



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARIANA BURANELO EGEA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO FUNCIONAL:
MAÇÃ DESIDRATADA CONTENDO
FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS**

Londrina
2010

MARIANA BURANELO EGEA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO FUNCIONAL:
MAÇÃ DESIDRATADA CONTENDO
FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Fábida Yamashita

Londrina
2010

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

E29d Egea, Mariana Buranelo.
Desenvolvimento de produto funcional : maçã desidratada contendo
frutooligossacarídeos / Mariana Buranelo Egea. – Londrina, 2010.
109 f. : il.

Orientador: Fábio Yamashita.
Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade
Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Ciência de Alimentos, 2010.

1. Alimentos funcionais – Teses. 2. Alimentos desidratados – Teses. 3.
Maçã – Avaliação sensorial – Teses. 4. Alimentos – Avaliação sensorial –
Teses. I. Yamashita, Fábio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de
Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.
III. Título.

MARIANA BURANELO EGEA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO FUNCIONAL:
MAÇÃ DESIDRATADA CONTENDO FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fábio Yamashita
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Fábio Coró
UTFPR – Londrina – PR

Profa. Dra. Vânia Regina Nicoletti Teles
UNESP – São José do Rio Preto – SP

Londrina, 01 de abril de 2010.

DEDICATÓRIA

*Aos meus amados pais, Luis e Matilde e a
minha prima Juciellen, sinônimos de amor,
carinho, compreensão e paciência*

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Prof. Fábio, Prof. Dionísio e Prof. Rui Sérgio que durante a realização deste trabalho possibilitaram além da orientação e apoio, a amizade e a dedicação necessários a realização deste trabalho.

Aos meus amigos que não exitaram em prestar seu carinho incondicional aos meus momentos de vida Daniela Pereira, Ailton Lemes, Eberton Luis, Thiago Prates. Com carinho ao Rafael Mazzini.

Aos meus companheiros Cleiton Ramos, Luciane Yoshiara, Lu Lobato, Michele Rosset, Cristiane Canan, Karla Batista, Rafael Fernandes, Denis Marchi que em muitos momentos de pesquisa me proporcionaram conhecimentos e esclarecimentos originados pelos bons momentos de convívio.

Aos professores do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina que contribuíram para minha formação profissional. Aos funcionários deste departamento, pelo apoio na realização dos experimentos.

A todas as pessoas das quais fazendo parte dos momentos felizes da minha vida, deixaram um pouco de si e levaram um pouco de mim.

A CAPES pelo apoio financeiro para minha total dedicação.

A Clariant S.A. pela atenção e fornecimento de amostras.

Não é o desafio com que nos deparamos que determina quem somos e no que estamos nos tornando, mas, a maneira com que respondemos ao desafio.

Somos combatentes, idealistas e concluímos cada etapa, na certeza de que outras virão. Porque o caminho é longo, o tempo não pára e devemos sempre continuar.

Problemas para vencer.

Liberdade para provar.

E, enquanto acreditamos no nosso sonho, nada é por acaso.

[Autor desconhecido]

EGEA, Mariana Buranelo. **Desenvolvimento de produto funcional: maçã desidratada contendo frutooligossacarídeos (FOS)**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

RESUMO

O processo osmótico é usado para a remoção de água do alimento e consiste da imersão do produto em soluções concentradas permitindo ao mesmo tempo a incorporação de sólidos. Este processo serve como pré-tratamento para a secagem convectiva com o objetivo de manter características sensoriais que muitas vezes são perdidas pela utilização de altas temperaturas para aumentar a velocidade de secagem. O objetivo deste trabalho foi desenvolver fatias de maçã desidratadas com apelo funcional e boa aceitação sensorial, através da incorporação de frutooligossacarídeos (FOS) por processo osmótico e posterior secagem convectiva. A desidratação osmótica foi estudada pelo uso de Metodologia de Superfície de Resposta com otimização dos tratamentos que atendem ao permitido pela legislação brasileira de quantidade máxima de ingestão diária de 30 g e que tiveram menor diminuição da luminosidade como indicador de escurecimento enzimático. Para isso, foi usado um planejamento 2×3^2 estudando as variáveis: temperatura da solução osmótica (30° a 60°C), concentração do agente osmótico (40% a 60 % m/v de FOS) e pré-tratamento para evitar o escurecimento enzimático (branqueamento ou acidificação). Foram escolhidos dois tratamentos pré-tratados por acidificação e desidratados osmoticamente em 40% m/v [FOS] em temperaturas de 45° e 60°C que seguiram para a secagem convectiva. Foram estudadas as temperaturas de 50°, 60° e 70°C e incluídos tratamentos controle e acidificados nos ensaios. Os tratamentos foram submetidos à análise de cor, atividade de água, força máxima de ruptura, teor de vitamina C, análise sensorial e quantificação de frutanas. Os ensaios realizados a 50°C foram eliminados do estudo por apresentarem escurecimento enzimático pronunciado e aspecto elástico e por apresentarem maiores atividades de água. Pela avaliação da força máxima de ruptura foi possível identificar que o tratamento com maior dureza foram os desidratados osmoticamente a 60°C e com secagem a 70°C e esta característica também foi relatada pelas fichas dos provadores pela análise sensorial. Os teores de vitamina C durante o processamento, principalmente o osmótico, diminuem quando comparados com os tratamentos controle e com a fruta *in natura*. As fatias de maçã desidratadas de todos os tratamentos obtiveram notas sensoriais acima de 6 (nem gostei / nem desgostei) para a maioria dos atributos, exceto crocância, indicando uma boa aceitação. A quantidade de FOS incorporada nos tratamentos osmóticos variou entre 48 e 71 g / 100g, caracterizando o produto como sendo funcional. Assim, é possível afirmar que este produto de maçã tem potencial para ser produzido em escala comercial com boa aceitação no mercado.

Palavras-chave: Desidratação osmótica. Secagem convectiva. Metodologia de Superfície de Resposta.

EGEA, Mariana Buranelo. **Development of functional product: dried apple containing fructo-oligosaccharides (FOS)**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

ABSTRACT

The osmotic dehydration is used to remove the water of the food and involves the immersion of the product in concentrated solutions while allowing the incorporation of solids. This process serves as a pretreatment for the convective drying in order to maintain the sensory characteristics that are often lost by using high temperatures to speed drying. The objective of this study was to develop apple slices dehydrated and functional appeal and good acceptability by incorporating fructo-oligosaccharides by osmotic process and subsequent convective drying. Osmotic dehydration was studied by using Methodology Response Surface optimization with the treatments that meet those allowed by the Brazilian maximum daily intake of 30 g and had less reduction in brightness as an indicator of enzymatic browning. For this, we used a 2×3^2 design studying osmotic solution temperature (30 ° to 60 ° C), concentration of osmotic agent (40% to 60% w / v FOS) and pre-treatment to prevent enzymatic browning (blanching or acidification). Two pre-treated treatments were chosen by acidification and osmotically dehydrated in 40% w / v [FOS] at temperatures of 45° and 60°C that followed for the convective drying. Temperatures of 50°, 60° and 70°C were studied and the treatments control and acidified were included in the trials. The treatments were analyzed for color, water activity, the maximum tensile, vitamin C, sensory analysis and quantification of fructan. Tests conducted at 50°C were eliminated from the study because they had pronounced enzymatic browning and elastic appearance and because they have higher water activities. The evaluation of the maximum tensile strength identified that the treatment with high hardness were osmotically dehydrated at 60° C and drying at 70° C and this feature was also reported by sheets of assessors by sensory analysis. The vitamin C during processing, mainly osmotic, is reduced when compared with the control treatments and the fresh fruit. The dehydrated apple slices of all sensory treatments were scored above 5 (neither liked nor disliked) for all attributes except crispness, indicating good acceptance. The amount of FOS embedded in osmotic treatments ranged between 48 and 71 g / 100g, characterizing the product as being functional. Thus, it is possible to say that this product apple has the potential to be produced on a commercial scale with good market acceptance.

Keywords: Osmotic dehydration. Convective drying. Methodology Response Surface.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Exemplos de FOS produzidos por transfrutossilacção de sacarose, A) 1-kestose, B) nistose e C) 1-frutafuranosil nistose	24
Figura 2 –	Teor de umidade das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligossacarídeos	55
Figura 3 –	Teor de sólidos solúveis das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligossacarídeos	57
Figura 4 –	Parâmetro de luminosidade (L^*) das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligossacarídeos	60
Figura 5 –	Perda de água das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligossacarídeos.....	61
Figura 6 –	Ganho de sólidos das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligossacarídeos	62
Figura 7 –	Otimização do teor de sólidos solúveis e luminosidade (A) e teor de umidade e luminosidade no processo de desidratação osmótica (B).....	64
Figura 8 –	Teor de umidade de fatias de maçã desidratadas osmoticamente em função da concentração de FOS e da temperatura.....	66

Figura 9 –	Teor de sólidos solúveis das fatias de maçã desidratadas osmoticamente em função da concentração de FOS e da temperatura.....	67
Figura 10 –	Teor de umidade e de sólidos solúveis das fatias de maçã submetidas ao tratamento MO45 (45°C e 40% p/v de FOS) em função do tempo	68
Figura 11 –	Teor de umidade e de sólidos solúveis das fatias de maçã submetidas ao tratamento MO60 (60°C e 40% p/v de FOS) em função do tempo	69
Figura 12 –	Curva de secagem de fatias de maçã Controle – MCS50 (maçã controle com secagem a 50°C); MCS60 (maçã controle com secagem a 60°C) e MCS70 (maçã controle com secagem a 70°C).	70
Figura 13 –	Curva de secagem de fatias de maçã Acidificadas – MAS50 (maçã acidificada com secagem a 50°C); MAS60 (maçã acidificada com secagem a 60°C) e MAS70 (maçã acidificada com secagem a 70°C).	71
Figura 14 –	Curva de secagem osmo-convectiva de fatias de maçã submetidas ao tratamento osmótico MO45 (40% p/v de [FOS] e 45°C) – MO45S50 (maçã osmodesidratada com secagem a 50°C); MO45S60 (maçã osmodesidratada com secagem a 60°C) e MO45S70 (maçã osmodesidratada com secagem a 70°C).....	72
Figura 15 –	Curva de secagem osmo-convectiva de fatias de maçã desidratadas osmoticamente pelo tratamento MO60 (40% p/v de [FOS] e 60°C) – MO60S50 (maçã osmodesidratada com secagem a 50°C); MO60S60 (maçã osmodesidratada com secagem a 60°C) e MO60S70 (maçã osmodesidratada com secagem a 70°C).	73
Figura 16 –	Parâmetro de luminosidade (L*) de fatias de maçã Fuji submetidas à secagem osmo-convectiva	76
Figura 17 –	Médias e teste de Tukey da atividade de água nas maçãs antes e depois de serem submetidas à desidratação osmótica e secagem*	80

Figura 18 –	Força de ruptura das fatias de maçã controle, acidificados e desidratados osmoticamente e submetidas à secagem convectiva a 60° e 70°C e da marca comercial Jasmine [®]	82
Figura 19 –	Produto da força máxima de ruptura pela distância percorrida pelo <i>probe</i> para a penetração das amostras de fatias de maçã controle, acidificadas e osmodesidratadas	83
Figura 20 –	Teor de vitamina C de fatias de maçã submetidas à desidratação osmótica e secagem convectiva	85
Figura 21 –	Percentuais de provadores que responderam ao questionário de recrutamento. A) faixa etária, B) sexo, C) escolaridade, D) ocupação, E) aceitação de frutas desidratadas, F) aceitação de alimentos com fonte de fibras, G) frequência de consumo de maçã desidratada e H) frequência de consumo de alimentos com fonte de fibras	88
Figura 22 –	Perfil sensorial das maçãs osmodesidratadas submetidas à secagem convectiva pelo teste de aceitação sensorial	92
Figura 23 –	Intenção de compra de maçãs desidratadas osmoticamente e com secagem convectiva	93
Figura 24 –	Maçã Fuji controle com secagem a 70°C	94
Figura 25 –	Maçã Fuji acidificada com secagem a 70°C.....	94
Figura 26 –	Maçã Fuji desidratada osmoticamente (40% p/v [FOS] e 45°C) com secagem convectiva a 70°C	95
Figura 27 –	Maçã Fuji desidratada osmoticamente (40%p/v [FOS] e 60°C) e com secagem convectiva a 60°C	95
Figura 28 –	Maçã Fuji desidratada osmoticamente (40%p/v [FOS] e 60°C) e com secagem convectiva a 70°C	95
Figura 29 –	Teor de frutanas (g/100g) em produtos finais desidratados osmoticamente com secagem convectiva.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Composição Centesimal da Maçã cv. Fuji	19
Tabela 2	–	Delineamento fatorial 2 x 3 ² para desidratação osmótica de fatias de maçã	41
Tabela 3	–	Análises físico-químicas das cultivares de maçã <i>in natura</i>	52
Tabela 4	–	Análises físico-químicas das fatias de maçã desidratadas osmoticamente de acordo com um delineamento fatorial 2 x 3 ²	54
Tabela 5	–	Parâmetros de cor das frutas desidratadas osmoticamente	54
Tabela 6	–	Parâmetros de cor iniciais e finais das fatias de maçã Controle e acidificadas, submetidas à secagem convectiva a 50°, 60° e 70°C	74
Tabela 7	–	Parâmetros de cor calculados para maçã Fuji desidratada osmoticamente e submetida à secagem a 50°, 60° e 70°C.....	77
Tabela 8	–	Atividade de água das fatias de maçã antes e após tratamentos osmóticos e secagem convectiva.....	79
Tabela 9	–	Notas do teste de aceitação para maçãs desidratadas por secagem osmo-convectiva	89
Tabela 10	–	Quantidade de FOS das amostras de maçã Fuji controle e desidratadas osmoticamente por quantificação com kit enzimático de frutanas.....	97

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 MAÇÃ	17
2.1.1 Características Gerais	17
2.1.2 Aspectos Comerciais	18
2.1.3 Aspectos Nutricionais e Funcionais	19
2.2 ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO	21
2.3 PREBIÓTICOS	22
2.3.1 Frutooligossacarídeos (FOS)	23
2.3.2 Efeitos Benéficos dos Frutooligossacarídeos	25
2.3.3 Aplicação de Frutooligossacarídeos em Alimentos	27
2.4 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	28
2.4.1 Concentração, Tempo e Temperatura da Desidratação Osmótica	29
2.5 TRANSFERÊNCIA DE MASSA	31
2.6 QUALIDADE DE PRODUTOS DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE	33
2.6.1 Cor	33
2.6.2 Textura	34
2.7 SECAGEM	35
2.8 ANÁLISE SENSORIAL	37
3 OBJETIVOS	39
3.1 OBJETIVO GERAL	39
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	39
4 MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 PREPARO DE AMOSTRAS	40
4.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	40
4.3 SECAGEM	43
4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	44
4.4.1 Umidade	45
4.4.2 Proteínas	45

4.4.3 Cinzas	45
4.4.4 Sólidos Solúveis	45
4.4.5 Determinação Acidez Titulável	46
4.4.6 Determinação de Atividade de Água (aw)	46
4.5 DETERMINAÇÃO DE COR	47
4.6 ANÁLISE DE ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C)	48
4.7 TEXTURA	49
4.8 ANÁLISE SENSORIAL	49
4.9 QUANTIFICAÇÃO DE FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 MAÇÃ <i>in natura</i>	52
5.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	53
5.2.1 Teor de Umidade e Atividade de Água	55
5.2.2 Sólidos Solúveis	56
5.2.3 Acidez titulável e em Ácido Málico	58
5.2.4 Parâmetros de Cor	69
5.2.5 Perda de Água e Ganho de Sólidos	60
5.2.6 Otimização do Processo de Desidratação Osmótica	63
5.2.7 Avaliação do Tempo da Desidratação Osmótica	67
5.3 SECAGEM CONVECTIVA	70
5.3.1 Curvas de Secagem Convectiva	70
5.3.2 Degradação da Cor	74
5.3.3 Atividade de Água	78
5.3.4 Avaliação da Textura	81
5.3.5 Ácido Ascórbico (Vitamina C)	84
5.3.6 Análise Sensorial	86
5.3.7 Quantificação de FOS	96
6 CONCLUSÃO	98
REFERÊNCIAS	99

ANEXOS	106
ANEXO A -Questionário para recrutamento de provadores.....	107
ANEXO B -Termo de consentimento livre e esclarecido	108
ANEXO C – Ficha para análise de teste de aceitação	109

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de frutas, que são produtos altamente perecíveis, o que ocasiona perdas pós-colheita elevadas quando não se conta com um sistema de transporte, embalagem e armazenagem adequados. A desidratação como método de processamento de alimentos é uma alternativa para disponibilizá-los por um período mais longo de tempo, agregar valor ao produto e atingir outro tipo de mercado consumidor.

O processo de desidratação osmótica consiste na imersão de alimentos em soluções supersaturadas que contém agente osmótico agindo como solutos onde ocorre a difusão entre a solução e a amostra até que o equilíbrio seja estabelecido. É utilizado como pré-tratamento para frutas e hortaliças que serão submetidas a outros processos como secagem, congelamento, entre outros. O processo osmótico altera as características físicas e sensoriais desses produtos e a incorporação de sólidos tem um efeito conservante e nutricional, além de uma economia de energia nas etapas que o sucedem. O processo de desidratação osmótica seguido por secagem convectiva ou outro método dá origem a um novo produto que não é comparado com a matéria-prima original devendo apresentar características sensoriais e nutricionais adequadas.

O uso de Metodologia de Superfície de Respostas ao estudar a desidratação osmótica é interessante por proporcionar um número de experimentos relativamente pequeno e o estudo de diversas variáveis ao mesmo tempo como, por exemplo, concentração da solução osmótica, temperatura, tempo e agitação do processo osmótico.

O consumo de alimentos prebióticos vem aumentando atualmente, visto o apelo que trazem pela sua funcionalidade e o bem estar gerado ao indivíduo. Frutooligossacarídeos são considerados ingredientes com propriedades funcionais e consistem no produto da hidrólise da inulina extraída de fonte natural conhecida, como, por exemplo, a chicória.

Desta forma, utilizar o processo de desidratação osmótica com a finalidade de incorporar um ingrediente prebiótico (frutooligossacarídeos) favorece a ingestão de um agente funcional em um alimento simples dando origem a um novo

produto que poderá ter a alegação de propriedade funcional de acordo com a legislação brasileira de alimentos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um produto funcional a partir de fatias de maçã Fuji (*Malus domestica*) por processo osmótico para incorporação de frutooligossacarídeos utilizando como processo final a secagem convectiva. Para isso, foram realizadas análises que permitiram concluir se o alimento era estável e com boa aceitação pelo consumidor.

Este trabalho foi dividido em duas partes: na primeira foi feito o estudo das condições de desidratação osmótica (temperatura de processo, concentração da solução osmótica e pré-tratamento para inibição do escurecimento enzimático). A partir dos valores considerados ótimos de luminosidade e de teor de sólidos solúveis das amostras, foram definidos os tratamentos a serem submetidos à secagem convectiva. A segunda parte constituiu-se do estudo da secagem convectiva, onde foram pesquisadas três temperaturas (50, 60 e 70 °C) e construídas as curvas de secagem para as amostras. Nesta etapa, foram realizadas análises de cor, atividade de água, força máxima de ruptura, teor de vitamina C, análise sensorial, quantificação de frutanas e comparação com um produto similar existente no mercado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MAÇÃ

2.1.1 Características Gerais

A macieira (*Pirus mallus*, L. ou *Malus communis*, DC.) cresce espontaneamente em muitas regiões da Ásia ocidental e é encontrada no seu estado selvagem, disseminada nos bosques e florestas de quase toda a Europa de onde foi trazida para o Brasil e aclimatada em regiões mais frias, principalmente no sul do país (GOMES, 2007).

O cultivo da macieira é uma atividade relativamente recente no Brasil. No início da década de 70, a produção anual de maçãs era de cerca de 1.000 toneladas. Com incentivos fiscais e apoio à pesquisa e extensão rural, o Sul do Brasil aumentou a produção de maçãs em quantidade e qualidade, fazendo com que o país passasse de importador a auto-suficiente e com potencial de exportação. A maçã brasileira já conquistou os consumidores de outros países, especialmente os europeus, e entre 10 a 20% da fruta são exportados para diversos mercados, principalmente para a Europa. O setor da maçã é reconhecido pelo governo, pela sociedade e por todos os segmentos da fruticultura nacional, sendo freqüentemente apontado como exemplo pelo sucesso alcançado (VALDEBENITO-SANHUEZA, 2003).

A maior parte da produção provém de três cultivares: Gala, Fuji e Golden Delicious. A cultivar Gala é a primeira a ser colhida (fevereiro) com 46% da área cultivada, a Fuji, cuja colheita é realizada em abril, é a mais resistente para frigo-conservação, participando com 45% e com 6% está a cultivar Golden Delicious que é colhida em março. Os 3% restantes são compostos por outras cultivares.

A cultivar Gala é originária da Nova Zelândia, obtida por meio do cruzamento de Kidd's Orange Red com Golden Delicious. Os frutos são de tamanho médio e uniforme, epiderme de coloração vermelha; sua conservação é regular com tendência ao murchamento dos frutos nas condições de ambiente natural. O período

de maturação dos frutos é de janeiro a março. A cultivar Fuji é originária do Japão, obtida por meio do cruzamento da Ralls Janet com Delicious. Seus frutos são de tamanho médio e grande, epiderme de coloração vermelha, ligeiramente rajada e sua maturação estende-se até a primeira quinzena de abril. As maçãs do grupo Golden são originárias dos Estados Unidos da América e os frutos são de tamanho médio e grande, epiderme de coloração amarela esverdeada. A maturação dos frutos ocorre entre fevereiro e março (RIBEIRO, 1985).

2.1.2 Aspectos Comerciais

A produção mundial de maçã no triênio 2003 -2005 ficou em torno de 60 milhões de toneladas, mesmo valor observado no triênio anterior de acordo com a FAO (*Food and Agriculture Organization*). Neste contexto, a China, os Estados Unidos e a Turquia lideram a produção, enquanto o Brasil ocupa o 13º lugar, com uma média de 886 mil toneladas (PEREZ, 2006).

A pomicultura nacional se consolidou tecnologicamente na década de 1990, quando ocupou basicamente a região sul do país (99,7% da produção em 2004), composta pelos estados de Santa Catarina (59,5%), Rio Grande do Sul (36,0%) e em menor quantidade Paraná (4,2%). Entre 1981 e 1991, houve um grande crescimento na produção de maçã (392%), que foi seguido por um crescimento de 153% de 1991 a 2001. Durante este período a evolução da área colhida crescia a taxas menores, enquanto o rendimento na produção de maçã crescia a taxas maiores. No último triênio, a área colhida manteve-se em crescimento, enquanto a produção sofreu variações em função dos fatores climáticos que afetaram a produtividade.

O consumo per capita anual de maçã no Brasil é de 3,6 kg, enquanto na Europa, o continente que mais compra a fruta brasileira, o consumo é de 30 kg no mesmo período (BECKER, 2003). No caso do mercado interno, o consumo de frutas frescas está ao redor de 600 mil toneladas anuais, para uma capacidade de produção superior a 900 mil toneladas nas próximas safras, demonstrando que a produção brasileira já supera o seu consumo interno (PEREZ, 2002).

Neste contexto, Cetnarski Filho, Carvalho e Martin (2008) estudaram maçãs Gala, Fuji, Golden, Red Delicious que foram comercializadas em Curitiba e Região Metropolitana e sua frequência de oferta ao longo do ano para cada cultivar foi de 81,3% para a Fuji, 72,9% para Gala e Golden e 18,8% para a Red Delicious. Os preços médios anuais praticados foram de R\$ 1,58 kg⁻¹ (Fuji), R\$ 1,59 kg⁻¹ (Golden), R\$ 1,77 kg⁻¹ (Gala) e R\$ 2,26 kg⁻¹ (Red Delicious). As frutas apresentaram polpa firme e em bom estado de conservação, com apenas algumas lesões leves em sua casca. A maçã apresentou um período de preços mais elevados principalmente nos meses de outubro a janeiro.

2.1.3 Aspectos Nutricionais e Funcionais

A maçã é o fruto globoso ou deprimido, com uma profunda depressão no ponto de inserção do pedúnculo, mais largo na base do que no cimo (GOMES, 2007).

A composição centesimal de cada cultivar apresenta diferenças e ocorrem ainda disparidades entre pH, coloração, textura e características sensoriais. Assim, torna-se necessário que sejam estudadas as variedades mais disponíveis com a finalidade de oferecer o produto por um período de tempo estável.

A Tabela 1 apresenta a composição centesimal da maçã cultivar Fuji (*Malus domestica*) crua de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA/UNICAMP, 2006).

Tabela 1 – Composição Centesimal da Maçã cv. Fuji

Composição Centesimal	Valor por 100 g
Umidade (%)	84,3
Energia (kcal)	56,0
(kJ)	232,0
Proteína	0,3
Lipídio	Traços
Carboidrato	15,2
Fibra Alimentar	1,3
Cinzas	0,2

Fonte: Taco (2006).

A constituição da polpa de maçã pode ser dividida em: 94,5% de casca e polpa, 4,4% de semente e 1% da parte central. Em base úmida, contém 80% de umidade, 14% de sólidos solúveis (glicose, frutose, sacarose, ácidos orgânicos), e de 11,6 a 44,5% de fibras, fração composta por 12 a 23,2% de celulose, 6,4 a 19% de lignina, 3,5 a 18% de pectina e 5 a 6,2% de hemiceluloses (KENNEDY apud FERTONANI et al., 2006).

A maçã e outras frutas como acerola, cupuaçu, goiaba, frutas cítricas, abacaxi, banana, cereja e morango constituem fontes de vitamina C.

A vitamina C compreende o ácido ascórbico na sua forma reduzida e o ácido dehidroascórbico na sua forma oxidada. O ácido ascórbico é um carboidrato que pode ser sintetizado a partir da D-glicose ou D-galactose por muitas espécies de animais com exceção dos primatas e de certas aves (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). O ácido ascórbico é instável e facilmente oxidado (reversivelmente) a ácido dehidroascórbico, que possui 60-100% da atividade biológica do ácido L-ascórbico. As reações de oxidação podem continuar e o ácido L-dehidroascórbico é transformado em ácido 2,3 dicetogulônico, sem atividade biológica (PINTO, 2006).

Sua suscetibilidade à degradação por ser oxidado facilmente, faz com que o ácido ascórbico possa ser utilizado como parâmetro de avaliação das condições de manuseio, estocagem e processamento de alimentos.

Demczuk Júnior et al. (2008) estudaram a degradação do ácido ascórbico em kiwis processados por desidratação osmótica. Os frutos foram submetidos à pré-tratamentos químicos com cloreto de cálcio, ácido cítrico e ácido ascórbico, e desidratados em solução de sacarose 50° Brix por 150 minutos em agitação de 70 rpm. Foi verificado que a queda significativa do teor de vitamina C aconteceu nos 30 primeiros minutos de processamento, e a partir de 45 minutos não houve decréscimo importante. Ao final do processo de desidratação osmótica, os maiores teores de vitamina C foram encontrados nas fatias com pré-tratamento de ácido cítrico e ácido ascórbico e constataram-se perdas médias de 40% do conteúdo inicial, onde o tratamento controle (pré-tratado com água destilada) foi o que teve menor retenção do nutriente nas fatias de kiwi.

A maçã possui compostos fenólicos que estão relacionados aos seus princípios amargos e compreendem principalmente ácido clorogênico e seus ésteres, entre muitos outros componentes, expressos como catequinas. Como os compostos fenólicos podem ser oxidados a estruturas melanoidínicas pelo sistema

de polifenoloxidase intrínseco da fruta, contribuem com a sensação amarga e a modificação da aparência. Assim, teores intermediários de compostos livres ou oxidados são responsáveis por um conjunto harmônico desejável no produto. Do ponto de vista industrial um teor maior que 200 ppm fornece uma característica amarga, principalmente quando comparada com cultivares européias que possuem, no geral, teores maiores que 400 ppm (WOSIACKI; PHOLMAN; NOGUEIRA, 2004). Este interesse em compostos fenólicos tem crescido atualmente, principalmente pela sua capacidade antioxidante, que contribui para a proteção aos efeitos prejudiciais ocasionados pelo estresse oxidativo sobre a saúde (NOGUEIRA et al., 2003).

2.2 ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO

A maioria dos tecidos vegetais possui uma enzima denominada polifenoloxidase (PPO) que acarreta oxidação enzimática de compostos fenólicos, obtendo como produto inicial as quinonas; estas se condensam formando pigmentos escuros insolúveis, denominados de melaninas, ou reagem não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também melanina. Para que o escurecimento enzimático ocorra é necessária a presença da enzima, do substrato e do oxigênio e por este propósito são baseados as formas de inibição do escurecimento enzimático. O substrato endógeno para PPO em maçãs é o ácido clorogênico e a O-catequina (ARAÚJO, 2004).

Como a PPO é termolábil, exposição a temperaturas de 70° a 90°C é suficiente, por um curto período de tempo, para não desencadear aromas desagradáveis. Esse processo é denominado de branqueamento e é muito utilizado como pré-tratamento para enlatamento, congelamento e desidratação. A modificação do pH também é muito utilizada já que o pH ótimo para enzima atuar é de 6 a 7, sendo inativada em pH menor que 4. O emprego de dióxido de enxofre e sulfito também é utilizado para evitar a oxidação, onde a aplicação de calor não é viável por desenvolvimento de aroma estranho no produto.

Valderrama, Marangoni e Clemente (2001) estudaram o comportamento da atividade enzimática de polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) quando submetidas a diferentes tempos (1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 minutos) e

temperaturas (60, 65, 70 e 75 °C). Foi observado que quando o tempo e a temperatura são aumentados a atividade de PPO e POD são diminuídas. No entanto, a POD não foi inativada em nenhum dos tratamentos realizados, diferente da PPO que foi inativada totalmente após o tratamento por 10 minutos a 75°C. É necessário avaliar outras características como o aspecto sensorial do produto submetido a este tratamento para verificar as perdas e o impacto causado.

Avaliando o efeito dos pré-tratamentos para a redução do escurecimento das cultivares de maçã Fuji e Gala após um período de congelamento de 12 dias, Haminiuk et al. (2005) concluíram que, dos tratamentos aplicados, o melhor foi a imersão em água a 92°C por 2 minutos e na maçã sem tratamento houve oxidação de compostos fenólicos. No entanto, a imersão em solução de bissulfito de sódio 0,25% por 2 minutos foi o mais aceito pelo teste de análise descritiva quantitativa, mostrando que não existe relação entre a análise física colorimétrica e a afetiva sensorial.

Além do escurecimento pela oxidação de compostos fenólicos observado no tecido vegetal, algumas enzimas como peroxidase e ácido ascórbico oxidase aceleram a oxidação do ácido ascórbico. Este processo de oxidação ocorre pela ação das quinonas oriundas dos compostos fenólicos pelas enzimas polifenoloxidasas. Para evitar esta perda nutricional de vitamina C, estas enzimas devem ser inativadas. (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

2.3 PREBIÓTICOS

Prebióticos são ingredientes alimentícios não digeríveis que tem um efeito benéfico ao organismo, estimulando seletivamente o crescimento, e/ou ativando o metabolismo de uma ou de um número limitado de espécies de bactérias que favorecem a boa saúde do trato intestinal, melhorando assim seu equilíbrio.

Estes ingredientes devem possuir as seguintes características: não podem ser hidrolisados e nem absorvidos na parte superior do trato gastrointestinal, devem ser fermentados seletivamente por um único tipo ou por um número limitado de bactérias do colón, devem alterar a composição da microbiota intestinal para uma

mais saudável, devem induzir preferencialmente efeitos benéficos à saúde do hospedeiro (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Há atualmente uma grande preocupação em todo o mundo com a qualidade de vida e a saúde, aumentando o cuidado da população com os alimentos que consome. Em resposta à grande demanda dos consumidores por estes alimentos mais saudáveis (alimentos funcionais) e de calorias controladas, um grande número de adoçantes alternativos têm surgido desde os anos 80 e, entre eles, diversos oligossacarídeos. Destes oligossacarídeos, se destacam os frutooligossacarídeos (FOS), que são importantes principalmente por suas propriedades funcionais como fibras solúveis e o sabor doce (PASSOS; PARK, 2003).

2.3.1 Frutooligossacarídeos (FOS)

A inulina e as oligofrutoses, respectivamente, polímeros e oligômeros de D-frutose, são importantes como carboidratos de reserva em plantas. A hidrólise (ácida ou enzimática) da inulina produz oligômeros lineares. Estes são estruturalmente designados GF_n (glicose-frutose), onde n representa o número de unidades frutofuranosil obtidas pela hidrólise, e F_m, que é constituída apenas por frutose (onde m representa o número de unidades frutofuranosil obtidas). Os valores de n e m variam entre 2 e 9 unidades de frutose ligados a apenas uma molécula de glicose. De acordo com a terminologia da IUB-IUPAC (1982), o ponto de divisão entre oligo e polissacarídeos é 10, não havendo razão fisiológica ou química para esta divisão. Portanto, na prática, a nomenclatura para oligossacarídeos é empírica (HAULLY; MOSCATTO, 2002).

Os FOS são considerados ingredientes e não aditivos alimentares, na maioria dos países e são confirmados pela legislação como fibras alimentares. A sua ingestão pode estar associada à flatulência, que se torna mais flagrante em indivíduos que possuem intolerância à lactose. A gravidade desse tipo de sintoma está associada à dose de FOS consumida, ou seja, quando a ingestão é de 20-30g por dia geralmente é desencadeado o início de um desconforto severo no indivíduo, sendo o ideal seguir as doses recomendadas de cerca de 10g dia⁻¹ por pessoa.

Na natureza, os frutooligossacarídeos são largamente encontrados por funcionarem como carboidrato de reserva para muitas plantas. Podem ser encontrados em alcachofra de Jerusalém, chicória e yacon em concentrações de até 20% do seu peso fresco, fazendo destes vegetais fontes de inulina. É também encontrado em alho, cebola, aspargo e outros vegetais. A banana é a única fruta que apresenta FOS na sua composição em quantidade de 0,3 a 0,7% do seu peso fresco (VORAGEN, 1998).

Um dos processos industriais de produção de FOS utiliza a enzima β frutofuranosidase para a transfrutossilação da sacarose, que constitui da indução de formação de ligações β (1,2) entre moléculas de frutose (Figura 1). No entanto, para que seja eficiente é necessária uma alta concentração, de sacarose para que o processo seja eficiente. Outro processo é a hidrólise enzimática controlada de inulina, que pode ser extraída, por exemplo, de raiz de chicória (YUN apud MUSSATTO; MANCILHA, 2007).

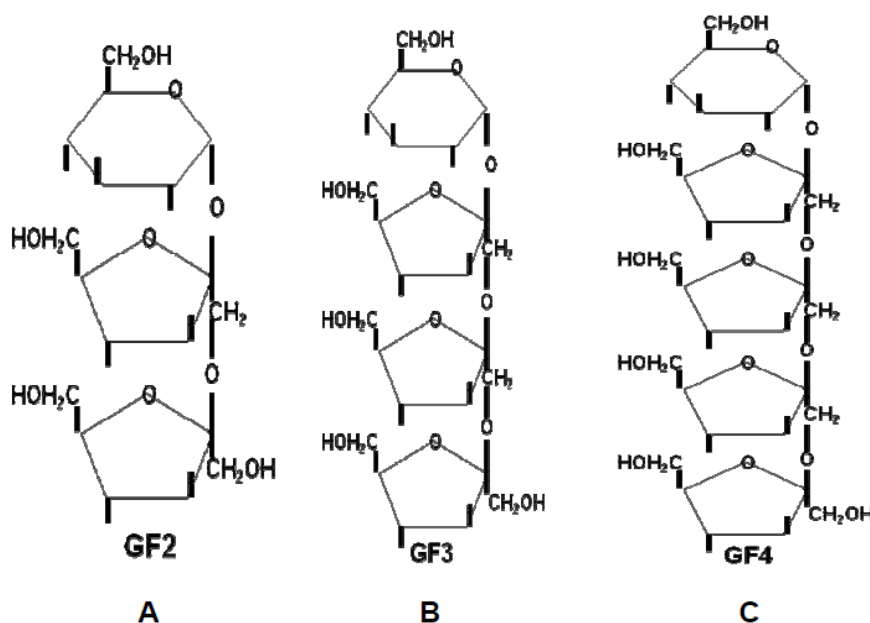


Figura 1 – Exemplos de FOS produzidos por transfrutossilação de sacarose, A) 1-kestose, B) nistose e C) 1-frutafuranosil nistose

Os frutooligossacarídeos constituem-se de cadeias maiores e possuem propriedades funcionais similares aos xaropes de sacarose ou glicose. São

mais solúveis que a sacarose e fornecem entre 30 e 50% de sua doçura (HAULY; MOSCATTO, 2002). A estabilidade deste ingrediente é maior em ligações β do que em ligações α e hexoses são mais fortemente ligadas do que pentoses. Em pH menor que 4,0 e tratamentos em elevadas temperaturas ou estocagem prolongada em condições ambientes, os FOS podem ser hidrolisados resultando em perda nutricional e propriedades físico-químicas (VORAGEM, 1998). Essa característica limita o uso por adição de FOS em alguns alimentos, mas permite que quando adicionados estejam disponíveis a cumprir sua função nutricional.

De acordo com a legislação brasileira, para um alimento ter alegação da propriedade funcional por adição de frutooligossacarídeos é necessário que o mesmo tenha, no mínimo, 3 g do ingrediente se o alimento for sólido e 1,5 g se for líquido, por porção diária de consumo. O consumo do ingrediente não deve ultrapassar a quantidade de 30 g de ingestão diária (BRASIL, 2002).

2.3.2 Efeitos Benéficos dos Frutooligossacarídeos

Em geral, os FOS têm sido relacionados à redução dos níveis de glicose do sangue e considera-se que atuem como prebióticos, por melhorarem o balanço da microflora intestinal e por promoverem o crescimento de organismos probióticos. (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Num trabalho conduzido por Pedreschi et al. (2003), foram cultivadas sob condições anaeróbicas, para simular o ambiente intestinal, *L. plantarum*, *L. acidophilus* e *B. bifidum*, em FOS comercial (Neosugar, da Nutraflora) e em extrato de yacon. A fermentação de FOS foi avaliada pela medida do crescimento microbiano (mudanças na densidade óptica), pH ou acidificação do meio e pela determinação da quantidade de FOS consumida. O meio de cultura com ambas as linhagens de *Lactobacillus* e *B. bifidum* mostrou aumento da densidade óptica depois de 24 e 48 horas, respectivamente, indicando crescimento microbiano e sugerindo a utilização dos FOS como fonte de carbono. Em geral, o aumento da densidade óptica e a variação de pH para cada tipo de probiótico foi muito similar para ambos os FOS, comercial e do extrato de yacon. Estes resultados sugerem que

os FOS do yacon têm potencial como prebiótico e podem ser utilizados como fonte de substrato pelas espécies probióticas de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*.

Um estudo na Unidade de Transplante de Medula Óssea do Centro de Pesquisas Oncológicas de Florianópolis com 25 pacientes que apresentavam neoplasias hematológicas e estavam sendo submetidos à quimioterapia, receberam 12 g de FOS durante 15 dias para verificar seu efeito bifidogênico. Este efeito mostrou-se positivo para o uso de prebiótico no grupo suplementado comparado com o controle no qual houve aumento significativo do conteúdo de bifidobactérias. No entanto, não modificou significativamente ($p=0,05$) o pH fecal (BÚRIGO et al., 2007).

Considerando a alta quantidade de FOS (210 mg/g de raiz *in natura*) e de inulina (13,5 mg/g de raiz *in natura*) presente nas raízes de yacon, seu uso na alimentação de diabéticos pela cultura japonesa é justificado por este alimento proporcionar a tolerância destes indivíduos à glicose. O objetivo do trabalho de Oliveira et al. (2009) foi avaliar o efeito hipoglicemiante do yacon em ratos diabético e não diabéticos. A solução de yacon 30% foi ministrada aos animais durante 14 dias e foi obtido um resultado positivo quando comparado com os ratos diabéticos dos grupos controle (com água). O FOS reduz a absorção de glicose por mecanismos onde as fibras altamente fermentáveis podem afetar o requerimento e a sensibilidade à insulina, por sua capacidade de aumentar sua produção de peptídeo-1 semelhante ao glucagon (GLP-1), um hormônio que aumenta à medida que a glicose é absorvida e diminui a produção de glucagon. O GLP-1 promove a estimulação da produção de insulina e, além disso, as frutanas como não são digeridas, reduzem a eficiência de hidrólise de enzimas e tornam mais lenta a velocidade na qual a glicose entra na corrente sanguínea prolongando o período de saciedade (OLIVEIRA et al., 2009).

Alguns autores consideram que o efeito benéfico da ingestão dos oligossacarídeos é similar ao de fibra dietética por aumentar o bolo fecal, diminuir o tempo do trânsito intestinal, melhorar o controle de glicose e o metabolismo de triglicerídeos. No entanto, os oligossacarídeos não digeríveis, quando comparados com as fibras dietéticas, possuem algumas vantagens: dose diária recomendada mais baixa, não causam diarreia quando ingeridos acima da dose recomendada, são ligeiramente doces, não têm textura e sabor desagradáveis, são totalmente solúveis

em água, fisicamente estáveis e fáceis de serem incorporados em alimentos e bebidas processados (TOMOMATSU apud MUSSATO; MANCILHA, 2007).

2.3.3 Aplicação de Frutooligossacarídeos em Alimentos

As oligofrutoses contribuem para encorpar produtos lácteos e melhorar a umectância de produtos de panificação, diminuir o ponto de congelamento de sobremesas congeladas, e agir como aglutinante em barras de cereais. Desse modo, elas exercem o mesmo papel que a sacarose, mas têm a vantagem de apresentar menor valor calórico, enriquecer o teor de fibras e outras propriedades nutricionais em alimentos. Adicionalmente, são utilizadas em combinação com adoçantes de alta intensidade em substituição a sacarose, fornecendo um perfil de doçura bem balanceado e mascarando o sabor residual de aspartame (WEIDMANN; JAGER apud HAULY; MOSCATTO, 2002).

Este ingrediente tem sido muito estudado por seu efeito benéfico na adição em alimentos. Thamer e Penna (2005) estudaram o efeito da adição de FOS sobre a população de bactérias lácticas de formulações de bebidas fermentadas onde o ingrediente mostrou um efeito significativo no desenvolvimento de *Streptococcus thermophilus*, que é usado na produção dos leites fermentados. Santos et al. (2008) desenvolveram um suco de uva simbiótico contendo *Lactobacillus acidophilus* e como fonte de prebiótico os frutooligossacarídeos. O suco de uva simbiótico desenvolvido pela adição de 10^8 UFC/mL de *Lactobacillus acidophilus* e 10% de FOS, incubado a 8°C por 8 dias e apresentou a contagem mínima necessária para um produto probiótico e sem diferença significativa ao nível de 5% com o suco controle no teste de aceitação pelos provadores.

Como agente no processo de desidratação osmótica, o FOS foi estudado por Matusek, Czukor, Merész (2008) e comparado com a sacarose. A desidratação osmótica foi realizada com cubos de maçã e o processo avaliado nas concentrações de 40, 50 e 60%, nas temperaturas de 40, 50 e 60°C e em tempo de 20, 30 e 40 minutos. Ocorrem modificações no teor de umidade, na perda de água, na redução da massa e no ganho de sólidos em função da temperatura, tempo, concentração e tipo do agente osmótico. Os autores concluíram que estes

ingredientes podem ser usados para a desidratação osmótica de frutas, no entanto, por causa do tamanho molecular do FOS, acontece uma menor difusão em relação à sacarose. A perda de água quando o FOS é usado foi menor comparado com sacarose. Porém, em maiores temperaturas e concentrações no processo osmótico fazem com que a perda de água seja maior nas soluções com FOS.

2.4 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

A desidratação osmótica é o processo de remoção de água onde as frutas e hortaliças são submetidas à imersão em solução hipertônica que tenha alta pressão osmótica. A direção da força de remoção de água acontece entre o alimento e a solução, onde a membrana semi-permeável deixa que a difusão aconteça do alimento para a solução e desta para o alimento. Na concepção de Raoult-Wack (1994) é um pré-tratamento onde são obtidos alimentos minimamente processados, produtos de umidade intermediária ou ainda aqueles onde se aplica tratamentos como secagem, congelamento ou embalagem visando sua maior conservação. Este processamento ajuda a manter as características sensoriais do produto e diminuir a quantidade de energia gasta nas etapas que seguem à desidratação osmótica.

O processo tem grande aplicabilidade em alimentos sólidos de todos os tipos como, frutas, hortaliças, carnes, ervas, etc. Durante o processo podem ser aplicados pectina e íons cálcio como revestimento com a finalidade de manter ainda mais as características desejáveis do alimento (BUGGENHOUT et al., 2008).

A desidratação osmótica, apesar de não produzir produtos completamente estáveis, pode ser utilizada como pré-tratamento para processos como secagem, congelamento, refrigeração, pasteurização, adição de conservantes. Suas principais vantagens são a redução de perdas de características sensoriais do alimento acompanhada de melhora na textura, aumento da estabilidade de pigmentos, modificação na proporção de açúcares:acidez e ganho de processamento por redução de gasto de energia em tratamentos finais (RAOULT-WACK, 1994).

A melhora na qualidade pode ser atribuída ao uso de operações com temperaturas moderadas, que podem ser tão baixas como aproximadamente 5°C e

a água é removida do produto sem mudança de fase, conservando a estrutura celular vegetal. A não ocorrência de mudança de fase com a remoção de água na fase líquida faz com que a transferência de massa e de calor seja eficiente facilitando os processamentos realizados após a desidratação osmótica.

Em contrapartida, neste processo ocorre a perda de alguns sólidos naturais do alimento, como açúcares, minerais, entre outros nutrientes, e ganho de sólidos elevado, afetando o perfil nutricional do alimento. Outro problema é o tratamento da solução de desidratação osmótica que ainda não possui um aproveitamento específico e geralmente é usada em grandes quantidades. Essas soluções, que possuem altas concentrações, têm custo elevado e ocasionam um problema quanto a sua reutilização pela dificuldade de controle do processo. No entanto, estudos têm sido realizados com a finalidade de reuso da solução ou de separação de compostos extraídos do alimento através do processo osmótico

A Metodologia de Superfície de Resposta pode ser utilizada com a finalidade de melhorar a qualidade do produto desidratado osmoticamente, através da otimização das variáveis de processamento. Esta metodologia constitui uma importante ferramenta para otimização com a vantagem de diminuir o número de experimentos utilizados e disponibilizar informações suficientes para validar resultados estatisticamente (ABUD-ARCHILA et al, 2008; OZDEMIR et al, 2008). Os fundamentos e princípios desta metodologia foram introduzidos por Box e Wilson, em 1951, sendo definido como método mais rápido e informativo do que métodos clássicos que usam planejamento fatorial.

2.4.1 Concentração, Tempo e Temperatura da Desidratação Osmótica

Durante o processo de desidratação, alguns solutos presentes no xarope podem não migrar efetivamente para as células das frutas e hortaliças, mas tão somente penetrar nos espaços intracelulares e ali se alojar, em razão das alterações na permeabilidade e seletividade da estrutura do tecido celular devido à maturação, condições de estocagem e pré-tratamentos químicos sofridos pelo produto. Essa impregnação do soluto no alimento, de certo modo, possibilita a formulação de produtos funcionais e favorece a preservação sensorial e nutricional

dos mesmos, sendo um diferencial dentre os demais processos de desidratação (CORZO, CENTENO apud VEGA-GÁLVEZ et al., 2007).

Em seu trabalho com papaia chilena (*Vasconcellea pubescens*) Veja-Gálvez et al. (2007), através de um planejamento experimental, estudaram o efeito da concentração (40, 50 e 60%) e da temperatura (30, 40, 50°C) da solução sobre a desidratação osmótica. Quando se aumenta a concentração da solução acontece maior remoção de água, sendo que ela é mais alta na concentração de 60% para todas as temperaturas e o mesmo aconteceu com os sólidos solúveis. Isto indica que a temperatura não teve influência sobre a difusividade efetiva da água e dos sólidos solúveis, o que foi mostrado pela concentração osmótica.

Em trabalho com saturação de figos (*Ficus carica*, L.) em soluções concentradas com açúcares, fatores como temperatura e pH foram estudados e concluiu-se que o aumento da concentração de açúcares nos figos, neste caso desejável, está relacionado, principalmente, ao aumento da concentração da solução. Maiores concentrações de açúcares totais foram alcançadas com utilização de xaropes acidificados, devido ao aumento de porosidade do tecido da fruta em decorrência da hidrólise da pectina na estrutura celular, facilitando a difusão dos açúcares para o seu interior. A temperatura que apresentou melhor resultado foi a de 80°C, principalmente, no que diz respeito ao produto final, sendo que temperaturas mais altas, como 90°C causaram escurecimento da fruta devido ao processo de caramelização. Neste caso, de saturação de figos, temperaturas altas acompanhadas de altos índices de ganho de sólidos são desejáveis (RODRIGUES; BILHALVA, 1996).

O comportamento da desidratação osmótica em função do tempo foi observado por Azeredo e Jardine (2000), quando estudaram a desidratação osmótica de abacaxi com utilização de métodos combinados. Eles observaram que com o tempo ocorre redução das taxas de perda de massa do material até o ponto de se tornar nula e atingir valores negativos, onde o material volta a ganhar massa, pois as taxas de perda de umidade diminuem mais drasticamente com o tempo do que a incorporação de solutos.

2.5 TRANSFERÊNCIA DE MASSA

Na desidratação osmótica de produtos sólidos com alto conteúdo de água em soluções aquosas concentradas (principalmente soluções de açúcar ou sal) três tipos de transferências de massa podem estar envolvidos. O primeiro é um fluxo de saída de água do alimento para a solução. O segundo fluxo é de transferência de sólidos da solução para o produto, onde pode ser introduzido um princípio ativo, ou um agente conservante, algum soluto de interesse nutricional ou ainda alguma substância que melhore a qualidade sensorial do produto desidratado. O terceiro fluxo é de saída de solutos do produto (ácidos orgânicos, minerais, vitaminas, etc.) para a solução, o qual é quantitativamente insignificante comparado com os dois primeiros fluxos, mas deve ser considerado na composição final do produto (RAOULT-WACK, 1994).

Muitos são os fatores que influenciam diretamente na velocidade de transferência de massa durante o processo osmótico e os principais são: a temperatura, a agitação, concentração da solução osmótica e a permeabilidade da membrana da fruta ou hortaliça (RODRIGUES, 2003).

Considerando todo o processo de desidratação osmótica, muitos mecanismos podem atuar ao mesmo tempo, dependendo das condições de operação e da natureza do produto. Estes podem ser: osmose, difusão, interação dos fluxos e encolhimento dos produtos, os quais podem diminuir o volume inicial em até 50%. Assim, a transferência de massa no sistema depende da estrutura do sólido, a área da superfície do alimento submetido ao processamento, temperatura, tempo de duração, concentração e composição da solução (peso molecular e natureza do soluto), modo de contato produto-solução (fase sólido-líquido), pressão do processo e proporção produto/solução.

Existem muitos modelos para a cinética da perda de água e ganho de sólidos, mas um dos mais utilizados é o modelo de difusão de Fick. Através da modelagem do processo de desidratação osmótica, pode-se prever o tempo de processamento necessário para atingir a umidade final desejada. Um modelo empírico desenvolvido por Azuara (apud BRANDELERO, 2001) permite prever o ponto de equilíbrio com pouco tempo de experimento, e que para outros modelos é determinado experimentalmente, com a vantagem de ser independente da

geometria do sistema. Os modelos para perda de água, ganho de sólidos e perda de massa são descritos respectivamente pelas equações 2.1, 2.2 e 2.3 abaixo:

$$\frac{t}{PA} = \frac{1}{s_1(PA_\infty)} + \frac{t}{PA_\infty} \quad (2.1)$$

onde:

PA = perda de água no tempo "t"

PA_∞ = perda de água no equilíbrio

s₁ = constante de velocidade da perda de água

t = tempo

$$\frac{t}{GS} = \frac{1}{s_2(GS_\infty)} + \frac{t}{GS_\infty} \quad (2.2)$$

onde:

GS = ganho de sólidos no tempo "t"

GS_∞ = ganho de sólidos no equilíbrio

s₂ = constante de velocidade do ganho de sólidos

$$\frac{t}{PM} = \frac{1}{s(PM_\infty)} + \frac{t}{PM_\infty} \quad (2.3)$$

onde:

PM = perda de massa no tempo "t"

PM_∞ = perda de massa no equilíbrio

s = constante de velocidade da perda de massa

Geralmente os modelos que descrevem a transferência de massa neste processo, no entanto, não incluem informações a respeito da estrutura celular do tecido vegetal. Estas informações são importantes porque após a colheita, os tecidos mantêm seu metabolismo.

De acordo com autores que estudaram a microestrutura dos alimentos, a análise dos perfis de concentração em alimentos estruturados, durante

o fenômeno de desidratação osmótica, é uma abordagem muito útil para elucidar os mecanismos de transferência de massa assim como estimar os correspondentes modelos cinéticos (RODRIGUES, 2003; BARAT; FITO; CHIRALT, 2001).

2.6 QUALIDADE DE PRODUTOS DESIDRATADOS OSMOTICAMENTE

A qualidade do alimento engloba o aspecto de segurança, suas propriedades nutricionais e sensoriais. A aceitação do produto pelo consumidor está diretamente relacionada com a qualidade do mesmo (VALENTE, 2007).

Assim, análises instrumentais dos aspectos relevantes para o consumidor realiza a quantificação destes parâmetros e auxilia no desenvolvimento de novos produtos.

2.6.1 Cor

A cor nos alimentos é resultado da presença de pigmentos, tais como carotenos, antocianinas, clorofila, entre outros. Os pigmentos são instáveis e susceptíveis às reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o processamento ou armazenamento do produto, podendo ser indicadores das transformações ocorridas no alimento.

De grande importância tecnológica é a relação existente entre a cor dos alimentos e outros fatores de qualidade, como a composição química e o grau de desenvolvimento e alteração, sendo estes os motivos para se utilizar a cor como índice de transformações naturais dos alimentos frescos ou de mudanças ocorridas no processo industrial (SANJINÉZ-ARGANDOÑA, 2005).

Demczur Junior et al. (2008) avaliaram pré-tratamentos de ácido cítrico, ácido ascórbico e cloreto de cálcio e compararam com o tratamento controle em desidratação osmótica de kiwi. Foi observado que a maior variação total de cor aconteceu no pré-tratamento das fatias em ácido cítrico e o menor valor para o tratamento controle. As fatias de kiwi sofreram alterações nos parâmetros de cor ao

longo do tempo de processamento osmótico, tornando-se mais escuras (diminuição de L^*), menos verdes (aumento de a^*) e menos amarelas (diminuição de b^*). As amostras do tratamento controle sofreram as maiores variações na luminosidade L^* , já as fatias pré-tratadas com cloreto de cálcio foram as que melhor mantiveram a cor original do kiwi.

Tan et al. (2001) estudaram a alteração da cor em batata e abacaxi que foram desidratados antes da secagem, com um pré-tratamento osmótico e infravermelho. A medida da mudança de cor se deu pelos parâmetros de escala de cor CIELAB (L^* , a^* e b^*). Os autores puderam constatar que, apesar da desidratação osmótica afetar a coloração do alimento, as amostras tratadas osmoticamente, previamente à secagem, apresentaram uma menor alteração da coloração durante este processo.

2.6.2 Textura

Nas frutas, as propriedades mecânicas estão intimamente ligadas à estrutura celular. A firmeza da parede celular está relacionada com a composição de pectina na sua estrutura mais externa, conhecida como lamela média. A sua importância está no efeito “ligante” que promove na parede celular, provocando a adesão das células entre si. Além de variar de acordo com o grau de maturação da fruta, a pectina é bastante sensível ao calor, podendo alterar sua composição na lamela média, conforme a intensidade do processo de desidratação osmótica ou secagem (SATO; SANJINEZ-ARGANDON; CUNHA, 2004).

A desidratação osmótica favorece a maciez do tecido e o menor encolhimento durante a secagem devido à impregnação do soluto desidratante durante o processamento. Isto faz com que quanto maior a entrada de sólidos, menor seja a resistência à compressão do produto comparado com o não desidratado osmoticamente (LEWICKI; LUKASZUK, 2000).

Brandelero (2001) determinou a tensão e deformação na ruptura de abacaxis desidratados osmoticamente e recobertos com gelatina, alginato e controle durante

o tempo de 80 dias em temperaturas 4° e 30°C. As frutas mantidas a 4°C apresentaram valores constantes ao longo do tempo e as frutas revestidas com gelatina e controle apresentaram maior firmeza quando comparados com as frutas revestidas de alginato. As frutas armazenadas a 30°C apresentaram um aumento na firmeza até o 30° dia, e a partir daí decréscimos sucessivos com redução de força de 32 ± 10 N (inicial) para 11 ± 3 N nas frutas controle, de 29 ± 3 N para 17 ± 7 N nas revestidas com gelatina e 32 N para 12 ± 8 N para as frutas revestidas com alginato. Esta alteração da textura foi relacionada com a perda de cálcio, solubilização de protopectina, perda da turgidez celular ou ruptura da lamela média. A perda de textura observada para os tratamentos armazenados a 30°C está, provavelmente, relacionada com a perda de água durante o armazenamento.

Os processos combinados de desidratação osmótica e secagem com ar quente podem fornecer produtos mais tenros a baixas atividades de água que produtos desidratados sem pré-tratamento, o que pode ser agradável para comer na forma de “snacks” ou para incorporar em produtos de panificação, sorvetes, queijos ou iogurte (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001).

2.7 SECAGEM

A desidratação é uma das técnicas mais antigas de preservação de alimentos utilizadas pelo homem. O processo é simples e consiste na eliminação de água de um produto por evaporação, por transferência de calor ou de massa. Uma de suas maiores vantagens é não necessitarem de refrigeração durante o armazenamento e transporte (MELONI, 2003).

Os produtos alimentícios podem ser desidratados por processos baseados na vaporização, remoção de água por solventes ou na adição de agentes osmóticos.

Os métodos de desidratação utilizados em maior escala são aqueles que expõem o alimento a uma corrente de ar aquecido, sendo que a transferência de calor do ar para o alimento se dá basicamente por convecção.

As frutas e as hortaliças podem ser desidratadas por diferentes métodos. O mais comum no Brasil é a desidratação em secadores do tipo cabine com bandejas e circulação forçada de ar quente.

Três são os fatores que estão inter-relacionados com a capacidade do ar quente remover água de um alimento: a quantidade de vapor de água presente no ar, a temperatura do ar e a quantidade de ar que passa pelo alimento.

Quando um alimento é colocado em um secador, existe um curto período de estabilização em que a superfície é pré-aquecida até a temperatura de bulbo úmido. Enquanto a água se movimentar do interior do alimento na mesma taxa em que é evaporada, o produto permanece úmido e esse período é denominado de taxa constante, que continua até que um teor de umidade crítico seja alcançado. Quando a umidade do alimento cai além do teor crítico a taxa de secagem decresce lentamente até se aproximar de zero no teor de umidade de equilíbrio, o que é conhecido como período de taxa decrescente.

Sanjinéz-Argandoña (2005), estudando a desidratação de goiabas por osmo-convecção (desidratação osmótica e secagem convectiva), observou que temperaturas elevadas de secagem modificam a textura e a cor do produto, apresentando maior rigidez e escurecimento que comprometem a qualidade do produto final.

Córdova (2006), secando maçãs cultivar Fuji comerciais e industriais desidratadas osmoticamente, estudou condições que considerou como ideais, através de parâmetros de estabilidade do produto, como microbiológicos, atividade de água e parâmetros sensoriais, incluindo microscopia eletrônica de varredura do tecido vegetal, com a intenção de verificar o dano causado a ele pelos processos utilizados. As condições de secagem utilizadas neste trabalho foram 60°C por 180 minutos após a desidratação osmótica de cubos de maçã em soluções de sacarose 50% e sorbitol 50%, a 30°C em agitação de 110 rpm por 3 horas. Após a desidratação osmótica houve uma redução na umidade em 60% e após a secagem a redução da atividade de água foi em média de 44,39%.

Rodrigues (2003) também trabalhou com fatias de maçã cultivar Fuji desidratadas osmoticamente com posterior secagem e obteve produtos de boa aparência e baixa densidade, apresentando menor encolhimento que a maçã *in natura*. Além disso, verificou que a manutenção das estruturas celulares é importante para restringir a entrada exagerada de soluto durante a desidratação

osmótica, sendo que este mesmo soluto contribui para reduzir a compactação do produto durante a secagem. As condições utilizadas para a secagem foram temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C com velocidade do ar a 2,0 m/s, quando as fatias já haviam sido submetidas ao pré-tratamento osmótico em sacarose por 2 horas em concentrações de 40,50 e 60 %.

Segundo vários autores que estudaram essa combinação (secagem osmo-convectiva) amostras desidratadas osmoticamente requerem menor tempo de secagem que as amostras sem esse pré-tratamento (EL-AQUAR, 2001; AZOUBEL, 1999).

2.8 ANÁLISE SENSORIAL

Para o desenvolvimento de um novo produto é necessário que seja realizado um teste sensorial para avaliar sua apreciação pelos consumidores.

Córdova (2006) realizou um teste de preferência, utilizando uma escala hedônica estruturada, para maçãs comercial e industrial tratadas osmoticamente com sacarose e com sorbitol, e submetidas à secagem convectiva. Amostras pré-tratadas com sorbitol não diferiram entre si, mas diferiram das tratadas com sacarose a um nível de significância de 5% quanto ao atributo sabor. No entanto, as amostras pré-tratadas com sacarose obtiveram médias maiores, indicando que não houve boa aceitação de produtos que usaram sorbitol como agente desidratante.

Goiabas minimamente processadas por desidratação osmótica, acondicionadas em embalagens rígidas de polietileno tereftalato (PET) e estocadas a 5°C foram avaliadas em duas etapas em testes sensoriais. Na primeira etapa foram avaliados os atributos de aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra. As características de aroma, textura e aparência da amostra osmoticamente desidratada foram inferiores em relação à amostra *in natura* antes da estocagem. O sabor se mostrou superior e os outros atributos (impressão global e cor) permaneceram inalterados. Na segunda etapa avaliou-se a aparência e a cor das goiabas que estavam nas embalagens que haviam sido estocados por determinados períodos. Assim, com o armazenamento, a amostra desidratada

osmoticamente sobressaiu à amostra fresca, sendo que esta ficou prejudicada nos atributos sabor, cor, aparência e impressão global. Aos 21 dias a amostra desidratada osmoticamente teve que ser retirada da análise sensorial já que havia se tornado imprópria para o consumo, enquanto a amostra desidratada osmoticamente permaneceu até o 24º dia com notas de 6 e 7 em todos os atributos (PEREIRA et al., 2003).

Assim, é possível verificar a importância da realização do teste sensorial para avaliar a aceitação do processamento realizado com o produto que muitas vezes não é apontada por análises físico-químicas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver fatias de maçã desidratadas com apelo funcional e boa aceitação sensorial, através da incorporação de frutooligosacarídeos por processo osmótico e posterior secagem convectiva.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Otimizar o processo de desidratação osmótica das fatias de maçã cultivar Fuji avaliando os efeitos da temperatura, concentração da solução osmótica e do pré-tratamento utilizado através de uma metodologia de superfície de resposta;
- Estudar a secagem convectiva como processo final da desidratação osmótica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PREPARO DE AMOSTRAS

As maçãs da cultivar Fuji foram adquiridas no mercado local da cidade de Londrina/ PR e aguardaram ao processamento acondicionadas em sacos plásticos em câmara fria à aproximadamente 5°C. As frutas foram selecionadas de acordo com a homogeneidade de tamanho, formato e maturação (onde a coloração da casca foi usada como parâmetro de escolha, selecionando aquelas que apresentassem 3/4 da casca com coloração vermelha). Foi realizada a lavagem com detergente neutro e a sanitização com solução hipoclorídrica à 50 ppm (CARNELOSSI et al., 2005). O corte foi realizado em fatias e cortados em fatias de aproximadamente 5 mm de espessura no sentido horizontal (transversal ao eixo) (prevenindo a transferência de massa radial à placa). As sementes foram retiradas com um furador de coco juntamente com a região central da fruta.

O frutooligossacarídeo (FOS) utilizado na solução de desidratação osmótica foi o Orafiti[®] P95 Beneo (Tienen, Bélgica), lote PELDZ8DDZ8 com 5 kg, data de fabricação 05/04/2008 e data de validade 05/04/2011, e lote PEGARD8CAR8 com 25 kg, data de fabricação 17/01/2008 e data de validade 17/01/2011. Este ingrediente é um pó higroscópico, produto da hidrólise enzimática da inulina da chicória que possui aproximadamente 93,2% de oligofrutose e 6,8% de glicose, frutose e sacarose.

O FOS foi pesado nas concentrações indicadas na Tabela 2 e solubilizado em banho-maria modelo Dubnoff Tecnal TE 053, por 30 minutos à 50°C antes do início do processo de desidratação osmótica.

4.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

A desidratação osmótica foi realizada de acordo um planejamento fatorial 2 x 3², com duas variáveis quantitativas: temperatura (30, 45 e 60 °C) e

concentração de frutooligossacarídeos (FOS) na solução osmótica (40, 50 e 60% m/v), e uma variável qualitativa: pré-tratamento (branqueamento ou acidificação).

Os pré-tratamentos para inativação enzimática foram realizados da seguinte forma:

a) o branqueamento consistiu da imersão das fatias de maçã em água à temperatura de 70°C por três minutos e resfriamento em banho de água a 24 -25°C por 5 minutos (HAMINIUK et al., 2005);

b) o tratamento químico ou acidificação consistiu da imersão das fatias de maçã em solução de 1% de ácido cítrico PA (m/v) a 24 -25°C por 15 minutos (MATUSEK; CZUKOR; MERÉSZ, 2008).

A Tabela 2 apresenta as variáveis originais e codificadas e os ensaios realizados.

Tabela 2 – Delineamento fatorial 2 x 3² para desidratação osmótica de fatias de maçã

Ensaio	Variáveis Originais			Variáveis Codificadas		
	T (°C)	[FOS] (% m/v)	Pré-tratamento	X ₁	X ₂	X ₃
T1	30	40	Acidificação	-1	-1	0
T2	30	50	Acidificação	-1	0	0
T3	30	60	Acidificação	-1	+1	0
T4	45	40	Acidificação	0	-1	0
T5	45	50	Acidificação	0	0	0
T6	45	60	Acidificação	0	+1	0
T7	60	40	Acidificação	+1	-1	0
T8	60	50	Acidificação	+1	0	0
T9	60	60	Acidificação	+1	+1	0
T10	45	50	Acidificação	0	0	0
T11	30	40	Branqueamento	-1	-1	+1
T12	30	50	Branqueamento	-1	0	+1
T13	30	60	Branqueamento	-1	+1	+1
T14	45	40	Branqueamento	0	-1	+1
T15	45	50	Branqueamento	0	0	+1
T16	45	60	Branqueamento	0	+1	+1
T17	60	40	Branqueamento	+1	-1	+1
T18	60	50	Branqueamento	+1	0	+1
T19	60	60	Branqueamento	+1	+1	+1
T20	45	50	Branqueamento	0	0	+1

A desidratação osmótica, em pequena escala, foi realizada imergindo as fatias de maçã, previamente fixadas pela região central em um suporte impedindo sua flutuação, em um béquer de 1000 mL contendo solução osmótica nas concentrações descritas na Tabela 2. As fatias foram colocadas com o espaço de aproximadamente 1 cm entre elas. A proporção de fruta:solução usada durante o processo foi de 1:10 para garantir uma concentração praticamente constante de FOS durante o processo, e o béquer colocado em banho-maria com temperatura controlada (aferida por termômetro de mercúrio) no período de quatro horas (CÓRDOVA, 2006; PEREIRA et al., 2003). O tempo foi determinado com base nos trabalhos por autores que utilizaram diversos agentes osmóticos, visto que os frutooligossacarídeos não são usados com esta finalidade geralmente. Decorrido o tempo, as fatias foram retiradas e o excesso de material na superfície das fatias foi removido com papel absorvente.

Para ensaios em maior escala, a desidrataação osmótica foi realizada colocando as fatias de maçã em um cesto, separadas por uma tela que mantinha uma distância entre elas de 1 cm, fixando-as e submergindo-as em um recipiente de aço inoxidável contendo solução osmótica. O recipiente foi colocado no banho-maria e o mesmo controle de temperatura foi realizado.

Assim, a modelagem e otimização do processo foram realizadas por um modelo matemático, onde as respostas (Y) em função das variáveis independentes (temperatura, concentração de FOS e pré-tratamento) foram representadas de acordo com a Equação 4.1.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_2x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_3x_3^2 \quad (4.1)$$

onde:

Y = resposta

x_1 = temperatura da solução osmótica

x_2 = concentração de FOS

x_3 = pré-tratamento

Os parâmetros dos modelos foram obtidos pelo método de mínimos quadrados (STATISTICA® 7.0). As respostas foram otimizadas para determinar as

condições operacionais que causassem o menor escurecimento enzimático com incorporação de frutooligossacarídeos nas quantidades permitidas pela legislação. A otimização foi validada por novos experimentos.

Após a otimização e validação, foi realizado o estudo do tempo de desidratação osmótica. A curva de desidratação osmótica foi obtida retirando-se amostras a cada 30 minutos no decorrer do processo de desidratação osmótica (4 horas), utilizando o teor de umidade como parâmetro de controle. Outros parâmetros comumente usados para a comparação de difusão em desidratação osmótica foram calculados, como a perda de água e o ganho de sólidos, conforme as equações 4.2 e 4.3 (Córdova, 2006).

$$PA = 100 \left(\frac{x_0 - x_t}{M_0} \right) \quad (4.2)$$

onde:

PA = perda percentual de água em relação à massa inicial (%)

x_0 = massa de inicial água no produto (g)

x_t = massa de água no produto no tempo t (g)

M_0 = massa inicial do produto (g)

$$GS = \left(\frac{Ms_t - Ms_0}{M_0} \right) \quad (4.3)$$

onde:

GS = ganho percentual de sólidos em relação à massa inicial do produto

Ms_0 = massa seca inicial (g)

Ms_t = massa seca em um tempo t (g)

M_0 = massa do produto no tempo inicial (g)

4.3 SECAGEM

A secagem foi realizada com os seguintes tratamentos: -MO45: fatias de maçã pré-tratadas por acidificação e osmodesidratadas em concentração

de FOS de 40% (m/v) e temperatura de 45°C, -MO60: fatias de maçã pré-tratadas por acidificação e osmodesidratadas em concentração de FOS de 40% (m/v) e temperatura de 60°C, -MC: fatias de maçã sem pré-tratamento para impedir escurecimento enzimático e não desidratadas osmoticamente (controle), -MA: fatias de maçã pré-tratadas por acidificação e não desidratadas osmoticamente.

As fatias de maçã que foram desidratadas osmoticamente antes da secagem, foram armazenadas, quando necessário, em embalagem de alumínio em câmara fria a 5°C e a secagem realizada, no máximo, em 24 horas.

As fatias de maçã controle foram apenas lavadas, sanitizadas (item 4.1) e submetidas à secagem.

As fatias de maçã acidificadas foram submetidas à imersão em solução de 1% de ácido cítrico por 15 minutos (item 4.2) e posterior secagem.

A estufa de secagem com circulação e renovação de ar (Tecnal TE modelo 394/3) com circulação de ar de 12 m³.h⁻¹ e precisão de ± 2°C foi usada para a secagem das fatias de maçãs.

As curvas de secagem foram realizados com as temperaturas de 50°, 60° e 70°C, tendo em vista valores utilizados na literatura (Córdova, 2006; Rodrigues, 2003) e as limitações do equipamento. Para a construção da curva de secagem do produto, a coleta de amostras foi realizada a cada 2 horas e o tempo definido pelo necessário para o produto atingir umidade abaixo de 25% como indicado na CNNP nº12 da ANVISA para produtos desidratados, e garantir a estabilidade microbiológica, física, química e sensorial do produto.

4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Amostras de maçã foram retiradas no início, no término do processo osmótico e ao final da secagem convectiva. Foram realizadas três repetições para o cálculo da média e do desvio padrão de cada análise.

4.4.1 Umidade

A determinação de umidade foi realizada de acordo com método gravimétrico 013/IV (IAL, 2005) em estufa convencional a 105°C por aproximadamente 21 horas para amostras in natura e 12 horas para amostras que já haviam sido submetidas à secagem convectiva. O teor de sólidos totais foi determinado pelo método 313/IV do Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2005).

4.4.2 Proteínas

Para determinação do valor protéico foi utilizada a metodologia de Kjeldahl (método 037/IV do IAL, 2005).

4.4.3 Cinzas

O resíduo mineral fixo foi determinado por método gravimétrico, mediante incineração da amostra em forno mufla $\leq 525^{\circ}\text{C}$ até a obtenção de cinzas claras (aproximadamente 4 horas), segundo método 018/IV do IAL (1995).

4.4.4 Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis da matéria-prima e das amostras após a desidratação osmótica foi determinado através de um refratômetro de bancada Abbe (método 315/IV do IAL, 2005) e o resultado expresso em °Brix a 20°C usando a tabela de conversão.

4.4.5 Determinação Acidez Titulável

A acidez total titulável e a acidez expressa em ácido orgânico (ácido málico) foram realizadas de acordo com as técnicas 310/IV e 312/IV do IAL (2005) para amostras iniciais, pré-tratadas e após a desidratação osmótica.

Em torno de 5 a 10 gramas de amostra foram pesadas em um frasco de Erlenmeyer e 100 mL de água destilada foram adicionadas e homogeneizada em liquidificador. Solução de fenolftaleína 1% foi usada como indicado em quantidade de 0,3 mL. Esta amostra foi titulada com NaOH 0,1 mol/L até o ponto de viragem. A acidez titulável foi calculada pela equação 4.4.

$$\frac{\text{mL}}{100\text{g}} = \frac{V \cdot f \cdot M \cdot 100}{P} \quad (4.4)$$

onde,

V = número de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação,

f = fator de correção da solução de NaOH,

P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL,

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio.

E o ácido málico calculado pela equação 4.5.

$$\frac{\text{g}}{100\text{g}} = \frac{V \cdot f \cdot M \cdot \text{PM}}{10 \cdot P \cdot n} \quad (4.5)$$

onde:

PM = peso molecular do ácido correspondente em g

n = número de hidrogênios ionizáveis que no caso do ácido málico é de 2.

4.4.6 Determinação de Atividade de Água (aw)

A atividade de água foi realizada diretamente utilizando um higrômetro marca Aqualab modelo Cx-2 (Decagon Devices, EUA) com amostras

iniciais, após desidratação osmótica e ao final da secagem. Esta análise foi realizada controlando a temperatura ambiente a 25°C.

4.5 DETERMINAÇÃO DE COR

As frutas desidratadas osmoticamente foram avaliadas em três repetições com seis amostras quanto à alteração de cor. As amostras utilizadas na análise foram as in natura, após a desidratação osmótica e após a secagem. Uma amostra comercial de maçã desidratada marca Jasmine ® foi usada para comparação.

Foi usado um colorímetro BYK Gardner (Alemanha). A cor foi avaliada por meio do sistema de três parâmetros, o CIELAB, com iluminante D-65 e um ângulo de observação de 10°. Neste sistema se define um espaço cromático em coordenadas retangulares (L^* , a^* , b^*), associado a outro em coordenadas cilíndricas (H^* , C^*). O parâmetro L^* define a luminosidade ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco) e a^* e b^* definem a cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde, $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul) Com os parâmetros L^* , a^* e b^* , foram calculadas a diferença média de cor entre a fruta fresca e a processada (ΔE^*) por meio da equação 4.6 e foram calculadas as coordenadas cilíndricas C^* e H^* , onde C^* define a cromaticidade (intensidade da cor, sendo valores de croma próximos de zero: cores neutras e quanto próximos de 60: cores vívidas) e H^* o tom (sendo zero = vermelho, 90 = amarelo, 180 = verde e 270 = azul), a partir das equações 4.7 e 4.8 (HUNTERLAB, 1996).

Através do croma C^* pode-se distinguir uma cor fraca de uma forte, enquanto o ângulo de tom é associado à característica da cor, descrevendo-a pelos nomes verde, vermelho, azul e amarelo.

$$\Delta E^* = \sqrt{(a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 + (L^* - L_0^*)^2} \quad (4.6)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (4.7)$$

$$H^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (4.8)$$

4.6 ANÁLISE DE ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C)

A metodologia utilizada foi a 43.064 da AOAC (1994), modificado por Benassi e Antunes (1988), que substituíram a solução de extração padrão (solução de ácido metafosfórico) por uma de ácido oxálico.

Para a aplicação do método, as fatias de maçã foram cortadas em quadrados de 1 cm x 1 cm, e ~ 5 g de amostra foi pesada em balança semi-analítica. Essa amostra foi homogeneizada em Ultra Mixer Britânia X39863, potência 180 W, com 50 mL de solução de ácido oxálico 2% que foi utilizado como solvente. Deste extrato (amostra e solvente), 20 g foram diluídos em balão volumétrico de 50 mL e filtrados em gaze. Desta extração, uma alíquota de 10 mL foi retirada com pipeta volumétrica e titulado com solução de 2,6–diclorofenolindofenol 0,01% padronizada.

A quantidade de vitamina C foi calculada pela equação 4.9.

$$\frac{\text{mgVitC}}{100\text{g}} = \frac{\text{DCF1(amostra)}}{\text{DCF1(pad\~{a}o)}} \times \frac{100\text{g}}{\text{g(amostra)}} \times \frac{\text{m(solvente)} + \text{m(amostra)}}{\text{m(al\~{i}quota)}} \times \frac{\text{V(50mL)}}{\text{Val\~{i}quota(mL)}} \quad (4.9)$$

Para comparação de médias foi necessário o cálculo deste valor em base seca pela equação 4.10.

$$\frac{\text{mgVitC}}{\text{gMS}} = \frac{\text{VitC}}{100 - \% \text{UBU}} \quad (4.10)$$

onde:

VitC = conteúdo de vitamina C do produto expresso em mgVitC/100 g polpa,

%UBU = porcentagem de umidade em base úmida.

Para facilitar a comparação com outros autores esse valor foi expresso posteriormente em mg Vit C/100 g de matéria seca. As amostras analisadas quanto à quantidade de vitamina C foram os mesmos tratamentos submetidos à análise sensorial.

4.7 TEXTURA

A análise das propriedades mecânicas foi realizada através da determinação da força máxima de ruptura e distância de penetração da sonda (probe), por meio do texturômetro modelo TAXT2i (Stable Micro System, Inglaterra).

Foi avaliada a força máxima de ruptura, usando uma sonda com diâmetro de ¼" (P/0.25S). As condições estipuladas foram: velocidade pré-teste de 1,0 mm/s, velocidade de teste de 1,0 mm/s, velocidade pós-teste de 10,0 mm/s, distância de penetração do êmbolo na amostra de 10,0 mm, força de contato de 0,98 N, tempo de análise de 5 segundos e taxa de aquisição de 200 pps (pontos por segundo).

Para a análise, cada fatia de maçã foi dividida pela metade e dez destas amostras foram avaliadas com três penetrações em cada uma delas para garantir a homogeneidade e com isso, a diminuição dos erros nas respostas.

4.8 ANÁLISE SENSORIAL

Para finalizar o desenvolvimento de fatias de maçã osmo-desidratadas com ingrediente funcional (FOS) a análise sensorial foi realizada.

O teste sensorial utilizado para a avaliação do produto desenvolvido foi um teste afetivo que indica o quanto uma população gostou ou desgostou da amostra testada (DUTCOSKY, 2007).

Para o teste afetivo, foi usada uma escala hedônica estruturada de nove pontos e a análise sensorial realizada com os seguintes tratamentos: - MO45S70: tratamento otimizado de desidratação osmótica (40% m/v de concentração de FOS / 45°C, pré-tratado com acidificação) e secagem a 70°C; - MO60S60: tratamento otimizado de desidratação osmótica (40% m/v de concentração de FOS / 60°C, pré-tratado com acidificação) e secagem a 60°C; - MO60S70: tratamento otimizado de desidratação osmótica (40% m/v de concentração de FOS / 60°C, pré-tratado com acidificação) e secagem a 70°C; - MCS70: tratamento controle (sem pré-tratamento e sem desidratação osmótica) e

secagem a 70°C -MAS70: tratamento pré-tratado com acidificação (imersão em solução de 1% de ácido cítrico por 15 minutos) e secagem a 70°C; -MCJ: marca comercial Jasmine®, com a finalidade de comparação.

Foram recrutados 50 provadores não-treinados (usando a ficha em anexo 1) entre alunos, professores e funcionários do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina. O julgamento pelos provadores foi realizado individualmente em análise sequencial em apenas uma sessão que continha seis amostras servidas separadamente. Todas as amostras seguiram parâmetros de aleatorização. Cada provador aceitou participar voluntariamente da pesquisa pela ficha de consentimento (Anexo 2).

Além do teste afetivo, o teste de intenção de compras (anexo 3) foi realizado com o objetivo de avaliar a intenção de compra para cada amostra.

4.9 QUANTIFICAÇÃO DE FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS

Para a quantificação de frutooligossacarídeos nas amostras foi utilizado um kit enzimático Megazyme (Método AOAC 999.03/ Método AACC 32.32) contendo sacarase, frutanas, amostra controle de frutanas, amostra controle de sacarose e solução padrão de D-frutose.

A solução de sacarase e a de frutanas foram dissolvidas em 22 mL de solução tampão de maleato de sódio 0,1 M e acetato de sódio 0,1 M, respectivamente.

A solução PAHBAH foi preparada da mistura das soluções A (20 mL) e B (180 mL). Para a solução A foram diluídos 10 g de hidrazida de ácido p-hidroxibenzoico em 60 mL de água destilada com agitação e adicionado 10 mL de ácido clorídrico. O volume foi transferido para balão volumétrico e completado até 200 mL. Para a solução B diluiu-se 24,9 g de citrato de sódio dihidratado em 500 mL de água, adicionou-se 2,2 g de cloreto de cálcio dihidratado. Foram dissolvidos 40 g de hidróxido de sódio sob agitação. O volume foi transferido para um balão volumétrico e completado até 2 L.

As frutanas foram extraídas deixando por 15 minutos em agitação constante e aquecimento ($\approx 80^{\circ}\text{C}$) a mistura de 1 g de amostra e 80 mL de água

destilada. A solução foi resfriada e seu volume ajustado para 100 mL. Uma alíquota foi filtrada em filtro de papel Whatman nº1. Foram adicionados aos tubos de ensaio 0,2 mL da alíquota da extração da amostra, 0,2 mL de solução diluída de sacarase (40°C por 30 minutos), 0,2 mL de solução alcalina de borohidreto (40°C por 30 minutos), 0,5 mL de ácido acético 0,2 M e uma alíquota de 0,2 mL desta solução foi transferida para três tubos de ensaio, em dois deles adicionado 0,1 mL de solução de frutanas e no outro 0,1 mL de acetato de sódio 0,1 M (40°C por 20 minutos), adicionado a 5,0 mL da solução de trabalho PAHBAH (banho de água fervente por 6 minutos) e resfriados em temperatura ambiente por 5 minutos. Com esta solução foi realizada a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 410 nm e a partir disso calculado o percentual de frutanas (% m/m) pela equação 4.11.

$$\% = \Delta A \times F \times 5 \times \frac{V}{m} \times 2,48 \quad (4.11)$$

onde:

ΔA = (absorbância da amostra – absorbância do branco da amostra)

F = fator de conversão de valor de absorbância para μg de D-frutose (54,5 μg D-frutose/ absorbância para 54,5 μg D-frutose)

V = volume de extrator usado

m = massa da amostra extraída

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MAÇÃ *in natura*

Os resultados da análise da matéria-prima estão na Tabela 3. Com estas características foi possível identificar a cultivar de maçã mais adequada para a desidratação osmótica. A maçã Fuji apresentou maior teor de umidade e menor de sólidos solúveis. De acordo com Cetnarski Filho, Carvalho e Martin (2008), esta cultivar apresenta menor preço anual médio (R\$ 1,56 por quilo) e também é a mais disponível no mercado (81,3%) por isso, esta variedade foi selecionada para o estudo.

Tabela 3 – Análises físico-químicas das cultivares de maçã *in natura*

		Cultivar					
		Fuji		Gala		Red Golden	
Umidade (%)		86,22 ± 0,18		84,76 ± 0,13		82,39 ± 0,20	
Proteínas (%)		0,20 ± 0,07		0,16 ± 0,02		0,20 ± 0,07	
Cinzas (%)		0,33 ± 0,07		0,53 ± 0,04		0,48 ± 0,03	
Sólidos totais (%)		13,78		15,24		17,61	
Teor de sólidos solúveis (°Brix)		12,4 ± 0,24		14,69 ± 0,50		16,14 ± 1,06	
Atividade de água		0,980 ± 0,001		0,980 ± 0,001		0,975 ± 0,001	
Acidez titulável (mL/100g)		1,83 ± 0,16		3,27 ± 0,08		2,20 ± 0,22	
Acidez titulável (g ácido málico /100 g)		0,12		0,22		0,15	
Parâmetros de cor		Casca	Polpa	Casca	Polpa	Casca	Polpa
	L*	46 ± 3	73 ± 2	35 ± 3	76 ± 1	31 ± 3	74 ± 2
	a*	17 ± 2	0,8 ± 0,3	38 ± 1	1,2 ± 0,3	36 ± 1	6 ± 2
	b*	28 ± 4	22 ± 2	27 ± 4	20 ± 2	23 ± 1	23 ± 6
	H*	1,0	1,5	0,6	1,5	0,6	1,3
	C*	33,3	24,0	46,0	19,8	42,2	23,8

Córdova (2006) realizou a caracterização físico-química de maçãs Fuji *in natura* e obteve valores de 87,20%, 0,24% e 0,30% para umidade, cinzas e

proteínas, respectivamente. Estes valores estão próximos aos encontrados neste trabalho considerando que a matéria-prima de origem vegetal tem elevada heterogeneidade devido ao grau de maturação, época de colheita e plantio, tratos culturais, condições de armazenamento. Já os valores encontrados por Córdova (2006) para acidez titulável e sólidos solúveis totais foram de 0,22 g/ 100 g e 14,9 °Brix e foram maiores do que os encontrados neste trabalho.

5.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Os resultados para a análise de sólidos solúveis, umidade, atividade de água, acidez total titulável para os ensaios de desidratação osmótica estão na Tabela 4. Os parâmetros de cor e os cálculos de perda de água e ganho de sólidos estão na Tabela 5. As respostas acidez em ácido orgânico, sólidos totais e parâmetros H* e C* foram calculados com relação aos dados experimentais obtidos. Os desvios padrões acompanham os valores experimentais.

Tabela 4 – Análises físico-químicas das fatias de maçã desidratadas osmoticamente de acordo com um delineamento fatorial 2 x 3²

Ensaio s	Umidade (%)	Sólidos Totais (%)	Sólidos Solúveis (°Brix)	Aw	Acidez total (mL/g)	Acidez ác. málico (mL/g)	Relaçã o °Brix/ Acidez
<i>In natura</i>	85,44±0,42	14,56	13,03±0,00	0,980±0,001	1,80±0,14	0,07±0,00	12,50
T1	74,29±2,10	25,71	33,31±1,06	0,978±0,002	2,81±0,26	0,19±0,01	11,31
T2	66,51±1,60	33,49	44,06±0,25	0,971±0,004	1,39±0,06	0,09±0,00	31,66
T3	60,02±4,77	39,98	41,89±1,75	0,961±0,004	1,52±0,14	0,10±0,04	28,20
T4	72,24±3,19	27,76	31,07±0,76	0,976±0,003	1,20±0,16	0,07±0,01	28,12
T5	61,51±1,87	38,49	38,65±0,76	0,964±0,000	1,30±0,17	0,08±0,01	29,96
T6	56,43±2,58	43,57	43,14±0,71	0,949±0,003	1,55±0,15	0,13±0,03	20,95
T7	62,52±0,56	37,48	34,65±1,06	0,972±0,000	1,23±0,28	0,08±0,01	32,48
T8	50,15±1,80	49,85	48,30±0,60	0,942±0,005	1,07±0,05	0,07±0,00	45,22
T9	43,53±0,47	57,47	55,74±0,61	0,930±0,010	1,49±0,16	0,10±0,01	39,49
T10	63,55±3,32	36,45	38,56±0,50	0,967±0,002	1,65±0,21	0,11±0,01	25,38
T11	66,32±0,84	33,68	31,00±0,50	0,981±0,002	0,62±0,11	0,04±0,00	50,90
T12	56,11±1,19	43,89	40,07±0,76	0,960±0,004	0,70±0,11	0,04±0,00	58,23
T13	56,38±2,35	43,62	42,23±0,76	0,963±0,004	0,60±0,12	0,04±0,00	72,35
T14	63,59±1,54	36,41	35,14±0,00	0,977±0,003	0,39±0,02	0,03±0,00	88,56
T15	59,14±0,54	40,86	41,14±2,08	0,980±0,000	0,42±0,07	0,03±0,00	94,93
T16	50,67±3,05	49,33	46,89±4,48	0,943±0,003	0,55±0,14	0,03±0,00	84,33
T17	59,58±0,43	40,42	39,31±1,61	0,979±0,000	0,55±0,07	0,04±0,00	72,47
T18	49,41±4,16	50,59	46,47±0,58	0,962±0,005	0,66±0,04	0,04±0,00	70,40
T19	45,88±1,51	54,12	53,94±1,04	0,937±0,010	0,72±0,07	0,04±0,00	75,02
T20	59,32±1,69	40,68	39,81±1,44	0,973±0,000	0,49±0,03	0,03±0,00	80,80

Tabela 5 – Parâmetros de cor das frutas desidratadas osmoticamente

Tratamentos	L*	a*	b*	H*	C*	Perda de água (%)	Ganho de sólidos (%)
<i>In natura</i>	71,91±1,84	0,49±0,24	21,94±3,08	1,55	21,95	-	-
1	67,32±1,10	3,78±0,81	25,77±2,14	1,43	26,05	4,05	7,41
2	68,44±2,86	3,01±0,54	25,46±1,99	1,45	25,64	6,95	11,39
3	66,77±6,45	3,65±0,77	27,93±3,31	1,44	28,17	9,17	10,58
4	60,31±6,77	5,05±2,66	30,61±3,28	1,41	31,02	4,68	6,58
5	67,51±4,17	4,29±0,67	28,53±2,45	1,42	28,85	8,84	9,38
6	69,74±2,91	2,41±0,97	26,99±3,90	1,48	27,10	10,63	11,05
7	63,05±5,21	5,20±1,63	22,33±0,62	1,34	22,93	8,44	7,90
8	68,10±5,16	4,10±1,99	32,01±3,80	1,44	32,27	13,01	12,96
9	70,25±2,52	4,22±0,35	23,45±0,78	1,39	23,83	15,86	15,71
10	66,91±3,76	6,35±3,65	30,30±2,95	1,36	30,96	8,08	9,35
11	53,15±4,97	6,05±1,91	26,62±1,71	1,35	27,30	7,93	7,50
12	47,31±1,55	10,94±2,36	26,79±1,19	1,18	28,94	12,18	11,09
13	58,05±4,12	4,62±1,12	29,61±1,94	1,42	29,97	11,94	11,99
14	59,45±2,63	3,77±1,06	24,48±2,16	1,42	24,77	9,05	9,05
15	64,48±2,49	3,10±2,05	19,16±2,54	1,41	19,41	10,90	11,04
16	61,79±3,29	6,43±0,85	25,90±3,13	1,33	26,69	14,39	13,92
17	61,64±2,74	3,65±1,22	21,66±1,54	1,40	21,97	10,73	10,78
18	60,84±4,22	5,90±2,02	25,32±2,99	1,34	26,00	14,99	13,74
19	59,36±0,98	7,23±0,78	28,14±1,31	1,32	29,05	16,41	16,84
20	57,41±4,97	7,27±1,96	27,54±2,17	1,31	28,48	10,86	10,98

5.2.1 Teor de Umidade e Atividade de Água

Nas Figuras 2A e 2B pode ser observado o teor de umidade das fatias de maçã após a desidratação osmótica, submetidas aos pré-tratamentos de acidificação e branqueamento, respectivamente.

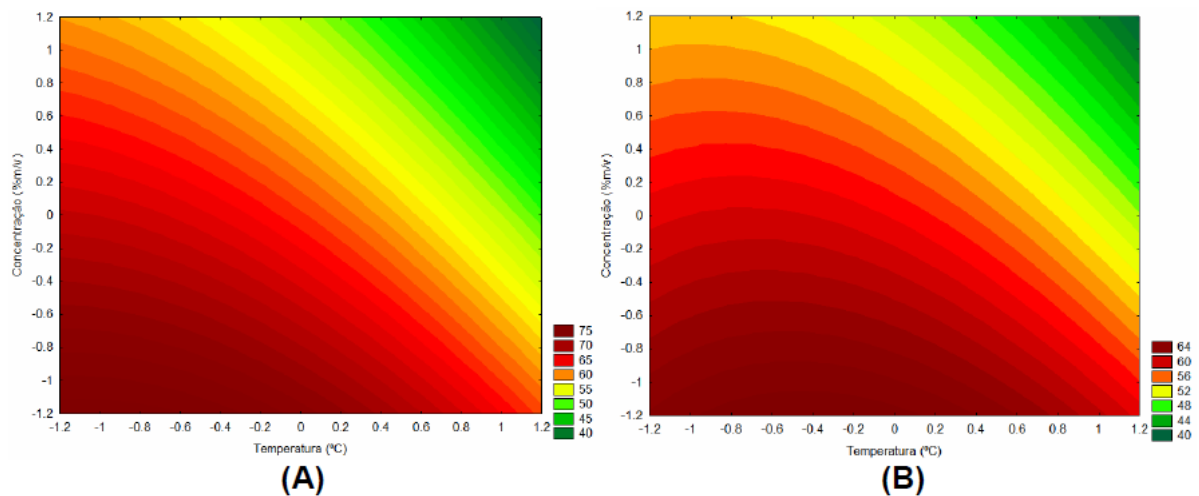


Figura 2 – Teor de umidade das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no prétratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligossacarídeos

O modelo proposto para descrever o comportamento do teor de umidade das fatias de maçã desidratadas osmoticamente, a partir do delineamento experimental, está representado pela equação 5.1, sendo que as variáveis estão codificadas.

$$\text{Umidade} = 58,2 - 5,7.T + 1,4.T^2 - 7,4.C - 2,2.PT - 1,4.T.C + 1,8.T.PT + 1,2.C.PT \quad (5.1)$$

$$R^2 = 0,97$$

onde:

Umidade = %

T = temperatura de desidratação

C = concentração de FOS

PT = pré tratamento

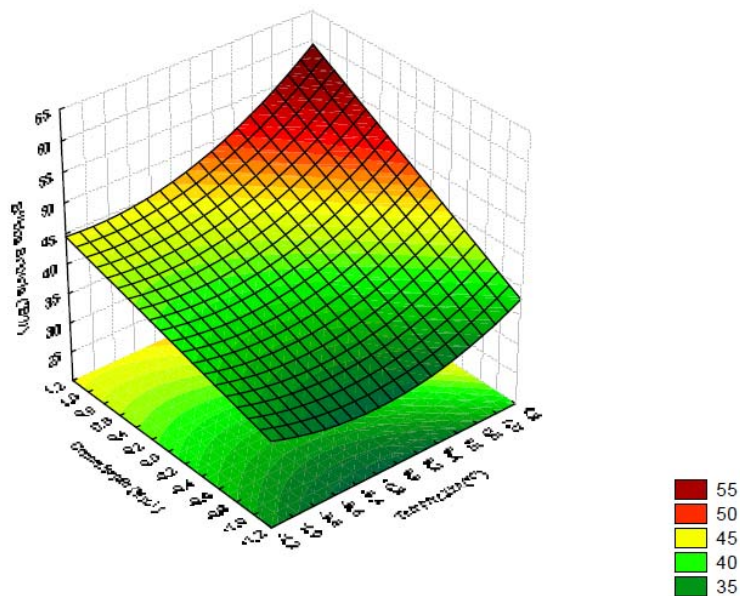
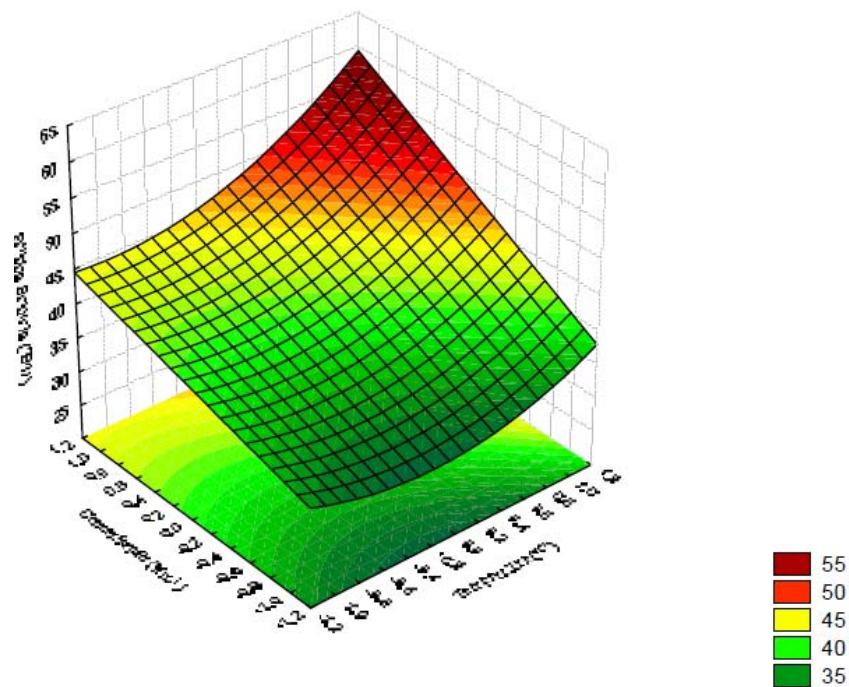
Como pode se observar no modelo, a variável de maior efeito sobre a umidade é a concentração de FOS, seguida pela temperatura e pelo pré-tratamento. Para a temperatura e concentração da solução o efeito foi negativo, indicando que a umidade diminui com o aumento da temperatura e da concentração de FOS na solução osmótica. O aumento da concentração faz com que a diferença de pressão osmótica entre o produto e a solução, a transferência de massa e a difusão de componentes sejam maiores.

Em relação ao pré-tratamento, quando o branqueamento é usado, o efeito é negativo diminuindo a umidade das fatias de maçã submetidas à desidratação osmótica. De acordo com Matusek, Czukor e Merész (2008), o processo de branqueamento do tecido vegetal torna as membranas mais permeáveis à mobilidade dos sólidos envolvidos na desidratação osmótica. Isso pode ter ocorrido e facilitado a diminuição da umidade no produto.

A atividade de água (A_w) dos produtos desidratados variou de 0,93 a 0,98, entretanto nenhuma das variáveis estudadas (temperatura, concentração da solução e pré-tratamento) apresentou efeito significativo. A desidratação osmótica não foi utilizada como único tratamento, pois estes valores de A_w não garantem a estabilidade física, química e microbiológica do alimento. Assim, são necessários outros métodos de conservação para complementar esta técnica, diminuindo a atividade de água até um valor que garanta a estabilidade durante o armazenamento do produto, conforme relatado por vários autores (BUCHWEITZ, 2005; PEREIRA et al., 2003; VALENTE, 2007).

5.2.2 Sólidos Solúveis

Nas Figuras 3A e 3B pode ser observado o teor de sólidos solúveis das fatias de maçã após a desidratação osmótica, submetidas aos pré-tratamentos de acidificação e branqueamento, respectivamente.



(B)

Figura 3 – Teor de sólidos solúveis das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligosacarídeos

O teor de sólidos solúveis das amostras desidratadas osmoticamente aumentou em relação à amostra *in natura*, indicando que houve impregnação e/ou incorporação de sólidos presentes na solução osmótica. Este

aumento do teor foi influenciado pela temperatura e concentração de FOS da solução osmótica.

O modelo proposto para descrever o comportamento do teor de sólidos solúveis das fatias de maçã desidratadas osmoticamente, a partir do delineamento experimental, está representado pela equação 5.2, sendo que as variáveis estão codificadas.

$$\text{TSS} = 41,5 + 3,8.T - 1,6.T^2 + 6,6.C + 2,0.T.C \quad (5.2)$$

$$R^2 = 0,90$$

onde:

TSS = teor de sólidos solúveis (°Brix)

T = temperatura de desidratação

C = concentração de FOS

Este modelo foi bem ajustado ($R^2 = 0,90$), comprovado pela falta de ajuste não significativa ao nível de 5%. A concentração da solução osmótica foi a variável que teve maior efeito para a incorporação de sólidos solúveis, enquanto o pré-tratamento de branqueamento ou acidificação não foi significativo e por isso, não foi apresentado no modelo.

5.2.3 Acidez Titulável e em Ácido Málico

Das variáveis estudadas apenas o pré-tratamento teve influência sobre a acidez titulável das fatias desidratadas. O pré-tratamento de acidificação aumentou os valores de acidez titulável e, conseqüentemente, a relação °Brix/acidez. O mesmo acontece com a acidez em ácido málico, que aumenta nas fatias de maçã desidratadas osmoticamente submetidas ao pré-tratamento de acidificação.

5.2.4 Parâmetros de Cor

Os parâmetros de cor, L^* e H^* das fatias de maçã após a desidratação osmótica foram influenciados somente pelos pré-tratamentos. A acidificação aumentou a luminosidade (L^*) e o branqueamento diminuiu o valor de L^* (Tabela 5). Esse baixo valor de luminosidade para o branqueamento, que pode estar relacionado ao dano causado no tecido vegetal pela alta temperatura no processo. A Figura 4 mostra o comportamento das fatias de maçã desidratadas osmoticamente com pré-tratamento de acidificação (A) e branqueamento (B). Na Figura 4A, observa-se que o maior nível de concentração de FOS e o uso do ponto central na temperatura de processo são responsáveis pela região ótima de luminosidade indicada pelo seu maior valor para o pré-tratamento de acidificação. Enquanto isso, na Figura 4B, o maior valor de luminosidade para fatias de maçã pré-tratadas por branqueamento acontece a partir do ponto médio da temperatura e em qualquer nível estudado de concentração de FOS.

Portanto, a utilização da acidificação, além de ser de fácil execução, quando comparada com o branqueamento, apresenta menor custo em escala industrial e preserva melhor a qualidade da matéria prima. Todos os tratamentos realizados apresentaram valores médios de L^* menores que a fruta in natura, indicando que a desidratação osmótica diminui este valor. Resultados similares foram obtidos por Córdova (2006) que também estudou maçãs Fuji desidratadas osmoticamente. Esta mudança foi justificada pelo desenvolvimento do escurecimento enzimático na fruta. Além disso, a desidratação, de forma geral, reduz o valor de L^* .

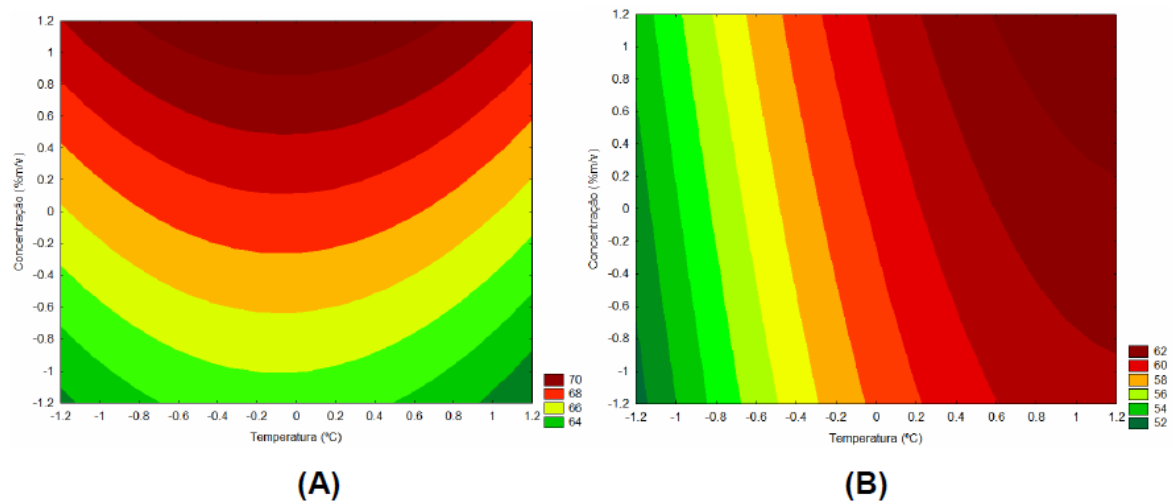


Figura 4 – Parâmetro de luminosidade (L^*) das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligosacarídeos

Os parâmetros de cor a^* , b^* e C^* não foram influenciados pelas variáveis do processo de desidratação. Quando comparados com a amostra inicial, observa-se que ambos pré-tratamentos (acidificação ou branqueamento) aumentam o parâmetro a^* , inicialmente próximo de zero, sugerindo escurecimento enzimático. A tonalidade croma tem um comportamento semelhante ao parâmetro b^* , isto por que é o fator mais expressivo na definição da cor da fruta e pode ser verificado pelos valores mais elevados do parâmetro b^* em relação ao a^* , sendo que a cor é amarela é predominante. Este comportamento do croma foi observado por Córdova (2006), onde houve um aumento de C^* após a desidratação osmótica com sacarose, seguido por um aumento após a secagem.

5.2.5 Perda de Água e Ganho de Sólidos

Nas Figuras 5A e 5B pode ser observado o comportamento da perda de água das fatias de maçã após a desidratação osmótica, submetidas aos pré-tratamentos de acidificação e branqueamento, respectivamente. Nestes gráficos

podem ser observados comportamentos semelhantes dos pré-tratamentos nas fatias de maçã quanto a perda de água.

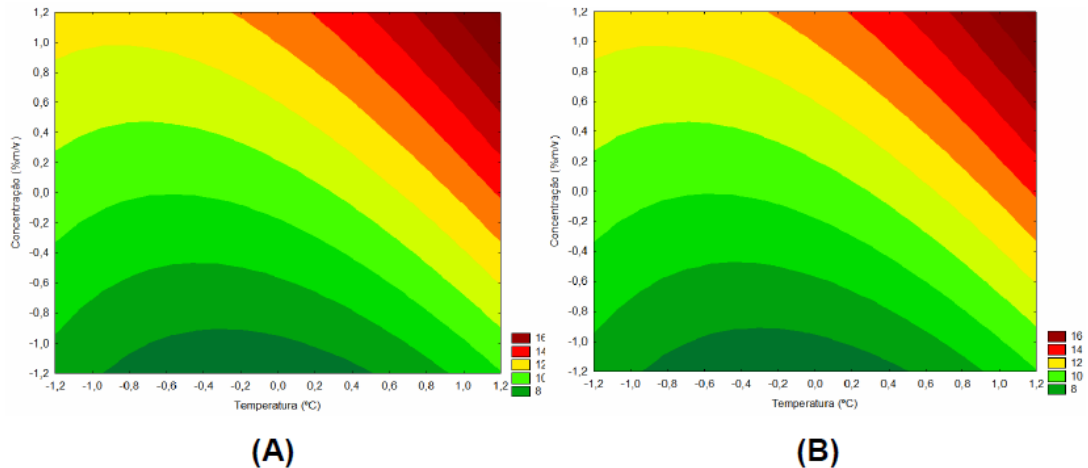


Figura 5 – Perda de água das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de frutooligossacarídeos.

Para a perda de água, o modelo ajustado (equação 5.3) apresentou um R^2 de 0,95 e falta de ajuste não significativo, indicando que o mesmo explica bem os dados amostrais dentro dos níveis estudados.

$$PA = 10,5 + 2,7.T - 0,7.T^2 + 2,8.C + 1,5.PT - 0,6.T.C \quad (5.3)$$

$$R^2 = 0,95$$

onde:

PA = perda de água (%)

T = temperatura de desidratação

C = concentração de FOS

PT = pré-tratamento

O branqueamento é mais eficiente que a acidificação para esta variável e houve interação entre a temperatura e a concentração indicando que cada variável não deve ser tratada separadamente. Um aumento da concentração e da temperatura da solução osmótica favorecem a perda de água pelo produto devido ao

maior gradiente de pressão osmótica na interface produto/solução (FERRARI et al., 2005).

Nas Figuras 6A e 6B pode ser observado o comportamento do ganho de sólidos das fatias de maçã após a desidratação osmótica, submetidas aos pré-tratamentos de acidificação e branqueamento, respectivamente.

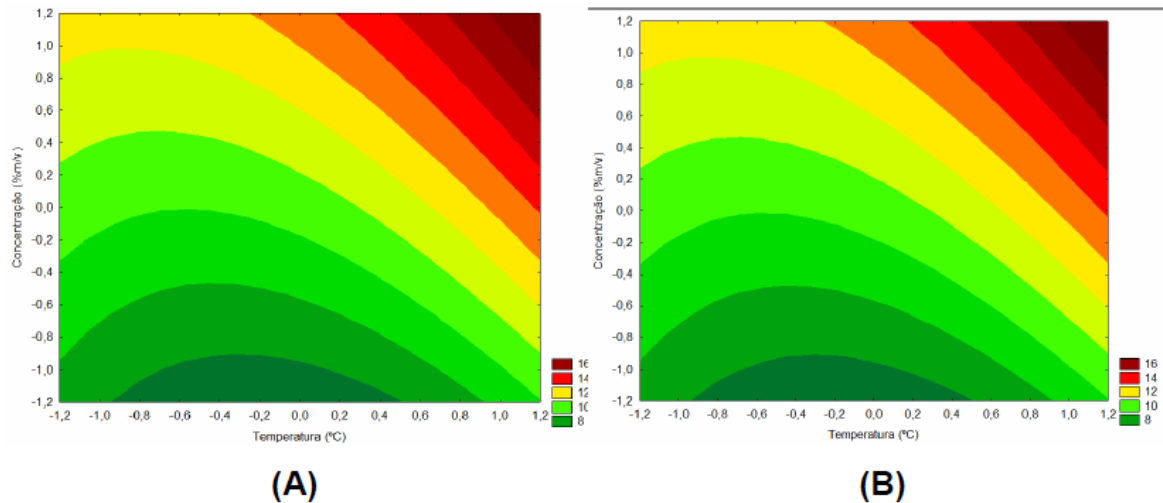


Figura 6 – Ganho de sólidos das fatias de maçã desidratadas osmoticamente no pré-tratamento de acidificação (A) e no pré-tratamento de branqueamento (B) em função da temperatura e concentração de fructooligosacarídeos.

Para o ganho de sólidos, o modelo foi ajustado com R^2 de 0,92 e está representado pela equação 5.4.

$$GS = 11,1 + 1,5 \cdot T - 0,7 \cdot T^2 + 2,6 \cdot C + 0,7 \cdot PT + 0,8 \cdot T \cdot C \quad (5.4)$$

$$R^2 = 0,92$$

onde:

GS = ganho de sólidos (%)

T = temperatura de desidratação

C = concentração de FOS

PT = pré-tratamento

Assim como nos outros modelos a variável de maior efeito no ganho de sólidos também foi a concentração de FOS na solução osmótica, seguida pela temperatura e pelo pré-tratamento.

5.2.6 Otimização do Processo de Desidratação Osmótica

O teor de umidade e a quantidade de sólidos solúveis foram usados como variáveis de controle para incorporação de frutooligossacarídeos nas fatias de maçã pelo processo osmótico.

Para a escolha do pré-tratamento utilizou-se a otimização conjunta das respostas teor de sólidos solúveis e parâmetro de luminosidade (L^*).

A otimização da luminosidade e do teor de sólidos solúveis foi apresentada na Figura 7, onde foram maximizadas as duas variáveis escolhidas (7A). A mesma resposta é encontrada se a otimização for realizada com a maximização do parâmetro L^* e minimização do teor de umidade (7B).

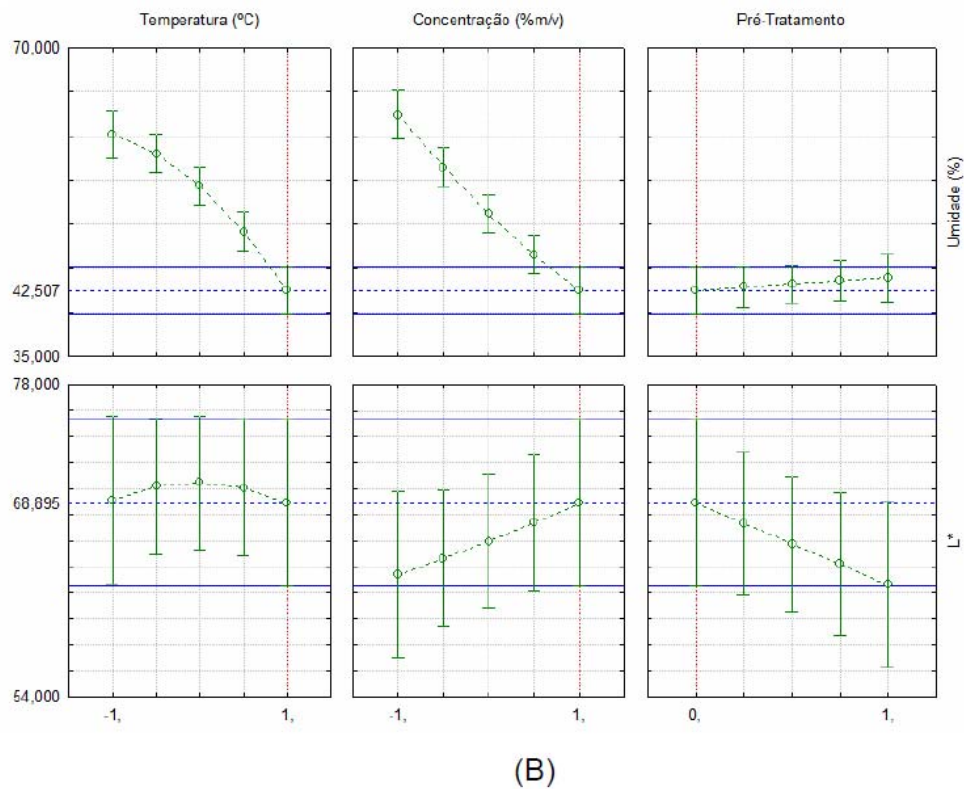
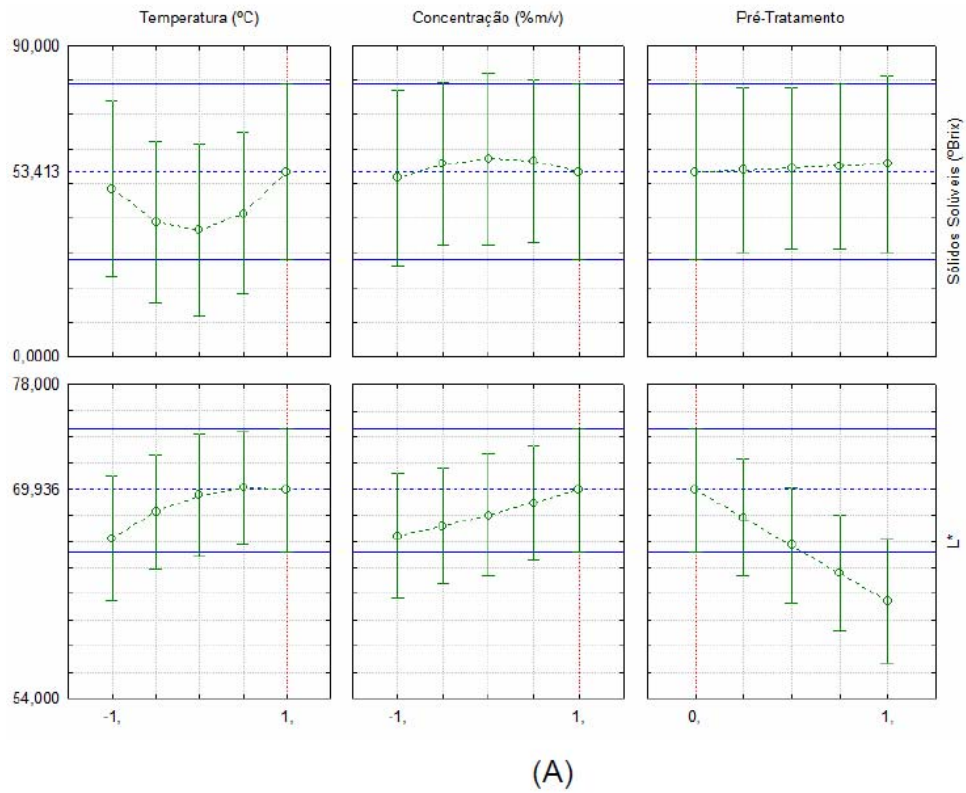


Figura 7 – Otimização do teor de sólidos solúveis e luminosidade (A) e teor de umidade e luminosidade no processo de desidratação osmótica (B)

A resposta ótima indicada para o teor de sólidos solúveis foi de 53 °Brix e L^* de 69, usando o maior nível de concentração e temperatura (60% p/v e 60°C, respectivamente) e a acidificação como pré-tratamento. Observa-se que os mesmos níveis das variáveis estudadas podem ser usados para obter a minimização do teor de umidade e a maximização do parâmetro luminosidade (43% e 69, respectivamente). Assim, no planejamento experimental, foi fixado o pré-tratamento de acidificação por apresentar a melhor resposta nesta combinação.

Na acidificação, as variáveis independentes temperatura e concentração da solução osmótica foram estudadas. Foi modelada a equação para a variável umidade, com $R^2 = 0,99$, indicando um bom ajuste do modelo aos resultados experimentais (equação 5.5).

$$\text{Umidade} = 60,4 - 7,5.T + 1,5.T^2 - 8,6.C - 2,0.T.C \quad (5.5)$$

O gráfico de superfície de resposta do teor de umidade das maçãs em função da concentração de FOS e da temperatura da solução de desidratação osmótica é mostrado na Figura 8. O efeito da temperatura e da concentração de FOS sobre a umidade foram negativos, ou seja, quando essas variáveis aumentam, a umidade diminui, e o efeito da concentração é maior, em módulo, do que o da temperatura.

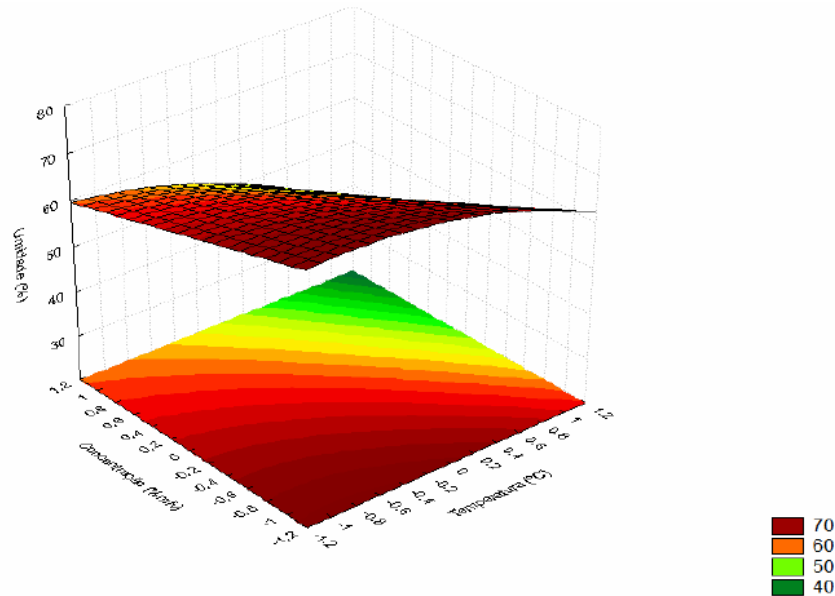


Figura 8 – Teor de umidade de fatias de maçã desidratadas osmoticamente em função da concentração de FOS e da temperatura

Em relação ao teor de sólidos solúveis, o efeito da temperatura e da concentração de FOS foram positivos (Figura 9). A quantidade máxima de sólidos solúveis é alcançada quando a temperatura está próxima do limite superior do delineamento.

Foi modelada a equação para a variável sólidos solúveis, com $R^2 = 0,97$, indicando um bom ajuste do modelo aos resultados experimentais (equação 5.6).

$$SS = 41,1 + 3,2.T - 2,8.T^2 + 6,9.C + 1,7C^2 + 3,1.T.C \quad (5.6)$$

Pela modelagem é possível observar que a concentração continua dando à resposta o maior efeito quando comparado com a temperatura e estes efeitos são negativos indicando que o aumento dos níveis estudados do planejamento experimental aumenta a resposta de sólidos solúveis.

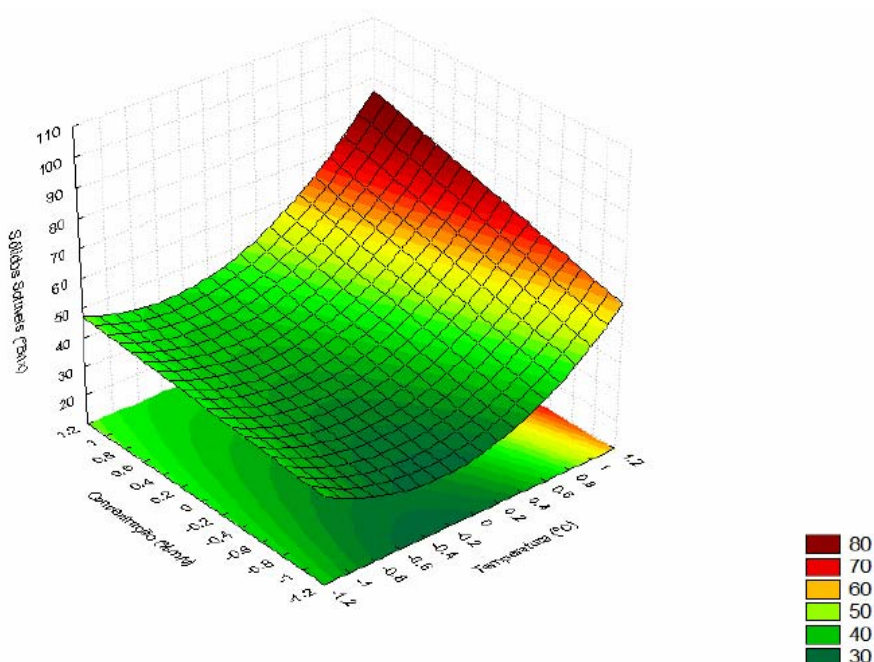


Figura 9 – Teor de sólidos solúveis das fatias de maçã desidratadas osmoticamente em função da concentração de FOS e da temperatura

Neste caso, escolhido o pré-tratamento de acidificação, dois tratamentos que envolviam as combinações já mencionadas foram escolhidos com a finalidade de processamento final (secagem) das fatias de maçã desidratadas osmoticamente. Os tratamentos foram o T4 (45°C e 40% p/v) e o T7 (60°C e 40%p/v), que atendem aos valores de quantidades máximas de consumo diário de FOS, que é de 30 g de fibra, de acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2002), considerando 100 g de produto.

5.2.7 Avaliação do Tempo da Desidratação Osmótica

Após a escolha dos tratamentos T4 (MO45) e T7 (MO60), o estudo do tempo de desidratação osmótica foi realizado e determinado, que inicialmente, havia sido estabelecido pelos dados da literatura.

A Figura 10 mostra o comportamento do ganho de sólidos solúveis e do teor de umidade pelas fatias de maçã submetidas ao tratamento MO45 (45°C e

40% p/v de FOS) durante a desidratação osmótica. Após 60 minutos a quantidade de sólidos solúveis se estabilizou, assim como o teor de umidade. Matusek, Czukor e Merész (2008) ao estudar a desidratação osmótica utilizando como agente osmótico frutooligossacarídeos trabalharam com tempos que variaram de 20 a 40 minutos de processo osmótico e obtiveram melhores resultados no maior tempo do que no menor tempo, no entanto, o equilíbrio não foi atingido neste período.

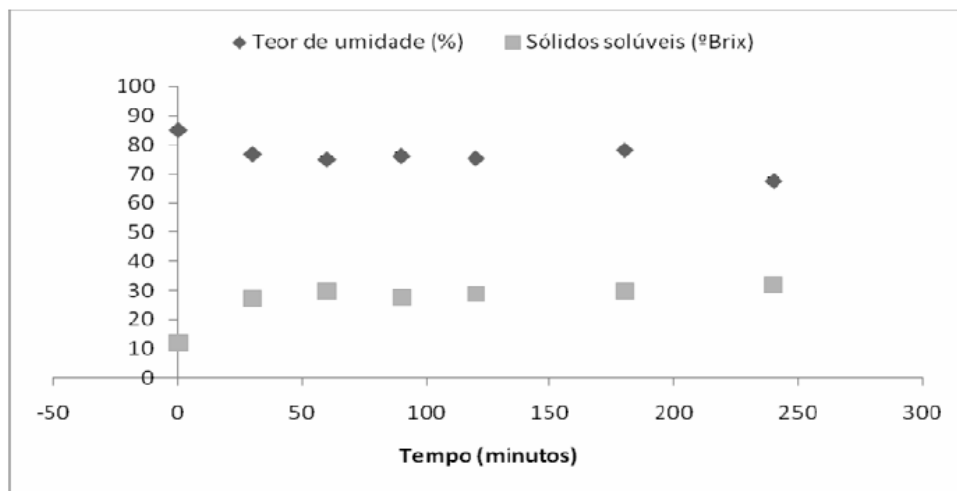


Figura 10 – Teor de umidade e de sólidos solúveis das fatias de maçã submetidas ao tratamento MO45 (45°C e 40% p/v de FOS) em função do tempo

Figura 11 mostra o ganho de sólidos solúveis e o teor de umidade das fatias de maçã Fuji submetidas ao tratamento MO60 de desidratação osmótica (60°C e 40%p/v de FOS).

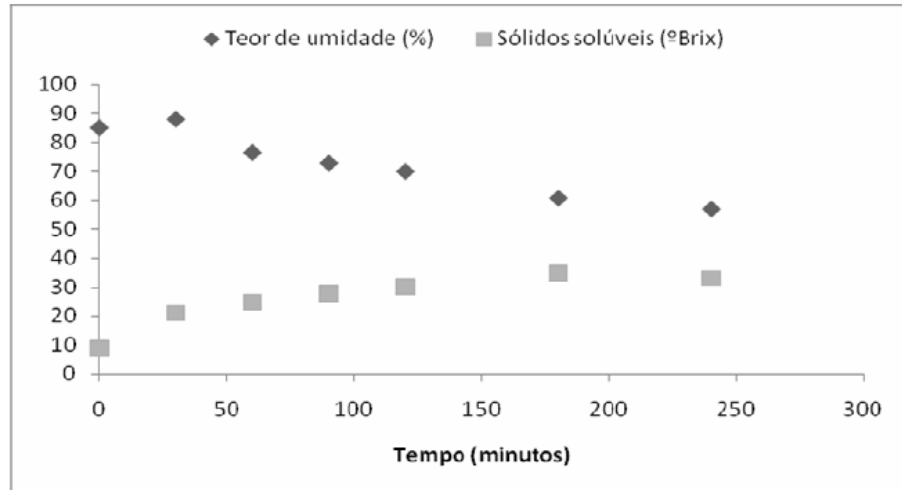


Figura 11 – Teor de umidade e de sólidos solúveis das fatias de maçã submetidas ao tratamento MO60 (60°C e 40% p/v de FOS) em função do tempo

O comportamento dos tratamentos estudados foi diferente indicando que, para o tratamento MO45 após 60 minutos de processamento, a desidratação pode ser interrompida por que o teor de umidade em torno de 75,07% e a quantidade de sólidos solúveis (29,75 °Brix) são estáveis até quatro horas. Para o MO60, o tempo de processo osmótico sugerido nestas condições é de 180 minutos, onde a umidade atinge 60,88% e os sólidos solúveis 34,92 °Brix que permanece até o período de quatro horas. O ganho de sólidos é maior nas primeiras horas de processamento e aumenta conforme o tempo do processo osmótico até alcançar ao equilíbrio. A perda de água é maior que o ganho de sólidos no processo osmótico e acontece principalmente nas quatro primeiras horas (EL AQUAR; MURR, 2003; SANJINÉZ-ARGADOÑA, 2005).

5.3 SECAGEM CONVECTIVA

5.3.1 Curvas de Secagem Convectiva

O processo de secagem convectiva envolve transferência de calor e de massa, onde o calor é transferido para o produto com finalidade de remoção de umidade na forma de vapor de água.

Os dados de teor de umidade usados para construção das curvas de secagem são médias de triplicatas para as temperaturas de 50°, 60° e 70°C. As Figuras 12 e 13 representam os tratamentos Controle e Acidificados de fatias de maçã que não foram submetidos à desidratação osmótica. O critério de parada da secagem convectiva usado foi quando as maçãs submetidas aos tratamentos estudados atingissem uma umidade menor que 10,0%.

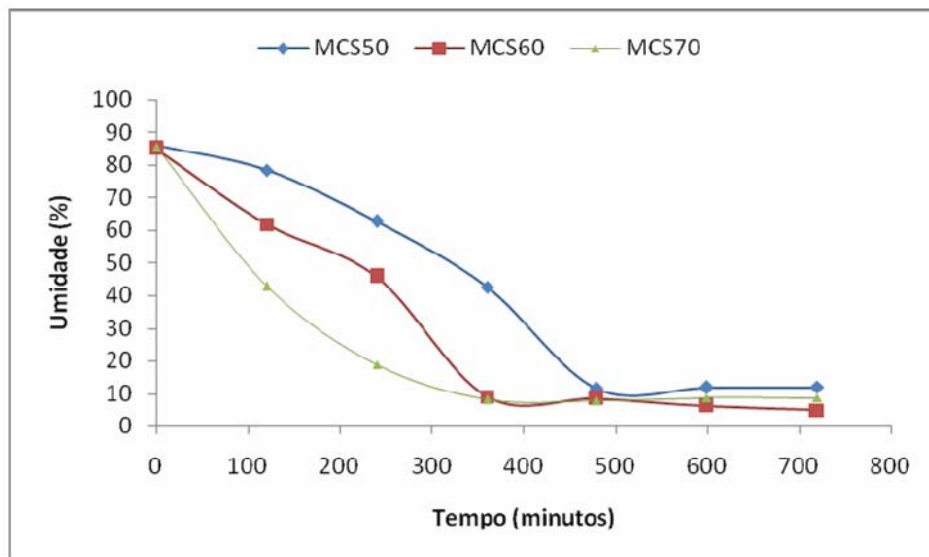


Figura 12 – Curva de secagem de fatias de maçã Controle – MCS50 (maçã controle com secagem a 50°C); MCS60 (maçã controle com secagem a 60°C) e MCS70 (maçã controle com secagem a 70°C).

Para os tratamentos Controle, com secagem convectiva realizada a 60° e 70°C, o processo pode ser interrompido no tempo de 360 minutos, onde o teor

de umidade atingido foi de 9,1% e 8,6%, respectivamente. Na secagem a 50°C, o teor de 11,4% foi atingido com 480 minutos de secagem.

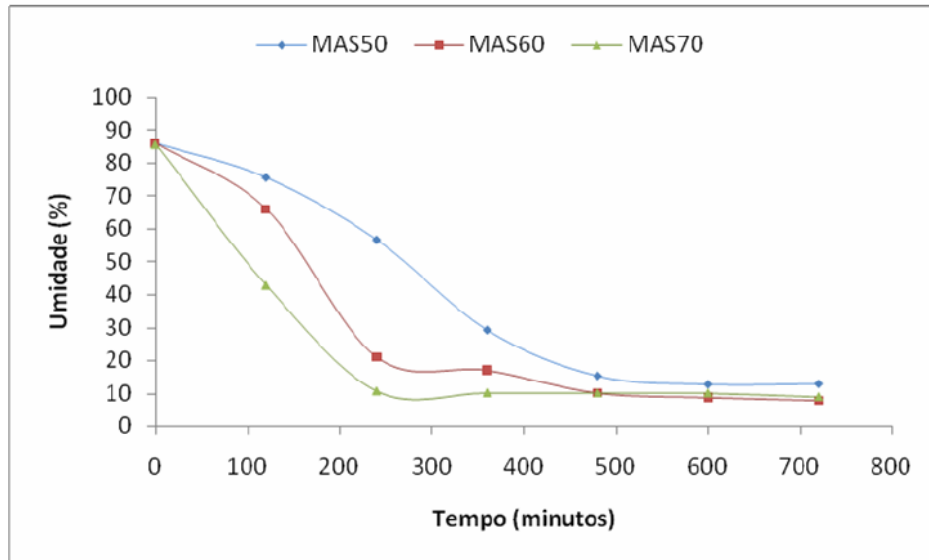


Figura 13 – Curva de secagem de fatias de maçã Acidificadas – MAS50 (maçã acidificada com secagem a 50°C); MAS60 (maçã acidificada com secagem a 60°C) e MAS70 (maçã acidificada com secagem a 70°C).

Nos tratamentos Acidificados, teores de umidade de 10,0% e 9,9% foram atingidos no tempo de 460 minutos para as temperaturas de 60 e 70°C, respectivamente. A 50 °C o teor de 12,6% foi obtido com 600 minutos de secagem. Esta diferença entre o teor de umidade das maçãs Controle com as acidificadas, foi notado por Mota (2005), no seu trabalho onde realizou a imersão de bananas em solução antioxidante (4% de ácido cítrico e 1% de ácido ascórbico) e esta etapa do processamento foi responsável por um acréscimo em massa do fruto não superior a 1%, não alterando de forma significativa o teor de umidade inicial dos frutos.

As Figuras 14 e 15 apresentam as curvas de umidade para os tratamentos MO45 e MO60 que foram submetidos à desidratação osmótica e a secagem as temperaturas de 50, 60 e 70 °C. O tempo zero de secagem indica a umidade após o processo osmótico, no início da secagem.

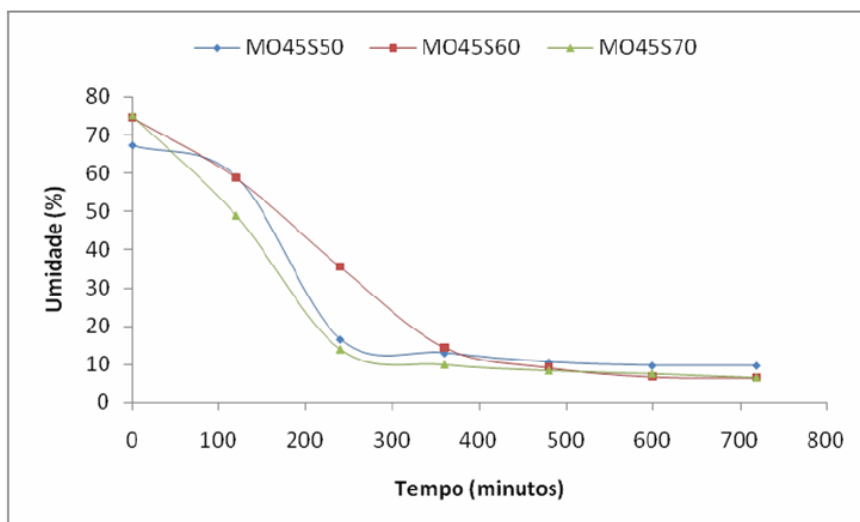


Figura 14 – Curva de secagem osmo-convectiva de fatias de maçã submetidas ao tratamento osmótico MO45 (40% p/v de [FOS] e 45°C) – MO45S50 (maçã osmodesidratada com secagem a 50°C); MO45S60 (maçã osmodesidratada com secagem a 60°C) e MO45S70 (maçã osmodesidratada com secagem a 70°C).

Para o tratamento MO45 de desidratação osmótica, com secagem a 50 °C o teor de umidade de 11,0% foi atingido com 480 minutos, 9,1% com secagem à 60 °C e 8,3% para 70 °C. No entanto, para a temperatura de 70°C um teor de umidade menor que 10% (9,83%) já havia sido atingido com o tempo de 360 minutos.

Quando submetidos ao tratamento MO60 de desidratação osmótica, em 360 minutos de secagem a 50°C o teor de umidade foi de 10,5%, 10,3% para 60 °C e 6,8% para 70 °C. Um teor de umidade menor que 10,0% (9,52%) é atingido pelas fatias de maçã em 240 minutos.

Em todos os tratamentos estudados, a transferência de massa é proporcional ao aumento da temperatura e também a velocidade de secagem. Desta forma, se maiores temperaturas não causarem perda de qualidade sensoriais no produto, o seu uso torna-se vantajoso por diminuir o tempo de secagem. MOURA (2004), secando convectivamente rodela de yacon pré-tratadas com solução de sorbitol a 30 °Brix, verificou que o tempo de secagem convectiva foi menor para as fatias pré-tratadas osmoticamente do que as amostras *in natura*. Observou também que a secagem na temperatura de 70 °C retirou um maior teor de água,

aproximadamente 3,7 kg água/ kg.msi (quilograma de água por quilograma de massa seca inicial) e as temperaturas de 50 e 60 °C retiraram respectivamente 2,8 e 3,0 kg água/ kg.msi. Com relação ao tempo de secagem, a temperatura de 70 °C retirou mais água em menor tempo enquanto as temperaturas de 50 e 60 °C alcançaram a tendência ao equilíbrio em um maior tempo com menor teor de água retirada.

Córdova (2006) realizou secagem de cubos de maçã Fuji comercial e industrial pré-tratadas osmoticamente com sacarose e sorbitol a 60 °C, até que a atividade de água atingisse 0,5 e 0,6 e para isso o tempo de secagem foi de 180 minutos e o teor de umidade entre 15-30% m/m. A redução média da umidade quando comparada com a fruta *in natura* foi de 34,1%.

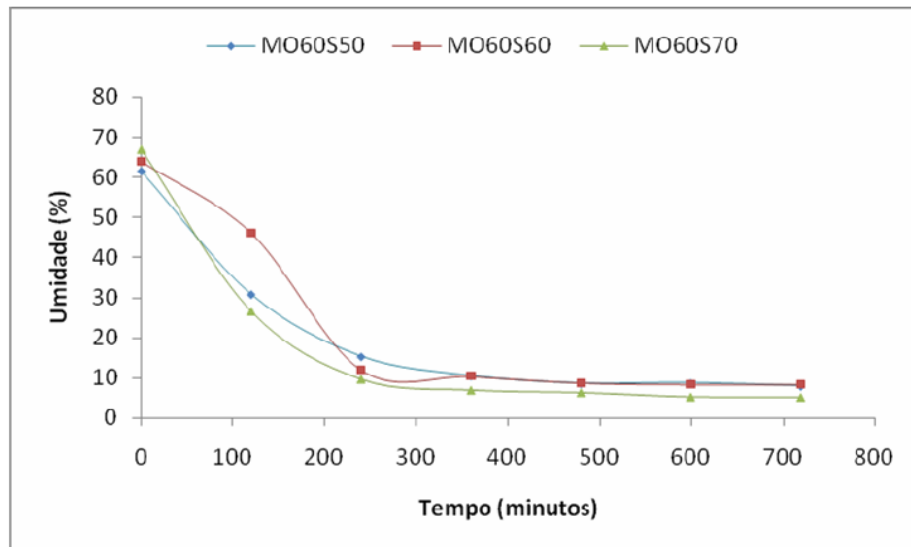


Figura 15 – Curva de secagem osmo-convectiva de fatias de maçã desidratadas osmoticamente pelo tratamento MO60 (40% p/v de [FOS] e 60°C) – MO60S50 (maçã osmodesidratada com secagem a 50°C); MO60S60 (maçã osmodesidratada com secagem a 60°C) e MO60S70 (maçã osmodesidratada com secagem a 70°C).

Pela Resolução nº12, de 24 de julho de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões de Alimentos (CNNP/ Anvisa), fruta seca é o produto obtido pela perda parcial de água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados. Para a adequação a esta legislação, quanto ao teor de umidade, as frutas devem apresentar não mais que 25% p/p para receberem a

designação “seca”. Assim, todos os produtos obtidos nas temperaturas estudadas atendem à legislação.

5.3.2 Degradação da Cor

Os parâmetros para o estudo da cor das amostras de fatias de maçã antes e após a secagem convectiva a diferentes temperaturas estão nas Tabelas 6 e 7 e são médias de seis repetições.

Tabela 6 – Parâmetros de cor iniciais e finais das fatias de maçã Controle e acidificadas, submetidas à secagem convectiva a 50°, 60° e 70°C.

	Inicial			Final		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
MCS50	68,74±3,93	2,23±0,65	28,47±1,89	69,06±7,67	8,52±1,79	36,91±2,57
MCS60	70,62±1,85	2,73±0,87	24,27±1,97	76,02±1,46	7,02±0,79	38,84±1,69
MCS70	70,04±2,91	-0,14±0,27	22,40±1,43	76,98±5,33	3,37±1,12	31,12±2,85
MAS50	67,9±2,10	1,54±0,43	19,69±2,58	72,76±4,48	9,11±1,04	38,04±1,72
MAS60	68,07±5,9	0,97±0,45	23,84±1,37	73,31±2,76	7,95±1,69	36,53±1,04
MAS70	70,04±2,91	-0,45±0,24	23,23±2,42	77,93±1,70	5,31±1,42	30,96±1,99
MO45S50	66,61±1,36	1,7±0,24	24,58±1,35	69,06±3,69	6,49±1,15	26,05±1,15
MO45S60	67,23±2,94	-0,12±0,42	20,25±0,96	68,74±2,48	5,68±2,17	31,81±1,43
MO45S70	68,38±1,49	0,31±0,10	25,44±0,98	67,25±4,04	8,32±0,83	31,76±0,89
MO60S50	59,5±8,22	5,17±1,34	19,9±2,63	65,09±7,08	4,58±1,13	24,82±2,06
MO60S60	67,74±5,73	-1,11±0,82	16,57±1,14	68,71±2,82	4,12±0,94	23,45±0,48
MO60S70	64,89±1,92	3,37±0,92	21,53±0,46	66,93±1,79	7,40±0,89	26,8±1,34

Nota: MC -maçã controle com secagem a 50°C (MCS50), a 60°C (MCS60) e 70°C (MCS70); MA - maçã acidificada com secagem a 50°C(MAS50), a 60°C (MAS60) e 70°C (MAS70); MO45 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem 50°C (MO45S50), a 60°C (MO45S60) e a 70°C (MO45S70); MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem 50°C (MO60S50), a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70).

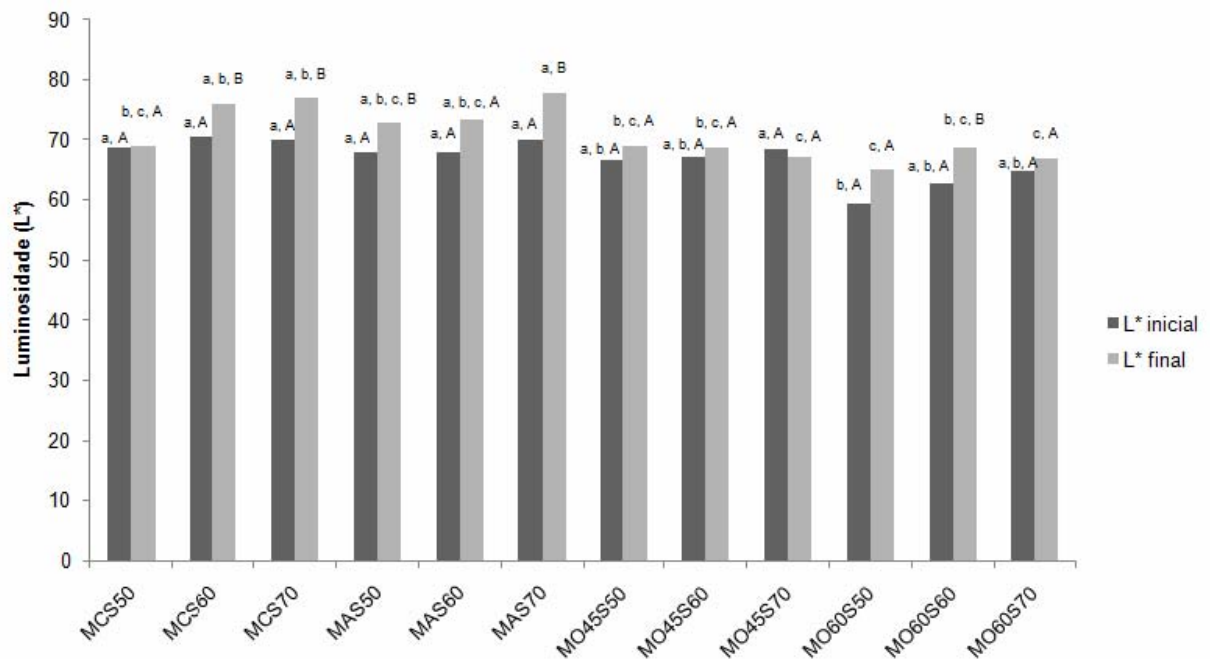
A marca comercial Jasmine® foi analisada para o teste de cor e obteve os resultados de L* de 71,76±3,37, a* de 7,89±1,18 e b* de 26,76±2,40.

Para o parâmetro a^* , os valores baixos revelam a pequena importância deste parâmetro na avaliação da cor da maçã devido à ausência de cor vermelha e à cor verde pouco pronunciada no produto, já que foram utilizadas frutas maduras em todos os ensaios para a fruta fresca (FERRARI, 2005). Um aumento neste parâmetro acontece após a secagem convectiva e também é observada na marca comercial. Sendo este valor positivo, nota-se a acentuação da cor vermelha nas fatias de maçã.

O parâmetro b^* , quando positivo, indica a cor amarela, característico de maçãs sendo que após o processamento osmótico e secagem houve um aumento neste valor. De acordo com Ferrari (2005) isso pode ter acontecido pela acentuação da cor nas frutas por influência da solução osmótica ou ainda pode estar relacionada com a concentração de pigmentos provocada pela perda de água, além da incorporação de soluto pelo processo, criando uma barreira protetora que impede a saída de pigmentos, e conseqüentemente, a perda de cor da fruta.

O parâmetro mais significativo que indica o escurecimento enzimático durante o processamento é o L^* (luminosidade). Além disso, como constatado por Valente (2007) e por Tan et al. (2001), quanto mais prolongado for o tratamento osmótico maior será a sua alteração.

A Figura 16 mostra o parâmetro de luminosidade (L^*) inicial e final para todos os tratamentos realizados com as fatias de maçã. Entre os tratamentos nos períodos inicial e final realizou-se o teste de Tukey e foi realizado o teste t para encontrar diferenças entre valores iniciais e finais no mesmo tratamento (ao nível de significância de 5%).



a, b, c

letras iguais não diferem significativamente à 5% pelo teste de Tukey (entre tratamentos)

A, B

letras iguais não diferem significativamente à 5% pelo teste t (no mesmo tratamento). Nota: MC - maçã controle com secagem a 50°C (MCS50), a 60°C (MCS60) e 70°C (MCS70); MA - maçã acidificada com secagem a 50°C (MAS50), a 60°C (MAS60) e 70°C (MAS70); MO45 - maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem 50°C (MO45S50), a 60°C (MO45S60) e a 70°C (MO45S70); MO60 - maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem 50°C (MO60S50), a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70).

Figura 16 – Parâmetro de luminosidade (L^*) de fatias de maçã Fuji submetidas à secagem osmo-convectiva.

O valor de luminosidade inicial e final do tratamento M60S50 foi o menor valor observado e apresentou diferença com todos os outros tratamentos estudados. Os tratamentos MCS60, MCS70, MAS50, MAS70 e MO60S60 apresentaram diferença significativa ao nível de 5% pelo teste t entre os valores iniciais e finais de luminosidade.

Valente (2007) não encontrou diferença significativa entre a luminosidade (L^*) e o parâmetro b^* das frutas secas comparadas com as frutas *in natura* ao nível de 95% de confiança pelo teste de Duncan estudando abacaxis tratados com sacarose e maltose por processo osmótico e secagem. No entanto, no parâmetro a^* foi encontrada diferença entre as amostras secas sem tratamento e àquelas pré-tratadas osmoticamente com sacarose. Além disso, as amostras que sofreram tratamento a 70°C apresentaram maior valor de a^* , bem como as amostras secas sem pré-tratamento evidenciando uma cor vermelha mais intensa, resultado

das reações de escurecimento favorecidas pela exposição das frutas a alta temperatura de secagem.

Tabela 7 – Parâmetros de cor calculados para maçã Fuji desidratada osmoticamente e submetida à secagem a 50°, 60° e 70°C.

	Inicial		Final		ΔE^*
	H*	C*	H*	C*	
MCS50	1,49	28,56	1,35	37,88	10,53
MCS60	1,46	24,82	1,39	39,47	15,76
MCS70	-1,56	22,39	1,46	31,30	11,69
MAS50	1,49	19,75	1,34	39,11	20,44
MAS60	1,53	23,85	1,36	37,38	15,40
MAS70	-1,55	23,23	1,40	31,41	12,46
MO45S50	1,50	24,64	1,33	26,85	5,58
MO45S60	-1,56	20,25	1,39	32,83	13,02
MO45S70	1,55	25,44	1,31	32,83	10,26
MO60S50	1,32	20,56	1,39	25,24	7,47
MO60S60	-1,50	16,61	1,40	23,80	8,69
MO60S70	1,42	21,79	1,30	27,80	6,94

Nota: MC - maçã controle com secagem a 50°C (MCS50), a 60°C (MCS60) e 70°C (MCS70); MA - maçã acidificada com secagem a 50°C (MAS50), a 60°C (MAS60) e 70°C (MAS70); MO45 - maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem 50°C (MO45S50), a 60°C (MO45S60) e a 70°C (MO45S70); MO60 - maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem 50°C (MO60S50), a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70).

Segundo Pomeranz; Meloan (1994), o croma C* indica a saturação ou a intensidade da cor, descrevendo, por exemplo, como o vermelho tijolo difere do vermelho tomate, e o tom H* é a característica de cor descrita pelas palavras verde, azul, vermelho e amarelo, sendo esses dois parâmetros influenciados pelos valores de a*eb*.

O valor de croma das amostras de maçã apresentou um comportamento semelhante ao parâmetro b*, uma vez que este fator é o mais

expressivo na definição da cor da fruta e pode ser verificado pelos valores muito mais elevados de b^* em relação ao parâmetro a^* .

Em relação ao tom, notou-se que as amostras quando comparadas com as maçãs dados in natura, tiveram diminuição, indicando perda de tonalidade pelas frutas, exceto nos tratamentos MCS70, MAS70, MO45S60 e MO60S60 que apresentaram aumento.

O ΔE^* , que indica a diferença média entre os parâmetros de cor da maçã processada e in natura (Tabela 7), foi menor para o tratamento MO45S50 (5,58) e maior para o MAS50 (20,44), indicando, pela aleatoriedade dos resultados obtidos, que não houve uma relação com a temperatura.

Diante destas observações através da análise de cor, não foi possível selecionar somente uma condição que favorecesse de forma mais acentuada a cor do produto, já que os parâmetros a^* , b^* , croma C^* e tom H^* apresentaram comportamento semelhante nos ensaios estudados, havendo apenas uma ligeira diferença nos valores da luminosidade das frutas processadas, como é o caso da secagem a 50 °C. Nesta temperatura, além da alteração de cor, a textura foi afetada dando ao produto uma característica elástica e aspecto úmido mesmo quando as fatias de maçã atingiam a umidade desejada. Desta forma os estudos prosseguiram com as fatias de maçã submetidas à secagem de 60 e 70 °C.

5.3.3 Atividade de Água

Entre uma mesma variedade de maçã ocorrem diferenças no conteúdo de atividade de água (a_w) devido à época da colheita e o grau de maturação da fruta. Os valores de atividade de água da maçã in natura e também dos tratamentos realizados com as fatias de maçã estão apresentados na Tabela 8.

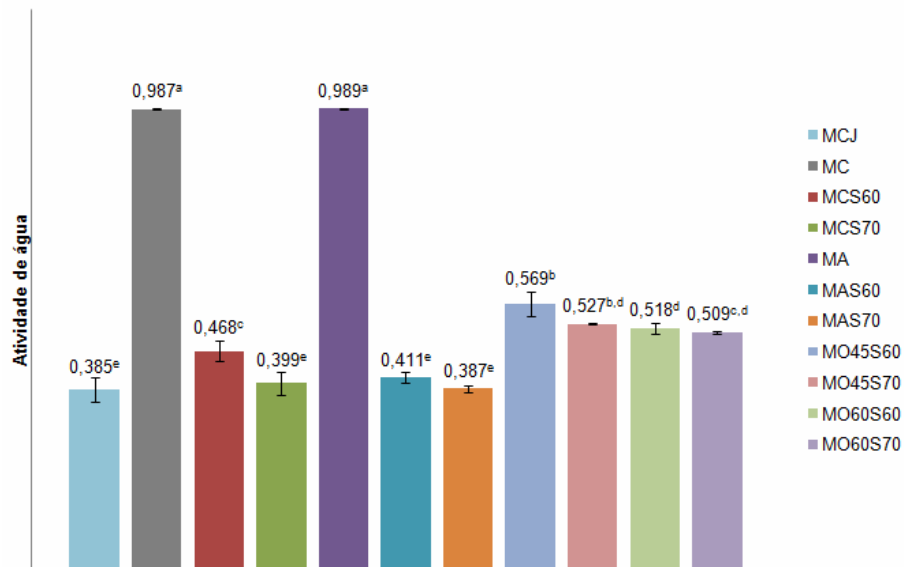
Tabela 8 – Atividade de água das fatias de maçã antes e após tratamentos osmóticos e secagem convectiva.

Tratamento	Atividade de água*
MC	0,987±0,00
MCS60	0,468±0,02
MCS70	0,399±0,02
MA	0,989±0,00
MAS60	0,411±0,00
MAS70	0,387±0,02
MO45S60	0,569±0,00
MO45S70	0,527±0,01
MO60S60	0,518±0,00
MO60S70	0,509±0,00
MCJ	0,385±0,02

*média e desvio padrão de três repetições.

Nota: MC -maçã controle com secagem a 60°C (MCS60) e 70°C (MCS70); MA -maçã acidificada com secagem a 60°C (MAS60) e 70°C (MAS70); MO45 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 60°C (MO45S60) e a 70°C (MO45S70); MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) MCJ – marca comercial Jasmine[®].

A maçã é uma fruta que possui alta atividade de água na sua forma *in natura* e por isso é susceptível à deterioração microbiológica. A Figura 17 mostra as médias seguidas pelo teste de Tukey que representa as diferenças a um nível de significância de 5%.



*letras iguais não diferem significativamente à 5% Nota: MC -maçã controle com secagem a 60°C (MCS60) e 70°C (MCS70); MA -maçã acidificada com secagem a 60°C (MAS60) e 70°C (MAS70); MO45 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 60°C (MO45S60) e a 70°C (MO45S70); MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) MCJ – marca comercial Jasmine[®].

Figura 17 – Médias e teste de Tukey da atividade de água nas maçãs antes e depois de serem submetidas à desidratação osmótica e secagem*

As fatias de maçã submetidas ao processo de acidificação e a in natura não diferiram significativamente em relação à atividade de água. Os tratamentos de fatias de maçã controle com secagem a 70°C, acidificadas com secagem a 60° e 70°C e a marca comercial Jasmine[®] não apresentaram diferenças significativas. Dentre os tratamentos que foram apenas submetidos à secagem, o controle com secagem a 60°C foi o único que diferiu dos demais tratamentos. Isso pode ter ocorrido por que mesmo com a preocupação da homogeneidade da matéria-prima usada para a secagem, as fatias de maçã ainda podem ter apresentado diferenças quanto ao grau de maturação, diferindo em quantidade de sólidos totais, por exemplo.

Comparando as temperaturas usadas no mesmo tratamento, não houve diferença significativa da atividade de água entre 60 e 70°C na secagem convectiva para os tratamentos submetidos à desidratação osmótica (MO45 e MO60). No entanto, o tratamento MO45 com secagem a 60°C apresentou o maior valor de Aw para estes tratamentos e, além disso, aspecto elástico pronunciado

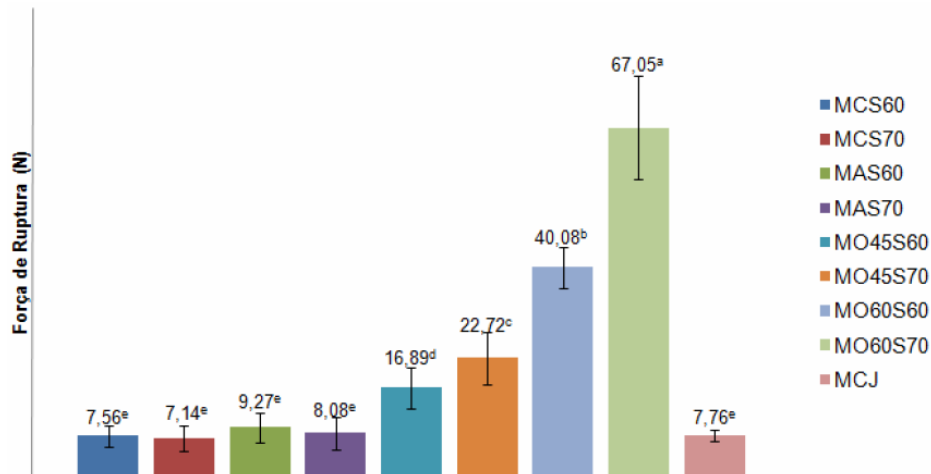
como aconteceu com os ensaios realizados a temperatura de 50°C retirados do estudo (item 5.3.2).

Frutas frescas, como a maçã, apresentam atividade de água alta ($a_w > 0,90$), indicando grande susceptibilidade à deterioração microbológica e reações enzimáticas. Quando a atividade de água é diminuída pelo processo de secagem (abaixo de 0,60), o crescimento microbológico é reduzido drasticamente. Assim, se as fatias de maçã processadas de acordo com os tratamentos estudados, forem armazenadas em embalagens e temperaturas adequadas, não sofrerão deterioração por microrganismos. Além disso, a atividade de água próxima de 0,3 indica que as reações químicas e enzimáticas estão quase estacionadas pela quantidade de soluto e a falta do solvente (FRANCO; LANDGRAF, 2003).

Córdova (2006) ao estudar maçãs Fuji comerciais e industriais desidratadas osmoticamente e submetidas à secagem encontrou valores de 0,976 a 0,987 para a fruta in natura e 0,532 a 0,558 para a fruta submetida à desidratação osmótica em combinação com a secagem convectiva. Os dados obtidos por este autor foram semelhantes aos encontrados neste trabalho.

5.3.4 Avaliação da Textura

A Figura 18 apresenta as médias da força máxima de ruptura, desvio padrão e teste de Tukey das fatias de maçã Fuji controle, acidificadas e desidratadas osmoticamente e submetidas à secagem convectiva a 60° e 70°C e da marca comercial Jasmine[®].



a,b,c

Colunas com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). Nota: MC -maçã controle com secagem a 60°C (MCS60) e 70°C (MCS70); MA -maçã acidificada com secagem a 60°C (MAS60) e 70°C (MAS70); MO45 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 60°C (MO45S60) e a 70°C (MO45S70); MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) MCJ – marca comercial Jasmine[®].

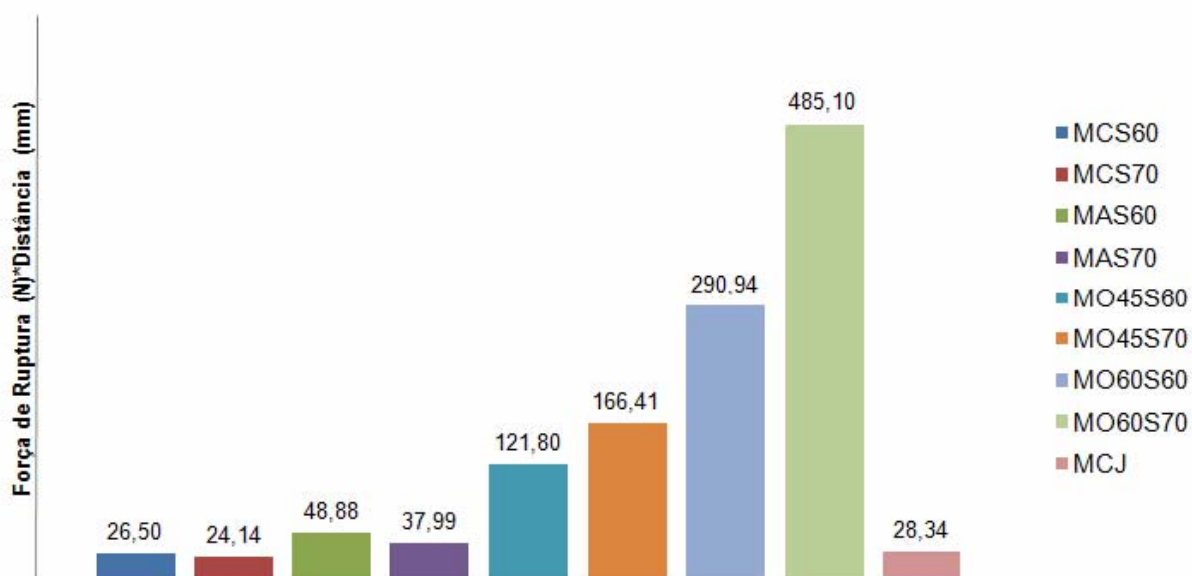
Figura 18 – Força de ruptura das fatias de maçã controle, acidificados e desidratados osmoticamente e submetidas à secagem convectiva a 60° e 70°C e da marca comercial Jasmine[®]

A força de ruptura das fatias de maçã submetidas aos tratamentos controle e acidificados, secos à 60° e 70°C, e da marca comercial não diferiram entre si ao nível de 5% de significância e apresentaram forças da ordem de 8 N, bem abaixo dos tratamentos MO45 e MO60 e secos as temperaturas de 60° e 70°C, que diferiram entre si, e variaram de 17 a 67 N. Essa diferença pode ser explicada pela concentração de FOS presente no processo osmótico, que nos ensaios estudados foi incorporado em quantidades diferentes, dependendo das temperaturas usadas (45° e 60°C). No caso do tratamento MO45 a fruta alcança uma umidade de 75%, enquanto no caso do MO60 o teor de umidade alcançado é de 65%. Isto faz com que o teor de sólidos totais iniciais na secagem convectiva seja diferente para cada tratamento, alterando a textura final dos produtos e a força necessária à ruptura.

Buchweitz (2005) avaliou a força de ruptura de kiwis desidratados osmoticamente (65% m/m de sacarose e 70°C por 2 horas) e submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 40°C. As fatias apresentaram diminuição de aproximadamente 28% na força máxima de ruptura em relação à matéria prima inicial durante o período de desidratação osmótica de 2 horas. Após este período existe uma inversão dos valores, com aumento de firmeza das fatias. Este

comportamento sugere um enfraquecimento da estrutura celular enquanto as trocas osmóticas são intensas, com reflexo direto na diminuição da firmeza das fatias, e logo após, reverte-se o comportamento inicial devido à concentração dos constituintes celulares, fato que pode estar associado ao ingresso de sólidos e a maior resistência ao rompimento das amostras na superfície. Assim, após a secagem, os solutos conferiram a fruta maior rigidez a estrutura celular, contribuindo assim para a obtenção de fatias com maior resistência ao rompimento e a textura mais similar a fruta fresca.

A Figura 19 mostra o produto da força de ruptura máxima pela distância percorrida pelo probe para a perfuração da amostra. Neste caso, algumas amostras podem ter se mostrado elásticas (pseudo-elasticidade) e esta diferença não ter sido revelada pela força máxima de ruptura. As amostras elásticas fazem com que o probe desloque a amostra da base aumentando a distância após o início do teste. Assim, este valor foi usado para diferenciar amostras submetidas ao mesmo tratamento com diferentes temperaturas de secagem.



Nota: MC -maçã controle com secagem a 60°C (MCS60) e 70°C (MCS70); MA -maçã acidificada com secagem a 60°C (MAS60) e 70°C (MAS70); MO45 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 60°C (MO45S60) e a 70°C (MO45S70); MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) MCJ – marca comercial Jasmine®.

Figura 19 – Produto da força máxima de ruptura pela distância percorrida pelo *probe* para a penetração das amostras de fatias de maçã controle, acidificadas e osmodesidratadas.

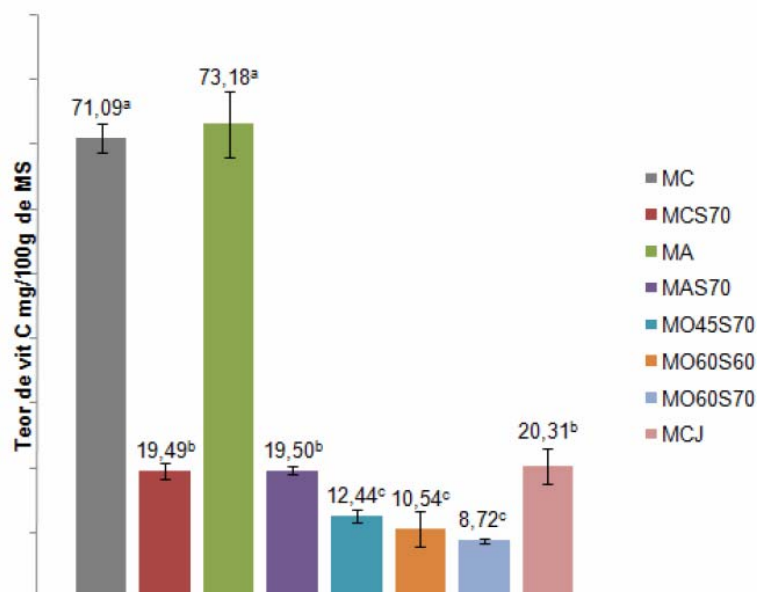
O produto dos parâmetros nas amostras controle com secagem a 60° e 70°C mostrou maior valor para a primeira onde obteve a maior distância de deslocamento do probe e aspecto elástico comparada com a secagem a 70°C. Este comportamento também ocorreu nos tratamentos acidificados com secagem a 60° e 70°C. No entanto, isto não pode se estender para as amostras osmodesidratadas já que elas iniciam o processo de secagem com uma quantidade de sólidos totais maior em relação aos tratamentos controle e acidificado.

Utilizando os parâmetros de atividade de água e de textura, os tratamentos selecionados para serem avaliados sensorialmente foram: controle e acidificado com secagem a 70°C (MCS70 e MAS70, respectivamente), tratamento MO45 desidratado osmoticamente e com secagem a 70°C (MO45S70) e tratamento MO60 desidratado osmoticamente e com secagem a 60° e 70°C (MO60S60 e MO60S70, respectivamente).

5.3.5 Ácido Ascórbico (Vitamina C)

Os teores de vitamina C (mg/100g de matéria seca) das fatias de maçã desidratadas estão apresentados na Figura 20. O controle e o controle acidificado foram incluídos nesta análise para a avaliação da perda de vitamina C por processamento.

Pela análise de variância foi possível verificar que existe diferença significativa entre pelo menos dois tratamentos estudados quanto ao teor de vitamina C. Para identificar onde existe diferença foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey.



a,b,c

Colunas com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). Nota: MC -maçã controle com secagem a 70°C (MCS70); MA -maçã acidificada com secagem 70°C (MAS70); MO45 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 70°C (MO45S70); MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) MCJ – marca comercial Jasmine®.

Figura 20 – Teor de vitamina C de fatias de maçã submetidas à desidratação osmótica e secagem convectiva

Para fatias de maçã submetidas ao tratamento de acidificação, foi encontrado o maior teor de vitamina C de 73,18 mg de vitamina C/100 g de matéria seca.

Quando comparada com a maçã in natura ou tratamento controle, apesar do aumento de 2,94%, não houve diferença significativa entre eles. A menor concentração foi de 8,72 mg de vitamina C/100 g de matéria seca, encontrada para o tratamento em que as fatias de maçã foram desidratadas osmoticamente (40% p/v de concentração e 60°C de temperatura) e secas a 70°C.

Pelo teste de Tukey, as fatias de maçã controle (in natura) e acidificada não tiveram diferença significativa entre elas, mas diferiram de todos os outros tratamentos. Os tratamentos controle com secagem a 70°C e a marca comercial Jasmine® tiveram 72,58 e 71,44% de perda de vitamina C comparados com a fruta in natura. Enquanto o tratamento acidificado com secagem a 70°C teve 73,35% comparado com o tratamento acidificado in natura. Além disso, não diferem entre si, mas diferem de todos os outros tratamentos.

Os três tratamentos desidratados osmoticamente (MO45S70 e MO60 com secagem a 60° e 70°C) não diferem entre si, mas diferem de todos os outros tratamentos. Estes tratamentos apresentaram os maiores valores de perda de vitamina C quando comparados com a fruta acidificada in natura (perdas de 83,01, 85,60 e 88,08%). Estas perdas observadas durante o processamento devem-se ao caráter hidrossolúvel da vitamina C que, provavelmente, solubilizou-se na solução do processo de desidratação osmótica (BRANDELERO, 2001).

Estudando kiwis, Buchweitz (2005) avaliou que no processo de desidratação osmótica por 2 horas e em secagem em estufa a 40°C encontrou perdas de ácido ascórbico em quantidades de 30,5, 53,21 e 67,08% em comparação com a fruta in natura para tratamentos de desidratação osmótica, secagem e a combinação destes dois tratamentos.

Quando observados os tratamentos MO60S60 e MO60S70, que constituem o mesmo tratamento osmótico com secagem a diferentes temperaturas nota-se uma relação onde com o aumento da temperatura o teor de vitamina C é diminuído. A perda de vitamina C ocorre principalmente por degradação química através da oxidação do ácido ascórbico para o ácido dehidroascórbico e outros bioprodutos nutricionalmente inativos. O ácido ascórbico é facilmente oxidado especialmente em soluções aquosas e muito favorecido pela presença de oxigênio e de altas temperaturas (GIOVANELLI et al., 2002).

Segundo Souza Filho et al. (1999), as perdas de ácido ascórbico durante o processamento osmótico e térmico estão associadas a uma combinação de perdas por difusão durante a osmose e à degradação química e térmica, pelo efeito do calor.

O teste de Cochram, Hartley, Bartlett sugeriu pelo $p > 0,05$ que a variância é homogênea indicando a validade do teste de comparação de médias (Tukey).

5.3.6 Análise Sensorial

O questionário de recrutamento foi usado com a finalidade de caracterizar os provadores que participaram do teste sensorial quanto às suas

preferências. As respostas aos itens do questionário foram representados pela Figura 21.

Metade do total de provadores (50%) tinha idade entre 15-25 anos (Figura 21A), sendo 66% do sexo feminino (Figura 21B), divididos em sua maioria por alunos (82%) de graduação (46%) e pós-graduação (46%) (Figura 21C). Quanto à aceitação das frutas desidratadas, 90% dos provadores gostam de frutas desidratadas (Figura 21E) e todos eles gostam de alimentos com fonte de fibras (Figura 21F).

A frequência de consumo de frutas desidratadas é considerada baixa, representada por 58% dos provadores que nunca comem maçã desidratada, 38% consomem ocasionalmente e 8% moderadamente (Figura 21G). O consumo destes alimentos não depende somente de uma mudança cultural na alimentação, mas na maioria dos casos os fruticultores produzem predominantemente para o mercado in natura, onde em geral conseguem um retorno maior, vendendo apenas o excedente a um preço menor para a indústria. Com isso, no Brasil, a produção e comercialização de frutas processadas acompanham de perto a produção e comercialização de fruta fresca (RUGGIERO, 2004).

Alimentos com fontes de fibras são consumidos frequentemente por 60% dos provadores, 28% moderadamente e 10% ocasionalmente (Figura 21H).

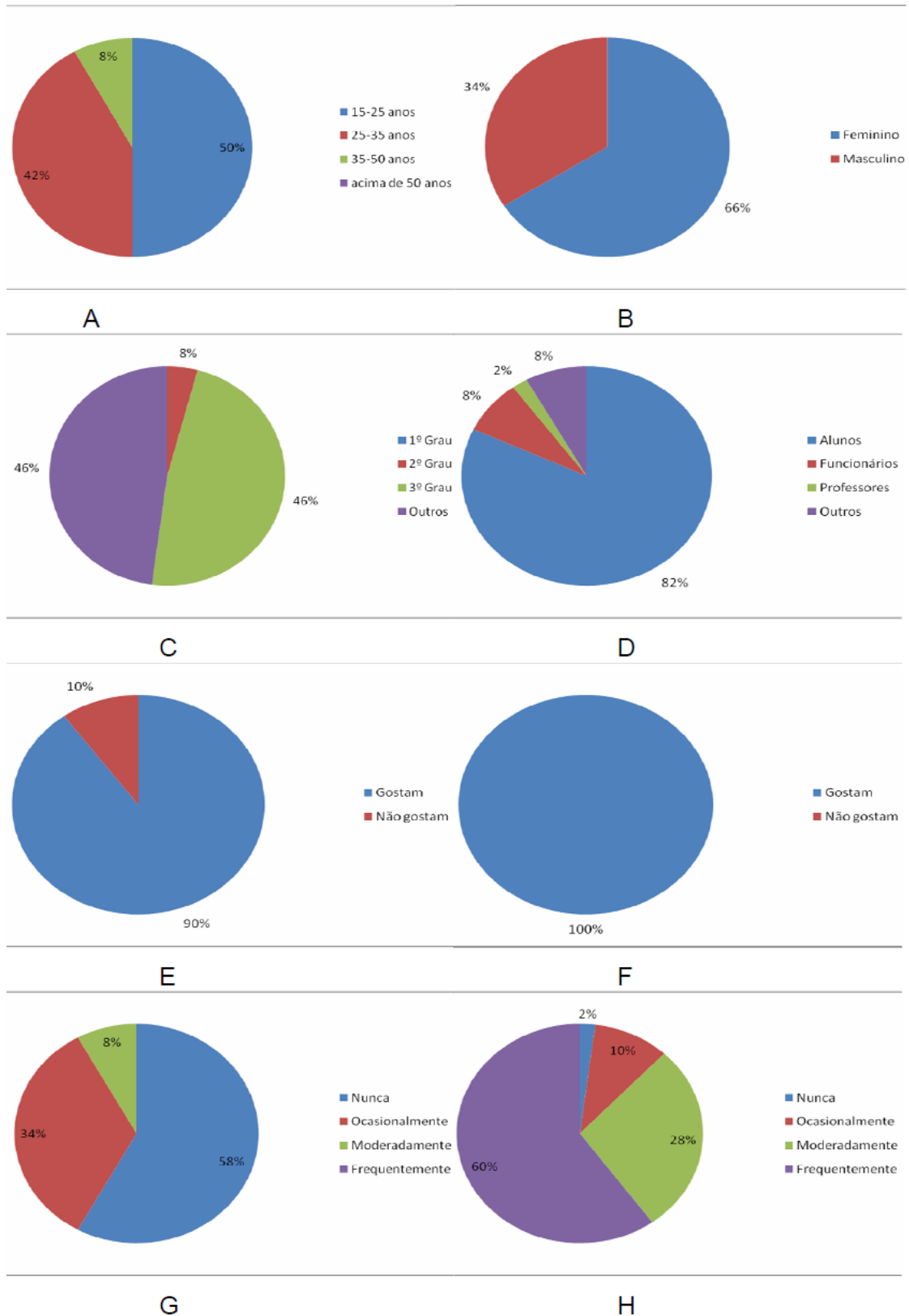


Figura 21 - Percentuais de provadores que responderam ao questionário de recrutamento. A) faixa etária, B) sexo, C) escolaridade, D) ocupação, E) aceitação de frutas desidratadas, F) aceitação de alimentos com fonte de fibras, G) freqüência de consumo de maçã desidratada e H) freqüência de consumo de alimentos com fonte de fibras.

O teste de preferência foi realizado utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, conforme ficha no Anexo 3, para fatias de maçã desidratadas osmoticamente e submetidas à secagem em diferentes temperaturas e para os tratamentos controle, acidificado e para a marca comercial Jasmine®. A finalidade deste teste foi verificar o grau de aceitação e comparação entre tratamentos do produto para os provadores.

Para todos os atributos analisados (cor, aroma, sabor, crocância e aparência global) houve diferença significativa entre os tratamentos estudados e os resultados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Notas do teste de aceitação para maçãs desidratadas por secagem osmo-convectiva

Tratamentos	Cor	Aroma	Sabor	Crocância	Aparência global
MCS70	6,8 ^{a,b}	7,1 ^a	7,2 ^{a,c}	5,5 ^b	6,7 ^{a,b,c}
MAS70	7,0 ^{a,b}	7,2 ^a	7,2 ^{a,c}	6,1 ^b	6,9 ^{a,b}
MO45S70	6,6 ^{a,b}	6,5 ^{a,b}	6,4 ^{b,c}	4,3 ^c	5,9 ^{c,d}
MO60S60	6,2 ^b	5,7 ^b	5,7 ^b	3,6 ^c	5,2 ^d
MO60S70	6,7 ^{a,b}	6,5 ^{a,b}	6,5 ^{b,c}	5,5 ^b	6,1 ^{b,c,d}
MCJ	7,1 ^a	7,2 ^a	7,6 ^a	7,7 ^a	7,5 ^a

a,b,c

Colunas com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Nota: MC -maçã controle com secagem a 70°C (MCS70); MA -maçã acidificada com secagem 70°C (MAS70); MO45 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 70°C (MO45S70); MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS[®] e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) MCJ – marca comercial Jasmine .

Pelos resultados apresentados na Tabela 9, é possível verificar que as fatias de maçã desidratadas de todos os tratamentos obtiveram notas sensoriais acima de 6 (gostei ligeiramente) para todos os atributos, exceto crocância, indicando a aceitação dos provadores com o produto testado.

As médias para o atributo cor variaram de 6,2 (MO60S60) a 7,1 (MCJ) e houve diferença significativa apenas entre estes dois tratamentos. Desta forma pode-se afirmar que as fatias de maçã desidratada pelos diversos tratamentos

experimentais, exceto MO60S60, apresentaram aceitação semelhante ao produto comercial.

Para o atributo aroma, as médias variaram de 5,7 (MO60S60) a 7,2 (MCJ). Da mesma forma com o que ocorreu com a cor, para este atributo estes dois tratamentos diferiram significativamente. A marca comercial não foi diferente dos tratamentos MO45 e MO60 com secagem a 70°C e dos tratamentos controle e acidificado com secagem a 70°C. A nota de aceitação para o aroma da amostra MO60S60 foi a menor dentre todos os tratamentos, provavelmente devido à menor temperatura de secagem e, conseqüentemente, um maior tempo de secagem para alcançar a umidade desejada, implicando numa maior perda de aromas.

Os tratamentos osmodesidratados apresentaram diferença de aceitação de sabor, sendo que as amostras comercial, controle e acidificada com secagem a 70°C apresentaram notas superiores às das amostras MO45 e MO60 com secagem a 70°C e MO60 com secagem a 60°C.

Alguns autores afirmam que para produtos osmodesidratados submetidos à secagem convectiva, as características mais importantes são o sabor e a textura destes produtos, que geralmente são alterados pelo uso de diferentes solutos no processo osmótico, gerando sabor residual (BRANDELERO, 2001; CÓRDOVA, 2006).

A melhor média para o atributo crocância foi mostrada pela marca comercial (7,7) com diferença significativa com as demais amostras. As menores médias foram atribuídas pelos provadores as amostras MO45 com secagem a 70°C e MO60 com secagem a 60°C, que não diferiram entre si. Os tratamentos controle, acidificados e MO60 com secagem a 70°C obtiveram médias intermediárias de crocância e não diferiram entre si. Pelos comentários dos provadores nas fichas sensoriais, as amostras MO45S70 e MO60S60 apresentaram falta de crocância e aderência aos dentes. A amostra MO60S70 se apresentou quebradiça, que foi tomada por alguns provadores como dureza, como mostrado na análise de textura, onde avaliou-se a força máxima de ruptura e este tratamento obteve o maior resultado.

A fraturabilidade das amostras apesar de esperada pelos provadores, como relatado nas fichas sensoriais, não foi satisfeita pelas fatias de maçã desidratadas produzidas em condições laboratoriais.

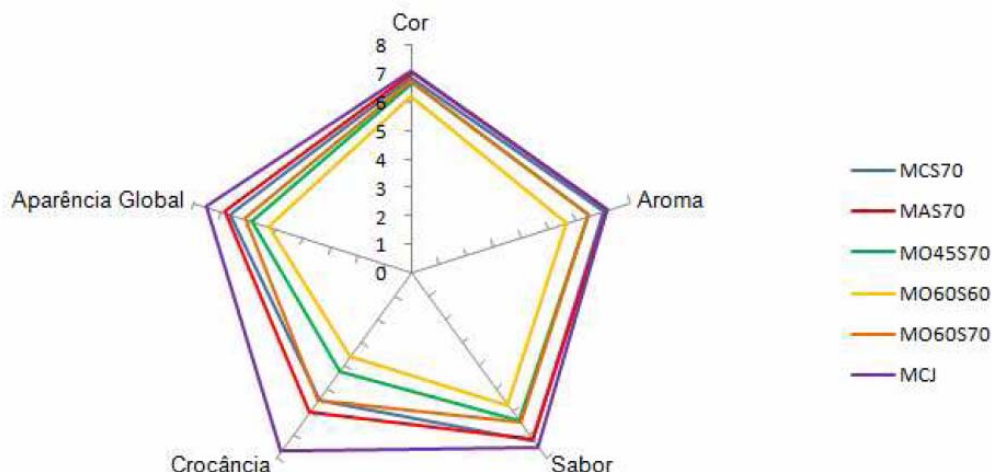
As fatias de maçã do tratamento MO60 com secagem a 60°C obtiveram a menor média pra o atributo de aparência global, mas não diferiu significativamente dos outros tratamentos osmodesidratados. Esta menor média foi superior a 5, ou seja, o limite de indiferença na escala utilizada, indicando ainda assim, boa aceitação desta amostra (BRANDELERO, 2001). Houve diferença significativa destes tratamentos e a marca comercial, que apresentou a maior média, mas não diferiu dos tratamentos Controle e acidificada, ambas com secagem a 70°C.

As médias para os atributos que foram maiores que 6,0 indicam a aceitação do provador (na escala “gostei”) que foi mostrada pelos atributos cor, aroma, sabor e aparência global para os tratamentos osmodesidratados MO45S70 e MO60S70. E destes, o MO60S70 foi o que apresentou maiores médias indicando maior aceitação pelo consumidor dos tratamentos osmodesidratados.

Azevedo e Jardine (2000) utilizando o pré-tratamento osmótico aplicado à tecnologia de métodos combinados, obtiveram abacaxi desidratado de boa qualidade, sendo esses bem aceitos sensorialmente.

Córdova (2006), avaliando cubos de maçã desidratados osmoticamente com sacarose e sorbitol e submetidos à secagem convectiva, realizou o teste sensorial de preferência utilizando uma escala hedônica de 9 pontos e avaliando apenas a aparência global. Pelos dados obtidos, apenas o tratamento osmodesidratado com sacarose foi utilizado para um teste de perfil de características, pois as notas atribuídas as amostras pré-tratadas com sorbitol foram relativamente baixas onde 58% das médias foram abaixo de três, enfatizando que não houve boa aceitação do sorbitol como agente desidratante.

A Tabela 10 foi representada graficamente pela Figura 22 e nas Figuras 23 a 27 estão as fotos das fatias de maçã de cada tratamento.



Nota: MC -maçã controle com secagem a 70°C (MCS70); MA -maçã acidificada com secagem 70°C (MAS70); MO45 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 70°C (MO45S70); MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) MCJ – marca comercial Jasmine .

Figura 22 – Perfil sensorial das maçãs osmodesidratadas submetidas à secagem convectiva pelo teste de aceitação sensorial

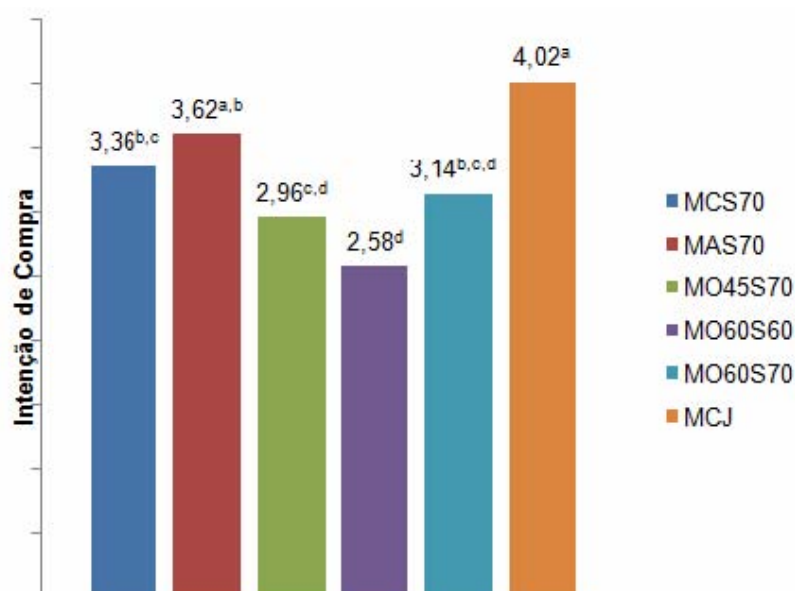
Pela Figura 22 é possível verificar que as notas médias para as fatias de maçã da marca comercial foram maiores, para todos os atributos avaliados. As médias para as fatias do tratamento MO60 com secagem a 60°C (Figura 27), indicam que este tratamento foi o menos preferido pelos provadores, confirmado também pelo teste de intenção de compra (Figura 23), onde obteve a menor média de todos os tratamentos. Isto indica que esta amostra não estaria apta para a comercialização.

Pereira et al. (2003) em estudo sensorial de goiabas relataram que as características de aroma, textura e aparência da amostra osmoticamente desidratadas se apresentaram um pouco inferior em relação à amostra *in natura* (goiaba variedade Paluma). O sabor, no entanto, mostrou-se superior ao da goiaba fresca e os outros atributos (impressão global e cor) permaneceram inalterados após o tratamento osmótico.

Buchweitz (2005) avaliou sensorialmente kiwis desidratados osmoticamente usando como agente desidratante a sacarose, comparando com amostras apenas submetidas à secagem convencional. Foi realizado um teste de aceitação com escala hedônica de nove pontos onde avaliaram aparência geral devido à dureza das fatias, e realizando uma reconstituição com água e açúcar foi

avaliado a qualidade global através da degustação. Neste trabalho, os autores observaram que as fatias de kiwi submetidas à desidratação osmótica antes da secagem tiveram maior aceitação da sua aparência geral e também da qualidade global. A reconstituição com água e açúcar parece favorecer a aceitação da amostra que não recebeu tratamento osmótico previamente à secagem, o que não ocorreu com amostra que recebeu tratamento prévio. Este comportamento dos provadores não foi verificado com a análise sensorial de maçãs, onde para a maioria dos atributos avaliados as amostras que foram apenas submetidas à secagem convectiva receberam maiores médias comparadas com as amostras osmodesidratadas.

Para o teste de intenção de compra (Figura 22), aplicado juntamente com o de aceitação sensorial, com escala de 1 a 5 (Anexo 3), a amostra que obteve a maior média foi a marca comercial, com 4,0 (possivelmente compraria) e não diferiu significativamente do tratamento acidificado com secagem a 70°C (Figura 24) indicando a semelhança dos aspectos sensoriais destas amostras.



.b,c,d

Colunas com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). Nota: MCS70 - maçã controle com secagem a 70°C; MAS70 -maçã acidificada com secagem 70°C; MO45S70 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 70°C; MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) e MCJ – marca comercial Jasmine®.

Figura 23 – Intenção de compra de maçãs desidratadas osmoticamente e com secagem convectiva

A amostra controle com secagem a 70°C (Figura 23) obteve média 3,4 (talvez comprasse/ talvez não comprasse) para intenção de compra e não diferiu significativamente dos tratamentos MO60 com secagem a 70°C (Figura 27), com média de 3,1 e este não diferiu do MO45 com secagem a 70°C (Figura 25), com média de 3,0. Esta nota indica a indiferença dos provadores com o produto testado.



Figura 24 – Maçã Fuji controle com secagem a 70°C



Figura 25 – Maçã Fuji acidificada com secagem a 70°C



Figura 26 – Maçã Fuji desidratada osmoticamente (40% p/v [FOS] e 45°C) com secagem convectiva a 70°C

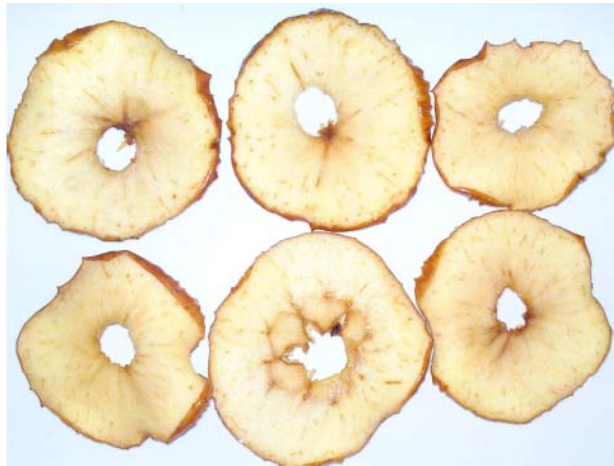


Figura 27 – Maçã Fuji desidratada osmoticamente (40%p/v [FOS] e 60°C) e com secagem convectiva a 60°C

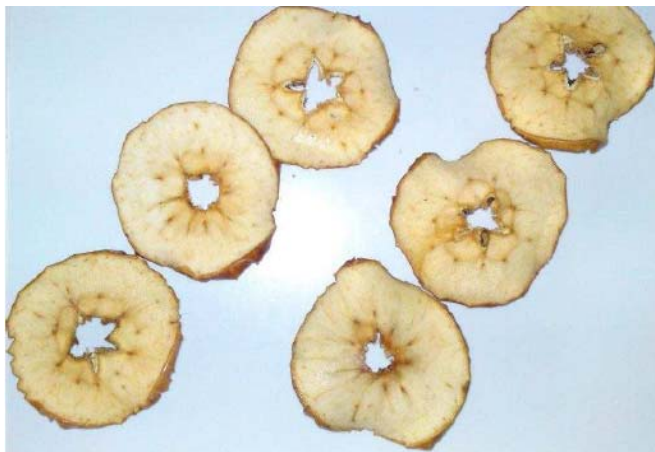
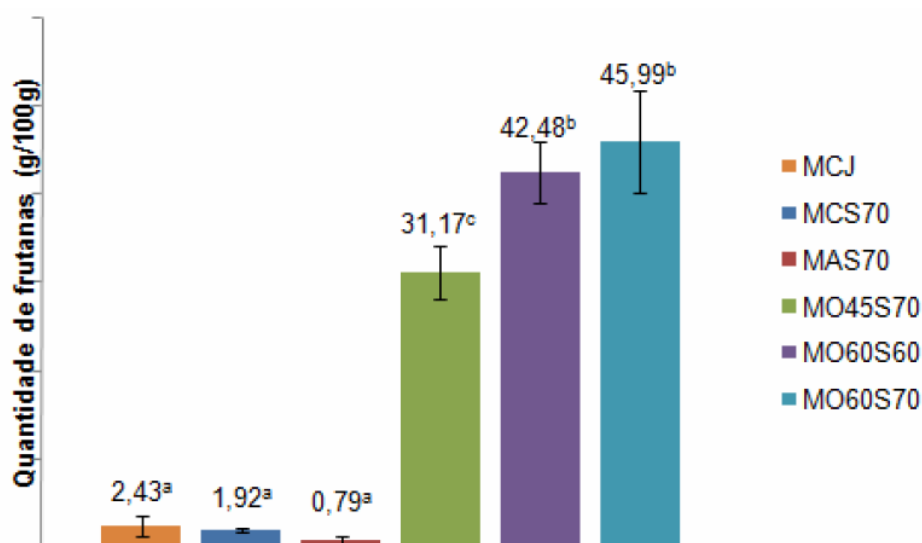


Figura 28 – Maçã Fuji desidratada osmoticamente (40%p/v [FOS] e 60°C) e com secagem convectiva a 70°C

5.3.7 Quantificação de FOS

Na Figura 29 foi apresentada a quantidade de frutanas (g/100g de produto final) determinado por quantificação enzimática (kit Megazyme).



a,b

Colunas com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). Nota: MCS70 -maçã controle com secagem a 70°C; MAS70 -maçã acidificada com secagem 70°C; MO45S70 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 70°C; MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) e MCJ – marca comercial Jasmine®.

Figura 29 – Teor de frutanas (g/100g) em produtos finais desidratados osmoticamente com secagem convectiva

Os tratamentos com secagem convectiva a 70°C, controle e acidificado, e a marca comercial Jasmine® não diferiram significativamente e foram diferentes dos tratamentos desidratados osmoticamente. Os tratamentos MO60S60 e MO60S70 não diferiram significativamente na quantidade de frutanas porque foram submetidos as mesmas condições de temperatura e concentrações osmóticas, onde o primeiro foi seco a 60°C e o outro a 70°C.

O ingrediente utilizado como fonte de frutooligossacarídeos foi quantificado em teor de frutanas e obteve $64,87 \pm 0,21$ g/100g de frutanas. A partir

desta quantificação foi possível calcular a concentração de FOS presente nas amostras estudadas e estes valores estão na Tabela 11.

Tabela 10 – Quantidade de FOS das amostras de maçã Fuji controle e desidratadas osmoticamente por quantificação com kit enzimático de frutanas.

Tratamento	g de frutanas / 100g de produto	≈ g FOS / 100g de produto
MCS70	1,92	2,96
MAS70	0,79	1,21
MO45S70	31,17	48,04
MO60S60	42,48	65,49
MO60S70	45,99	70,89
MCJ	2,43	3,74

Nota: MCS70 -maçã controle com secagem a 70°C; MAS70 -maçã acidificada com secagem 70°C; MO45S70 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 45°C com secagem a 70°C; MO60 -maçã osmodesidratada 40% p/v FOS e 60°C com secagem a 60°C (MO60S60) e a 70°C (MO60S70) e MCJ – marca comercial Jasmine .

A quantidade de FOS incorporada nos tratamentos osmóticos variou entre 48,04 e 70,89 g/ 100g. Uma porção de 100g do produto final ultrapassaria a ingestão diária deste ingrediente que é de até 30g por dia. Porém, considerando que frutas desidratadas possuem menor volume pela perda de água durante o processamento, a ingestão diária recomendada das fatias de maçã osmodesidratadas com secagem convectiva seria de 50 g por dia. Esta indicação foi baseada no produto similar existente no mercado que é oferecido em embalagens nesta quantidade.

Pelo cálculo, baseado na quantificação de frutanas, os tratamentos marca comercial, controle e acidificados com secagem a 70°C apresentaram 3,74, 2,96 e 1,21 g de FOS/ 100 g de produto. Nestes tratamentos o FOS não foi adicionado e pela literatura constatou-se que a maçã não constitui uma fonte natural de FOS (VORAGEN, 1998). Este valor representa, provavelmente, os açúcares presentes na fruta *in natura* isto por que a que a última etapa da metodologia de determinação de frutanas é realizada por quantificação em açúcares redutores.

6 CONCLUSÃO

O processo de desidratação osmótica foi otimizado através do estudo dos efeitos das variáveis de processo (pré-tratamento, temperatura e concentração de FOS) sobre o teor de sólidos solúveis e luminosidade (L^*) das amostras desidratadas e foram selecionados os tratamentos contendo 40% (m/v) de FOS na solução osmótica tanto a 45°C como a 60°C. O pré-tratamento selecionado foi a acidificação por apresentar incorporação de FOS em quantidades compatíveis com a recomendação de ingestão diária indicada pela legislação brasileira e alta luminosidade, indicando menor escurecimento enzimático.

As fatias de maçã desidratadas de todos os tratamentos obtiveram notas sensoriais acima de 6 (nem gostei / nem desgostei) para todos os atributos, exceto crocância, indicando uma boa aceitação. A quantidade de FOS incorporada nos tratamentos osmóticos variou entre 48 e 71 g / 100g, caracterizando o produto como sendo funcional. Assim, é possível afirmar que este produto de maçã tem potencial para ser produzido em escala comercial com boa aceitação no mercado.

REFERÊNCIAS

ABUD-ARCHILA, M. et al. Optimization of osmotic dehydration of yam bean (*Pachyihizus erosus*) using an orthogonal experimental desing. **Journal of Food Engeneering**, v. 84, p. 413-419, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, 1994.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos**: teoria e prática. 3 ed. Viçosa: UFV, 2004.

AZEREDO, H. M. C.; JARDINE, J. G. Desidratação Osmótica de Abacaxi Aplicada à Tecnologia de Métodos Combinados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 74–82, jan.-abr. 2000.

AZOUBEL, P. M. **Desidratação osmótica e secagem de tomate cereja (*Lycopersicum esculatum*, var. *Cerasiforme*)**. 1999. 102p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

BARAT, J. M.; FITO, P.; CHIRALT, A. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. *Journal of Food Engineering*, v. 49, n. 2-3, p. 7785, 2001.

BECKER, M. **Um selo para a maçã**. Inmetro, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior: Brasil, jan, 2003. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/noticias/verNoticia.asp?seq_noticia=654. Acesso em: 11 fev. 2010.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arq. Biol. Tech.**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

DEMCZUR JUNIOR, B. et al. Degradação da cor e do ácido ascórbico na desidratação osmótica de kiwi. **B. Ceppa**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 229-238, jul.-dez.,2008.

BUCHWEITZ, P. R. **Avaliação da Pré-Secagem de Kiwi (*Actinidia deliciosa*) complementada por processos convencionais**. 2005. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BUGGENHOUT, S. V. et al. Use of pectinmethylesterase and calcium in osmotic dehydration and osmodehydrofreezing of strawberries. **European Food Research and Technology**, Germany, v. 226, n. 5, p. 1145-1154, 2008.

BÚRIGO, T. et al. Efeito bifidogênico do frutooligossacarídeo na microbiota intestinal de pacientes com neoplasia hematológica. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 20, n. 5, p. 491-497, set./out., 2007.

BRANDELERO, R. P. H. **Processamento de Abacaxi por Métodos Combinados**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Londrina.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 12, 30 de março de 1978. Aprova as normas técnicas especiais, do estado de São Paulo, revistas pela CNNP, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo o território brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 jul. 1978.

BRASIL. ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 02 de 7 de janeiro de 2002**. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm#> Acesso em: 23 mar. 2009.

CARNELOSSI, M. A. G. et al. Determinação das etapas do processamento mínimo de quiabo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.4, p. 970-975, out.-dez. 2005.

CETNARSKI FILHO, R.; CARVALHO, R. I. N.; MARTIN, V. C. Caracterização da Maça Brasileira Comercializada em Curitiba e Região Metropolitana. **Revista Acadêmica**, Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 21-27, jan./mar. 2008.

CÓRDOVA, K. R. V. **Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã Fuji comercial e industrial**. 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba: Editora Champagnat, 2007.

EL-AQUAR, A. A. **Avaliação do processo combinado de desidratação osmótica e secagem na qualidade de cubos de Mamão Formosa (*Carica papaya L.*)**. 2001. 113p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

EL-AQUAR, A. A.; MURR, F. E. X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya L.*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 69-75, jan.-abr. 2003.

FERRARI, C. C. et al. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 564-570, jul.-set. 2005.

FERTONANI, H. C. R. et al. Influência da concentração de ácidos no processo de extração e na qualidade de pectina de bagaço de maçã. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 599-612, out./dez. 2006.

FRANCO, B.D.G.M. LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2003.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **The Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401-1412, 1995.

GIOVANELLI, G. et al. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 135-141, 2002.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 2007.

HAMINIUK, C. W. I. et al. Efeito de pré-tratamentos no escurecimento das cultivares de maçã Fuji e Gala após o congelamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1029-1033, set./out., 2005.

HAULY, M. C. O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e Oligofrutose: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológica**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 105-118, dez. 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** São Paulo: IAL, 2005.

LEWICKI, P.P.; LUKASZUK, A. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. **Journal of Food Engineering**, v.45, p.119-126, 2000.

MATUSEK, A.; CZUKOR, B.; MERÉSZ, P. Comparison of sucrose and fructo-oligosaccharides as osmotic agents in apple. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, n. 3, p. 365-373, jul, 2008.

MELONI, P. L. S. **Desidratação de frutas e hortaliças.** Fortaleza: Instituto Frutal, 2003.

MOTA, R. V. Avaliação da qualidade de banana passa elaborada a partir de seis cultivares. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 3, p: 560-563, jul.-set., 2005.

MOURA, C. D. **Aplicação de redes neurais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Pilymnia sonchifolia*) com pré-tratamento osmótico.** 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba/PR, 2004.

MUSSATTO, S. I.; MANCILHA, I. M. Non-digestible oligosaccharides: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 68, p. 587-597, 2007.

NEPA/ UNICAMP. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** Campinas, 2. Ed. 113 p., 2006.

NOGUEIRA, A. et al. Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos em suco de maçã. **Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 7-14, dez. 2003.

OLIVEIRA, L. A. et al. Respostas glicêmicas de ratos diabéticos recebendo solução aquosa de yacon. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 61-67, jan./mar., 2009.

OZDEMIR, M. et al. Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by surface methodology. **Food Science and Technology**, v. 41, n. 10, p. 2044-2050, 2008.

PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligosacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**: Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 385-390, 2003.

PEDRESCHI, R. et al. Andean Yacon root (*Smallantus sonchifolius Poepp.*) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 5278-5284, 2003.

PEREIRA, L. M. et al. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 427433, set.-dez. 2003.

PEREZ, L. H. Maçã: evolução da produção e do comércio internacional no Brasil e no mundo, na década de 90. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 9, p. 46-52, set., 2002.

PEREZ, L. H. **Produção e comércio internacional de maçã de 2003 a 2005**. Toda fruta, Jaboticabal, out., 2006. Disponível em:
<http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=13795>.
Acesso em: 21 jan. 2010.

PINTO, J. T. **Efeito da estocagem da goiaba a diferentes temperaturas sobre os teores de carotenóides e de ácido ascórbico**. 2006. Dissertação (Mestrado), Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdades de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2006.

POMERANZ, Y.; MELOAN, C.E. **Food Analysis: theory and practice**. New York; Ed. Chapman and Hall, 1994. 778p.

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.

RIBEIRO, P. A. Descrição e comportamento de algumas cultivares de macieira no Sul do Brasil. In: **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1985. p. 59-91.

RIBEIRO, E. P; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Edgar Blücher: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004.

RODRIGUES, R. S.; BILHALVA, A. B. Saturação de figo (*Ficus Carica*, L.) com açúcares: influência do pH e da temperatura. **Boletim SBCTA**, Curitiba, v. 30, n. 1, p. 78–81, jan.-jun. 1996.

RODRIGUES, A. E. **Desidratação Osmótica e Secagem de Maças. I – Comportamento do Tecido em Soluções Osmóticas. II – Modelagem Matemática da Difusão**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus São José do Rio Preto, 2003.

RUGGIERO, C. **Produção e mercado de frutas desidratadas**. Toda fruta: Jaboticabal, ago, 2004. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=6687>. Acesso em: 25 jan. 2010.

SANJINÉZ-ARGANDOÑA, E. J. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas: Avaliação de um estudo osmótico semi-contínuo, da secagem e da qualidade**. 2005. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SANTOS, J. S. et al. Suco de uva suplementado com *Lactobacillus acidophilus* e oligofrutose. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.4, p.839-844, out-dez, 2008.

SATO, A. C. K.; SANJINÉZ-ARGANDOÑA, E. J.; CUNHA, R. L. Avaliação das propriedades físicas, químicas e sensorial de preferência de goiabas em calda industrializadas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 24, n. 4, p.550-555, 2004.

SOUZA FILHO, M.M. et al. Efeito do branqueamento, processo osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedúnculos de caju processados por métodos combinados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 19, n. 2, p. 211-213, 1999.

TAN, M. et al. Effect of osmotic pretreatment and infrared radiation on drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. **Drying Technology**, v. 19, n. 9, p. 2193-2207, 2001.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Efeito do teor de soro, açúcar e de frutooligossacarídeos sobre a população de bactérias lácticas probióticas em bebidas fermentadas. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 41, n. 03, jul./set., 2005.

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

VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. **Produção Integrada de Maças no Brasil**. Embrapa Uva e Vinho, jan, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Maca/ProducaoIntegradaMaca/index.htm>>. Acesso em: 31 jul. 2008.

VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas v. 21, n. 3, p. 321-325, set-dez, 2001.

VALENTE, P. P. S. S. **Desidratação Osmótica e Secagem de Abacaxi (*Ananás Comosus* (L.) Merrill), variedade pérola**. 2007. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2007.

VEGA-GÁLVEZ, A. et al. Deshidratión osmótica de La papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 3: 470-477, jul.-set. 2007.

VORAGEN, A. G. J. Technologycal aspects of functional food-related carbohydrates. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, p. 328-335, 1998.

WOSIACKI, G.; PHOLMAN, B. C.; NOGUEIRA, A. Característica de qualidade de cultivares de maçã: avaliação físico-química e sensorial de quinze cultivares. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 347-352, jul.-set., 2004.

ANEXOS

ANEXO A – QUESTIONÁRIO PARA RECRUTAMENTO DE PROVADORES

Desejamos formar uma equipe de provadores para avaliar a qualidade de maçã seca desidratada com fonte de fibras. Ser um provador não exigirá de você nenhuma habilidade excepcional, não tomará muito seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. A prova será realizada no Laboratório de Análise Sensorial do DCTA em duas sessões que levarão em torno de 15 minutos cada e você poderá fazê-la no horário que tiver maior disponibilidade. Se tiver qualquer dúvida, ou necessitar de informações adicionais, entre em contato com Prof. Dionisio Borsato, ramal 4878, dborsato@uel.br ou com a aluna Mariana Egea, pelo telefone (43)99709985, marianaegea@hotmail.com.

Dados Pessoais

Nome _____

Telefone para contato / e mail _____

1-Faixa etária

15-25

25-35

35-50

acima de 50 anos

3- Ocupação

aluno _____

funcionário

professor

outro _____

2- Sexo

masculino

feminino

4- Escolaridade

1º grau

2º grau

3º grau

outro _____

5. Gosta de frutas desidratadas: Sim

Não

6. Gosta de alimentos com indicação funcional: Sim

Não

7- Freqüência de Consumo de:

Maçã desidrata:

Nunca

Ocasionalmente - _____ vezes por ano

Moderadamente - _____ vezes por mês

Freqüentemente - _____ vezes por semana

Alimentos com fonte de fibras:

Nunca

Ocasionalmente - _____ vezes por ano

Moderadamente - _____ vezes por mês

Freqüentemente - _____ vezes por semana

Produtos que costuma consumir com fonte de fibras:

ANEXO B -TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos você a participar de um estudo com o título “Otimização de incorporação de frutooligossacarídeos em maçã Fuji (*Malus domestica*) por processo osmótico” que tem como objetivo o desenvolvimento de um produto constituído exclusivamente de fatias de maçã incorporadas com frutooligossacarídeos (FOS) produzidos por desidratação osmótica e posterior secagem. Todo o processamento das fatias secas de maçãs foi desenvolvido de acordo com as Normas de Boas Práticas de Fabricação (RDC nº275 de 21 de outubro de 2002).

Para a realização desta pesquisa você responderá um questionário para recrutamento de provadores e realizará a prova de oito amostras. Destas, quatro contém um ingrediente alimentício denominado de frutooligossacarídeos que está presente em quantidade entre 3 a 20g, dando as maçãs secas qualidade de alimento potencialmente funcional. Uma ingestão diária maior que 20 a 30 g deste ingrediente não é recomendada por causar problemas desagradáveis de flatulência, o que não é o caso do produto desenvolvido. Os frutooligossacarídeos estão presentes naturalmente nas cebolas, chicória, alho, banana, cevada, trigo e outros.

Essa análise sensorial será aplicada pela aluna de mestrado em Ciência de Alimentos Mariana Buranelo Egea no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina sob orientação dos Professores Dr. Dionísio Borsato (Departamento de Química) e Dr. Fábio Yamashita (Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos). A participação na pesquisa como provador é voluntária e gratuita.

Eu, _____, R.G. _____, aceito participar do Projeto “Otimização de incorporação de frutooligossacarídeos em maçã Fuji (*Malus domestica*) por processo osmótico”, na qualidade de provador do produto desenvolvido. Declaro ainda que estou informado que serão avaliados os aspectos físicos do produto em processo de desenvolvimento, como cor, sabor e crocância, com finalidade de avaliar a aceitação e a preferência entre os tratamentos estudados. Entendo que, ao participar, estarei colaborando no desenvolvimento de uma Dissertação de Mestrado, e, portanto, no treinamento e formação de um profissional.

Londrina, _____ de _____ de 200__.

Telefones para contato: Prof. Dr. Dionísio Borsato (43)9101-0110/ (43)3371-4878 (Departamento de Química) Prof. Dr. Fábio Yamashita (43)3371-4565 Mariana Buranelo Egea (43)9970-9985 Comitê de Ética e Pesquisa (43)3371-2490

ANEXO C – FICHA PARA ANÁLISE DE TESTE DE ACEITAÇÃO

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo amostras de maçã desidratada com fonte de fibras. Por favor, avalie a amostra codificada indique baseado na escala abaixo, o quanto você gostou e desgostou de cada atributo.

9 – gostei muitíssimo

8 – gostei muito

7 – gostei moderadamente

6 – gostei ligeiramente

5 – nem gostei/nem desgostei

4 – desgostei ligeiramente

3 – desgostei moderadamente

2 – desgostei muito

1 – desgostei muitíssimo

Atributos

Valor

Cor

Aroma

Sabor

Crocância

Global

Intenção de Compra

Indique na escala de 1 a 5, qual seria a sua atitude, caso você encontrasse a amostra à venda:

5 – certamente compraria

4 – possivelmente compraria

3 – talvez comprasse/ talvez

não comprasse

2 – possivelmente não

compraria

1 – certamente não compraria

Amostra

Nota

Comentários:
