto as de menor conteúdo de água foram encontradas nas amostras do ensaio 3 e 4, tratadas com o nível alto de χ_1 e χ_3 .

Tabela 17. Delineamento fatorial 2^3 aleatorizado e resposta da umidade da amostra após os tratamentos.

Ensaio	Bloco	Fatores Codificados			Umidade		
		χ_1	χ_2	χ_3	y_1		$\bar{y}_1$
					I	II	
1	1	-1	-1	-1	79,00%	81,33%	80,17%
2	1	1	1	-1	76,31%	77,11%	76,71%
3	2	1	1	1	nd	71,04%	71,04%
4	1	1	-1	1	nd	70,56%	70,56%
5	2	0	0	0	75,26%	nd	75,26%
6	2	1	-1	-1	76,37%	nd	76,37%
7	1	-1	1	1	nd	76,60%	76,60%
8	2	0	0	0	75,29%	nd	75,29%
9	1	0	0	0	76,55%	75,03%	75,79%
10	1	0	0	0	76,62%	75,44%	76,03%
11	2	-1	1	-1	79,39%	nd	79,39%
12	2	-1	-1	1	76,71%	nd	76,71%

nd: não determinado

A análise de significância do efeito de cada fator e das interações entre eles apresentada na Tabela 18, mostra que χ_1 (concentração de sacarose) e χ_3 (tempo) são as variáveis que apresentam maiores influência e efeitos negativos sobre a resposta, ou seja, os efeitos tiveram

os maiores valores e as respostas reduziram quando os fatores passaram do nível baixo para o alto.

Analisando ainda a Tabela 18, a variável χ_2 (concentração de ácido ascórbico) não apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a umidade ($P=0,864$), no entanto, sua interação com χ_1 ($P=0,038$) foi significativa. O fator χ_1 também interagiu com o χ_3 ($P=0,004$), tornando a curvatura significativa. Observou-se ainda a influência dos diferentes dias de processo pelo efeito significativo do bloco, confirmando a necessidade da inclusão do mesmo no delineamento experimental.

Tabela 18. Efeito, erro padrão, teste t bilateral, significância e limite de confiança de 95% dos fatores sobre a umidade.

Fator	Efeito	Erro Padrão	Teste t Bilateral	Valor P	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	0,759	0,0004	1779,540	< 0,001*	0,758	0,761
Bloco	-0,006	0,001	-5,261	0,034*	-0,011	-0,001
Curvatura	-0,007	0,001	-4,769	0,041*	-0,013	-0,0007
χ_1	-0,0455	0,0008	-53,295	< 0,001*	-0,049	-0,042
χ_2	-0,0002	0,0008	-0,194	0,864	-0,004	0,003
χ_3	-0,044	0,0008	-51,903	< 0,001*	-0,048	-0,041
$\chi_1\chi_2$	0,004	0,0008	4,995	0,038*	0,0006	0,008
$\chi_1\chi_3$	-0,013	0,0008	-15,318	0,004*	-0,017	-0,009
$\chi_2\chi_3$	0,002	0,0008	2,330	0,145	-0,002	0,006
$\chi_1\chi_2\chi_3$	0,005	0,001	3,396	0,077	-0,001	0,011

*Significativo ao nível de 5%; R^2 : 0,999; R^2_{Ajustado} : 0,998.

O diagrama de Pareto na Figura 8 e o gráfico de médias dos fatores, na Figura 9 mostram os efeitos dos fatores e interações, respectivamente, que foram estatisticamente significativos. Nota-se que a umidade cai ao passar do nível baixo para o alto de χ_1 . Além disso, as médias de umidade são maiores e as linhas se cruzam no primeiro gráfico da Figura 9 quando χ_3 está no nível baixo.

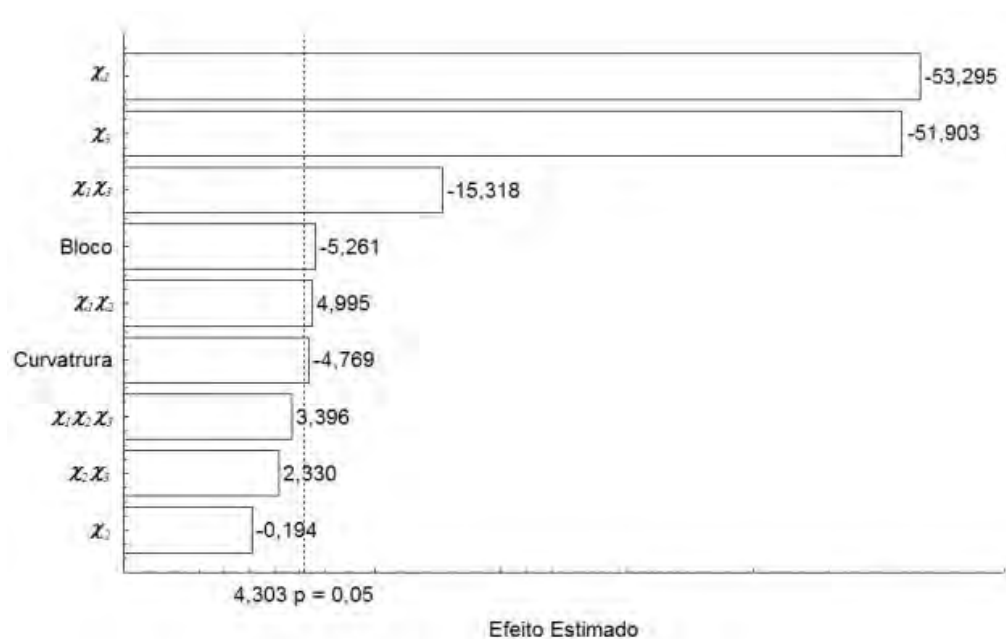


Figura 8. Diagrama de Pareto dos efeitos estimados e interações relativos à umidade.

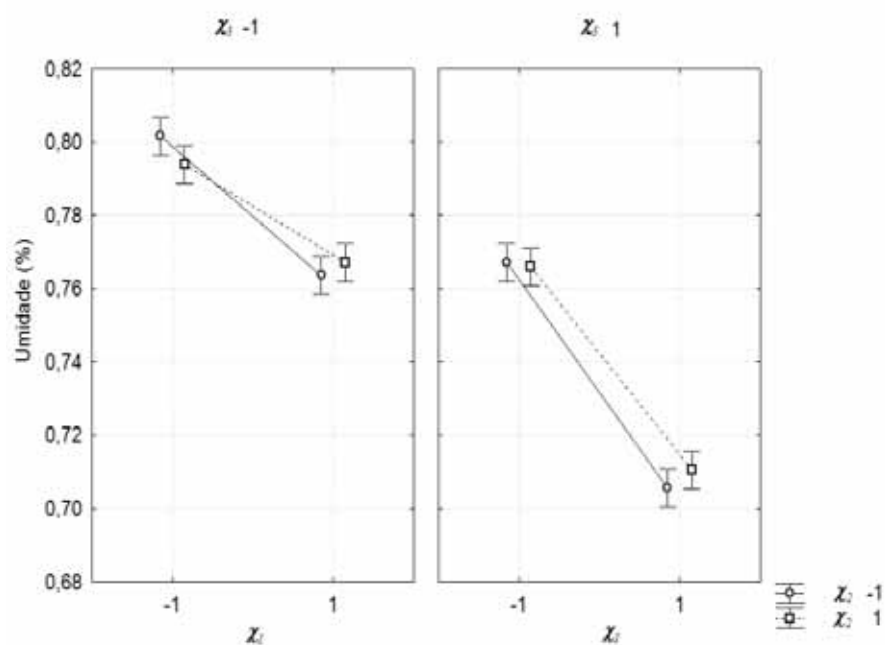


Figura 9. Representação gráfica de médias dos fatores relativos à umidade.

De acordo com os resultados da análise de variância expostos na Tabela 19, o coeficiente de determinação R^2 ficou muito próximo de 1 ($R^2=0,9996$) para o ajuste do modelo completo, isto é, incluindo todos os fatores e interações. Apesar de satisfatório, um modelo reduzido é recomendável.

Tabela 19. Análise de variância da influência dos fatores sobre a umidade com ajuste do modelo completo.

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F	Valor P
Bloco	0,00004	1	0,00004	27,674	0,034*
Curvatura	0,00003	1	0,00003	22,741	0,041*
χ_1	0,004	1	0,004	2840,312	< 0,001*
χ_2	0,000000	1	0,000000	0,038	0,864
χ_3	0,004	1	0,004	2693,911	< 0,001*
$\chi_1\chi_2$	0,00004	1	0,00004	24,947	0,038*
$\chi_1\chi_3$	0,0003	1	0,0003	234,643	0,004*
$\chi_2\chi_3$	0,000008	1	0,000008	5,427	0,145
$\chi_1\chi_2\chi_3$	0,00002	1	0,00002	11,531	0,077
Erro Puro	0,000003	2	0,000001	-	-
SQ Total	0,008	11	-	-	-

*Significativo ao nível de 5%; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: Fator F Calculado; χ_1 : Concentração de Sacarose; χ_2 : Concentração de Ácido Ascórbico; χ_3 : Tempo; $\chi_1\chi_2$, $\chi_1\chi_3$, $\chi_2\chi_3$, $\chi_1\chi_2\chi_3$: Interações Respectivas; R^2 : 0,999; R^2_{Ajustado} : 0,998.

Para simplificação e descrição de um modelo mais adequado os efeitos não significativos foram excluídos, ou seja, as interações $\chi_2\chi_3$ e $\chi_1\chi_2\chi_3$ não foram incluídas, contudo, o fator χ_2 que não exerceu influência significativa sobre a resposta não pôde ser excluído, pois este interagiu com o fator χ_1 .

A Tabela 20 apresenta os efeitos estimados para o modelo reduzido.

Tabela 20. Efeito estimado dos fatores sobre a umidade após ajuste do modelo reduzido.

Fator	Efeito	Erro Padrão	Teste t Bilateral	Valor P	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	0,759	0,0004	1779,540	< 0,001*	0,758	0,761
Bloco	-0,003	0,0008	-4,309	0,050*	-0,006	-0,000005
Curvatura	-0,007	0,001	-4,769	0,041*	-0,013	-0,0007
χ_1	-0,045	0,0008	-53,295	< 0,001*	-0,049	-0,041
χ_2	-0,0002	0,0008	-0,194	0,864	-0,004	0,003
χ_3	-0,044	0,0008	-51,903	< 0,001*	-0,048	-0,041
$\chi_1\chi_2$	0,004	0,0008	4,995	0,038*	0,0006	0,008
$\chi_1\chi_3$	-0,013	0,0008	-15,318	0,004*	-0,016	-0,009

*Significativo ao nível de 5%; R^2 : 0,997; R^2_{Ajustado} : 0,991.

A análise de variância mostrada na Tabela 21 apontou que a falta de ajuste no modelo reduzido não foi significativa ($P=0,105$), portanto, é possível considerar esse modelo reduzido para estimar a umidade.

Tabela 21. Análise de variância da umidade após ajuste do modelo reduzido.

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F	Valor P
Bloco	0,00003	1	0,00003	18,571	0,050*
Curvatura	0,00003	1	0,00003	22,741	0,041*
χ_1	0,004	1	0,004	2840,312	< 0,001*
χ_2	0,000000	1	0,000000	0,038	0,864
χ_3	0,004	1	0,004	2693,911	< 0,001*
$\chi_1\chi_2$	0,00004	1	0,00004	24,947	0,038*
$\chi_1\chi_3$	0,0003	1	0,0003	234,643	0,004*
Falta de ajuste	0,00002	2	0,00001	8,479	0,106
Erro Puro	0,000003	2	0,000001	-	-
SQ Total	0,008	11	-	-	-

*Significativo ao nível de 5%; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: Fator F Calculado; χ_1 : Concentração de Sacarose; χ_2 : Concentração de Ácido Ascórbico; χ_3 : Tempo; $\chi_1\chi_2$, $\chi_1\chi_3$: Interações Respectivas; R^2 : 0,997; R^2_{Ajustado} : 0,991.

A Tabela 22 apresenta os valores preditos, observados e resíduo, confirmando mais uma vez a possibilidade da obtenção do modelo matemático que explica os dados, com baixos valores do resíduo.

Tabela 22. Valores preditos, observados e resíduo das respostas de umidade.

Ensaio	Observado	Predito	Resíduo
1	0,802	0,802	0,000
2	0,767	0,769	-0,002
3	0,710	0,709	0,002
4	0,706	0,707	-0,002
5	0,753	0,754	-0,002
6	0,764	0,762	0,002
7	0,766	0,766	0,000
8	0,753	0,754	-0,001
9	0,758	0,757	0,000
10	0,760	0,757	0,003
11	0,794	0,794	0,000
12	0,767	0,767	0,000

O modelo de regressão reduzido e ajustado para descrever a umidade em função dos efeitos principais e das interações é dado pela equação (15):

$$y_1 = 0,759 - 0,023 \cdot \chi_1 - 0,000083 \cdot \chi_2 - 0,022 \cdot \chi_3 + 0,002 \cdot \chi_1\chi_2 - 0,006 \cdot \chi_1\chi_3 \quad (15)$$

onde y_1 é a umidade após o tratamento, χ_1 é a concentração de sacarose, χ_3 o tempo, $\chi_1\chi_2$ a interação concentração de sacarose e concentração de ácido ascórbico e $\chi_1\chi_3$ a interação da concentração de sacarose e tempo, todos codificados.

As Figuras 10, 11 e 12 apresentam as superfícies de respostas e as linhas de contorno. Em (a) e (c) mostram que a mudança na forma da superfície independe do nível de χ_2 ; que no nível alto de χ_1 e χ_3 as umidades são mais baixas; que há uma leve curvatura em (b) indicando a presença da interação que foi significativa pela análise dos efeitos.

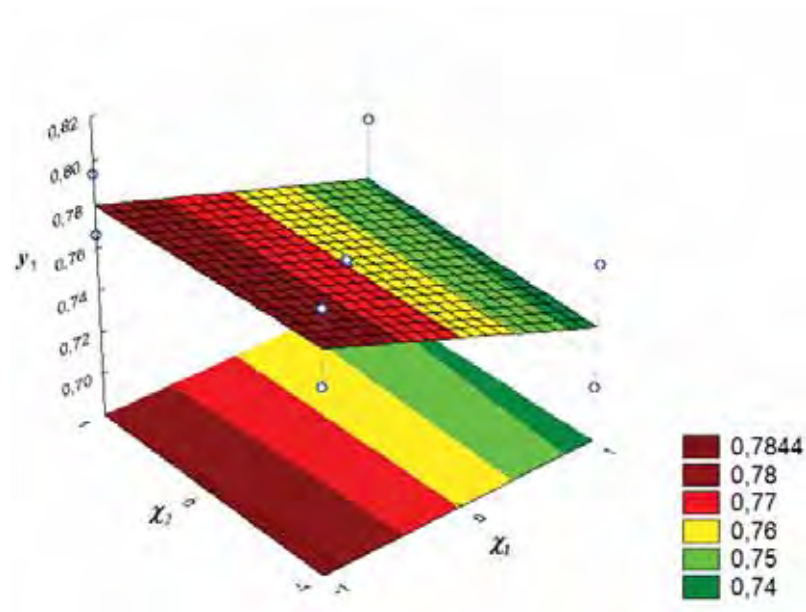


Figura 10. Superfície de resposta do y_1 (teor de umidade) em função de x_1 (concentração de sacarose) e de x_2 , (concentração de ácido ascórbico).

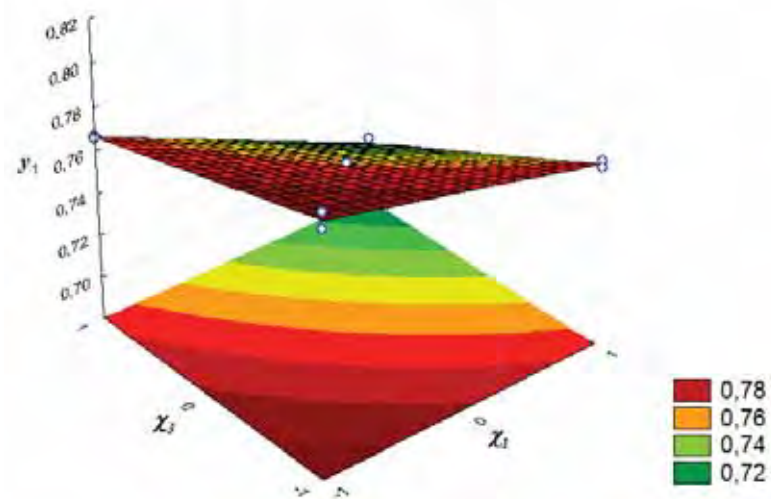


Figura 11. Superfície de resposta do y_1 (teor de umidade) em função de x_1 (concentração de sacarose) e de x_3 (tempo).

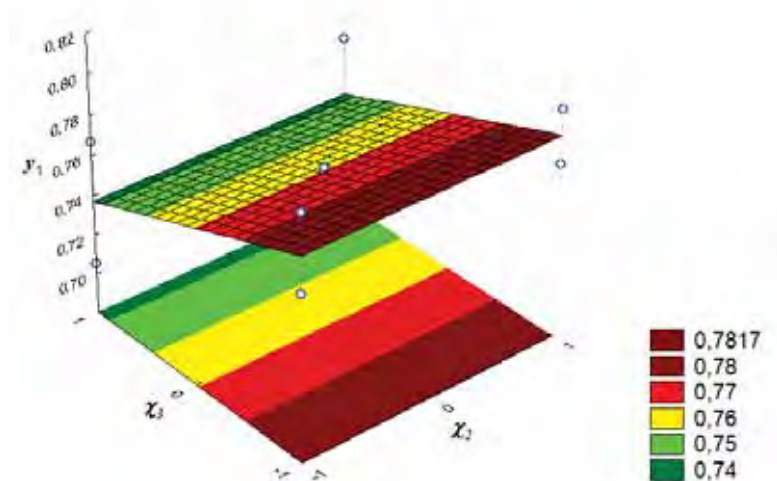


Figura 12. Superfície de resposta do y_1 (teor de umidade), em função de x_2 (concentração de ácido ascórbico) e de x_3 (tempo).

Sendo assim, a perda de água tem forte influência da concentração de sacarose e tempo de processo, como observado na análise de efeito. Na mesma verificou-se ainda a influência conjunta entre a concentração de sacarose e a concentração de ácido ascórbico, bem como, a interação da concentração de sacarose e do tempo de processo. As menores umidades foram encontradas sempre nos níveis mais altos de concentração de sacarose e tempo.

Os resultados obtidos acima evidenciam que a perda de água é influenciada de forma significativa pela concentração da solução osmótica e pelo tempo de processo, corroborando a citação de Islam e Flink (1982).

Souza Neto et al. (2005) também notaram a influência da concentração da solução na redução da umidade em mangas cv Coité, e sua influência se tornou mais intensa quando o vácuo foi aplicado no sistema.

Assim como Islam e Flink (1982) e Souza Neto et al. (2005), Maeda e Loreto (1998), estudando o efeito da temperatura, concentração da solução desidratante e tempo de processo em banana, verificaram que

todos esses efeitos foram significativos na perda de água, sendo a concentração o fator de menor efeito entre eles.

Diferentemente dos resultados encontrados neste estudo, Alves et al. (2005) ao desidratarem osmoticamente acerolas observaram que a concentração da solução não apresentou efeito significativo sobre a perda de água e este fator somente passou a exercer influência quando a desidratação osmótica foi realizada com uma solução ternária, ou seja, na presença de sal, por este apresentar rápida difusão dentro das células.

5.3.2 Teor de Açúcar

A descrição do delineamento fatorial 2^3 e o teor de açúcar após os tratamentos são apresentados na Tabela 23, sendo o teor médio inicial de 9,04%.

Tabela 23. Delineamento fatorial 2^3 aleatorizado e resposta do teor de açúcar.

Ensaio	Bloco	Fatores Codificados			Teor de Açúcar		
		χ_1	χ_2	χ_3	y_2		$\bar{y}_2$
					I	II	
1	1	-1	-1	-1	11,65%	12,44%	12,04%
2	1	1	1	-1	14,07%	16,07%	15,07%
3	2	1	1	1	nd	21,36%	21,36%
4	1	1	-1	1	nd	21,17%	21,17%
5	2	0	0	0	14,92%	nd	14,92%
6	2	1	-1	-1	14,92%	nd	14,92%
7	1	-1	1	1	nd	18,49%	18,49%
8	2	0	0	0	15,92%	nd	15,92%
9	1	0	0	0	13,56%	19,86%	16,71%
10	1	0	0	0	14,42%	18,61%	16,52%
11	2	-1	1	-1	12,90%	nd	12,90%
12	2	-1	-1	1	13,84%	nd	13,84%

nd: não determinado

A partir da Tabela 23, observa-se que houve aumento no teor de açúcar, quando comparado com o inicial. Os menores teores de açúcar foram encontrados nos níveis mais baixos de χ_1 (concentração de

sacarose) e χ_3 (tempo). Verifica-se também que quando os níveis de χ_1 e χ_3 são iguais, mudando-se apenas o χ_2 (concentração de ácido ascórbico) o teor de açúcar é menor no nível baixo de χ_2 . Quando os níveis de χ_1 e χ_2 são os mesmos, o nível baixo de χ_3 apresenta menor teor de açúcar.

A Tabela 24 apresenta a análise de significância do efeito de cada fator e das interações entre eles sobre a resposta teor de açúcar.

Tabela 24. Efeito, erro padrão, teste t bilateral, significância e limite de confiança de 95% dos fatores sobre o teor açúcar.

Fator	Efeito	Erro Padrão	Teste t Bilateral	Valor P	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	0,162	0,002	90,509	< 0,001*	0,154	0,170
Bloco	-0,012	0,005	-2,348	0,143	-0,034	0,010
Curvatura	-0,004	0,006	-0,669	0,572	-0,031	0,023
χ_1	0,038	0,004	10,624	0,009*	0,023	0,053
χ_2	0,0147	0,004	4,088	0,055	-0,001	0,030
χ_3	0,0498	0,004	13,893	0,005*	0,034	0,065
$\chi_1\chi_2$	-0,013	0,004	-3,598	0,069	-0,028	0,002
$\chi_1\chi_3$	0,013	0,004	3,589	0,070	-0,003	0,028
$\chi_2\chi_3$	0,010	0,004	2,674	0,116	-0,006	0,025
$\chi_1\chi_2\chi_3$	0,002	0,006	0,404	0,725	-0,024	0,029

*Significativo ao nível de 5%. $R^2=0,995$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,970$.

O fator χ_3 exerce o maior efeito sobre a resposta, seguido do χ_1 sendo que ambos possuem efeito positivo, ou seja, a resposta aumenta quando o nível passa do baixo para o alto. Estes fatores apresentaram efeitos estatisticamente significativos sobre o teor de açúcar ($P=0,009$ e $P=0,005$ respectivamente). Já para a variável χ_2 o valor P foi limítrofe ($P=0,055$), ou seja, muito próximo ao nível de significância de 5% adotado neste trabalho. Isto pode ser mais bem visualizado através da Figura 13, onde se observa, também, que o fator χ_2 e interações $\chi_1\chi_2$, $\chi_1\chi_3$, $\chi_2\chi_3$ e $\chi_1\chi_2\chi_3$, não exerceram efeitos significativos.

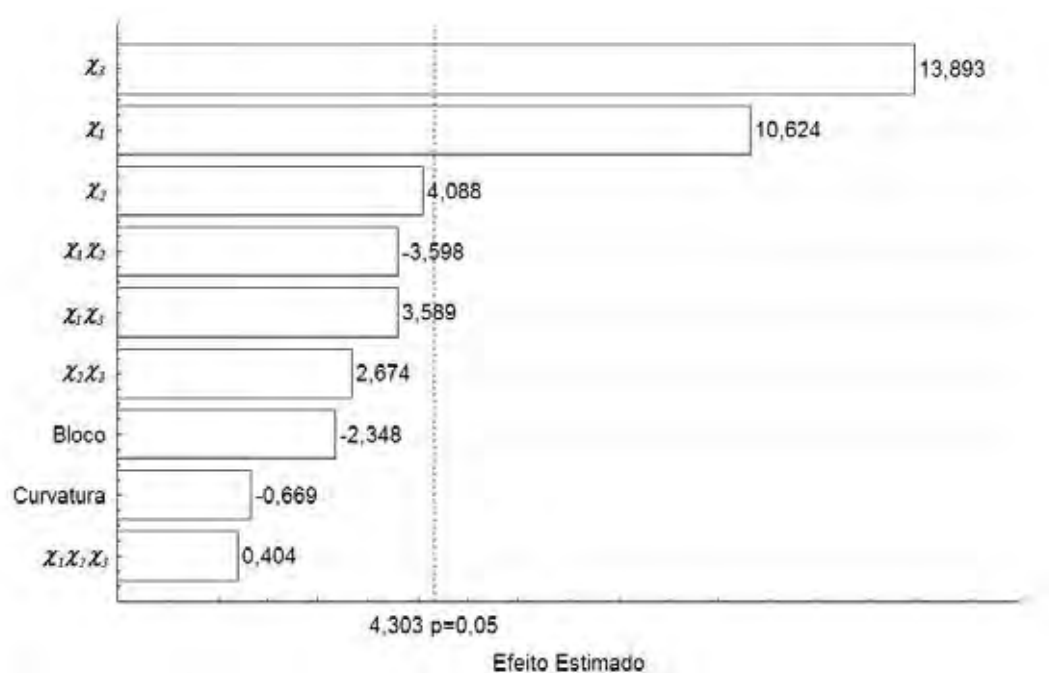


Figura 13. Diagrama de Pareto dos efeitos estimados e interações relativos ao teor de açúcar.

A Tabela 25 contém os resultados da análise de variância relativa à avaliação dos efeitos de cada componente do modelo completo ajustado. Observa-se que não há falta de ajuste, que o efeito de curvatura não é significativo e que apenas o fator χ_1 e χ_3 tiveram efeito significativo.

Tabela 25. Análise de variância da influência dos fatores sobre o teor de açúcar com ajuste do modelo completo.

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F	Valor P
Bloco	0,000142	1	0,000142	5,512	0,143
Curvatura	0,000012	1	0,000012	0,448	0,572
χ_1	0,002902	1	0,002902	112,876	0,009*
χ_2	0,000430	1	0,000430	16,716	0,055
χ_3	0,004962	1	0,004962	193,022	0,005*
$\chi_1\chi_2$	0,000333	1	0,000333	12,947	0,069
$\chi_1\chi_3$	0,000331	1	0,000331	12,881	0,070
$\chi_2\chi_3$	0,000184	1	0,000184	7,152	0,116

Tabela 25. Análise de variância da influência dos fatores sobre o teor de açúcar com ajuste do modelo completo.

$\chi_1\chi_2\chi_3$	0,000004	1	0,000004	0,163	0,725
Erro Puro	0,000051	2	0,000026	-	-
SQ Total	0,009523	11	-	-	-

*Significativo ao nível de 5%; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: Fator F Calculado; χ_1 : Concentração de Sacarose; χ_2 : Concentração de Ácido Ascórbico; χ_3 : Tempo; $\chi_1\chi_2$, $\chi_1\chi_3$, $\chi_2\chi_3$, $\chi_1\chi_2\chi_3$: Interações Respectivas; $R^2 = 0,995$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,970$.

O modelo reduzido foi ajustado aos dados por não haver efeito da variável χ_2 e nenhuma das interações de segunda ordem, $\chi_1\chi_2$, $\chi_1\chi_3$ e $\chi_2\chi_3$, nem o de terceira ordem, $\chi_1\chi_2\chi_3$. Assim, tem-se a Tabela 26 com efeitos estimados significativos.

Tabela 26. Efeito estimado dos fatores sobre o teor de açúcar após ajuste do modelo reduzido.

Fator	Efeito	Erro Padrão	Teste t Bilateral	Valor P	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	0,161557	0,001464	110,378	< 0,001*	0,155260	0,167855
Bloco	-	0,002927	-3,495	0,073	-0,022826	0,002365
χ_1	0,038091	0,003585	10,624	0,009*	0,022665	0,053517
χ_3	0,049811	0,003585	13,893	0,005*	0,034385	0,065237

*Significativo ao nível de 5%; $R^2 = 0,859$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,806$.

Após a exclusão dos efeitos não significativos apresentou-se falta de ajuste, contudo, não significativo, podendo assim o modelo ser predito. Houve também redução do R^2 , de 0,995 para 0,859. Essa redução pode ter ocorrido devido à exclusão dos fatores, sendo em deles limítrofe, como visto na Tabela 27.

Tabela 27. Análise de variância do teor de açúcar após ajuste do modelo reduzido.

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F	Valor P
Bloco	0,0003	1	0,0003	12,214	0,073
χ_1	0,003	1	0,003	112,876	0,009*
χ_3	0,005	1	0,005	193,022	0,005*
Falta de Ajuste	0,001	6	0,0002	8,385	0,110
Erro Puro	0,00005	2	0,00003	-	-
SQ Total	0,009	11	-	-	-

*Significativo ao nível de 5%; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: Fator F Calculado; χ_1 : Concentração de Sacarose; χ_3 : Tempo; $R^2 = 0,859$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,806$

A Tabela 28 apresenta valores observados e preditos cujos resíduos não foram altos possibilitando a modelagem.

Tabela 28. Valores observados, preditos e resíduos da resposta encontrada para o teor de açúcar.

Ensaio	Observado	Predito	Resíduo
1	0,120	0,123	-0,002
2	0,151	0,161	-0,010
3	0,214	0,200	0,013
4	0,212	0,211	0,001
5	0,149	0,156	-0,007
6	0,149	0,151	-0,001
7	0,185	0,173	0,012
8	0,159	0,156	0,003
9	0,167	0,167	0,000
10	0,165	0,167	-0,002
11	0,129	0,112	0,017
12	0,138	0,162	-0,024

Representação do modelo matemático reduzido modelado conforme os dados obtidos:

$$y_2 = 0,162 + 0,191 \cdot \chi_1 + 0,00004 \cdot \chi_3 \quad (16)$$

onde y_2 é o teor de açúcar, χ_1 é a concentração de sacarose e χ_3 o tempo ambos codificados.

A Figura 14 apresenta a superfície de resposta e as linhas de contorno do teor de açúcar. Esta confirma os dados apresentados acima, quando o teor de açúcar é menor nos níveis baixos de χ_1 e χ_3 .

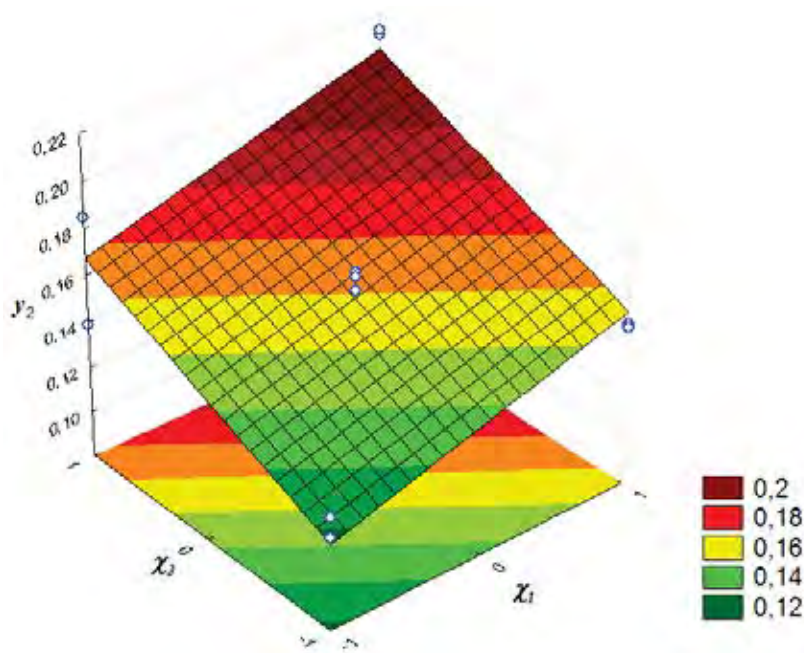


Figura 14. Superfície de resposta do y_2 (teor de açúcar) em função de χ_1 (concentração de sacarose) e de χ_3 (tempo).

Como pôde ser verificado acima, além do tempo, a concentração de sacarose mostrou-se como fator de influência significativa sobre o teor de açúcar, sendo o nível baixo aquele que apresentou menor teor.

A influência da concentração de sacarose não está em concordância com Alves et al. (2005). Esses autores, que estudaram a desidratação de acerola em soluções de sacarose, verificaram que o ganho de sólidos foi influenciado apenas pelo tempo de processo, quando as variáveis avaliadas foram: concentração da solução (30 a 60%), temperatura (25 a 60° C) e tempo (30 a 90 min).

5.3.3 Teor de Vitamina C

A Tabela 29 apresenta uma descrição do delineamento fatorial 2^3 e as respostas do teor de vitamina C das amostras após os tratamentos.

Pode-se verificar que houve impregnação do ácido ascórbico durante o processo de desidratação osmótica, ao se comparar com o teor médio inicial de vitamina C, que era de 40,28 mg de ácido ascórbico/100 g de fruta.

Os tratamentos com nível alto de ácido ascórbico (2, 3, 7, 11) apresentaram teores de vitamina C mais elevados. Quando os fatores χ_1 (concentração de sacarose) e χ_2 (concentração de ácido ascórbico) são os mesmos é no nível alto de χ_3 (tempo) onde se encontram os maiores teores.

Tabela 29. Delineamento fatorial 2^3 aleatorizado e resposta do teor de vitamina C dado em mg de ácido ascórbico/100 g de fruta.

Ensaio	Bloco	Fatores			Teor de Vitamina C		
		χ_1	χ_2	χ_3	y_3		$\bar{y}_3$
					I	II	
1	1	-1	-1	-1	95,642	89,840	92,741
2	1	1	1	-1	267,791	285,329	276,560
3	2	1	1	1	nd	400,525	400,525
4	1	1	-1	1	nd	132,456	132,456
5	2	0	0	0	249,948	nd	249,948
6	2	1	-1	-1	106,867	nd	106,867
7	1	-1	1	1	nd	390,337	390,337
8	2	0	0	0	261,075	nd	261,075
9	1	0	0	0	240,353	278,840	259,596
10	1	0	0	0	221,296	260,215	240,755
11	2	-1	1	-1	309,762	nd	309,762
12	2	-1	-1	1	139,633	nd	139,633

nd: não determinado

A Tabela 30 traz os resultados da análise da significância do efeito de cada fator, bem como interações entre eles. Analisando-se a Tabela 30 observa-se que o χ_2 exerce grande influência na resposta, tendo um

efeito estatisticamente significativo sobre o teor de vitamina C ($P=0,001$). Apesar do efeito do χ_3 não ser tão elevado quanto o de χ_2 , também se evidencia a influência significativa deste fator sobre a resposta ($P=0,013$).

Os resultados fornecem evidências ainda de que χ_1 e as interações de segunda e de terceira ordens não apresentam um efeito estatisticamente significativo ($P>0,05$), porém, no caso da interação entre χ_2 e χ_3 a evidência não é tão forte uma vez que o valor P é limítrofe ($P=0,056$), isto é, próximo ao nível de significância adotado de 0,05.

Tabela 30. Efeito, erro padrão, teste t bilateral, significância e limite de confiança de 95% dos fatores sobre o teor de vitamina C.

Fator	Efeito	Erro Padrão	Teste t Bilateral	Valor P	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	231,110	3,868	59,749	< 0,001*	214,467	247,753
Bloco	5,336	10,940	0,488	0,674	-41,737	52,408
Curvatura	43,467	13,399	3,244	0,083	-14,185	101,119
χ_1	-4,016	7,736	-0,519	0,655	-37,302	29,269
χ_2	226,372	7,736	29,262	0,001*	193,086	259,657
χ_3	69,255	7,736	8,952	0,012*	35,970	102,541
$\chi_1\chi_2$	-7,491	7,736	-0,968	0,435	-40,776	25,795
$\chi_1\chi_3$	5,522	7,736	0,714	0,549	-27,764	38,807
$\chi_2\chi_3$	33,015	7,736	4,268	0,051	-0,270	66,301
$\chi_1\chi_2\chi_3$	10,838	13,399	0,809	0,504	-46,814	68,490

*Significativo ao nível de 5%. $R^2 = 0,998$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,989$.

O diagrama de Pareto apresentado na Figura 15 mostra de forma hierárquica a significância dos efeitos.

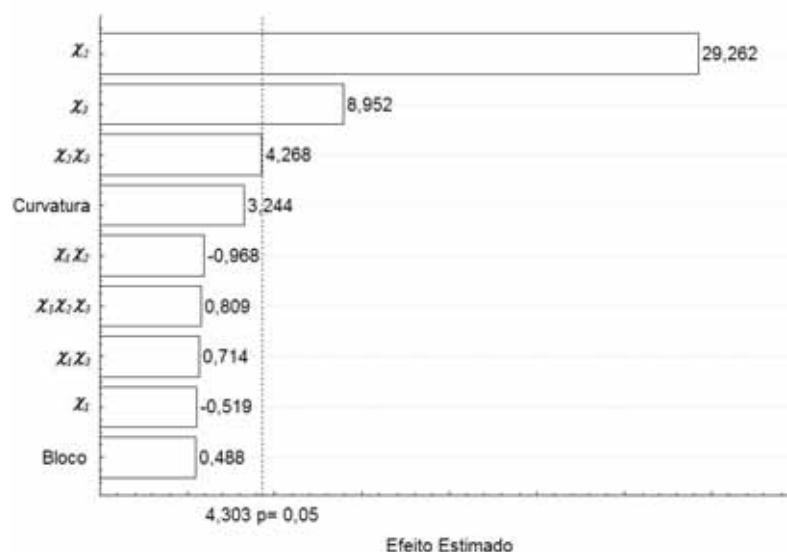


Figura 15. Diagrama de Pareto dos efeitos estimados para o teor de vitamina C.

A análise de variância relativa à influência dos fatores sobre o teor de vitamina C (Tabela 31) revela que não há falta de ajuste quando é ajustado um modelo completo.

Tabela 31. Análise de variância da influência dos fatores sobre o teor de vitamina C com ajuste do modelo completo.

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F	Valor P
Bloco	28,468	1	28,468	0,238	0,674
Curvatura	1259,580	1	1259,580	10,523	0,083
X_1	32,262	1	32,262	0,270	0,655
X_2	102488,451	1	102488,451	856,261	0,001*
X_3	9592,576	1	9592,576	80,143	0,012*
X_1X_2	112,223	1	112,223	0,938	0,435
X_1X_3	60,977	1	60,977	0,509	0,549
X_2X_3	2179,996	1	2179,996	18,213	0,051
$X_1X_2X_3$	78,308	1	78,308	0,654	0,504
Erro Puro	239,386	2	119,693	-	-
SQ Total	116517,089	11	-	-	-

*Significativo ao nível de 5%; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: Fator F Calculado; X_1 : Concentração de Sacarose; X_2 : Concentração de Ácido Ascórbico; X_3 : Tempo; X_1X_2 , X_1X_3 , X_2X_3 , $X_1X_2X_3$: Interações Respectivas; $R^2 = 0,998$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,989$.

Como somente os fatores χ_2 e χ_3 influenciaram significativamente ($P=0,001$ e $P=0,013$), ao nível de 5%, o teor de vitamina C, ajustou-se um modelo reduzido (Tabela 32 e 33). A Tabela 32 mostra que os efeitos do χ_2 e χ_3 continuaram a ser significativas. Todavia, percebeu-se que a não inclusão da interação $\chi_2\chi_3$ pode ter afetado a qualidade do ajuste reduzindo ligeiramente o coeficiente de determinação R^2 de 0,998 para 0,966, pois o valor P é limítrofe (0,051).

Tabela 32. Efeito estimado dos fatores sobre o teor de vitamina C após ajuste do modelo reduzido.

Fator	Efeito	Erro Padrão	t(2)	Valor P	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	238,355	3,158	75,471	< 0,001*	224,766	251,943
Bloco	12,561	6,316	1,989	0,185	-14,617	39,738
χ_2	226,372	7,736	29,262	0,001*	193,086	259,657
χ_3	69,255	7,736	8,952	0,012*	35,970	102,541

*Significativo ao nível de 5%; $R^2 = 0,966$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,953$.

A retirada dos fatores passou a apresentar a falta de ajuste do modelo de acordo com a análise de variância da Tabela 33, entretanto, este não exerceu efeito significativo possibilitando a predição do modelo.

Tabela 33. Análise de variância do teor de vitamina C após ajuste do modelo reduzido.

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F	Valor P
Bloco	473,330	1	473,330	3,955	0,185
χ_2	102488,451	1	102488,451	856,261	0,001*
χ_3	9592,576	1	9592,576	80,143	0,012*
Falta de Ajuste	3723,345	6	620,557	5,185	0,171
Erro Puro	239,386	2	119,693	-	-
SQ Total	116517,089	11	-	-	-

*Significativo ao nível de 5%; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: Fator F Calculado; χ_2 : Concentração de Ácido Ascórbico; χ_3 : Tempo; $R^2 = 0,966$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,953$

Pela Tabela 34 observa-se que a modelagem matemática é satisfatória pelos valores de resíduos não tão elevados.

Tabela 34. Valores observados, preditos e resíduos para o teor de vitamina C.

Ensaio	Observado	Predito	Resíduo
1	92,741	84,261	8,480
2	276,560	310,633	-34,073
3	400,525	392,449	8,077
4	132,456	153,516	-21,060
5	249,948	244,635	5,313
6	106,867	96,822	10,046
7	390,337	379,888	10,449
8	261,075	244,635	16,439
9	259,596	232,074	27,522
10	240,755	232,074	8,681
11	309,762	323,194	-13,431
12	139,633	166,077	-26,444

Das análises acima, verifica-se que o modelo de regressão ajustado para descrever o teor de vitamina C é dado por (17):

$$y_3 = 238,355 + 113,186 \cdot \chi_2 + 34,628 \cdot \chi_3 \quad (17)$$

onde y_3 é o teor de ácido ascórbico, χ_2 é a concentração de ácido ascórbico codificado e χ_3 o tempo, também codificado.

A Figura 16 apresenta a superfície de resposta e as linhas de contorno que descrevem o comportamento da resposta em função de χ_2 e χ_3 . Pode-se verificar que realmente no nível alto do χ_2 e χ_3 houve maior impregnação do ácido ascórbico. Este mesmo fato ocorreu na desidratação osmótica de figo, quando a maior concentração de ácido ascórbico e tempo mais longo de processo elevaram a impregnação deste ácido (SOUSA, 2008).

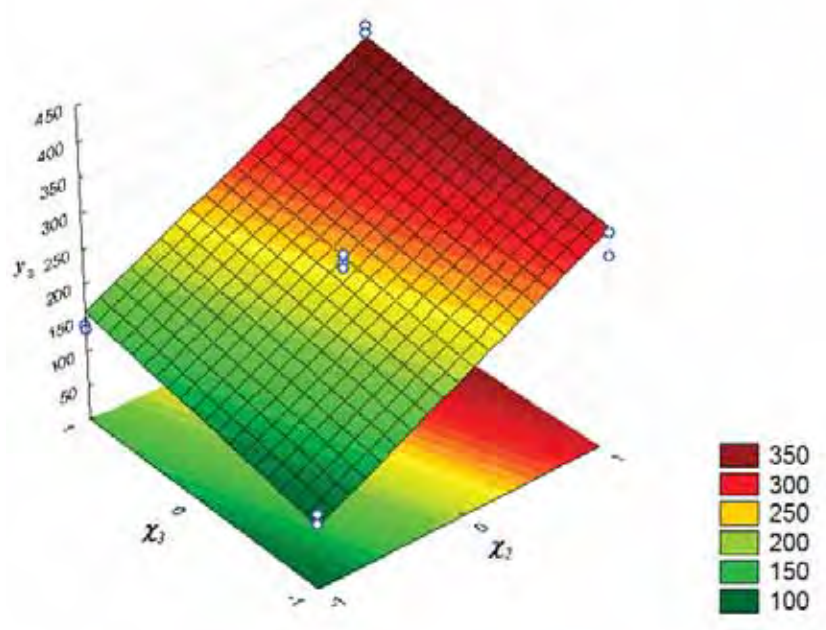


Figura 16. Superfície de resposta do y_3 (teor de vitamina C) em função de x_2 (concentração de ácido ascórbico) e x_3 (tempo).

Através dos dados obtidos pela análise de efeito e de variância, verificou-se que o alto teor de vitamina C em mangas foi favorecido no nível alto da concentração de ácido ascórbico e do tempo.

O aumento no teor de vitamina C também foi observado por Sousa (2008) que realizou processos de DO em figo com soluções de sacarose contendo ácido ascórbico nas concentrações de 100 e 200 mg de ácido ascórbico/100 g de solução e encontrou elevação do teor de vitamina C de três e cinco vezes, respectivamente, após os tratamentos.

Com base nesses resultados, para obtenção de elevados teores de vitamina C a adição de maiores concentrações de ácido ascórbico é recomendada. Entretanto deve-se verificar o custo operacional, uma vez que este ingrediente é caro, e pode alterar as características sensoriais do produto.

Avaliando-se os resultados no ponto central do delineamento experimental (50% de sacarose, 1,25% de ácido ascórbico e duas horas de processo, relação fruta e solução de 1:10), estes mostraram

diminuição de ácido ascórbico na solução osmótica em torno de 1% da massa inicial, sem, no entanto, alterar consideravelmente sua concentração na solução osmótica, apesar das altas taxas de impregnação ácido ascórbico. Dessa forma, essa relação de fruta:solução eleva os custos do processo. Simulações realizadas para uma relação fruta e solução menor, de 1:4, mostraram uma diminuição de 2,5% da massa original do ácido. Porém, a perda de água da fruta também diminui a concentração de ácido ascórbico na solução osmótica, que ao final do processo, apresentaria aproximadamente 90% da concentração original de ácido ascórbico.

Essas questões são relevantes para o estudo do reaproveitamento das soluções osmóticas, que é uma das formas de diminuir os custos do processo de DO com adição do ácido ascórbico e torná-lo viável economicamente.

A reutilização da solução osmótica só será possível caso a mesma esteja microbiologicamente estável e a sua concentração seja corrigida. A correção da solução pode ser realizada através da adição de solutos ou da evaporação da água. Portanto, devem-se levar em consideração perdas adicionais de ácido ascórbico nos tratamentos que fazem uso do calor, tanto para a estabilidade microbiológica como para a evaporação da solução, devido à instabilidade térmica da vitamina C.

5.3.4 Teor de Compostos Fenólicos Totais

Como pode ser visto na Tabela 35, o teor de compostos fenólicos aumentou após o tratamento, considerando que o teor inicial era de 51,18 mg de ácido gálico/100 g de fruta. Esta mesma tabela apresenta a descrição do delineamento fatorial 2^3 e as respostas para o teor de compostos fenólicos. Pode-se verificar ainda que os ensaios 2, 3, 7 e 11,

com o nível alto de χ_2 (concentração de ácido ascórbico), não apenas elevou o teor de vitamina C como também o de compostos fenólicos.

Tabela 35. Delineamento fatorial 2^3 aleatorizado com a resposta do teor de compostos fenólicos dado em mg de ácido gálico/100 g de fruta.

Ensaio	Bloco	Fatores			Teor de Compostos Fenólicos		
		χ_1	χ_2	χ_3	y_4		$\bar{y}_4$
					I	II	
1	1	-1	-1	-1	115,966	91,157	103,562
2	1	1	1	-1	272,705	279,637	276,170
3	2	1	1	1	nd	385,573	385,573
4	1	1	-1	1	nd	136,253	136,253
5	2	0	0	0	241,227	nd	241,227
6	2	1	-1	-1	136,338	nd	136,338
7	1	-1	1	1	nd	355,804	355,804
8	2	0	0	0	265,078	nd	265,078
9	1	0	0	0	252,932	260,639	256,786
10	1	0	0	0	227,665	246,949	237,307
11	2	-1	1	-1	293,802	nd	293,802
12	2	-1	-1	1	144,155	nd	144,155

nd: não determinado

O teor de compostos fenólicos teve influência dos mesmos fatores que exerceram efeito sobre o teor de vitamina C, que foram χ_2 (concentração de ácido ascórbico) e χ_3 (tempo), entretanto com menor intensidade, como pode ser observado na Tabela 36.

Tabela 36. Efeito, erro padrão, teste t bilateral, significância e limite de confiança de 95% dos fatores sobre o teor de compostos fenólicos.

Fator	Efeito	Erro Padrão	Teste t Bilateral	Valor P	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	228,957	5,444	42,059	0,001*	205,534	252,379
Bloco	6,106	15,397	0,397	0,730	-60,142	72,355
Curvatura	42,286	18,858	2,242	0,154	-38,852	123,423
χ_1	9,252	10,887	0,850	0,485	-37,593	56,097
χ_2	197,761	10,887	18,164	0,003*	150,916	244,606
χ_3	52,978	10,887	4,866	0,040*	6,133	99,823
$\chi_1\chi_2$	-3,184	10,887	-0,292	0,798	-50,029	43,661
$\chi_1\chi_3$	1,680	10,887	0,154	0,892	-45,165	48,525
$\chi_2\chi_3$	32,725	10,887	3,006	0,095	-14,119	79,570
$\chi_1\chi_2\chi_3$	15,914	18,858	0,844	0,488	-65,223	97,052

*Significativo ao nível de 5%; $R^2 = 0,995$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,971$

O diagrama de Pareto representado na Figura 17 mostra esse resultado de forma mais completa.

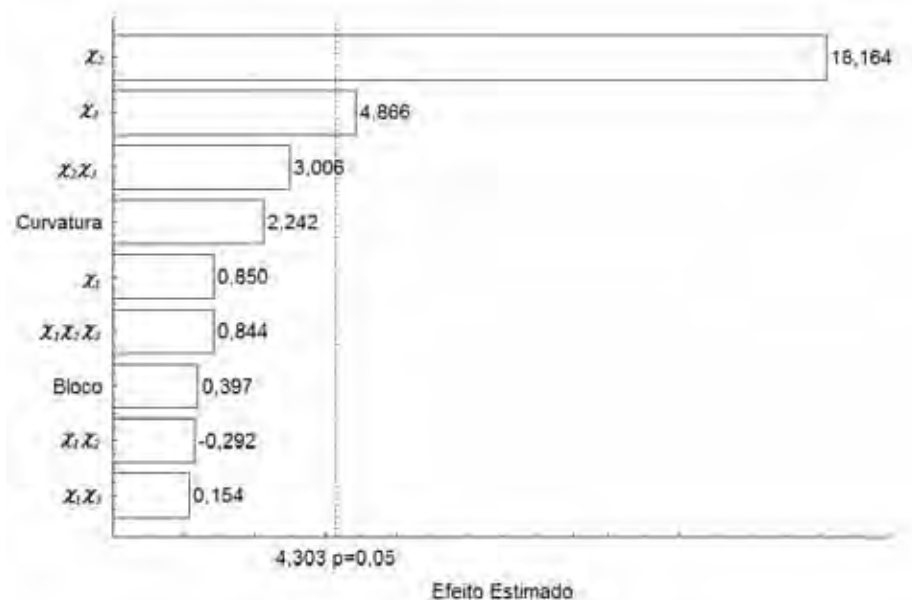


Figura 17. Diagrama de Pareto dos efeitos estimados para o teor de compostos fenólicos.

Com o modelo completo, não se estimou a falta de ajuste na análise de variância devido à limitação nos graus de liberdade. O coeficiente R^2 foi de 0,994 e R^2 ajustado de 0,970 (Tabela 37).

Tabela 37. Análise de variância da influência dos fatores sobre o teor de compostos fenólicos de manga cv. Palmer com ajuste do modelo completo.

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F	Valor P
Bloco	37,286	1	37,286	0,157	0,730
Curvatura	1192,054	1	1192,054	5,028	0,154
X_1	171,206	1	171,206	0,722	0,485
X_2	78219,040	1	78219,040	329,938	0,003*
X_3	5613,282	1	5613,282	23,678	0,040*
X_1X_2	20,274	1	20,274	0,086	0,798
X_1X_3	5,645	1	5,645	0,024	0,892
X_2X_3	2141,895	1	2141,895	9,035	0,095
$X_1X_2X_3$	168,845	1	168,845	0,712	0,488

Tabela 37. Análise de variância da influência dos fatores sobre o teor de compostos fenólicos de manga cv. Palmer com ajuste do modelo completo.

Erro Puro	474,144	2	237,072	-	-
SQ Total	88844,64	11	-	-	-

*Significativo ao nível de 5%; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: Fator F Calculado; χ_1 : Concentração de Sacarose; χ_2 : Concentração de Ácido Ascórbico; χ_3 : Tempo; $\chi_1\chi_2$, $\chi_1\chi_3$, $\chi_2\chi_3$, $\chi_1\chi_2\chi_3$: Interações Respectivas; $R^2 = 0,995$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,971$.

As Tabelas 38 e 39 mostram os resultados obtidos com a exclusão dos fatores não significativos (modelo reduzido), onde se percebe que o modelo reduzido ficou bem ajustado não apenas pelos valores elevados de R^2 ($R^2=0,956$ e $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,939$), como também pelo valor P associado ao teste de falta de ajuste ($P=0,304$).

Tabela 38. Efeito estimado dos fatores sobre o teor de compostos fenólicos de manga cv. Palmer após Ajuste do modelo reduzido.

Fator	Efeito	Erro Padrão	Teste t Bilateral	Valor P	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	236,004	4,445	53,097	< 0,001*	216,880	255,129
Bloco	16,716	8,890	1,880	0,201	-21,533	54,964
χ_2	197,761	10,887	18,164	0,003*	150,916	244,606
χ_3	52,978	10,887	4,866	0,040*	6,133	99,823

*Significativo ao nível de 5%; $R^2 = 0,953$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,935$.

Tabela 39. Análise de variância do teor de compostos fenólicos de manga cv. Palmer após ajuste do modelo reduzido.

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F	Valor P
Bloco	838,254	1	838,254	3,536	0,201
χ_2	78219,040	1	78219,040	329,938	0,003*
χ_3	5613,282	1	5613,282	23,678	0,040*
Falta de Ajuste	3699,919	6	616,653	2,601	0,304
Erro Puro	474,144	2	237,072	-	-
SQ Total	88844,638	11	-	-	-

*Significativo ao nível de 5%; SQ: Soma dos Quadrados; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: Fator F Calculado; χ_2 : Concentração de Ácido Ascórbico; χ_3 : Tempo; $R^2 = 0,953$; $R^2_{\text{Ajustado}} = 0,935$.

De acordo com a Tabela 40 é possível a modelagem matemática, pois os desvios dos valores observados em relação aos preditos pelo modelo não parecem ser severos.

Tabela 40. Valores observados, preditos e resíduo do teor de compostos fenólicos.

Ensaio	Observado	Predito	Resíduo
1	103,562	102,277	1,285
2	276,170	300,038	-23,868
3	385,573	369,732	15,842
4	136,250	155,255	-19,005
5	241,227	244,362	-3,135
6	136,338	118,993	17,345
7	355,804	353,016	2,788
8	265,078	244,362	20,716
9	256,786	227,646	29,139
10	237,307	227,646	9,661
11	293,802	316,754	-22,952
12	144,154	171,970	-27,816

Das análises acima, verifica-se que o modelo de regressão ajustado para descrever o teor de compostos fenólicos é dado por (18):

$$y_4 = 236,004 + 98,881 \cdot \chi_2 + 26,489 \cdot \chi_3 \quad (18)$$

onde y_4 é o teor de compostos fenólicos, χ_2 o fator codificado da concentração de ácido ascórbico e χ_3 o fator codificado do tempo.

Este modelo é representado por uma superfície de resposta e linhas de contorno da forma apresentada na Figura 18. Confirma-se pela figura que é na região do nível alto de tempo e de concentração de ácido ascórbico que se encontram os maiores teores de compostos fenólicos. Contudo, deve-se levar em consideração que nenhum composto fenólico foi adicionado. Devido a esta circunstância, os resultados sugerem a

interferência do ácido ascórbico no teor de compostos fenólicos, o que também é observado por Prado (2009), ao afirmar que a presença deste ácido pode superestimar a resposta em larga extensão.

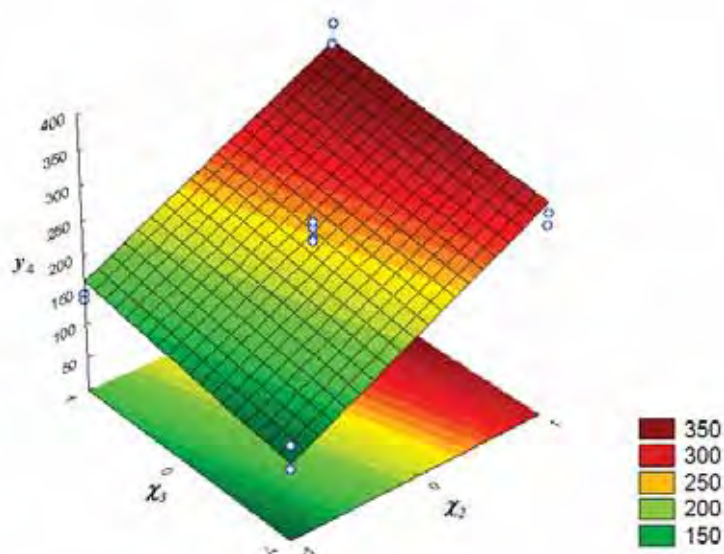


Figura 18. Superfície de resposta do y_4 (teor de compostos fenólicos) em função de x_2 (concentração de ácido ascórbico) e de x_3 (tempo).

6. CONCLUSÕES

A desidratação osmótica de manga cv. Palmer em soluções mais concentradas de sacarose promoveu maior perda de água que ganho de sólidos e eficiência variando de 3 a 6% ao longo de todo o processo.

Os coeficientes de difusão determinados em todas as concentrações estudadas foram da mesma ordem, contudo a água apresentou difusividade maior que os açúcares. Os coeficientes de difusão na concentração de 40% foram maiores, com relação aos determinados nas soluções de 50 e 60%.

A cor pouco alterou com o tempo de processo e com a variação na concentração da solução desidratante, permanecendo praticamente semelhante à amostra inicial.

Houve aumento nas concentrações de vitamina C e de compostos fenólicos no decorrer do tempo de processo, além da elevada retenção dessas substâncias durante o processo de desidratação osmótica.

No processo de desidratação osmótica com adição de ácido ascórbico, a concentração desta substância não teve influência direta sobre a umidade, mas apresentou efeito na presença da sacarose. Tanto a umidade quanto o teor de açúcar nas amostras foram influenciados pela concentração de açúcar na solução e tempo de processamento. Este processo ocasionou considerável impregnação do ácido ascórbico. Verificou-se que a concentração de sacarose não afetou o teor de vitamina C, no entanto a concentração do ácido ascórbico na solução e o tempo de processo exerceram influência nessa resposta. O teor de compostos fenólicos foi influenciado pela presença do ácido ascórbico e do tempo, apresentando conteúdo mais elevado no nível máximo de concentração desta substância, todavia, houve indícios de que a presença deste ácido interferiu na análise dos compostos fenólicos.

A manutenção da cor inicial e a retenção de nutrientes durante a DO em solução de sacarose nas condições apresentadas, assim como a

impregnação de vitamina C na DO com sacarose adicionada de ácido ascórbico mostraram-se efetivas na obtenção de mangas minimamente processadas com alto valor nutricional. E sugerem que o processo tem aplicação promissora em combinação com outros métodos de conservação com a refrigeração e a atmosfera modificada.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Determinar a cinética da impregnação de vitamina C a partir das respostas do delineamento experimental da desidratação osmótica com adição de ácido ascórbico;
- Realizar de análise sensorial, para determinar os níveis de tratamento adequados sensorialmente;
- Estudar a vida de prateleira da manga minimamente processada por desidratação osmótica, com avaliação de cor e qualidade microbiológica;
- Determinar da cinética da degradação de vitamina C durante o armazenamento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAKALI, J. S.; ARIAHU, C. C.; NKPA, N. N. Kinetics of osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 30, p.597–607, 2006.

ALVES, J. A.; NASSUR, R. de C. M. R.; PIRES, C. R. F.; ALCÂNTARA, E. M. de; GIANNONI, J. A.; LIMA, L. C. de O. Cinética de degradação de vitamina C em mangas ‘Palmer’ minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 714-721, 2010.

ALVES, D. G.; BARBOSA JÚNIOR, J. L.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X. Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 68, p. 99-103, 2005.

ANDERSON, L., DIBBLE, M. V., TURKKI, P. R., MITCHELL, H. S. apud ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. da C. R., BARROS, J. C. de; METRI, J. C.; SOUZA, M. S. de O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 89-97, 2000.

ANDRÉS, A.; FITO, P.; HEREDIA, A.; ROSA, E. M. Combined drying technologies for development of high-quality shelf-stable mango products. **Drying Technology**, v. 25, p. 1857-1866, 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, 2008.

A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry, 11 ed., Arlington, Ed. William Horwitz, 1970.

A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry, 18 ed., Gaithersburg, Ed. William Horwitz, 2005.

ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. da C. R., BARROS, J. C. de; METRI, J. C.; SOUZA, M. S. de O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 89-97, 2000.

ARAÚJO, J. L. P. **Cultivo da Mangueira: Mercado e Comercialização da Manga**. Embrapa Semi-Árido, Sistema de Produção, 2, ISSN 1807-0027, julho/2004. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/mercado.htm>>. Acesso em: 28 nov 2010.

ARAÚJO, L. C. **Otimização da desidratação osmótica do jambo – vermelho (*Syzygium malaccense*)**. 2009. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ASAMI, D. K.; HONG, Y.-J.; BARRETT, D. M.; MITCHELL, A. E. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 1237-1241, 2003.

AWAD, M. apud HOJO, E. T. D.; ABREU, C. M. P. de; ASMAR, S. S. A.; HOJO, R. H.; VILAS BOAS, E. V. de B.; CORRÊA, A. D. Influência do 1-metilciclopropeno sobre a coloração de frutos de mangueira 'Palmer'. **Magistra**, v. 21, n. 2, p. 096-103, 2009.

AZEREDO, 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. 74-82, 2000.

BAARDSETH, P.; SKREDE, G.; NAES, T.; THOMASSEN, M. S.; IVERSEN, A.; KAABER, L. A comparison of CIE (1976) $L^*a^*b^*$ values obtained from two different instruments on several food commodities. **Journal of Food Science**, 53, p. 1737–1742, 1988.

BANERJEE, A.; DASGUPTA, N.; DE, B. In vitro study of antioxidant activity of *Syzygium cumini* fruit. **Food Chemistry**, v. 90, p. 727–733, 2005.

BARRETO, J. C.; TREVISAN, M. T.S.; HULL, W. E.; ERBEN, G.; BRITO, E. S. de; PFUNDSTEIN, B.; WURTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; OWEN, R. W. Characterization and Quantitation of Polyphenolic Compounds in Bark, Kernel, Leaves, and Peel of Mango (*Mangifera indica* L.) **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 5599–5610, 2008.

BASU, T. K.; SCHORAH, C. J. apud ROSA, J. S. da; GODOY, R. L. de O.; OIANO NETO, J.; CAMPOS, R. da S.; MATTA, V. M. da; FREIRE, C. A.; SILVA, A. S. da; SOUZA, R. S. de Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 837-846, 2007.

BENASSI, M. de T.; ANTUNES, A. J. A Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 31. n. 4, p. 507-513, 1988.

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, n. 5, p. 576-582, 1990.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BLEINROTH, E. W. apud BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; DE OLIVEIRA, A. F. Avaliação das alterações em polpa de manga 'Tommy-Atkins' congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 651-653, 2002.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. de S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, H. M. de Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 38-41, 2003.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; DE OLIVEIRA, A. F. Avaliação das alterações em polpa de manga 'Tommy-Atkins' congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 651-653, 2002.

CAMARGO FILHO, W. P. de; ALVES, H. B.; ANTONIO ROGER MAZZEI, A. R. Mercado de manga no Brasil: contexto mundial, variedades e estacionalidade. **Informações Econômicas**, v.34, n.5, p. 60-68, 2004.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangífera indica* L.) var. Haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 211-217, 1998.

CARDELLO, H. M. A. B.; MORAES, M.A.C. Análise sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden em pedaços, processada e congelada. **Alimentos e Nutrição**, v. 8, p. 27-38, 1997.

CARDELLO, H. M. A. B, MORAES, M. A. C., CARDELLO, L. Ácido ascórbico e ascorbato oxidase em manga (*Mangífera indica* L.) var.

Haden processada e congelada. **Alimentos e Nutrição**, v.5, p.65-75, 1993.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; CASTRO, J. V. de; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo instituto agrônomo de campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 264-271, 2004.

CHIRALT, A.; TALENS, P. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 167–177, 2005.

CHIRALT, A.; FITO, P. Transport mechanisms in osmotic dehydration. The role of the structure. **Food Science and Technology International**, v.9, n.3, p. 179-186, 2003.

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

CORREIA, R. C.; ARAUJO, J. L. P. **Cultivo da Mangueira: Mercado**. Embrapa Semi-Árido, Sistemas de Produção, 2, 2 ed., ISSN 1807-0027, Agosto/2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/mercado.htm> Acesso em 30 jan 2012.

COSTA, J. G. ; SANTOS, C. A. F. **Cultivo da Mangueira: Produção**. Embrapa Semi-Árido, Sistemas de Produção, 2, ISSN 1807-0027, Julho/2004 Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/cultivares.htm#palmer>>. Acesso em: 19 jul 2011.

CRANK, J. **The Mathematics of Diffusion**. London: Clarendon Press – Oxford, 1975. 2 v.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PAULA, M. do L. de; ASQUIERI, E. B. R. Avaliação química de geléias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 177-184, 2009.

EL-AQUAR, A. A.; MURR, F. E. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 69-75, 2003.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA . **Cultura da manga**. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=pesquisa-culturas_pesquisadas-manga.php&menu=2#producao>. Acesso em: 19 jul 2011.

EVANGELISTA, R. M. **Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração e tratadas com cloreto de cálcio pré-colheita**. 1999. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Caracterização da manga orgânica cultivar Ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.1, p. 9-14, 2009.

FRANCO, M. R. B., RODRIGUEZ-AMAYA, D.; LANÇAS, F. M. Compostos voláteis de três cultivares de manga (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 165-169, 2004.

FURLONG, E. B.; COLLA, E.; BORTOLATO, D. S.; BAISCH, A. L. M.; de SOUZA-SOARES, L. A. Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. **Vetor**, n. 13, 2003, p.105-114.

GERMER, S. P. M.; de 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.

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

HENRION, P. N. Diffusion in the sucrose + water system **Transaction Faraday Society**, v. 60, p. 72-74, 1964.

HILUEY, L. J.; GOMES, J. P.; CARDOSO ALMEIDA, F. de A.; SILVA, M. S.; ALEXANDRE, H. V. Avaliação do rendimento do fruto, cor da casca e polpa de manga tipo espada sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 151-157, 2005.

HOJO, E. T. D.; ABREU, C. M. P. de; ASMAR, S. S. A.; HOJO, R. H.; VILAS BOAS, E. V. de B.; CORRÊA, A. D. Influência do 1-

metilciclopropeno sobre a coloração de frutos de mangueira 'Palmer'. **Magistra**, v. 21, n. 2, p. 096-103, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005, p.125.

ISLAM, M. N.; FLINK, J. N. Dehydration of potato. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 17, n. 3, p. 387-403, 1982.

ITO, A. P.; CAVENAGHI, M.; BERTOLDO, C.; PARK, K. J.; HUBINGER, M. D. Efeito do processo e desidratação osmótica a pulso de vácuo na transferência de massa e nas propriedades reológicas e de cor de fatias de manga. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 27(supl.), p. 54-63, 2007.

KIM, H.; MOON, J. Y.; KIM, H.; LEE, D-S; CHO, M.; CHOI, H-K; KIM, Y. S.; MOSADDIK, A.; CHO, S. K. Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. **Food Chemistry**, v. 121, 2010, p. 429–436.

KHOYI, M. R., HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, v. 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.

MADHAVI, D. L.; DESHPANDE, S. S; SALUNKHE, D. K. **Food Antioxidants Technological, Toxicological, and Health Perspectives**. New York: Marcel Dekker, 1996. 1-4; 199-205 p.

MAHDAVI, R.; NIKNIAZ, Z.; RAFRAF, M.; JOUYBAN, A. Determination and comparison of total polyphenol and vitamin C contents of natural fresh and Commercial Fruit Juices, **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 9, n. 10, p. 968-972, 2010.

MAEDA, M.; LORETO, R. L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 19, n. 1, p. 60-67, 1998.

MARFIL, P. H. M.; SANTOS, E. M.; TELIS, V. R. N. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p. 1642-1647, 2008.

MARTIM, N. S. P. P. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins desidratada.** 2006. 94.f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MARTIM, N. S. P. P.; WASZCZYNSKYJ, N.; MASSON, M. L. Cálculo das variáveis na desidratação osmótica de manga cv Tommy Atkins. **Ciência e. Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1755-1759, 2007.

MAURO, M. A.; TAVARES, D. Q.; MENEGALLI, F. C. Behavior of plant tissue in osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 1-15, 2002.

MELO, E. de A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. de; NASCIMENTO, R. J. do Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

MENTEN, M. M. **Manga**. Hortifruti Brasil. n. 99, p. 33, 2011. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/99/full.pdf>>. Acesso em: 19 jul 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. p. 170-302.

MÜLLER, L.; GNOYKE, S.; POPKEN, A. M.; BÖHM, V. Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 992–999, 2010.

MURPHY, E. W.; CRINER, P. E.; GRAY, B. C. Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, n.6, 1975.

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, n.2, p. 269-278, 2004.

NORATTO, G. D.; BERTOLDI, M. C.; KRENEK, K.; TALCOTT, S. T.; STRINGHETA, P. C.; MERTENS-TALCOTT, S. U. Anticarcinogenic effects of polyphenolics from mango (*Mangifera indica*) varieties, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 4104–4112, 2010.

OQUENDO, J. T. **Optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango (*Mangifera indica* L.).** 2007. 342f. Tese (Doutorado em Tecnologia de

Alimentos), Instituto Universitario de Ingeniería, de Alimentos para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

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

PANI, P., LEVA, A. A.; RIVA, M.; MAESTRELLI, A.; TORREGGIANI, D. Influence of an osmotic pre-treatment on structure-property relationships of air-dehydrated tomato slices. **Journal of Food Engineering**, v. 86, p. 105-112, 2008.

PAULING, L. apud ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. DA C. R., de BARROS, J. C.4; METRI, J. C.; de SOUZA, M. S. O papel da vitamina c sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 89-97, 2000.

PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, A. C. C.; SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Influence of modified atmosphere packaging and osmotic dehydration on the quality maintenance of minimally processed guavas. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 4, p. E172-E177, 2004.

PEROSA, J. M. Y.; SILVA, C. S.; ARNALDI, C. R. Avaliação das perdas de manga (*Mangifera indica* L.) no mercado varejista da cidade de Botucatu-SP. Revista **Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 732-738, 2009.

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

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

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K.; KONORR, D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance

mass transfer. **Trends in food science and Technology**, v. 13, p. 48-59, 2002.

RIBEIRO, S. C. A.; RIBEIRO, C. de F. A.; PARK, K. J. ARAUJO, E. A. F.; TOBINAGA, S. Alteração da cor da carne de mapará (*Hypophthalmus Edentatus*) desidratada osmoticamente e seca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, n.2, p. 125-135, 2007.

RIBEIRO, S. M. R. **Caracterização e avaliação do potencial antioxidante de mangas cultivadas no estado de Minas Gerais**. 2006. 149f. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RIBEIRO, S. M. R.; QUEIROZ, J. H. de; QUEIROZ, M. H. L. R. de; CAMPOS, F. M.; SANT'ANA, H. M. P. Antioxidant in Mango (*Mangifera indica* L.) Pulp **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, p. 13-17, 2007.

ROBBERS, M.; SINGH, R.P.; CUNHA, L.M. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. **Journal of Food Science**. Chicago, v.62, n.5, p.1039-1047, 1997.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, L. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

ROSA, J. S. da; GODOY, R. L. de O.; OIANO NETO, J.; CAMPOS, R. da S.; MATTA, V. M. da; FREIRE, C. A.; SILVA, A. S. da; SOUZA, R. S. de Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 837-846, 2007.

ROSA, M. D.; GIROUX, F. Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. **Journal of Food Engeneering**, v. 49, p. 223-236, 2001.

SEGUÍ, L.; FITO, P. J., FITO, P. Analysis of structure-property relationships in isolated cells during OD treatments. Effect of initial structure on the cell behavior. **Journal of Food Engineering**. v. 99, p. 417–423, 2010.

SILVA; A. V. C. da; MENEZES, J. B. Caracterização físico-química da manga 'Tommy Atkins' submetida a aplicação de cloreto de cálcio pré-colheita e armazenamento refrigerado. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p. 67-72, 2001.

SILVEIRA, E. T. F.; RAHMAN, M. S.; BUCKLE, M. S. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. **Food Research International**, v. 29, n. 34, p. 227-233, 1996.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and oxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOONG, Y-Y; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, p. 411–417, 2004.

SOUSA, S. de **Obtenção de figos secos por desidratação osmótica e secagem convectiva**. 2008.186f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SOUZA NETO, M. A. de; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W. de; SOUZA FILHO, M. de S. M. de; LIMA, A. da S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, 2005.

SOUZA NETO, M. A. de; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W. de; SOUZA FILHO, M. de S. M. de; LIMA, A. da S. Cinética de desidratação osmótica de manga. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 10, n. 2, p. 37-44, 2004.

TAWAHA, K.; ALALI, F. Q.; GHARAIBEH, M.; MOHAMMAD, M.; EL-ELIMAT, T. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1372–1378, 2007.

TEDJO, W.; TAIWO, K. A.; ESHTIAGHI, M. N.; KNORR, D. Comparison of pretreatment methods on water and solid diffusion kinetics of osmotically dehydrated mangos. **Journal of Food Engineering**, v.53, p. 133–142, 2002.

TOBAL, T. M. **Uso do *Syzygium cumini* (L.) Skeels como antioxidante em suco de laranja e avaliação de sua interferência sensorial**. 2008. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto.

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

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

TORRES, J. D.; CASTELLO, M. L.; ESCRICHE, I.; CHIRALT, A. Quality characteristics, respiration rates, and microbial stability of osmotically treated mango tissue (*Mangifera indica* L.) with or without Calcium Lactate. **Food Science and Technology International**, v. 14, n. 4, p. 355–365, 2008.

VELIOGLU, Y. S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products, **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 46, p. 4113-4117, 1998.

VIAL, C., GUILBERT, S. AND CUQ, J. L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the colour and ascorbic acid content. **Sciences Des Aliments**, v. 11, p. 65–84, 1991.

ZARDO, D. M.; ALBERTI, A.; DANTAS, A. P. C.; GUYOT, S.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante em fermentados de maçã. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, p. 829-838, 2008.

ZARDO, D. M.; DANTAS, A.P.; VANZ, R.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Intensidade de pigmentação vermelha em maçãs e sua relação com os teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 148-154, 2009.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Curva analítica do padrão ácido gálico utilizado para quantificação dos compostos fenólicos totais.

