**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeito da utilização de película e de diferentes formas de
acondicionamento na conservação pós-colheita e fritura de batatas
minimamente processadas**

Patrice Daniele Berbert Dias

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2011**

Patrice Daniele Berbert Dias
Engenheira de Alimentos

**Efeito da utilização de película e de diferentes formas de acondicionamento na
conservação pós-colheita e fritura de batatas minimamente processadas**

Orientadora:
Profa. Dra. **SILENE BRUDER SILVEIRA SARMENTO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2011

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Dias, Patrice Daniele Berbert

Efeito da utilização de película e de diferentes formas de acondicionamento na conservação pós-colheita e fritura de batatas minimamente processadas / Patrice Daniele Berbert Dias. - - Piracicaba, 2011.

137 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Argônio 2. Armazenagem de alimentos 3. Batata 4. Hidrocolóide 5. Processamento de alimentos 6. Vácuo I. Título

CDD 664.80521
D541e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista a toda minha família, principalmente aos meus pais Ari e Regina, meus verdadeiros mestres, e ao meu marido Lucas, exemplo de paciência, perseverança e parceria.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por esta grande conquista, pois se não fosse por sua graça e amor nada disso teria acontecido.

À Profa. Dra. Silene Bruder Silveira Sarmiento pela orientação e apoio. Muito obrigada.

À Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto, colaboradora nesta dissertação, por sua ajuda nas horas de dificuldades.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) pela oportunidade para realização desta pesquisa.

À Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da pesquisa.

À Técnica do Laboratório, Carlota Boralli Prudente dos Anjos, pela dedicação, ajuda nas horas mais difíceis, e pela sua paciência nas muitas vezes ajudando a entender as análises.

As estagiárias do Laboratório, Amanda Cristina Ávila e Maria Cecília Moscon, pela dedicação e infinita ajuda no processamento e na realização das análises.

Aos amigos de pós-graduação, Luiz Polesi pela troca de idéias nas horas de dificuldade, Daniel Modenese na ajuda no processamento e nas análises e Fernanda

Viginotti Alves pela amizade tão recente, mas verdadeira, e pela sua dedicação na ajuda com a análise estatística.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Marta Fillet Spoto, Profa. Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca, Profa. Dra. Thais M. F. de Souza Vieira, pesquisadora Dra. Shirley Garcia Berbari e a Dra. Luciana C. Brigatto Fontes, pelas importantes contribuições para esta pesquisa.

Aos funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição: Fabio Benedito Rodrigues, Fabio Luiz Bortoleto, Jefferson Zambom, Maria Amabile S. Vendemiatti, pela ajuda nos momentos de necessidade.

A bibliotecária Beatriz Helena Giongo pela colaboração na organização da dissertação.

Em especial ao Duílio Biin Homg Lin da empresa Tovani Benzaquen Ingredientes, pela doação da metilcelulose.

Ao laboratório Labonathus pela doação do Sorbitol.

A Patrícia e Celina da Apta Regional pelo empréstimo da fritadeira elétrica.

Aos meus pais Aridalton Soares Berbert e Regina Amabile Ferrari Berbert pelo amor, apoio, dedicação, confiança e principalmente pelas orações.

Ao meu marido Lucas Dias, meu companheiro de todas as horas, pelo seu infinito amor, paciência e encorajamento.

A todas as pessoas que contribuíram diretamente ou indiretamente para execução dessa dissertação de mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	15
LISTA DE FIGURAS.....	17
LISTA DE TABELAS.....	19
LISTA DE ABREVIATURAS.....	23
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1 A batata.....	27
2.2 Processamento mínimo.....	28
2.2.1 Alterações fisiológicas.....	29
2.2.2 Alterações microbiológicas.....	32
2.3 Escurecimento enzimico e não enzimico da batata.....	33
2.4 Sanificação de vegetais.....	33
2.5 Embalagens com atmosfera modificada.....	34
2.6 Películas para produtos minimamente processados.....	35
2.7 Parâmetros de avaliação dos produtos minimamente processados durante o armazenamento e após a fritura	36
2.8 Películas para fritura de batatas.....	40
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1 Material.....	43
3.2 Pré-testes realizados antes do experimento.....	43
3.2.1 Antioxidante para as batatas MP.....	43
3.2.2 Concentração da solução formadora de películas.....	44
3.2.3 Quantidade de amostra a ser utilizada na avaliação da taxa respiratória.....	44
3.3 Preparo da solução filmogênica de metilcelulose e sorbitol.....	44
3.4 Preparo e armazenamento dos produtos processados.....	44
3.5 Avaliação dos produtos MP durante o armazenamento.....	45
3.5.1 Análises microbiológicas.....	47
3.5.2 Análises físico-químicas.....	48
3.5.2.1 Umidade.....	48

3.5.2.2 pH.....	48
3.5.2.3 Acidez titulável.....	48
3.5.2.4 Açúcares.....	48
3.5.2.5 Amido.....	49
3.5.2.6 Fibra dietética.....	49
3.5.2.7 Lipídeos.....	49
3.5.2.8 Cinzas.....	49
3.5.2.9 Proteínas.....	49
3.5.3 Análises fisiológicas.....	49
3.5.3.1 Atmosfera no interior da embalagem.....	49
3.5.3.2 Taxa respiratória.....	50
3.5.4 Análises físicas.....	50
3.5.4.1 Cor.....	50
3.5.4.2 Perda de massa.....	51
3.5.4.3 Textura das batatas.....	51
3.6 Fritura das batatas minimamente processadas e avaliação do produto final.....	52
3.6.1 Processo de fritura.....	52
3.6.2 Perda de umidade.....	52
3.6.3 Textura.....	53
3.6.4 Absorção do óleo de fritura.....	53
3.6.5 Análise sensorial.....	53
3.7 Delineamento experimental.....	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1 Pré-testes.....	57
4.1.1 Avaliação das soluções antioxidantes.....	57
4.1.2 Solução filmogênica de metilcelulose e sorbitol.....	57
4.1.3 Definições dos parâmetros a serem utilizados para se avaliar a taxa respiratória.....	58
4.2 Resultados do experimento final.....	58
4.2.1 Avaliação do produto minimamente processado.....	58
4.2.1.1 Aspecto geral das batatas MP.....	58
4.2.1.2 Análises microbiológicas.....	60

4.2.1.3 Análises físico-químicas.....	61
4.2.1.3.1 Umidade.....	62
4.2.1.3.2 Amido.....	64
4.2.1.3.3 Açúcares redutores totais.....	65
4.2.1.3.4 Acidez.....	68
4.2.1.4 Análises fisiológicas.....	73
4.2.1.4.1 Teor de gás carbônico no interior da embalagem.....	73
4.2.1.4.2 Taxa respiratória.....	76
4.2.1.5 Análises físicas.....	78
4.2.1.5.1 Cor.....	79
4.2.1.5.2 Perda de massa.....	88
4.2.1.5.3 Textura.....	92
4.2.2 Avaliação das características físicas e tecnológicas do produto frito.....	94
4.2.2.1 Teor de umidade das batatas fritas e perda de umidade durante a fritura.....	94
4.2.2.2 Absorção do óleo de fritura.....	99
4.2.2.3 Textura.....	102
4.2.2.4 Cor.....	104
4.2.3 Análise sensorial.....	111
4.2.3.1 Aparência.....	112
4.2.3.2 Aroma.....	113
4.2.3.3 Sabor.....	114
4.2.3.4 Textura.....	115
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
6 CONCLUSÕES.....	121
REFERENCIAS	123

RESUMO

Efeito da utilização de película e de diferentes formas de acondicionamento na conservação pós-colheita e fritura de batatas minimamente processadas

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da utilização de película de metilcelulose e das atmosferas de acondicionamento com ar atmosférico, vácuo e argônio sobre a conservação de batatas minimamente processadas (MP) e também sobre sua qualidade após fritura. Tubérculos foram selecionados, lavados, sanificados, cortados na forma de palitos e tratados com ácido cítrico. As batatas foram imersas em solução filmogênica contendo metilcelulose (1%) e sorbitol (0,75%) como plastificante, com posterior secagem, acondicionadas sob ar atmosférico, e modificada com argônio (20seg. e 230mmHg), além de vácuo (15seg. e 54mmHg). O produto MP armazenado a 8°C durante 12 dias foi avaliado em intervalos de 3 dias mediante análises microbiológicas, fisiológicas, físico-químicas e físicas. A cada 3 dias as batatas MP foram também fritas e avaliadas quanto à perda de umidade, absorção de óleo, textura instrumental e avaliação sensorial. O acondicionamento sob ar atmosférico foi efetivo em reduzir a perda de massa das batatas MP. As embalagens sob vácuo foram mais efetivas para o produto MP sem película, pois mantiveram o pH, acidez titulável, teor de amido e de açúcares mais próximos do dia do início do experimento, como também mantiveram baixo o índice de escurecimento. O acondicionamento sob vácuo, entretanto, não seria indicado quando a finalidade fosse a fritura, pois foi o tratamento que apresentou maiores perdas de umidade e maior absorção de óleo. O acondicionamento sob atmosfera de argônio também foi mais efetivo nas batatas MP sem película, sendo fator determinante em reduzir os teores de CO₂ no interior da embalagem, apresentou menor taxa respiratória, menor índice de escurecimento tanto antes como após a fritura, reduziu a perda de umidade durante a fritura, manteve mais a firmeza do produto frito e também minimizou a absorção de óleo a partir do 3º dia de armazenamento. A utilização de película foi efetiva em reduzir a respiração do produto MP até o 6º dia. Já no produto frito, foi fator determinante na retenção de umidade das batatas, como também na redução, ao longo do armazenamento, da absorção de óleo.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*; Metilcelulose; Acondicionamento; Armazenamento; Fritura; Vácuo; Argônio

ABSTRACT

Effect of edible coating and different forms of packaging on post-harvest storage and frying of minimally processed potatoes

The aim of this study was to evaluate the effect of methylcellulose as edible coating and packaging atmospheres with atmospheric air, vacuum and argon on the conservation of minimally processed (MP) potatoes as well as on their quality after frying. Tubers were selected, washed, sanitized, cut in the shape of sticks and treated with citric acid. Potatoes were immersed in a filmogenic solution of methylcellulose (1%) with sorbitol (0,75%) as a plasticizer, dehydrated, and then packaged under atmospheric air, and modified with argon (20seg. e 230mmHg), and vacuum (15seg. e 54mmHg). Stored MP product at 8°C for 12 days was assessed at intervals of 3 days by microbiological, physiological, physicochemical and physical analyses. Every 3 days the MP potatoes were fried and evaluated for moisture loss, oil absorption, instrumental texture and sensory evaluation. Packaging under atmospheric air was effective in reducing the mass loss of MP potatoes. The vacuum packaging was more effective for the MP product without edible coating, because they kept the pH, acidity, starch and sugar level more similar to the first day experiment, as well as low browning rate. The vacuum packaging, however, would not be appropriate when the purpose is frying, because this treatment showed the greatest loss of moisture and increased oil absorption. Packaging under argon atmosphere was also more effective for the MP product without edible coating, and it was an important factor to reduce CO₂ levels inside the package, showed lower respiratory rate, lower browning index both before and after frying, reduced moisture loss during frying, kept fried product firmness better and also minimized oil absorption from the 3rd day of storage. The use of edible coating was effective in reducing the respiration of MP product until the 6rd day. For the fried product, the use of coating was a determining factor for moisture retention during frying of potatoes, and also to decrease oil absorption along the potato storage.

Keywords: *Solanum tuberosum*; Methylcellulose; Packaging; Storage; Frying; Vacuum; Argon

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de cores CIELAB.....	37
Figura 2 – Tonalidade, luminosidade e saturação.....	38
Figura 3 – Secção transversal da crosta de uma batata frita.....	40
Figura 4 – Mecanismo de absorção de óleo por batatas fritas, produzidas ou não com películas.....	41
Figura 5 – Fluxograma do processo de obtenção da batata MP.....	46
Figura 6 – Etapas da elaboração da batata minimamente processada	47
Figura 7 – Ficha do teste de aceitação utilizando a escala hedônica de nove pontos....	54
Figura 8 – Batatas palito MP antes, durante e após aplicação da solução filmogênica à base de metilcelulose (1%) e sorbitol (0,75).....	59
Figura 9 – Batatas palito MP, com e sem película de metilcelulose (1%) e sorbitol (0,75%), embaladas em polietileno de baixa densidade, sob ar atmosférico, vácuo e atmosfera modificada com argônio após três dias de armazenamento.....	59
Figura 10 – Batatas palito MP, com e sem película de metilcelulose (1%) e sorbitol (0,75%), embaladas em polietileno de baixa densidade, sob ar atmosférico, vácuo e atmosfera modificada com argônio após doze dias de armazenamento.....	60
Figura 11 – Variação dos teores de umidade das batatas MP submetidas ao armazenamento refrigerado.....	64
Figura 12 – Variação dos teores de pH das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	70
Figura 13 – Variação da acidez titulável das batatas MP, submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	72
Figura 14 – Variação do teor de CO ₂ no interior das diferentes embalagens de batatas MP de diversos tratamentos durante o armazenamento.....	76
Figura 15 – Variação do volume (mL de CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) de CO ₂ produzido pelas batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento....	78

Figura 16 – Variação da luminosidade de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	81
Figura 17 – Variação da cromaticidade de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	83
Figura 18 – Variação do ângulo hue (h) de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	85
Figura 19 – Variação dos índices de escurecimento de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	87
Figura 20 – Variação dos percentuais de perda de massa de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	90
Figura 21 – Variação da firmeza da polpa de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	93
Figura 22 – Variação dos teores de umidade pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	96
Figura 23 – Variação das perdas de umidade durante a fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	99
Figura 24 – Variação dos teores de lipídeos pós-fritura das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	102
Figura 25 – Variação da firmeza pós-fritura das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	104
Figura 26 – Variação de luminosidade pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	106
Figura 27 – Variação da cromaticidade pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	108
Figura 28 – Variação do ângulo hue pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	110
Figura 29 – Variação do índice de escurecimento pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	111
Figura 30 – Variação das notas para textura de batatas MP sem película, acondicionada sob ar atmosférico e armazenada sob refrigeração, após a fritura.....	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atividade respiratória, em % de CO ₂ da batata MP, sem e com película, em diferentes tempos.....	58
Tabela 2 - Análises microbiológicas de coliformes termotolerantes (NMP/g) a 45°C de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos durante o armazenamento refrigerado.....	61
Tabela 3 - Composição da batata da cultivar Asterix utilizada como matéria-prima para o processamento mínimo.....	62
Tabela 4 - Valores de F e significância das variáveis físico-químicas de batata MP, submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 12 dias.....	62
Tabela 5 - Médias dos teores percentuais de umidade das batatas MP, sem e com película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	63
Tabela 6 - Médias dos teores de amido (%bs), de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	65
Tabela 7 - Médias dos teores de açúcares totais (%bs) de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento...	66
Tabela 8 - Médias de pH de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	68
Tabela 9 - Médias de acidez titulável (% m/m de ácido cítrico) de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	71
Tabela 10 - Valores de F e significância das variáveis fisiológicas de batatas MP, submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 12 dias.....	73
Tabela 11 - Médias dos teores percentuais de CO ₂ no interior das diferentes embalagens contendo 250g de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes tempos de armazenamento.....	74
Tabela 12 - Médias dos volumes (mL de CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) de CO ₂ produzidos pelas batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	76

Tabela 13 - Valores de F e significância das variáveis físicas das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 12 dias.....	79
Tabela 14 - Médias de luminosidade das batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	79
Tabela 15 - Médias de cromaticidade de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	82
Tabela 16 - Médias do ângulo hue ($^{\circ}$ h) de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	84
Tabela 17 - Médias do índice de escurecimento de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento...	86
Tabela 18 - Médias dos percentuais de perda de massa de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento.....	89
Tabela 19 - Médias de firmeza da polpa (N) de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento...	92
Tabela 20 - Valores de F e significância para as análises pós-fritura das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 12 dias.....	94
Tabela 21 - Médias dos teores percentuais de umidade de batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	95
Tabela 22 - Médias das perdas percentuais de umidade de batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	97
Tabela 23 - Médias dos teores percentuais de lipídeos absorvidos durante o processo de fritura (170°C por 7min.) de batatas MP, com e sem película, acondicionadas em diferentes atmosferas e submetidas a diferentes tempos de armazenamento.....	100
Tabela 24 - Médias da firmeza (N) das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	103

Tabela 25 - Médias de luminosidade das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	105
Tabela 26 - Médias de cromaticidade das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	107
Tabela 27 - Médias dos valores de ângulo hue (°h) de batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	109
Tabela 28 - Médias do índice de escurecimento das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	110
Tabela 29 - Valores de F e significância para a análise sensorial das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos e fritas após diferentes tempos de armazenamento.....	112
Tabela 30 - Médias das notas de aparência geral das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	112
Tabela 31 - Médias das notas de aroma das batatas MP, com e sem película acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	113
Tabela 32 - Médias das notas de sabor das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	114
Tabela 33 - Médias das notas de textura das batatas MP, com e sem película acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetida a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos.....	115

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	atmosfera controlada
AM	atmosfera modificada
Arm	armazenamento
bs	base seca
C	croma
CIE	comissão internacional de iluminação
CPAA	com película e ar atmosférico
CPGA	com película e gás argônio
CPV	com película e vácuo
CV	coeficiente de variação
gf	grama força
H	ângulo Hue
HPMC	hidroxipropilmetilcelulose
IE	índice de escurecimento
L	luminosidade
MC	metilcelulose
MP	minimamente processado
N	Newton
ns	não significativo
PEBD	polietileno de baixa densidade
SPAA	sem película e com ar atmosférico
SPGA	sem película e com gás argônio
SPV	sem película e com vácuo

1 INTRODUÇÃO

Os produtos a base de batata têm alcançado desenvolvimento importante e rápida diversificação, tanto na forma de flocos e granulados, para produtos instantâneos, como também na forma de fritas à *francesa*, pré-cozidas e congeladas e *chips*.

Uma tendência atual, entretanto, tem sido a busca por produtos frescos, com qualidade e conveniência, sem cascas e em porções individuais (DURIGAN; SARGENT, 1999; ARRUDA, 2002). Assim, o processamento mínimo tem como propósito oferecer ao consumidor um produto hortícola semelhante ao produto fresco, com garantia de segurança e manutenção das qualidades nutritiva e sensorial (WILEY, 1997), mas que foram modificadas fisicamente (PINELLI et al., 2005).

Os principais problemas enfrentados pelos produtos minimamente processados são o aumento da taxa respiratória e produção de etileno, perda acentuada de água, perda na textura, escurecimento oxidativo, atuação de enzimas e/ou de microrganismos, dentre outros. No caso específico da batata um dos grandes desafios desse tipo de processamento é a sua suscetibilidade ao escurecimento enzimático, sendo esta reação catalisada pela polifenoloxidase. Um dos possíveis métodos para prevenção desta reação, de acordo com Pinelli et al. (2005) é o uso de embalagens ou formas de acondicionamento diferenciados, como a atmosfera modificada e o vácuo, contribuindo para o controle do escurecimento oxidativo e de outros processos que afetam a qualidade do produto.

Outra proposta dos estudos atuais para a obtenção de um produto semelhante ao fresco, com vida útil prolongada, boas qualidades nutritivas e sensoriais, além de seguros, é o uso de películas comestíveis. A metilcelulose (MC) é um hidrocolóide que promove a formação desses filmes ou coberturas comestíveis. Na literatura existem poucos estudos sobre o uso de MC como revestimento em vegetais. Um deles avaliou a MC em conjunto com a quitosana e glicerol em melões minimamente processados e os pesquisadores Krasaekoopt e Mabumrung (2008) constataram que o revestimento comestível foi capaz de controlar os microrganismos presentes. No estudo de Olivas et al. (2003) foi avaliada a aplicação de MC em peras MP, sendo constatado que o revestimento de MC sozinho não pode evitar a perda de água dos produtos, mas a

adição de lipídios na solução filmogênica melhorou significativamente este parâmetro. Além disto, a metilcelulose também tem sido avaliada como agente protetor de alimentos fritos, minimizando a absorção de óleo e a perda de umidade durante o processo de fritura. Este potencial de uso foi avaliado por Garcia et al. (2002) utilizando batata palito imersa em solução de MC por 10 segundos e frita em seguida (sem secagem), e constataram redução na absorção de óleo em 35,2% e um aumento no conteúdo de água de 25,7%.

Pesquisas que visem a função dupla do uso de hidrocolóides em vegetais minimamente processados a serem consumidos fritos não foram encontradas na literatura. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o uso da metilcelulose e de diferentes tipos de acondicionamento (vácuo e atmosfera modificada) sobre a conservação e a qualidade para fritura de batatas minimamente processadas sob a forma de palitos e armazenadas sob refrigeração.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é de cultivo originário da América do Sul, existindo registros de cerca de 8000 anos. Era cultivada principalmente por indígenas das Cordilheiras dos Andes, no Peru, Colômbia, Equador, Bolívia e Chile (GOULD, 1999).

Por volta de 1570 a batata foi introduzida na Europa pelos Espanhóis, tornando-se um alimento importante, principalmente na Inglaterra, e, por isto o nome batata-inglesa. Foi introduzida no Brasil por imigrantes europeus em meados do século XIX, na região Sul devido ao seu clima frio, mais favorável ao cultivo (BURTON, 1989 citado por ARRUDA, 2004).

A adaptação e facilidade do cultivo foi um fator determinante para o desenvolvimento da batata (GOULD, 1999). É um dos principais alimentos da humanidade, sendo a quarta cultura em ordem de importância mundial, após o trigo, arroz e milho (QUADROS, 2007).

O elevado consumo desta hortaliça é, provavelmente, devido a sua composição nutricional, versatilidade gastronômica e tecnológica e preços acessíveis, sendo pobre em gorduras e rica em carboidratos, caracterizando alta fonte de energia (ENDO, 2006). É fonte importante de vitamina C, de vitaminas do complexo B (B1, B3 e B6) e de minerais (fósforo, potássio, magnésio, ferro e baixo conteúdo de sódio) (FAO, 2008).

A aplicabilidade da batata é definida pelas características de cada variedade, sendo as principais cultivares brasileiras a Achat e Mondial, indicadas para o cozimento, a Asterix, Baraka e Binje para cozimento, massa e fritura, a Monalisa para cozimento e massa e a Atlantic e Panda para o uso industrial (FAEP, 2009).

Reeve (1970) foi um dos primeiros a apontar que as inter-relações entre a estrutura do tecido e sua composição contribuem muito para as qualidades texturais de vegetais frescos e processados. Ele observou que o tamanho e a forma das células, crescimento extra-celular e a deposição de materiais naturais nas superfícies externas das células influenciam a aparência textural.

A batata contém aproximadamente 75-80% de umidade, 20-23% de carboidratos e 2% de proteína (FAO, 2008). Em relação aos carboidratos, cerca de 80% corresponde

ao amido, o qual é constituído por 75-79% de amilopectina e 21-25% de amilose (ENDO, 2006).

Os açúcares redutores encontrados na batata são a glicose e a frutose e o não redutor é a sacarose, e para a finalidade de fritura as batatas devem apresentar teor de açúcar redutor entre 200 e 300mg/100g de batata fresca (QUADROS et al., 2010).

2.2 Processamento mínimo

Produtos minimamente processados podem ser definidos como produtos frescos, higienizados, submetidos a uma ou mais alterações físicas, prontos para consumo ou preparo com alterações mínimas nas propriedades sensoriais e nutricionais dos vegetais (JACOMINO et al., 2004).

O processamento mínimo envolve uma série de operações como, seleção, lavagem, descascamento, corte, embalagem e armazenamento, de forma a se obter um produto que possa ser prontamente consumido (ROSA, 2002).

O produto minimamente processado é fornecido em quantidades ideais a cada consumidor, permite a visualização da qualidade da polpa através da embalagem, além de gerar pequena quantidade de resíduos já que é oferecido sem casca, caroços ou sementes. De acordo com Souza (2000), a praticidade é o fator mais importante para 66,3% dos consumidores deste tipo de produto. O maior desafio na produção de frutas e hortaliças minimamente processadas é oferecer ao consumidor um produto semelhante ao fresco, com vida útil prolongada e que mantenha suas qualidades nutritiva, sensorial e microbiológica (SCHLIMME, 1995).

Estes produtos minimamente processados vêm ganhando uma proporção significativa no mercado, sendo que no Brasil esta técnica surgiu na década de 90 e este alto crescimento se deve a mudanças do hábito alimentar da população que busca cada vez mais por produtos frescos e com praticidade (JACOMINO et al., 2004).

A maioria das técnicas de processamento de alimentos busca estabilizar os produtos e prolongar sua vida útil, entretanto, o processamento mínimo aumenta a perecibilidade dos alimentos (CANTWELL, 2000). A vida útil dos produtos MP é afetada por fatores pré-processamento (cultivar, fatores pré-colheita, colheita, ponto de maturação), do processamento (pré-resfriamento, limpeza, sanificação, descascamento,

cortes, enxágüe, drenagem e embalagem) e por condições de distribuição e comercialização (temperatura, umidade relativa e atmosfera) (KIM; KLIEBER, 1997; ALVES et al., 2000).

Tratamentos de preservação devem ser utilizados para conferir melhor estabilidade ao produto minimamente processado durante o armazenamento e distribuição (HUXSOLL; BOLEN, 1989). Alguns métodos combinados de conservação do produto processado podem ser empregados, como armazenamento refrigerado, emprego de conservadores, irradiação, bem como, o armazenamento sob atmosfera modificada (ALMEIDA, 1991). A aplicação da combinação de alguns tratamentos possibilita a eliminação de processos degradativos, preservando a qualidade e prolongando a vida útil (MIRANDA, 2001).

O processamento mínimo de batatas exige um tratamento com inibidores da reação de escurecimento enzimático, o que pode levar a mudanças no produto cozido, que resulta em endurecimento superficial, sendo que este efeito limita a utilização de batatas minimamente processadas (MP) e está totalmente relacionado com sua textura (SAPERS et al., 1997).

Segundo Sapers et al. (1997), esses defeitos de textura estão sendo minimizados, mas não eliminados, através da modificação das condições de tratamento, assim como a adição de EDTA à solução inibidora do escurecimento enzimático, e também com a diminuição da temperatura de cozimento.

2.2.1 Alterações fisiológicas

Quando frutas e hortaliças atingem o ponto de colheita adequado, os tecidos vegetais iniciam o processo de senescência, no qual a integridade da membrana e a estrutura celular se enfraquecem, tornando os tecidos maduros extremamente suscetíveis às injúrias e danos causados pelo processamento mínimo (WATADA; ABE; YAMUCHI, 1990).

A matéria-prima, quando colhida, normalmente tem uma camada protetora natural, que a protege dos danos. No processamento mínimo, esta camada é retirada, expondo as células da polpa, que possuem um grande conteúdo de água, ácidos orgânicos e outras substâncias (KING; BOLIN, 1989), causando o rompimento celular e

conseqüentemente levando à aceleração do metabolismo e da senescência (BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO; BAKER, 1995).

O comportamento do tecido dos frutos que foram submetidos ao processamento mínimo é semelhante ao observado em tecidos de plantas que sofreram ferimentos ou que foram expostos a condições de estresse. Este comportamento inclui aumento na taxa respiratória e na produção de etileno e, em alguns casos, indução do processo de cicatrização do ferimento. Outras conseqüências desta injúria são de naturezas químicas ou físicas, tais como reações de escurecimento e oxidação de lipídeos, ou aumento na perda de água (BRECHT, 1995). Estas respostas são observadas principalmente nas células e tecidos adjacentes àqueles danificados pelos cortes. Os ácidos e as enzimas hidrolíticas são liberados, a produção de etileno aumenta e, conseqüentemente, tem-se um incremento na permeabilidade das membranas (WATADA; ABE; YAMUCHI, 1990). A elevação da produção de etileno causa o aumento na respiração dos tecidos feridos. Em decorrência deste aumento no metabolismo, tem-se decréscimo nas reservas energéticas dos tecidos, tais como açúcares livres e ácidos orgânicos, levando a prejuízos na qualidade sensorial (CHITARRA, 2000).

Os cortes e as raspagens levam a mudanças fisiológicas que resultam em prejuízos na aparência (CANTWELL, 1992). A exposição dos tecidos internos aumenta a perda de água por evaporação, promovendo a dessecação superficial dos tecidos, refletindo na qualidade do produto (WATADA; ABE; YAMUCHI, 1990). A perda da integridade celular na superfície cortada destrói a compartimentalização de enzimas e substratos, e em conseqüência, reações de escurecimento e formação de metabólitos secundários indesejáveis podem ser desenvolvidas, podendo afetar o aroma, sabor, aparência, valor nutritivo ou a segurança do produto minimamente processado. Além disso, os exsudados destes cortes são um meio favorável para o crescimento de fungos e bactérias (BURNS, 1995).

Logo, para a minimização das conseqüências provocadas pelas operações envolvidas para a obtenção do produto minimamente processado é necessário que se faça o uso de algumas técnicas de conservação, com o objetivo de prolongar a vida útil

e, ao mesmo tempo, de promover a manutenção das características organolépticas e nutricionais.

Um dos efeitos fisiológicos provocados pelo processamento mínimo é o aumento da taxa respiratória do produto, e uma das maneiras para se controlar isto é a redução da disponibilidade de oxigênio (SILVA et al., 2003).

O processo respiratório ocorre através do aumento do consumo de O_2 e na liberação de CO_2 (VITTI, 2007). O aumento da respiração ocorre logo após o corte, levando a reações químicas e bioquímicas responsáveis pelas modificações da qualidade sensorial como cor, sabor e textura e pela qualidade nutricional como redução do teor vitamínico (JACOMINO et al., 2004).

Os vegetais são normalmente embalados em pacotes de filmes semi-permeáveis, em que respiram, modificando a atmosfera dentro da embalagem. As concentrações de O_2 utilizadas são de 2 a 3% e de CO_2 , 3 a 10%. Os gases combinados juntamente com a refrigeração reduzem a respiração do produto, com decréscimo no crescimento microbiano, diminuindo o metabolismo fisiológico e estendendo a vida útil do alimento (O'BEIRNE; BALLANTYNE, 1987).

Em alguns aspectos a embalagem a vácuo é semelhante ao uso da atmosfera modificada, sendo a principal diferença o fato de que na primeira existe a remoção da maior parte do ar de dentro da embalagem, sem a substituição por uma outra mistura gasosa (OMATI ; GODOY, 1996).

Durante os últimos 50 anos, tem-se utilizado o armazenamento com atmosferas controlada e modificada, como sistemas que aumentam a vida útil de muitas frutas, incluindo maçãs, bananas, kiwis e morangos (LEWIS; SHIBAMOTO, 1986). O armazenamento com atmosfera controlada (AC) e atmosfera modificada (AM), requer reduzido nível de O_2 , ajuste da concentração de CO_2 e o controle do nível de etileno.

Segundo Perdue (1989), as frutas e hortaliças, por si, podem modificar a atmosfera dentro da embalagem. Envolvidas individualmente em filmes retráteis, sofrem decréscimo na respiração, com aumento da vida útil e manutenção da umidade. Existem diferentes sistemas de atmosfera modificada utilizados em vegetais intactos, além de armazéns e recipientes para transporte sob atmosfera controlada.

2.2.2 Alterações microbianas

O desenvolvimento de microrganismos patogênicos em vegetais minimamente processados vai depender de suas características, propriedades intrínsecas do vegetal e dos efeitos do processamento, embalagem e armazenamento. Cada produto a ser processado passa por uma série de etapas, incluindo manipulação, lavagem, contato com os equipamentos, empacotamento e armazenamento. Cada uma dessas etapas pode interferir no crescimento e sobrevivência dos microrganismos (FRANCIS; THOMAS; O'BEIRNE, 1999).

A matéria-prima e sua procedência determinarão o tipo e a quantidade de microrganismos inicialmente presentes. Análises efetuadas em etapas distintas do processamento demonstram que o produto final é menos contaminado que as hortaliças no início do processamento. No entanto, a contaminação microbiana pode também ocorrer durante o processamento e distribuição (KING et al., 1991), devido a falhas na higiene do pessoal ou por contato do vegetal com equipamentos inadequadamente limpos, devendo então, ser aplicadas práticas de higiene como as boas práticas de fabricação (BPF) em todas as etapas, afim de evitar danos ao produto fresco (BRACKETT, 1994).

A Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001), considerando a definição de critérios e padrões microbiológicos para alimentos, indispensáveis para a avaliação das Boas Práticas de Produção de Alimentos e Prestação de Serviços, da aplicação do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC/HACCP) e da qualidade microbiológica dos produtos alimentícios, estabelece para frutas e hortaliças frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas para consumo direto, ausência para coliformes fecais a 45°C/g de amostra e *Salmonella sp*/25 g de amostra.

O excesso de umidade e o exsudado liberado nas superfícies do corte dos tecidos e em utensílios e equipamentos, proporcionam o rápido crescimento dos microrganismos. Sendo assim, durante o fatiamento do produto, pode haver aumento no número de bactérias presentes. Ocorre nos vegetais submetidos a vários cortes um aumento da população microbiana de 6 a 7 vezes (BRACKETT, 1994).

As temperaturas de refrigeração abaixo de 7°C, utilizadas no armazenamento de

frutas e hortaliças minimamente processadas, embora prolonguem a vida útil desses produtos, diminuindo a velocidade de crescimento dos microrganismos, são seletivas para microrganismos psicotróficos. A presença de bactérias mesófilas e psicotróficas em alface, repolho e chicória, foram relatadas por alguns autores (NEGUYEN-THE et al., 1996; ZANG; FARBER, 1996).

2.3 Escurecimento enzimático e não enzimático da batata

A vida útil de batatas minimamente processadas é limitada pelas reações catalizadas por enzimas de escurecimento (PETRI et al., 2008). Os sulfitos são comumente usados como agentes preservativos efetivos nesses produtos, entretanto, outros ingredientes têm sido considerados para este fim, como os ácidos orgânicos (BUTA; MOLINE, 2001; PETRI et al., 2008), resorcinol e cisteína (BUTA; MOLINE, 2001). Neste último trabalho, o uso de várias combinações de 4-hexil resorcinol e N-acetil-cisteína e ácido cítrico foi eficiente para manter o produto armazenado por 1 mês a 10°C, entre tanto, o armazenamento foi limitado para 14 dias por causa do aumento de suscetibilidade microbiana e do decréscimo da firmeza da maioria dos tratamentos.

Na batata, a enzima polifenoloxidase é responsável pelo escurecimento enzimático na presença de oxigênio e o uso de embalagens modificadas apresenta eficácia para inibir reações catalisadas por esta enzima, sendo também um meio barato de preservação do produto (ANGÓS; VIRSEDA; FERNANDEZ, 2008).

O processo de refrigeração em temperaturas abaixo de 7 ou 8°C pode causar a produção de açúcares redutores em batatas armazenadas, em um processo denominado adoçamento. Este fenômeno pode causar escurecimento durante o processo de fritura. De acordo com De Wilde et al. (2001), entretanto, a concentração de açúcares redutores em tubérculos de diversas cultivares armazenadas a 8°C não foi alterada significativamente durante o armazenamento.

2.4 Sanificação de vegetais

O cloro nas suas várias formas é o sanificante mais utilizado em alimentos. Os compostos à base de cloro são bactericidas que reagem com as proteínas da membrana da célula microbiana, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares (DYCHDALA, 1991).

Concentrações de 50 a 200mgL⁻¹ de cloro são geralmente utilizadas para sanificar frutas e hortaliças frescas, bem como produtos minimamente processados em escala comercial (BEUCHAT; BRACKETT, 1990; BEUCHAT et al., 1998).

Fatores como pH, temperatura, matéria orgânica e concentração do sanificante determinam a eficiência da solução à base de cloro (DYCHDALA, 1991). A manutenção do pH da solução entre 6,5 e 7,5 é de extrema importância para o sucesso da etapa de sanificação (MORETTI, 2000). O pH próximo a 7,0 mantém o cloro na sua forma ativa de ácido hipocloroso (BRECHT, 1995). Considerando que o pH da água possui impacto significativo sobre a atividade do cloro, torna-se muito importante seu ajuste na água que será utilizada junto ao sanificante (HURST, 1995).

2.5. Embalagens com atmosfera modificada

As embalagens de alimentos possuem grande importância, pois além de proteger contra danos mecânicos e fisiológicos também atuam na proteção da contaminação microbiológica e química, como também protegem do oxigênio, vapor d'água e luz (SILVA; HERNANDEZ; LOSADA, 2004).

Os principais métodos de embalagens para produtos minimamente processados estão baseadas na utilização de atmosfera modificada como, por exemplo, a aplicação de vácuo, mistura de gases, absorvedores, dentre outros. Estes métodos reduzem o oxigênio dentro da embalagem ocorrendo redução no metabolismo do vegetal e em consequência também diminuindo a respiração (ENDO, 2006).

A atmosfera modificada (mistura de gases) é introduzida na embalagem, antes da selagem, levando o alcance da atmosfera de equilíbrio no interior da embalagem. Já o equilíbrio atmosférico da embalagem sob vácuo parcial ocorre devido à retirada do ar antes da selagem, diminuindo o espaço livre (PINELLI et al., 2005).

De acordo com Pinelli et al. (2005), as batatas minimamente processadas embaladas em atmosfera modificada com diferentes concentrações de O₂, CO₂ e N₂, sem vácuo, mostraram ressecamento superficial, aumento da firmeza e intenso desenvolvimento de escurecimento após nove dias de armazenamento. Este comportamento se mostrou contrário ao do armazenamento sob vácuo parcial, que mostrou ser mais efetivo no controle do escurecimento enzimático.

Muitos estudos avaliaram atmosfera modificada com diferentes níveis de CO₂ e O₂ para aumentar a vida de prateleira de frutas e hortaliças, mas estudos recentes mostram grande interesse na aplicabilidade do gás argônio nas embalagens (ROCCULI; ROMANI; ROSA, 2004; ZHANG et al., 2001). O argônio está sendo reportado como um gás bioquimicamente ativo, provavelmente por melhorar a solubilidade em água, tendo melhor capacidade na redução dos níveis de oxigênio dissolvidos, comparado com o nitrogênio. Pode também inibir o crescimento de microrganismos, reduzir atividades enzimáticas, controlar reações de degradação, preservando assim as qualidades dos produtos minimamente processados (ROCCULI; ROMANI; ROSA, 2004).

Zhang et al. (2001) estudando maçãs minimamente processadas observaram que as embalagens com argônio afetaram a taxa respiratória dentro da embalagem mais que o tratamento com nitrogênio. Rocculi, Romani e Rosa (2004) também mencionam que embalagens com atmosfera modificada com argônio poderiam permitir maior qualidade em maçãs frescas minimamente processadas por 12 dias, inibindo o escurecimento enzimático e abaixando a atividade metabólica.

Com o desenvolvimento da tecnologia de embalagens com atmosfera modificada, tem ocorrido grande interesse no uso de argônio nessas embalagens, e sua aplicação pode ser uma nova fórmula para melhorar a qualidade dos produtos minimamente processados, visto que os estudos encontrados foram com maçãs e não com batatas. Logo, a utilização do argônio em batatas minimamente processadas pode ser positiva para a qualidade e vida útil deste produto.

2.6 Películas para produtos minimamente processados

Os filmes ou revestimentos comestíveis são películas de várias espessuras, que podem ser constituídas por diferentes substâncias naturais e/ou sintéticas que se polimerizam sobre o alimento e o isolam, não oferecendo risco à saúde do consumidor, pois não são metabolizados pelo organismo passando direto pelo trato intestinal (MAIA; PORTE; SOUZA, 2000).

Os filmes ou revestimentos podem atuar regulando a permeabilidade ao oxigênio, gás carbônico e vapor de água e também podem atuar como carreadores de aditivos na matriz, como antioxidantes ou antimicrobianos, visando conservar a qualidade de produtos frescos

ou minimamente processados (KESTER; FENNEMA, 1986; CHEN; NUSSINOVITCH, 2000).

A utilização das películas tem sido muito explorada como revestimento de frutas e hortaliças frescas, tendo em vista a minimização da perda de umidade e redução da taxa respiratória, conferindo também brilho e boa aparência. Essas películas podem ser obtidas de diferentes materiais como os polissacarídeos, proteínas e lipídios, sendo que os polissacarídeos apresentam boas propriedades de formação de filme e boa barreira a gases (AZEREDO, 2003).

A metilcelulose (MC) é uma celulose substituída, obtida a partir de um tratamento químico (metilação) da celulose usando hidróxido de sódio e cloreto de metila, a fim de se tornarem solúveis em água e de proporcionarem efeito espessante e geleificante (HAQUE; MORRIS, 1993). Este hidrocolóide geleifica ao ser aquecido entre temperaturas de 50-70°C, sendo também completamente solúvel em água fria, de boa capacidade de retenção de umidade e boa barreira ao oxigênio, ao dióxido de carbono e a lipídeos (STEPHEN; PHILLIPS; WILLIAMS, 2006).

Baldwin et al. (1996) estudaram o Nature Seal, um produto a base de celulose como cobertura ativa para antioxidantes, acidulantes e preservativos em batatas minimamente processadas. Os autores observaram que esta película prolongou a vida de armazenamento do produto em até uma semana a 4°C.

De acordo com revisão por Rojas-Grau et al. (2009) a combinação de sistemas de acondicionamento em atmosfera modificada aliada a coberturas comestíveis também tem se mostrado um modo viável de melhorar a estabilidade microbiana e qualidade de frutas e vegetais minimamente processados, estendendo, assim, a vida útil dos mesmos.

2.7 Parâmetros de avaliação dos produtos minimamente processados durante o armazenamento e após a fritura

A cor instrumental pode ser utilizada como parâmetro para estabelecimento de padrão de qualidade de um produto *in natura* ou processado, ou como fator determinante de qualidade da vida útil de um produto ao longo do período de estocagem (RIBEIRO et al., 2007).

A avaliação da cor é importante parâmetro de qualidade para o produto MP durante o armazenamento e também após a fritura.

A quantidade de açúcar redutor está diretamente relacionada com a coloração das batatas fritas. Quando os tubérculos apresentam elevados níveis de açúcares redutores, pode ocorrer a reação não enzimática entre os açúcares e os aminoácidos, desencadeando a reação de Maillard. Durante o processo de fritura, uma coloração escura ocorre no produto, ou seja, pigmentos amarelos a castanhos denominados melanoidinas ocorrem como produto final do processo de fritura (ENDO, 2006).

A batata armazenada em baixas temperaturas, a menos de 10°C, passa por um processo conhecido como adoçamento por baixas temperaturas. Basicamente este adoçamento resulta no acúmulo de produtos da quebra do amido, principalmente sacarose, que posteriormente se reduz a glicose e frutose. Esses açúcares redutores, da quebra do amido, participam como substrato na reação de Maillard durante o processo de fritura deste tubérculo, o que resulta em um produto de coloração escura (BLENKINSOP et al., 2002).

Para a avaliação da cor, em 1976, a CIE (Comissão Internacional de Iluminação) recomendou o modelo CIE $L^* a^* b^*$ ou CIELAB, que permite a especificação de percepções de cores em termos de um espaço tridimensional. A componente axial L^* é conhecida como luminosidade e se estende de 0 (preto) a 100 (branco). Os eixos a^* e b^* apresentam limites numéricos específicos, variando de -60 a +60, sendo que a coordenada a^* varia do vermelho (+ a^*) ao verde (- a^*), e a coordenada b^* do amarelo (+ b^*) ao azul (- b^*), conforme a Figura 1 (LEITE, 2006).

Figura 1- Sistema de cores CIELAB

Fonte: Bicchierini et al. (2005).

A escala CIE LCh consiste na mesma componente L e mais o ângulo de tom ou “hue” ($0^\circ \leq h^* \leq 360^\circ$), que varia na direção angular e representa as diferentes cores existentes e o croma, que varia na direção radial e representa a pureza de uma cor em relação ao cinza (Figura 2) (RIBEIRO et al., 2007).

Figura 2 - Tonalidade, luminosidade e saturação

Fonte: Leão et al. (2005).

Outro parâmetro importante a se considerar durante estas etapas é a textura dos vegetais. A textura pode ser considerada como uma manifestação das propriedades reológicas do alimento e pode ser avaliada por métodos sensoriais ou instrumentais (POMERANZ; MELOAN, 1994; PELEG, 1983).

A textura instrumental é freqüentemente avaliada em termos de firmeza, crocância e suculência e há grande procura dos produtos minimamente processados com tecido firme e crocante, dando aspecto de produto fresco. A textura é indicador importante de qualidade. As perdas na suculência do vegetal resultam em produto seco e duro, levando a efeitos adversos nesta qualidade (LIN; ZHAO, 2007).

Em um teste de penetração ou punção o probe é feito para penetrar na amostra e para obter uma força necessária para atingir uma profundidade de penetração em um tempo específico e seu resultado é usado como índice de dureza, firmeza, tenacidade ou alguma outra propriedade de textura (LUYTEN et al., 1992). Estes testes são usualmente utilizados para avaliar frutas e vegetais frescos, queijos, manteigas e margarinas e ambos os testes

causam mudanças irreversíveis nas amostras (LUYTEN et al., 1992).

No processo de fritura, alterações são verificadas também nas propriedades físico-químicas, nutricionais e sensoriais do alimento. O processo de fritura confere ao alimento crocância, cor dourada, brilhante e uniforme, assim como características sensoriais de aroma, textura e sabor. A conservação do produto é prolongada pela destruição de microrganismos e enzimas presentes no alimento e sua palatabilidade é aumentada como consequência da perda de umidade e absorção de lipídeo (BLUMENTHAL, 1996).

A composição do produto frito é afetada pela estrutura de sua superfície, umidade, teor lipídico, forma do produto, relação superfície/volume e porosidade. A batata é um alimento isento de gordura e sua absorção de óleo e perda de umidade dependem da gravidade específica do tubérculo, ou seja, o ganho de óleo diminui quando a gravidade específica aumenta; como também a alta relação superfície/volume exposta ao meio de fritura aumenta a absorção de óleo. Pequenas mudanças na composição da camada externa também têm sido relatadas por serem essenciais para o controle da absorção de óleo. Portanto, existem muitas variáveis de controle que afetam o teor lipídico dos derivados fritos desde tubérculo (DAMY; JORGE, 2003).

O consumo de alimentos fritos e pré-fritos tem aumentado nos últimos anos, provocando maior ingestão de óleos e gorduras que foram submetidos a elevadas temperaturas em processo de fritura. Constata-se que este aumento de consumo ocorreu por razões sociais, econômicas e técnicas, uma vez que as pessoas dispõem de menos tempo para preparação de seus alimentos e, assim, o processo de fritura fornece alternativa rápida de preparação, ao mesmo tempo em que confere características sensoriais agradáveis (DOBARGANES; PÉREZ-CAMINO, 1991; PÉREZ-CAMINO, 1986). Os alimentos fritos desenvolvem características de cor, aroma, textura e sabor mais atraentes para o consumo (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002).

No processo de fritura, após a imersão do alimento no óleo quente, a temperatura da superfície do alimento sob rapidamente, e a água da superfície imediatamente começa a evaporar. Em decorrência pode ocorrer encolhimento e desenvolvimento de porosidade e rugosidade da superfície do produto (Figura 3). Estes

espaços vazios deixados pela evaporação da água servem como entrada para a gordura. Isto explica a grande correlação entre absorção de gordura e teor de umidade do alimento (MELLEMA, 2003).

Figura 3 - Secção transversal da crosta de uma batata frita

Fonte: Mellema (2003).

Durante o processo de fritura, parte do óleo utilizado como meio de transferência de calor é absorvida pelo alimento. O teor absorvido pode variar de 5 a 40%, tornando-se um ingrediente do produto (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002).

Jorge e Lunardi (2005), comparando batatas fritas, do tipo palha, *chips* e palito, observaram absorção de óleo de 56,03% na batata palha, 23% na *chips* e 9,03% na palito, concluindo que a do tipo palha apresentou a maior absorção de lipídeos devido à maior superfície de contato.

As variedades mais utilizadas pela indústria para o processo de fritura são aquelas que apresentam menor teor de açúcar redutor, alta quantidade de sólidos solúveis e de matéria seca e teor reduzido de umidade (ARRUDA, 2004).

2.8 Películas para fritura de batatas

Películas também têm sido investigadas recentemente por formar uma barreira protetora na superfície do alimento reduzindo a absorção de óleo (Figura 4) e a perda da umidade durante o processo de fritura (MELLEMA, 2003; SALVADOR; SANZ; FISZMAN, 2008). Estas películas são à base de hidrocolóides, principalmente de derivados da celulose.

Figura 4 – Mecanismo de absorção de óleo por batatas fritas, produzidas (b) ou não (a) com películas

Fonte: Lisinska, Tajner-Czopek e Kalum (2007).

Garcia et al. (2002) avaliaram batatas tipo palito fritas, utilizando revestimento de metilcelulose (MC) e hidroxipropilmetilcelulose (HPMC). Os autores observaram que os revestimento de MC foram mais efetivos em reduzir a absorção de óleo do que os de HPMC. As melhores formulações para batata frita tipo palito foram metilcelulose a 1% e sorbitol a 0,5%. Para estas formulações a absorção de óleo foi reduzida em 40,6% e o aumento do teor de umidade foi de 6,3%. Todas as amostras se mostraram aceitáveis aos provadores na análise sensorial.

Mallikarjunan et al. (1997) avaliaram bolinhas de purê de batata fritas com e sem revestimento, observando que as amostras revestidas com filmes de MC apresentaram propriedades de barreiras mais eficientes durante a fritura se comparados com os filmes de zeína de milho e hidroxipropilmetilcelulose, com uma redução de 31,1% na perda de umidade e 83,6% na absorção de óleo. Esta redução na absorção de óleo e perda de umidade pode ser atribuída à formação de uma camada protetora na superfície do alimento, inibindo a transferência de umidade e gordura entre o alimento e o meio de fritura.

A integridade da película também é um fator importante, por causa da presença de

fissuras, que podem reduzir as propriedades do revestimento e limitar sua aplicação. Portanto, a utilização de um plastificante é necessária para melhorar a integridade do revestimento e as propriedades da barreira (DONHOWE; FENNEMA, 1993; GARCIA et al., 2002).

Suárez et al. (2008) avaliaram um sistema de massa de farinha de trigo com e sem revestimento de MC e observaram que a absorção de óleo foi 30% menor nas amostras com revestimento comparadas com as mesmas sem revestimento. O revestimento, no entanto, não alterou o conteúdo de água das amostras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram utilizadas batatas (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Asterix, adquiridas de um produtor na Cidade de Piracicaba/SP, em agosto de 2011.

A metilcelulose utilizada para promover a formação de película foi cedida pela Dow Chemical Co. comercializada como Methocel A4M, de grau alimentício, com viscosidade relativa média (4000 cPs). O sorbitol P60W, da Neosorb.

As embalagens plásticas utilizadas para acondicionamento das batatas MP foram de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 20 micra de espessura.

O gás argônio analítico 5.0 utilizado foi da marca White Martins Praxair Inc.

Para fritura foi utilizada a gordura vegetal fluida, da marca Mazola Chef (Cargill).

3.2 Pré-testes realizados antes do experimento final

3.2.1 Antioxidante para as batatas MP

Diversos trabalhos na literatura avaliaram os efeitos dos agentes antioxidantes em batatas minimamente processadas como Gunes e Lee (1997), Laurila, Kervinen e Ahvenainen (1998), Cacace, Delaquis e Mazza (2002), Pinelli et al. (2005) e Rocculi et al. (2007). Os antioxidantes mais testados para batata processada foram o ácido cítrico, o ácido eritórico e a L-cisteína. Isto considerando, optou-se por testes de concentrações e combinações destes mesmos agentes. Foram testadas as atividades das soluções de 2% ácido cítrico, 2% L-cisteína, 2% ácido eritórico, 2% ácido ascórbico, 2% ácido cítrico + 3% ácido eritórico, 2% ácido cítrico + 1% L-cisteína e 2% ácido cítrico + 1% ácido ascórbico.

As batatas imersas nestas soluções por 5 minutos foram, em seguida, colocadas em câmara fria a 8°C por uma semana e avaliadas quanto à coloração visual, sendo selecionados os dois melhores antioxidantes, que foram a L-cisteína e o ácido cítrico.

Um segundo teste avaliou as concentrações de 1% e 2% L-cisteína quanto às características de cor para o produto minimamente processado e sabor para o produto frito.

3.2.2 Concentração da solução formadora de películas

A solução de metilcelulose foi preparada conforme instruções do manual técnico da Dow (2002). A concentração de MC e sorbitol foram definidas por pré-testes nos quais foram avaliadas as sugestões de Garcia et al. (2004).

As concentrações de metilcelulose e sorbitol testadas para solução filmogênica nas batatas MP com o fim de se avaliar a melhor formação da barreira foram: a) 1% de MC + 0,5% de sorbitol, b) 1% de MC + 0,75% de sorbitol, c) 0,75% de MC + 0,5% de sorbitol e d) 0,75% de MC + 0,75% de sorbitol.

Aproximadamente 1/3 do volume total da água utilizada foi fervido a 90°C e a metilcelulose foi dispersa lentamente nesta água com agitação constante até se obter um gel homogêneo. Após a solução geleificada ser resfriada, foi adicionado o restante de água, a 5°C, contendo o sorbitol. A solução foi colocada em geladeira a 5°C por 20 minutos para melhor solubilização.

Os palitos de batata foram imersos na solução filmogênica por 1 minuto e colocados sobre bandejas com tela plástica para secagem.

Aspectos considerados na escolha da solução foram o tempo de secagem e a formação da película (aspecto e continuidade superficial). Esta última foi avaliada gotejando o corante lugol sobre a superfície e avaliando sua penetração ou não.

3.2.3 Quantidade de amostra a ser utilizada na avaliação da taxa respiratória

A atividade respiratória de 100g de palitos de batata por frasco armazenado em câmara a 8°C por 1 hora e posteriormente de 200g de palitos foi testada para se quantificar os palitos de batata a serem colocados no frasco de análise de 500mL.

3.3 Preparo da solução filmogênica de metilcelulose e sorbitol

A película de recobrimento utilizada foi uma solução de 1% de metilcelulose com 0,75% de sorbitol, concentrações estas definidas a partir de pré-testes realizados.

3.4 Preparo e armazenamento dos produtos processados

As batatas foram sanificadas por imersão em solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado a 200ppm por 10 minutos, com o objetivo de reduzir os riscos de

contaminação. A seguir foram descascadas com facas de aço inoxidável e imersas em água refrigerada (8°C). As batatas foram cortadas em palitos (1 x 1 x 5 cm) utilizando-se processador e submetidas a uma nova sanitização de dicloroisocianurato de sódio dihidratado a 100ppm por 10 minutos. Imersão em ácido cítrico 2% por 5 minutos foi utilizada para controle do escurecimento enzimático.

Os palitos de batata (250g) foram centrifugados a 550-900g por 5 min., imersos ou não em solução filmogênica, acondicionados em embalagens plásticas de PEBD sob diferentes atmosferas e selados em seladora da marca Selovac modelo 300B. Os produtos foram armazenados em câmara fria a 8°C e analisados por 12 dias, em intervalos de 3 dias.

A solução formadora da película foi obtida pelo preparo de uma solução de 1% de metilcelulose com 0,75% de sorbitol, concentrações estas definidas a partir de pré-testes realizados. O modo de preparo foi de acordo com o descrito no item 3.2.2. As batatas na forma de palitos eram imersas na solução por 1 minuto, e na seqüência, colocadas sobre bandejas com telas plásticas para secar. O processo de secagem ocorreu em ambiente refrigerado (20°C) e ventilado por 20 minutos.

Quanto às formas de acondicionamento, os produtos MP foram envasados sob atmosfera ambiente, a vácuo (15seg. e pressão de 540mmHg) e uma terceira parte, em atmosfera modificada de argônio (20seg. e pressão de 230mmHg).

O processamento das batatas foi conduzido conforme o fluxograma da Figura 5 e as ilustrações da Figura 6.

3.5 Avaliação dos produtos MP durante o armazenamento

Os produtos foram avaliados mediante análises microbiológicas, fisiológicas (atmosfera no interior da embalagem e taxa respiratória), físicas (cor, textura e perda de massa), físico-químicas (umidade, pH e acidez titulável, fibra, amido, açúcar, cinzas, proteínas e lipídios).

Figura 5 – Fluxograma do processo de obtenção da batata MP

Figura 6 - Etapas da elaboração da batata minimamente processada

3.5.1 Análises microbiológicas

As batatas MP de todos os tratamentos foram avaliadas quanto à presença de coliformes termotolerantes conforme a instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003) e *Salmonella sp.* Conforme Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (2010) aos dias 0, 3, 6, 9 e 12 após o processamento.

As análises foram realizadas pelo Laboratório de Microbiologia da Bioagri Alimentos, Piracicaba – SP.

3.5.2 Análises físico-químicas

3.5.2.1 Umidade

A umidade foi determinada por gravimetria, com secagem em estufa com circulação forçada de ar, marca Marconi, modelo MA 035 a 110°C até peso constante (AOAC, 2010).

3.5.2.2 pH

O pH foi determinado em 20g de amostra triturada com 100mL de água destilada utilizando-se potenciômetro, marca Tecnopon, modelo MPA-210.

3.5.2.3 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada utilizando-se 20g de amostra triturada com 100mL de água destilada. O material foi titulado com hidróxido de sódio (0,1N) até pH 8,2. Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por cento através da eq. (1) (ZENE BON; PASCUET; TIGLEA, 2008).

$$\frac{V * F * M * PM}{10 * P * N} \quad (1)$$

Sendo:

V = Volume de NaOH gasto na titulação (mL)

F = Fator de correção da solução de hidróxido de sódio

M = Molaridade da solução de hidróxido de sódio

PM = Peso molecular do ácido cítrico em g

P = Massa da amostra em g

N = Número de hidrogênio ionizáveis

3.5.2.4 Açúcares

Os teores de carboidratos redutores totais foram determinados pelo método de extração de Yoshida et al. (1972), seguido da dosagem dos açúcares redutores de acordo com Somogy - Nelson (SOMOGY, 1945).

3.5.2.5 Amido

O teor de amido foi determinado de acordo com o método enzimático descrito em Rickard e Behn (1987) e a dosagem dos açúcares redutores por Somogy-Nelson (SOMOGY, 1945).

3.5.2.6 Fibra dietética

Os teores de fibras solúveis, insolúveis e totais foram determinados pelo método enzimático (ASP et al. 1983).

3.5.2.7 Lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado por extrator Soxleth utilizando como solvente o hexano de acordo com a metodologia AOAC (2010).

3.5.2.8 Cinzas

O conteúdo de cinzas foi determinado após calcinação em mufla por duas horas a 550°C, segundo a metodologia AOAC (2010).

3.5.2.9 Proteínas

O teor de nitrogênio foi determinado pelo método de micro-Kjeldahl segundo a metodologia AOAC (2010). O fator utilizado na conversão do teor de nitrogênio para proteína bruta foi de 6,25.

3.5.3 Análises fisiológicas

3.5.3.1 Atmosfera no interior da embalagem

A atmosfera no interior das embalagens contendo 250g de batatas foi monitorada quanto à produção de CO₂ durante o armazenamento a 8°C. Leituras pelo analisador de gases Check Point O₂ e CO₂ PBI Dansensor foram tomadas diretamente do septo de silicone de cada embalagem. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem de CO₂.

3.5.3.2 Taxa respiratória

Amostras de 200g de batatas retiradas das diferentes embalagens foram colocadas em frascos herméticos de 500mL, com um furo na tampa para se colocar o septo de silicone e efetuar a leitura da atmosfera ambiente. Após 1 hora a 8°C, a produção de CO₂ foi avaliada pelo analisador de gases Check Point O₂ e CO₂, PBI Dansensor. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem (%) de CO₂ e transformados em mL de CO₂kg⁻¹h⁻¹ através da eq. (2) (NEUWALD et al., 2004). O valor utilizado como densidade da batata foi de 0,50g/cm³ (LUENGO, 2005).

$$R = \frac{\left\{ \left[V - \left(\frac{P}{D} \right) \right] * C * 10 \right\}}{P * T} \quad (2)$$

Sendo:

R = Respiração (mL de CO₂kg⁻¹h⁻¹)

V = Volume do recipiente (L)

P = massa da amostra (kg)

D = densidade da batata (g/cm³)

C = Concentração de CO₂ (%)

T = Tempo de fechamento dos recipientes (h)

3.5.4 Análises físicas

3.5.4.1 Cor

A coloração foi determinada por reflectometria usando-se colorímetro Minolta, modelo CR 400/41 e expressa pelos valores L, a* e b* (color space), segundo o sistema proposto pela Comissão Internationale de L'Eclairage (CIE). O procedimento adotado foi o de leituras em 3 palitos por lote e em cada palito 3 repetições. A partir dos resultados foi calculado o Croma (C) eq. (3) e o ângulo hue (H) eq. (4) (MINOLTA CORP, 1994) e o Índice de Escurecimento (IE) eq. (5) e (6) (PALOU et al., 1999).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

$$H = \arctan \left(\frac{b}{a} \right) \quad (4)$$

$$IE = \frac{[100(X - 0,31)]}{0,172} \quad (5)$$

$$X = \frac{a + 1,75L}{5,645L + a - 3,021b} \quad (6)$$

3.5.4.2 Perda de massa

A perda de massa foi determinada pesando-se amostras de 250g de batata MP em balança semi-analítica marca Marte modelo AL 500. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando a diferença entre a massa inicial da amostra (250g) e a massa final das mesmas para cada dia de análise.

3.5.4.3 Textura das batatas

As amostras de batatas MP foram avaliadas quanto a resistência à penetração em texturômetro TA.XT Plus, da Stable Micro Systems utilizando-se o software Exponent, versão 4,0,13,0 (2007).

Os palitos de batata foram colocados no prato base do texturômetro, utilizando-se o *probe* cilíndrico P/2 de aço inoxidável de 2cm de diâmetro e uma célula de carga de 25kg. A velocidade de descida foi de 1,50mm/s, a velocidade de penetração foi de 1,50mm/s com distância de penetração de 5mm. Foram avaliados 9 palitos (3 por lote), sendo efetuadas 3 leituras em cada palito.

O dado obtido foi uma média dos picos (dureza) em gf (grama força) e os resultados foram expressos em firmeza da polpa em Newton (N) da batata através da eq.(7) (BOURNE, 2002).

$$\text{Firmeza da polpa (N)} = \frac{\text{firmeza da polpa em gF} * F}{1000} \quad (7)$$

Sendo:

F = fator de conversão de gF para N (9,80665)

3.6 Fritura das batatas minimamente processadas e avaliação do produto final

As batatas MP foram fritas e avaliadas mediante análises de perda de umidade e absorção de óleo, além de textura instrumental e avaliação sensorial.

3.6.1 Processo de fritura

Para a fritura das batatas palitos foi utilizada fritadeira elétrica, com controle de temperatura, marca Gastromaq, utilizando-se gordura vegetal fluida para fritura Mazola Chef da marca Cargill. A proporção batata/gordura foi de 250g/2litros. As condições ideais (tempo x temperatura) de fritura foram de 170°C (MATSUOKA, 2009) por 7 minutos. A cada três lotes do mesmo tratamento a gordura de fritura era trocada.

3.6.2 Perda de umidade

A umidade perdida pelas amostras durante a fritura foi avaliada através da diferença da umidade dos produtos antes e após a fritura. O teor de umidade foi avaliado em estufa com circulação forçada de ar, da marca Marconi, modelo MA035, a 110°C, até peso constante (AOAC, 2010). Os resultados foram expressos em porcentagem através da eq. (8).

$$\text{Umidade perdida (\%)} = \frac{(U_i - U_f) * 100}{U_i} \quad (8)$$

Sendo:

U_i = umidade inicial da batata (antes da fritura)

U_f = umidade final da batata (depois da fritura)

3.6.3 Textura

Os palitos de batata recém fritos (5 minutos sob temperatura ambiente), foram avaliados quanto à penetração utilizando-se o texturômetro TA.XT Plus, como descrito no item 3.5.4.3

3.6.4 Absorção do óleo de fritura

A absorção de óleo durante o processo de fritura foi avaliada mediante a determinação do teor de lipídeos antes e após a fritura, utilizando extrator Soxhlet e solvente hexano, de acordo com a metodologia AOAC (2010).

3.6.5 Análise sensorial

Para o teste de aceitação sensorial, as amostras foram fritas nas condições ideais (item 3.6.1) e servidas com sal na proporção de 2g para cada 100g de produto. As amostras foram servidas aos provadores na temperatura usual de consumo (aproximadamente 50°C). As amostras foram avaliadas utilizando-se o delineamento de blocos incompletos casualizados (COCHRAN; COX, 1957).

Participaram do teste de aceitabilidade 30 provadores não treinados, homens e mulheres com idade entre 20 e 50 anos, os quais foram recrutados entre os alunos, pesquisadores e funcionários da ESALQ/USP. Quatro amostras de 30g foram servidas em pratos de porcelana devidamente codificados com três dígitos, acompanhadas por um copo de água mineral. As avaliações foram realizadas em cabines individuais, com condições de temperatura e iluminação controladas.

Os atributos avaliados foram aparência, aroma, sabor e textura por meio de escala hedônica de nove pontos (1 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo), de acordo com a metodologia preconizada pela American Society for Testing and Materials (1976) e Morales (1994). A ficha de análise é apresentada na Figura 7.

A análise sensorial foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da Esalq – USP em 12 de março de 2010.

Nome: _____ Idade: _____ Data: ____/____/____

Você receberá QUATRO amostras para avaliar. Prove da direita para a esquerda a amostra codificada de batata frita e avalie o quanto você gostou ou desgostou utilizando a escala abaixo.

9 – gostei muitíssimo	5- nem gostei/ nem desgostei
8 – gostei muito	4- desgostei levemente
7 – gostei moderadamente	3- desgostei moderadamente
6 – gostei levemente	2- desgostei muito
	1 – desgostei muitíssimo

	Valores			
Código das amostras	Aparência	Aroma	Sabor	Textura

Por favor, indique o que em particular você mais gostou ou menos gostou neste produto (use palavras ou frases):

MAIS GOSTEI	MENOS GOSTEI
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

1- Você costuma consumir esse tipo de produto?

() Sim, diariamente

() Sim, de vez em quando (com que frequência? _____)

() Sim, raramente

() Nunca

Figura 7 – Ficha do teste de aceitação utilizando a escala hedônica de nove pontos

3.7 Delineamento experimental

As amostras de batatas MP foram avaliadas usando esquema fatorial 5 x 6, com 3 repetições, ou seja: 5 períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 dias) e 6 tratamentos (sem película embalada com atmosfera normal, sem película embalada a vácuo, sem película embalada com atmosfera modificada, com película embalada com atmosfera normal, com película embalada a vácuo e com película embalada com atmosfera modificada).

As análises estatísticas foram aplicadas aos dados obtidos das avaliações físicas, físico-químicas e fisiológicas. Os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância e comparação de médias pelo Teste de Tukey utilizando-se o sistema estatístico SAS versão 9.2 (SAS INSTITUTE INC., 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Pré-testes

4.1.1 Avaliação das soluções antioxidantes

Como as opções de antioxidantes testadas foram extraídas da literatura, os resultados destes testes foram bons, evidenciando pela análise visual, inibição do escurecimento das batatas. A L-cisteína, entretanto, se destacou dentre todas, mostrando-se excelente agente inibidor de escurecimento oxidativo. Rocculi et al. (2007) compararam o índice de brancura obtida por este antioxidante com aqueles obtidos para ácidos cítrico e ascórbico, evidenciando a superioridade do primeiro para batatas MP.

Avaliando, entretanto o produto após a fritura, a L-cisteína deixou um acentuado sabor de enxofre. Devido a isto a L-cisteína foi descartada como possibilidade na presente pesquisa.

O ácido cítrico a 2% foi, então, selecionado porque é muito utilizado em processamento de frutas e hortaliças e também pelo seu ótimo desempenho no teste anterior (2ª opção). No teste de fritura este produto não resultou em sabor residual.

4.1.2 Solução filmogênica de metilcelulose e sorbitol

Os resultados dos testes para definir concentrações de metilcelulose e sorbitol para a solução filmogênica a ser aplicada nas batatas no teste final são apresentados no Quadro 1. As concentrações utilizadas foram de a) 0,75% MC + 0,5% sorbitol; b) 0,75% MC + 0,75% sorbitol; c) 1% MC + 0,5% sorbitol; d) 1% MC + 0,75% sorbitol

A solução filmogênica escolhida foi a de 1% de metilcelulose com 0,75% de sorbitol.

Solução	Observações
a)	A película ficou com aparência muito fina. A gota de corante penetrou facilmente na polpa,
b)	evidenciando dificuldades na formação de película.
c)	A batata evidenciou a presença de uma película mais uniforme e espessa que as formulações “a” e “b”. A película demorou mais para secar que a “d”. A gota de corante sobre a batata com película ficou na superfície, não penetrando a polpa do vegetal. Isto foi considerado como uma formação adequada de película.
d)	Esta concentração gerou película com melhor aparência se comparada à formulação “c”. Talvez porque a película tenha secado mais rapidamente que a da formulação anterior, apresentando maior homogeneidade. A gota de corante não penetrou na polpa da batata.

Quadro 1- Avaliação das concentrações de ingredientes nas soluções filmogênicas visando à formação de película nas batatas MP

4.1.3 Definições dos parâmetros a serem utilizados para se avaliar a taxa respiratória

A atividade respiratória foi testada com 100 e 200g de batata cortadas em palito, colocadas em frascos de 500mL e testadas quanto à produção de CO₂ (Tabela 1)

Tabela 1 - Atividade respiratória, em % de CO₂, da batata MP, sem e com película, em diferentes tempos

		após 0 min.	após 60 min.
100g	Sem película	3,00	4,50
	Com película	1,50	2,50
200g	Sem película	2,00	5,50
	Com película	2,50	3,50

A diferença entre o tempo inicial e o tempo final para leitura de CO₂ no frasco contendo 100g de batatas, sem e com película, variou em 1,5 e 1,0%, respectivamente. Na quantidade de 200g os resultados obtidos foram mais efetivos acentuando mais as diferenças, que foram de 3,5 e 1,0%, respectivamente.

4.2 Resultados do experimento final

4.2.1 Avaliação do produto minimamente processado

4.2.1.1 Aspecto geral das batatas MP

A figura 8 apresenta o aspecto das batatas MP nas etapas de revestimento com a

solução filmogênica. As Figuras 9 e 10 mostram a aparência visual das batatas MP, sem e com película, embaladas com diferentes atmosferas.

Antes da imersão em solução
filmogênica

Após imersão em solução
filmogênica

Após secagem superficial

Figura 8 - Batatas palito MP antes, durante e após aplicação da solução filmogênica à base de metilcelulose (1%) e sorbitol (0,75%)

Sem película / ar atmosférico

Sem película / vácuo

Sem película / gás argônio

Com película / ar atmosférico

Com película / vácuo

Com película / gás argônio

Figura 9 – Batatas palitos MP, com e sem película de metilcelulose (1%) e sorbitol (0,75%), embaladas em polietileno de baixa densidade, sob ar atmosférico, vácuo e atmosfera modificada com argônio após três dias de armazenamento

Figura 10 - Batatas palito MP, com e sem película de metilcelulose (1%) e sorbitol (0,75%), embaladas em polietileno de baixa densidade, sob ar atmosférico, vácuo e atmosfera modificada com argônio após doze dias de armazenamento

4.2.1.2 Análises microbiológicas

Não foi detectada a presença de *Salmonella* sp. nas batatas MP durante todo o período de armazenamento para todos os tratamentos. Todos os resultados apresentaram ausência do microrganismo em 25g de amostra.

A análise microbiológica para coliformes termotolerantes a 45°C de batata MP (Tabela 2) mostrou resultados idênticos para as batatas de todos os tratamentos, com contagens inferiores a 0,3 NMP/g, durante todo o período de armazenamento.

Tabela 2 - Análises microbiológicas de coliformes termotolerantes (NMP/g) a 45°C de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos durante o armazenamento refrigerado

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	Vácuo	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	Argônio	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Com película	Ar atmosférico	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	Vácuo	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	Argônio	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3

Como referência para a batata minimamente processada foi aplicada a Resolução RDC nº 12 de 02/01/2001 (BRASIL, 2001), que dispõe os regulamentos técnicos sobre padrões microbiológicos para alimentos na classe de hortaliças frescas *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas para consumo humano. Nesta, os valores para Coliformes a 45°C/g e *Salmonella* sp./25g são de tolerância de 10^3 UFC/g e ausência, respectivamente. Logo, os resultados obtidos estão dentro dos padrões microbiológicos vigentes na legislação brasileira, o que indica as boas práticas de sanitização e higiene durante o processamento do produto. O produto foi considerado apto para o consumo.

4.2.1.3 Análises físico-químicas

A composição da batata da cultivar Asterix utilizada no presente experimento foi avaliada quanto aos teores de umidade, proteínas, cinzas, lipídeos e fibras. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

A composição das batatas está de acordo com a literatura. De acordo com Murr (1992) batatas *in natura* podem apresentar umidade de 76,5 a 82,6%, proteína (bs) 5,9 a 16,6%; cinzas (bs) 2,5 a 5,7%; lipídeos (bs) 0,01 a 0,10%; fibra total (bs) 1,3 a 4,6%.

Tabela 3 - Composição da batata da cultivar Asterix utilizada como matéria-prima para o processamento mínimo

Componente	% base fresca	% base seca
Umidade	82,85	---
Proteínas	1,64	9,54
Cinzas	0,77	4,47
Lipídios	0,00	0,03
Fibras totais	0,64	3,70

A composição das batatas sob diferentes tratamentos e tempos de armazenamento foi avaliada apenas quanto aos teores de umidade, amido e açúcares redutores totais. As batatas também foram avaliadas quanto à acidez.

A Tabela 4 apresenta os resultados dos testes F para os tratamentos e suas possíveis interações das análises físico-químicas que contemplam umidade, amido, açúcar, pH e acidez titulável.

Tabela 4 - Valores de F e significância das variáveis físico-químicas de batata MP, submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 12 dias

	Causa de Variação		
	Armazenamento (Arm)	Tratamento (Trat)	Arm x Trat
Teor de umidade	16,06 **	17,93 **	6,44 **
Teor de amido	1191,93 **	337,96 **	71,42 **
Teor de açúcar	39,82 **	495,53 **	95,87**
pH	268,10 **	35,36 **	3,54 **
Acidez titulável	432,08 **	32,47 **	4,83 **

Teste F: * significativo em nível de 5% de probabilidade, ** significativo em nível de 1% de probabilidade e ns – não significativo.

4.2.1.3.1 Umidade

Os teores de umidade das batatas MP (Tabela 5) mostraram valores de 80,32 a 84,03% em função dos tratamentos aplicados e período de armazenamento.

Tabela 5 - Médias dos teores percentuais de umidade de batatas MP, sem e com película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	82,85aA	82,61abcA	82,06bcA	82,48aA	82,35bcA
	Vácuo	81,42bA	81,98cA	81,46cA	81,65abA	81,84cA
	Argônio	82,53abB	83,21abAB	84,02aA	82,46aB	84,03aA
Com película	Ar atmosférico	81,40bBC	83,58aA	82,49bcAB	80,56bcC	82,11cB
	Vácuo	82,07abB	81,57cB	81,87cB	81,53abB	83,36abA
	Argônio	83,22aA	82,18bcA	83,08abA	80,32cB	82,39bcA
CV%	0,60					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Os teores encontrados na presente pesquisa para o tratamento sem película sob ar atmosférico (controle) no dia 0 (82,85%), se mostram próximos ao da literatura, como na Tabela da Embrapa (LUENGO et al., 2000) de composição nutricional das hortaliças *in natura*, que cita o teor médio de umidade para batatas como sendo de 83,3%, e está acima do encontrado por Carvalho et al. (2003) para a batata da cultivar Bintje, que foi de 19,5% de matéria seca, ou seja, 80,5% de umidade.

Para a cultivar Asterix, Fernandes et al. (2010) encontraram teores de matéria seca de 16,70%, valor inferior ao encontrado na presente pesquisa, que foi de 17,15% para a batata sem película sob ar atmosférico (controle) no dia 0.

Considerando as batatas MP sem película, com exceção do dia zero, o tratamento a vácuo apresentou teores de umidade que não diferiram daquele com ar atmosférico. Batatas sob tratamento com argônio mostraram teores de umidade mais elevados que as com ar atmosférico nos dias 6 e 12 e que as sob vácuo nos dias 3, 6 e 12 dias.

Ao avaliar o efeito da película dentro de cada acondicionamento, as batatas com ou sem o revestimento tenderam a apresentar teores de umidade diferentes mais ao final do período de estocagem (9 ou 12 dias), mas sem uma tendência definida.

A umidade das batatas MP durante o período de armazenamento estudado apresentou equação de regressão significativa para os tratamentos sem película e com

argônio e com película e ar atmosférico (Figura 11). Observam-se pequenas variações, com elevação no teor de umidade até o 3º, seguida de tendência de queda até o 9º dia e novo aumento ao final.

Figura 11 – Variação dos teores de umidade das batatas MP submetidas ao armazenamento refrigerado. SPGA = Sem película com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico

4.2.1.3.2 Amido

Os teores de amido das batatas MP são apresentados na Tabela 6 e variaram de 60,86 a 80,02% no dia 0 e de 41,14 a 58,70% no dia 12. O teor de 73,22% da batata controle encontra-se dentro dos percentuais de amido encontrados por Bregagnoli (2000), que variou de 56 a 79,8% para diversas cultivares de batatas.

Tabela 6 - Médias dos teores de amido (%bs), de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento		
	Atmosfera	0	6	12
Sem película	Ar atmosférico	73,22bA	72,72bA	55,51bB
	Vácuo	80,02aA	75,26aB	58,70aC
	Argônio	69,41cA	60,65dB	57,64abC
Com película	Ar atmosférico	60,86dA	66,36cA	41,14dB
	Vácuo	60,94dA	60,23dA	50,21cB
	Argônio	62,66dA	59,98dB	56,62abC
CV%	1,55			

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Ao considerar apenas as batatas MP sem película, o tratamento com ar atmosférico apresentou menores teores de amido em todos os dias de armazenamento, se comparado com o tratamento com vácuo. O tratamento com vácuo apresentou as maiores médias de amido em todos os dias de armazenamento. A utilização do vácuo pode ter causado redução do processo respiratório, enquanto ainda embalado, fator que colabora para a menor perda de amido durante o armazenamento. Já as batatas MP com película, no dia 0 não apresentaram diferença neste componente e nos demais dias não apresentaram comportamento definido.

Ao analisar o efeito da película dentro de cada tipo de acondicionamento, o tratamento sem película sob ar atmosférico apresentou maiores percentuais de amido que aquele com película. Comportamento semelhante aconteceu para o tratamento com vácuo. Já o tratamento com argônio apresentou maior teor de amido no sem película no dia do experimento.

O teor de amido foi reduzido com o armazenamento em todos os tratamentos.

4.2.1.3.3 Açúcares redutores totais

Os teores de açúcares redutores totais encontrados nas batatas MP dos diferentes tratamentos ao longo do armazenamento são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Médias dos teores de açúcares redutores totais (%bs) de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento		
	Atmosfera	0	6	12
Sem película	Ar atmosférico	2,50bB	3,59aA	3,72aA
	Vácuo	1,87dA	1,36dB	2,00dA
	Argônio	2,13cB	3,01bA	2,97bA
Com película	Ar atmosférico	2,95aB	3,00bAB	3,15bA
	Vácuo	2,23cA	2,31cA	1,39eB
	Argônio	2,61bA	2,34cB	2,22cB
CV%	3,18			

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Os teores destes açúcares variaram de 1,87 a 2,95% no dia 0 e de 1,39 a 3,72% no dia 12. O teor de açúcares da batata fresca sem película foi de 2,50% está dentro da faixa de variação relatada por Pereira e Campos (1999) para as cultivares Bintje, Atlantic e Trapeira, que foram de 1,94%; 1,24% e 3,19%, respectivamente.

Ao se considerar apenas os teores de açúcares das batatas sem película, o tratamento com ar atmosférico apresentou os maiores teores e o tratamento a vácuo os menores teores em todos os dias de armazenamento, inclusive no dia do início do experimento, estes menores teores de açúcares corresponderam com os maiores teores de amido neste mesmo tratamento. Este fato pode indicar variabilidade da matéria-prima para este parâmetro. Além disto, o mesmo comportamento entre as formas de acondicionamento pode ser estendido para as batatas com película.

Ao analisar o efeito da película, não se observa uma tendência definida de comportamento.

Considerando o tempo de armazenamento, as batatas MP, acondicionadas em ar atmosférico, tanto sem como com película evidenciaram aumento dos teores de açúcares. O tratamento sem película e com argônio mostrou comportamento semelhante àqueles sob ar atmosférico.

Nestes tratamentos foi observado queda do teor de amido no tempo. A cultivar Asterix, sob a forma MP, na presente pesquisa apresentou tendência a perder amido (todos os tratamentos) e acumular açúcares (metade dos tratamentos) durante o armazenamento a 8°C. A quebra do amido em açúcares em batatas refrigeradas é citada na literatura, entretanto, se mostra variável com as cultivares, temperatura e tempo de armazenamento. No estudo de Edwards et al. (2002) tubérculos inteiros desta mesma cultivar não evidenciaram elevação significativa dos açúcares com o armazenamento a 3,3°C por 84 dias, ao contrário da maioria das cultivares estudadas. No estudo de Bacarin et al. (2005) o conteúdo de açúcares redutores foi avaliado em batatas acondicionadas em 4°C, sendo observado que os tubérculos das cultivares Atlantic, Asterix e Pérola e do clone C-1786-6-94 antes do armazenamento apresentaram teores de açúcares redutores de 0,97; 2,76; 0,69 e 0,89mg de glicose/g de batata, respectivamente. Aos 30 dias de armazenamento os teores de açúcares redutores se mostraram mais elevados para todas as cultivares, com teores entre 17 e 30mg de glicose/g de batata.

Segundo Blenkinsop et al. (2002) o armazenamento sobre refrigeração das batatas MP é altamente desejável, mas apesar das vantagens, a batata quando estocada sob baixas temperaturas (<10°C) passa por um processo conhecido como adoçamento por baixas temperaturas. Este adoçamento resulta no acúmulo de açúcares que podem induzir a reação de escurecimento não enzimática, conhecida como reação de Maillard, gerando produtos escuros no momento da fritura (ARRUDA, 2004).

O adoçamento por baixas temperaturas se traduz pela quebra do amido e acúmulo de sacarose e de açúcares redutores (glicose e frutose), reduzindo assim as quantidades de amido e aumentando as de açúcares. Embora este fenômeno tenha sido reconhecido há muito, o entendimento do mecanismo é relativamente incompleto. Acredita-se que a resposta ao estresse por baixa temperatura em tubérculos de batata não seja intermediada por um simples fator, mas por uma interação de várias rotas do metabolismo de carboidratos incluindo síntese de amido, glicólise, respiração mitocondrial e gliconeogênese (MARANGONI; DUPLESSIS; YADA, 1997). Segundo Krause et al. (1998) dentre as diversas explicações para a estimulação da degradação

do amido e acúmulo de açúcar, uma das possibilidades é que as baixas temperaturas induzem ao aumento da atividade de uma ou mais enzimas de degradação do amido.

Como a quebra do teor de amido não ocorreu na mesma proporção que o acúmulo de açúcar, sugere-se também, que parte do amido pode estar sendo consumido no processo respiratório. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o processo respiratório de hortaliças pós-colheita não é suprido pelo processo fotossintético através das folhas. Logo, são utilizadas matérias orgânicas de reserva acumuladas no órgão vegetal como carboidratos, lipídios e proteínas, as quais são consumidas como fonte de carbono e produção de energia.

4.2.1.3.4 Acidez

Os valores de pH das batatas MP (Tabela 8) no dia 0 variaram de 5,37 a 5,70 e no dia 12 de 6,10 a 6,50. Endo et al. (2008) encontraram valores de pH que se mantiveram próximos de 6,0 ao longo do armazenamento para batata MP da cultivar Monalisa recobertas com filme ativo de PVC feitos a partir de base celulósica, adicionados ou não de 2% de ácido cítrico, 0,5% de monoclórato de L- cisteína e 7% de ácido ascórbico. Este valor (6,0) é superior ao encontrado na presente pesquisa para o tratamento sem película com ar atmosférico (controle), que foi de 5,46.

Tabela 8 - Médias de pH de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	5,46abC	6,01aB	6,48aA	6,60aA	6,50aA
	Vácuo	5,37bB	5,45dB	5,94cA	6,11cA	6,10cA
	Argônio	5,37bD	5,61cdC	6,09bcB	6,30bcAB	6,38aA
Com película	Ar atmosférico	5,67aB	5,70bcB	6,46aA	6,52abA	6,47aA
	Vácuo	5,60abC	5,87abB	6,17bcA	6,35bcA	6,14bcA
	Argônio	5,70aB	5,73bcB	6,32abA	6,43abA	6,37abA
CV%	1,66					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Considerando apenas as batatas sem película, nos dias 3, 6 e 9 as acondicionadas sob vácuo e com gás argônio apresentaram pH menor que aquelas acondicionadas sob ar atmosférico, pois mantiveram o pH mais próximo do dia zero (material fresco). Ao considerar as batatas com película, entretanto, no 6º e 12º dia, as embaladas a vácuo apresentaram pH menor que as acondicionadas com ar atmosférico e com o argônio. Neste tratamento com película o argônio não diferiu do ar atmosférico ao longo do armazenamento.

Avaliando-se o efeito da película dentro de cada uma das formas de acondicionamento das batatas não se observa diferença significativa na maioria dos dias de armazenamento.

O comportamento ao longo do armazenamento pode ser melhor observado pela Figura 12, que apresenta as equações de regressão, significativas para todos os tratamentos.

Em todos os tratamentos o pH aumentou ao longo do armazenamento, sendo o pico no 9º dia. No 12º dia houve tendência à queda.

Pilon (2003) estudou o processamento mínimo de pimentão e salada mista de batata e vagem embalados com ar atmosférico, vácuo e atmosfera modificada ao longo de 21 dias de armazenamento. Os valores de pH no estudo de Pilon (2003) tiveram um aumento durante o armazenamento refrigerado variando de 5,4 a 6,6 e 6,1 a 6,48, respectivamente, relacionado com menores teores de ácidos orgânicos. Michels (2005) também obteve aumento gradativo no pH de tubérculos de yacon MP embalados sob atmosfera modificada em função do tempo de armazenamento.

Tem se notado em muitos produtos minimamente processados o aumento do pH ao longo do período de armazenamento, mas ainda não se sabe ao certo os mecanismos envolvidos. Especula-se que seja devido à eliminação de CO_2 diretamente do interior do tecido para o vacúolo ou para o ambiente, e tendo como consequência a diminuição da acidificação promovida pelo CO_2 (KADER, 1986).

Figura 12 – Variação dos teores de pH das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

A tendência à elevação ao longo do armazenamento pode também estar relacionada com a redução de ácidos orgânicos em função da respiração ou também pela transformação desses ácidos em açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A acidez titulável se mostrou variável no dia do experimento, variando de 0,18 a

0,24% de ácido cítrico no dia 0 e de 0,07 a 0,11% de ácido cítrico no 12º dia de armazenamento (Tabela 9).

Tabela 9 - Médias de acidez titulável (% m/m de ácido cítrico) de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	0,21bcA	0,14bB	0,10cC	0,07bD	0,07bCD
	Vácuo	0,23abA	0,18aB	0,15aC	0,12aD	0,11aD
	Argônio	0,24aA	0,13bB	0,12bcB	0,09bC	0,08bC
Com película	Ar atmosférico	0,21abA	0,11bcB	0,10bcBC	0,09bC	0,09abBC
	Vácuo	0,20bcA	0,11cBC	0,12bB	0,09bC	0,11aBC
	Argônio	0,18cA	0,12bcB	0,11bcB	0,08bC	0,08bC
CV%	7,88					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

A acidez titulável das batatas sem película sob ar atmosférico (controle) foi de 0,21% de ácido cítrico. Este valor é próximo a faixa citada por Fernandes et al. (2010), que encontraram para polpa fresca de batata de diversas cultivares valores de 0,17 a 0,20% de ácido cítrico. De acordo com Smith (1977) diferenças podem ocorrer em função da época do plantio, do tipo de solo, da estação, localização, nutrição mineral e tempo de colheita.

Dentro do 3º, 6º, 9º e 12º dias as batatas sem película e a vácuo apresentaram valores maiores de acidez se comparados com os demais tratamentos sem película. Este comportamento já era esperado considerando o ocorrido para pH das batatas nas mesmas condições. O mesmo foi constatado por Pinelli (2005) que avaliou batatas MP acondicionadas em vácuo e em atmosfera modificada e armazenadas por 9 dias a 5°C. Os tratamentos com menores concentrações de oxigênio na embalagem apresentaram maior acidez titulável, provavelmente em função da ocorrência de processos anaeróbicos, ocorrência para que a batata MP respirasse menos. Nos tratamentos com película, as batatas a vácuo apresentaram percentuais de acidez que não se diferiram dos demais, exceto aos 12 dias, em que se diferenciou daquelas acondicionadas com argônio.

A análise de regressão da acidez titulável ao longo do período de armazenamento foi significativa para todos os tratamentos estudados, sendo as equações ajustadas para este parâmetro mostradas na Figura 13.

Figura 13 – Variação da acidez titulável das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

Em todos os tratamentos houve tendência à redução da acidez titulável ao longo do

período de armazenamento, comprovando o comportamento observado para variação do pH.

A literatura traz vários registros sobre o decréscimo da acidez titulável de vegetais minimamente processados durante o armazenamento, como em pimentões verdes cortados em rodela e armazenados sob refrigeração a 5 e 10°C (BENEDETTI; GOLINELLI; SARANTÓPOULOS, 2002), em alface de folhas inteiras e em tiras acondicionadas em embalagens de polipropileno e polietileno de baixa densidade e armazenadas a 5°C (MATTOS et al., 2007). Segundo o estudo destes últimos pesquisadores a maior redução do teor de ácidos orgânicos na alface em tiras está relacionada com sua maior atividade metabólica pelo estresse mecânico mais intenso. Como os ácidos orgânicos são substratos utilizados na atividade respiratória, o maior metabolismo resulta em menores teores destes componentes no final do experimento. Kader (1986) acredita que a redução na acidez titulável dos produtos MP seja consequência do metabolismo normal de CO₂ ou ainda uma resposta do tecido ao neutralizar a acidez gerada pelo CO₂.

4.2.1.4 Análises Fisiológicas

Os resultados da análise de variância das determinações fisiológicas das batatas MP sob diferentes tratamentos e tempos de armazenamento são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores de F e significância das variáveis fisiológicas de batatas MP, submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 12 dias

	Causa de Variação		
	Armazenamento (Arm)	Tratamento (Trat)	Arm x Trat
Teor de CO ₂ no interior da embalagem	673,62 **	338,30 **	32,78 **
Taxa respiratória	223,85 **	48,50 **	12,82 **

Teste F: * significativo em nível de 5% de probabilidade, ** significativo em nível de 1% de probabilidade e ns – não significativo.

4.2.1.4.1 Teor de gás carbônico no interior da embalagem

As concentrações de CO₂ no interior das embalagens contendo as batatas

minimamente processadas e ar atmosférico ou argônio são apresentadas na Tabela 11.

No dia do início do experimento (dia 0) o teor de gás carbônico no interior das embalagens não se mostrou diferente, apesar da injeção do argônio nas embalagens com atmosfera modificada. Entretanto, após 3 dias, diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos. Nos tratamentos sem película, a atmosfera ambiente apresentou mais gás carbônico acumulado (respiração mais intensa) que a modificada com argônio em todos os dias de armazenamento e naqueles com película nos dias 3, 6 e 9 também. Este fato evidencia que a respiração nas batatas embaladas com argônio tendeu a ser menos intensa que para as sob ar atmosférico durante o armazenamento.

Tabela 11 - Médias dos teores percentuais de CO₂ no interior das diferentes embalagens contendo 250g de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	1,73aC	13,20aB	14,83aA	13,27aB	12,37aB
	Argônio	0,70aD	4,40cC	6,47cB	8,10bA	9,33cA
Com película	Ar atmosférico	0,90aC	11,07bB	12,07bAB	12,70aA	11,83abAB
	Argônio	0,77aE	4,43cD	6,60cC	8,23bB	10,63bA
CV%	6,74					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Ao avaliar o efeito da película, nos tratamentos com ar atmosférico observa-se que nos dias 3 e 6 a película apresentou menos CO₂ nas embalagens que os sem película (controle), mostrando que a película foi efetiva em reduzir a respiração até este dia de armazenamento. Posteriormente, o teor de CO₂ se igualou.

Nas embalagens contendo argônio, os produtos com e sem película não apresentaram diferenças significativas quanto ao CO₂, exceto no dia 12.

A utilização da atmosfera de argônio mostrou interferir mais que o uso de película no processo respiratório. O uso de película foi interessante apenas para batatas MP sob ar atmosférico, até o 6º dia.

Para o período de armazenamento foram obtidas equações de regressão para este

parâmetro. Na Figura 14 são apresentadas as que foram significativas.

As batatas MP sob ar atmosférico, sem ou com película, apresentaram comportamento semelhante, com aumento de gás carbônico até o 6º dia de armazenamento seguido de queda até o final do período estudado. O tratamento com argônio as batatas MP com e sem película, também apresentaram comportamento semelhante entre si, com acúmulo de CO₂ com o tempo de armazenamento. Ao final do armazenamento as diferenças no teor deste gás nas embalagens tenderam, portanto, a ser reduzidas.

Figura 14 – Variação do teor de CO₂ no interior das diferentes embalagens de batatas MP de diversos tratamentos durante o armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPGA = com película e gás argônio

Rocculi, Romani e Rosa (2004) avaliaram maçãs MP armazenadas a 4°C por 12 dias e embaladas em diferentes atmosferas. Os tratamentos foram: ar atmosférico (1); 90% N₂, 5% CO₂ e 5% O₂ (2); 90% de NO₂, 5% CO₂ e 5% O₂ (3) e 65% NO₂, 25% argônio, 5% CO₂ e 5% O₂ (4). As porcentagens de CO₂ dentro das embalagens foram menores para as atmosferas 3 e 4 com 24,8 e 20,10%, respectivamente, ao final do armazenamento.

4.2.1.4.2 Taxa respiratória

A taxa respiratória avaliada pelo volume de CO₂ produzido pelas batatas MP durante o período de armazenamento é apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 - Médias dos volumes (mL de CO₂kg⁻¹h⁻¹) de CO₂ produzidos pelas batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	10,83aB	24,67aA	24,83aA	26,67bA	13,50cB
	Vácuo	7,50abD	14,17bcC	23,00abB	31,33aA	18,83bB
	Argônio	5,50bD	11,00cdC	12,67cBC	17,17cA	17,00bcAB
Com película	Ar atmosférico	5,33bD	16,17bBC	18,67bB	25,83bA	13,00cC
	Vácuo	4,83bD	12,67bcdC	22,00abB	30,00abA	23,50aB
	Argônio	3,33bC	9,50dB	11,17cB	17,17cA	18,67bA
CV%	11,69					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

No dia do início do experimento, as batatas MP sem película sob ar atmosférico, apresentaram taxa respiratória superior às dos demais tratamentos, embora não apresente diferença significativa do tratamento sem película a vácuo. Esta é uma indicação que os tratamentos realizados logo no início já auxiliam na redução da respiração desses vegetais. Este comportamento permaneceu até o 6º dia de armazenamento.

A taxa respiratória se mostrou bastante variável com os tratamentos e períodos de armazenamento estudados, variando de 3,3 a 31,33mL de CO₂kg⁻¹h⁻¹. Segundo Pinelli (2005) a temperatura, a composição gasosa da atmosfera e a injúria no tecido influenciam diretamente a taxa respiratória de batatas MP.

Vitti (2007) estudou batatas MP das cultivares Ágata, Asterix e Monalisa armazenadas a 5, 15 e 25°C por 9 dias. A cultivar Asterix apresentou a maior taxa respiratória em todas as temperaturas com valores em torno de 12, 16 e 25mL de CO₂kg⁻¹h⁻¹. A Monalisa apresentou as menores taxas, principalmente a 5°C, que variaram de 7,0 a 4,0mL de CO₂kg⁻¹h⁻¹. O autor sugere que esta diferença no comportamento respiratório

entre as cultivares esteja relacionado com as diferenças na quantidade de matéria seca presente nas mesmas, sendo que maiores teores podem significar maior fonte de substratos respiratórios.

Nos tratamentos sem película a atmosfera com argônio apresentou menor respiração que o controle, exceto no final do armazenamento. Naqueles com película a atmosfera com argônio, que no dia do experimento apresentou a mesma respiração, diferiu do controle no dia 3, 6 e 9 de estocagem.

O uso da película mostrou ser efetivo em reduzir a taxa respiratória no tratamento sob atmosfera ambiente até o 6º dia, mas não exerceu o mesmo efeito dentro dos tratamentos a vácuo e dos com argônio durante o armazenamento.

A atmosfera modificada com argônio exerceu maior efeito na inibição da taxa respiratória das batatas MP armazenadas que a película.

A respiração das batatas MP durante o período de armazenamento estudado apresentou equações de regressão significativas para todos os tratamentos (Figura 15).

As batatas com argônio, com ou sem película, apresentaram taxas respiratórias crescentes durante o armazenamento, Já os tratamentos sem e com película sob ar atmosférico e vácuo apresentaram picos de respiração aos 6 ou aos 9 dias de armazenamento, com tendência à queda ao final do experimento. Com estas quedas, as taxas respiratórias destes últimos se mostraram mais próximas das batatas com argônio ao final do experimento. Esta queda da taxa respiratória pode ser decorrente do maior acúmulo de CO₂ nestas embalagens, que atua como inibidor deste processo fisiológico.

Zhang et al. (2001) avaliaram o efeito do argônio e do nitrogênio sobre a enzima desidrogenase málica (EC 1.1.1.37), que é uma das enzimas chave no ciclo de Krebs do metabolismo da respiração. O ciclo é completado quando a oxidação do ácido L-málico em ácido oxaloacético é realizado pela enzima. Segundo os autores, tanto o nitrogênio como o argônio, reduziram ligeiramente a atividade desta enzima em comparação com a atividade da mesma sob ar atmosférico. O argônio foi mais efetivo que o nitrogênio na redução da atividade da enzima, talvez por ter maior solubilidade em relação ao nitrogênio, podendo gerar uma maior afinidade com o sítio ativo de inibição da enzima.

Figura 15 – Variação do volume (mL de CO₂kg⁻¹h⁻¹) de CO₂ produzido pelas batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

4.2.1.5 Análises físicas

A Tabela 13 apresenta os resultados da análise de variância para as análises físicas que contemplam cor (luminosidade, cromaticidade, ângulo hue e índice de escurecimento), perda de massa e textura das batatas MP armazenadas sob refrigeração.

Tabela 13 - Valores de F e significância das variáveis físicas das batatas MP, submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 12 dias

	Causa de Variação		
	Armazenamento (Arm)	Tratamento (Trat)	Arm x Trat
Luminosidade	17,95 **	0,90 ns	1,25 ns
Cromaticidade	10,21 **	6,31 **	1,57 ns
Ângulo hue	73,23 **	22,69 **	3,10 **
Índice escurecimento	40,97 **	13,03 **	2,62 **
% de perda de massa	32,32 **	21,81 **	2,31**
Textura (Firmeza da polpa)	1,77 ns	3,24 *	1,49 ns

Teste F: * significativo em nível de 5% de probabilidade, ** significativo em nível de 1% de probabilidade e ns – não significativo.

4.2.1.5.1 Cor

As médias dos valores de luminosidade (L) das batatas MP sob diversos tratamentos e armazenamento de 12 dias podem ser visualizadas pela Tabela 14.

Tabela 14 - Médias de luminosidade das batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	67,57aA	66,53aAB	64,49aB	64,37aB	65,17aAB
	Vácuo	67,03aA	65,19aAB	62,97aB	64,41aAB	65,94aA
	Argônio	67,97aA	67,71aAB	64,44aB	66,20aAB	65,04aB
Com película	Ar atmosférico	67,69aA	65,80aAB	65,15aAB	64,11aB	65,58aAB
	Vácuo	66,87aAB	67,33aA	65,80aAB	64,22aB	65,40aAB
	Argônio	66,94aA	67,37aA	64,76aAB	63,63aB	64,58aAB
CV%	1,85					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Os valores de luminosidade variaram de 66,87 a 67,97 no dia 0 e 64,58 a 65,94 no dia 12. Considerando que os valores próximos de 0 indicam produtos mais escuros e os valores mais próximos de 100 indicam produtos mais claros, tem-se que as batatas MP situam-se dentro de produto mais claro.

O valor de 67,6 da batata controle está próximo ao citado por Fernandes et al. (2010), que avaliaram polpa fresca de batatas da cultivar Asterix, sem revestimento comestível, e obtiveram L igual a 66,2. Também se aproxima dos resultados observados para outras cultivares de batata, como Endo (2006) que, ao analisar batatas da cultivar Monalisa MP em rodela, com e sem filme ativo de PVC feitos a partir de base celulósica, adicionados ou não de 2% de ácido cítrico, 0,5% de monoclórato de L- cisteína e 7% de ácido ascórbico, e armazenadas a 8°C por 9 dias, encontrou valores de L variando de 70,03 a 65,06. Valores parecidos ocorreram no estudo de Gunes e Lee (1997), onde L variou de 67,0 a 63,00 em batatas MP da cultivar Russet armazenadas a 2°C por 13 dias.

A utilização de película e de diferentes atmosferas não causou alterações de luminosidade das amostras para cada dia de armazenamento. Outros estudos da literatura mostram interferência de películas na luminosidade do produto MP. Trigo (2010) ao estudar mamão MP com revestimento de carboximetilcelulose observou que este apresentou maior luminosidade que o mamão controle (sem revestimento) e menor luminosidade que os revestidos com alginato.

As equações de regressão significativas dentre os tratamentos estudados são apresentadas na Figura 16.

As batatas MP sem película sob ar atmosférico e vácuo e com película sob ar atmosférico se comportaram de maneira semelhante, com tendência a decréscimo de valores de L até o 6º dia e seguido de aumento. Já o tratamento com argônio com película mostrou tendência a diminuição de L até 9º dia para depois se elevar também. Ou seja, a tendência mais freqüente foi do produto se tornar mais escuro e ao final mais claros. Talvez pelo processo de desidratação superficial, fato observado visualmente. De acordo com Pereira, Minin e Chaves (2007) pode ocorrer em consequência da desidratação parcial da superfície do vegetal um esbranquiçamento superficial dos tecidos de produtos MP.

Figura 16 - Variação da luminosidade de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e ar atmosférico. SPV = sem película e vácuo. SPGA = sem película e gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

Valores de cromaticidade próximos a zero são indicativos de cores neutras (branco e/ou cinza) e valores ao redor de 60 indicam cores vívidas e/ou intensas (MCGUIRE, 1992).

A cromaticidade das batatas MP sob vários tratamentos variou de 17,42 a 18,29 no dia 0 e de 18,82 a 20,09 no dia 12 (Tabela 15).

Tabela 15 - Médias de cromaticidade de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	17,58aB	18,48abAB	19,98aA	19,52aAB	19,88aA
	Vácuo	17,72aA	17,76abA	17,27cA	18,98aA	18,82aA
	Argônio	17,42aAB	16,81bB	17,76bcAB	18,27aAB	19,27aA
Com película	Ar atmosférico	18,29aA	19,62aA	19,39abA	19,21aA	20,00aA
	Vácuo	18,16aA	19,28aA	17,99abcA	18,08aA	18,94aA
	Argônio	17,43aB	17,95abB	17,55bcB	18,43aAB	20,09aA
CV%	4,61					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

As batatas MP apresentaram intensidade de cor mais próxima do branco (cor menos intensa ou mais neutra), o que era esperado, visto que também apresentaram valores de L acima de 50. Os resultados de cromaticidade estão dentro da faixa obtida por Fernandes et al. (2010) ao estudar polpas frescas de batatas das cultivares Ágata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial, que foram de 19,0; 20,1; 13,8; 25,4 e 20,5, respectivamente.

No dia do início do experimento as batatas de todos os tratamentos apresentaram a mesma cromaticidade. Ao se considerar apenas as batatas MP sem película, observa-se que, exceção feita ao dia 6, os tratamentos não diferiram entre si em nenhum outro dia de armazenamento.

O uso da película também não causou diferença na cromaticidade das batatas dentro de cada um dos acondicionamentos testados.

A variação de cromaticidade das batatas MP ao longo do período de armazenamento apresentou equações de regressão significativas para a maioria dos tratamentos (Figura 17).

Figura 17 – Variação da cromaticidade de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

A cromaticidade das batatas MP sem película apresentou aumento diretamente proporcional ao tempo de armazenamento para os tratamentos a vácuo e com argônio. Nas com película o comportamento mostrou ser variável. As batatas contendo ar atmosférico e sob vácuo mostraram maior semelhança entre si, com pequeno aumento até o 3º dia, posterior redução até o 9º dia e novo aumento no dia final.

A maioria das curvas de regressão indicou tendência a aumento de cromaticidade com o armazenamento (cores mais intensas).

As médias de ângulo hue são apresentadas na Tabela 16. Este parâmetro de cor indica um atributo da cor vermelha a 0°h, amarelo a 90°h, verde a 180°h e azul a 270°h (MCGUIRE, 1992).

Tabela 16 - Médias do ângulo hue (°h) de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	102,39aA	99,42bcdB	97,43bC	98,17abBC	97,18bcC
	Vácuo	102,30aA	101,55aAB	100,43aBC	98,87aC	99,29aC
	Argônio	102,11aA	101,26abAB	100,23aBC	99,86aBC	98,92abC
Com película	Ar atmosférico	101,53aA	98,26dB	97,28bBC	96,64bBC	96,33cC
	Vácuo	101,34aA	98,99cdB	99,89aAB	96,94bC	98,96abB
	Argônio	101,36aA	100,22abcAB	99,87aAB	98,80aBC	97,13bcC
CV%		0,77				

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Os valores do ângulo hue variaram de 101,34 a 102,39° no dia 0 e de 96,33 a 99,29° no 12° dia. Tais valores correspondem a uma coloração próxima do amarelo, o que é característico deste vegetal. O valor para a batata MP controle (102,4) é um pouco superior aos encontrados por Fernandes et al. (2010), que variaram entre 100,1 a 100,4° para polpa fresca de batata de diversas cultivares (Asterix, Markies, Atlantic, Mondial e Agata).

No dia do início do experimento, todos os tratamentos apresentaram valores de ângulo hue semelhantes e mais elevados que os do último dia.

Avaliando apenas os tratamentos sem película, como houve decréscimo nos valores com o tempo e este ocorreu mais rapidamente no tratamento com ar atmosférico, ocorreu que a partir já do 3° dia estas batatas tendam a apresentar menores valores que aquelas sob vácuo e com argônio.

Ao se comparar as batatas com película, observa-se que aquelas embaladas com ar atmosférico apresentaram valores menores no 3°, 6° e 9° dia em comparação com o tratamento argônio, não tendo diferença no último dia. E estas só apresentaram valores

menores que o vácuo nos dias 6 e 12.

O efeito da película dentro de cada tipo de acondicionamento também não mostrou ser um fator determinante para este parâmetro.

A variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração resultou em equações de regressão significativas para todos os tratamentos (Figura 18).

Figura 18 – Variação do ângulo hue (h) de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

As batatas MP sem e com película e acondicionadas com ar atmosférico e aquelas

com vácuo apresentaram tendências semelhantes, com queda nos valores até o 9º dia e leve incremento na sequência. Batatas sem e com película, acondicionadas com argônio apresentaram comportamento também semelhante entre si, com redução linear de valores com o tempo de armazenamento.

O índice de escurecimento representa a pureza de cor marrom e é relatado como um parâmetro importante nos processos em que o escurecimento enzimático ocorre (PALOU et al., 1999). Este parâmetro, avaliado nas batatas MP (Tabela 17), variou de 23,77 a 25,80 no dia zero e de 28,42 a 32,66 no dia 12.

Tabela 17 - Médias do índice de escurecimento de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	24,06aB	27,45abcB	32,38aA	31,22aA	31,94abA
	Vácuo	24,55aC	25,82bcBC	26,55bABC	29,73abA	28,42bAB
	Argônio	23,77aB	24,11cB	26,82bAB	27,04bAB	29,89abA
Com película	Ar atmosférico	25,57aB	30,46aA	30,88aA	31,46aA	32,26aA
	Vácuo	25,80aA	28,68abA	26,75bA	29,05abA	29,09abA
	Argônio	24,57aC	25,76bcBC	26,46bBC	29,16abAB	32,66aA
CV%	5,49					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

No dia do início do experimento (dia 0) todos os tratamentos apresentaram índices de escurecimento semelhantes. O comportamento dos tratamentos para esta análise nos demais dias não está bem definido, apresentando resultados diferentes. As batatas do tratamento sem película, no 6º dia apresentaram maior índice para as acondicionadas com ar atmosférico e no 9º dia, a com ar atmosférico foi maior do que aquela com argônio. As com película apresentaram diferenças apenas no 3º dia (ar atmosférico>argônio) e no 6º dia (ar atmosférico>vácuo e argônio).

Embora não tenha ocorrido diferença significativa, o tratamento com ar atmosférico, tanto sem como com película, apresentou maiores índices de escurecimento em quase

todo o período avaliado.

O efeito do uso de película dentro de cada tipo de acondicionamento não fez diferença para o índice de escurecimento das batatas MP.

Todos os tratamentos apresentaram equações de regressão significativas para índice de escurecimento das batatas MP durante o período de armazenamento (Figura 19).

Figura 19 – Variação dos índices de escurecimento de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

A variação do índice de escurecimento das batatas MP sob diversos tratamentos foi

semelhante, com tendência a aumento linear com o tempo de estocagem, o que comprova também pela análise visual (fotos) dos produtos no dia 3 e dia 12 apresentadas nas Figuras 9 e 10.

Segundo Lupetti et al. (2005) o escurecimento dos vegetais é iniciado pela oxidação enzimática, através da polifenoloxidase. O produto final desta oxidação é a quinona que se polimeriza formando as melaninas (pigmento escuro).

Segundo o estudo de Duangmal e Apenten (1998), a polifenoloxidase da batata possui atividade máxima em pH em torno de 6,8. As batatas MP no presente estudo apresentaram elevação dos valores de pH com o armazenamento (Tabela 8), tendo no 12º dia valores de 6,1 a 6,5, mais próximos do ótimo da enzima.

No presente estudo, a inclinação da curva de tendência para as batatas sob vácuo foi menor que nas demais atmosferas, tanto com película como para sem película, devido à ausência de oxigênio nas embalagens.

Pinelli et al. (2005) avaliaram batatas MP da cultivar Ágata, sem tratamento com antioxidantes e armazenadas a 5°C por 9 dias, embaladas sob vácuo parcial e atmosferas modificadas (10%CO₂, 2%O₂ e 88%N₂ e 5%CO₂, 5%O₂ e 90%N₂). Através da análise de regressão observaram aumento do índice de escurecimento em todos os tratamentos, mas com intensidades diferentes. As embalagens que possuíam 5%CO₂, 5%O₂ e 90%N₂ apresentaram maior índice seguida por 10%CO₂, 2%O₂ e 88%N₂ e por último, o tratamento com vácuo parcial. Segundo o autor a atmosfera modificada por si só não é capaz de evitar o escurecimento, evidenciando a importância da associação entre atmosfera e antioxidantes na manutenção da cor.

4.2.1.5.2 Perda de massa

A perda de massa, conforme a intensidade, pode ser fator determinante para os atributos sensoriais (sabor, cor e textura) do produto e também de sua qualidade na fritura. As médias dos percentuais de perda de massa das batatas MP são apresentadas na Tabela 18.

A perda de massa das batatas MP passou de zero no dia do início do experimento para percentuais de 0,34 a 1,29 no último dia do experimento.

Tabela 18 - Médias dos percentuais de perda de massa de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	0,0aA	0,29bA	0,39bA	0,44cA	0,39bA
	Vácuo	0,0aB	1,55aA	1,55aA	1,64abA	1,29aA
	Argônio	0,0aC	1,08abB	1,89aAB	1,37aA	1,10abB
Com película	Ar atmosférico	0,0aA	0,33bA	0,35bA	0,44cA	0,34bA
	Vácuo	0,0aB	1,14abA	1,36aA	1,46bA	1,19abA
	Argônio	0,0aB	1,01abA	1,11abA	1,12bcA	1,08abA
CV%	43,76					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Rocculi, Romani e Rosa (2004) estudaram maçãs MP embaladas sob atmosferas modificadas não convencionais observando que a porcentagem de perda de peso não foi notável, tendo valores de no máximo 0,36% durante 12 dias de armazenamento a 4°C, provavelmente por causa da transpiração e respiração.

A transpiração é o mecanismo pela qual a água é perdida devido à diferença de pressão de vapor d'água entre a atmosfera circundante e a superfície da amostra, ficando assim como o maior responsável pela perda de massa. Na respiração átomos de carbono são perdidos toda vez que uma molécula de CO₂ é produzida e perdida para a atmosfera (BHOWMIK; PAN, 1992).

Ao considerar apenas as batatas MP sem película o tratamento com ar atmosférico apresentou menor perda de massa que o tratamento sob vácuo, em todos os dias de armazenamento. A batata em embalagem contendo ar atmosférico se diferenciou daquela com argônio apenas no 6º e 9º dias.

Os tratamentos com película não apresentaram diferenças nos dias 3 e 12, apenas o tratamento com ar atmosférico obteve menores perdas que o com vácuo nos dias 6 e 9.

Apesar da análise estatística apresentar diferença somente no tratamento sem película com ar atmosférico comparado com o vácuo, o tratamento com película sob ar atmosférico mostrou menor perda de massa dentro de cada dia de armazenamento

avaliado.

Comparando o efeito da película, não houve diferença significativa para perda de massa entre os tratamentos com e sem película dentro de cada forma de acondicionamento.

Todos os tratamentos apresentaram equações de regressão significativas para perda de massa das batatas MP durante o período de armazenamento (Figura 20).

Figura 20 – Variação dos percentuais de perda de massa de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

As variações da perda de massa das batatas MP acondicionadas sob vácuo e com argônio se mostraram mais próximas, com tendência a aumento e pico entre o 6º e 9º dia. Os tratamentos com ar atmosférico também apresentaram curvas semelhantes às dos demais tratamentos, embora mais tênues.

Endo (2006) avaliou batatas MP da cultivar Monalisa, acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido e cobertas com filme de PVC feitos a partir de base celulósica, adicionados ou não de 2% de ácido cítrico, 0,5% de monoclórato de L- cisteína e 7% de ácido ascórbico, e armazenadas a 8°C por 9 dias. Segundo o autor houve perda de massa final em torno de 1,5% sendo mais susceptível ao longo do tempo e não tendo diferença entre os tipos de filmes ativos. De acordo com o autor, esta perda de massa pode ter ocorrido devido ao tipo de filme utilizado, pois a celulose é sensível à absorção de umidade, possuindo alta taxa de transmissão ao vapor de água e aos gases e, além disso, as bandejas foram envoltas com filmes de PVC que, por sua vez, também apresentam alta permeabilidade a gases e ao vapor de água, facilitando a perda de água dos produtos.

Carvalho e Lima (2002) avaliaram a perda de massa em kiwis MP tratados com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio, acondicionados em embalagens de polietileno de tereftalato e armazenados a 1°C por 10 dias. Observaram aumento na perda de massa, embora não tenha chegado a 1%. Segundo os autores, esta perda mínima pode ser atribuída ao uso da embalagem que restringiu as trocas gasosas do fruto com o meio.

Segundo Finger e Vieira (2002) a perda de massa total consiste em somatória de perda de água por transpiração e da perda de matéria seca pela respiração. Chitarra e Chitarra (2005) explicam que o processo de respiração está associado ao da transpiração, que é o principal fator responsável pela perda de massa. No entanto, de acordo com a definição de “perda”, este fator não é necessariamente considerado, exceto em casos que a perda de água por transpiração afete consideravelmente a aparência e aceitabilidade do produto. E no caso desta pesquisa, a perda de massa não ultrapassou 1,89%. Esta perda também pode ter ocorrido apenas na superfície do produto, manifestada visualmente por um esbranquiçamento em algumas amostras.

4.2.1.5.3 Textura

As médias da firmeza da polpa (Tabela 19) das batatas MP variaram de 5,981 a 6,524N no dia 0 e de 5,578 a 6,573N no dia 12.

Tabela 19 - Médias da firmeza da polpa (N) de batatas MP, com e sem película, e submetidas a diferentes acondicionamentos e tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	6,135aA	6,082abA	6,266aA	6,647aA	6,573aA
	Vácuo	6,470aA	6,461aA	6,114aA	5,779abA	5,578bA
	Argônio	6,317aA	5,423bA	5,831aA	5,618bA	5,862abA
Com película	Ar atmosférico	6,144aA	5,981abA	5,935aA	6,000abA	6,188abA
	Vácuo	6,524aA	5,981abA	6,294aA	6,141abA	5,766abA
	Argônio	5,981aA	6,177abA	5,999aA	5,847abA	5,671abA
CV%	6,42					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Feltran, Lemos e Vieites (2004) estudaram textura das batatas da cultivar Bintje, sob as mesmas condições de Fernandes et al. (2010), obtiveram valores de firmeza de 7,39N.

As batatas MP sem ou com película e sob os diferentes acondicionamentos não apresentaram variação definida para valores de firmeza da polpa dentro de cada dia de armazenamento. A película não alterou significativamente a força requerida para penetração na polpa do produto.

A variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração resultou em equações de regressão significativas apenas para alguns tratamentos (Figura 21).

A firmeza da polpa das batatas MP do tratamento com película e ar atmosférico, apresentou tendência a diminuir até o 6º e 9º dia, com posterior elevação. O tratamento sem película e vácuo apresentou tendência linear à redução (perda de dureza) com o tempo.

Figura 21 – Variação da firmeza da polpa de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPV = sem película e com vácuo. CPAA = com película e ar atmosférico

Comportamento oposto ao da presente pesquisa foi relatado por Pinelli et al. (2005) ao avaliarem batatas MP da cultivar Ágata, sem tratamento com antioxidantes e armazenadas a 5°C por 9 dias, embaladas sob vácuo parcial e atmosferas modificadas (10%CO₂, 2%O₂ e 88%N₂ e 5%CO₂, 5%O₂ e 90%N₂). A firmeza das batatas embaladas sob atmosfera modificada apresentou aumento ao longo do armazenamento, sendo este atribuído à perda de água verificada nos tubérculos, que apresentaram superfície ressecada.

Almeida (2005) relatou variações na firmeza de batatas da cultivar Asterix e Bintje MP na forma de palitos, embaladas sob vácuo parcial e armazenadas a 5 e 15°C por 9 dias. Até ao terceiro dia houve aumento da firmeza para as batatas embaladas a 15°C, e este aumento, pode ser devido à perda de água por transpiração, em que a retirada de água conseqüentemente aumenta a firmeza dos produtos. Porém, a partir do dia 6 houve redução na firmeza, que pode estar relacionada à atuação de enzimas como as pectinases, celulasas e beta-galactosidases, que degradam a estrutura celular responsável pela firmeza do tecido vegetal em frutas e hortaliças.

4.2.2. Avaliação das características físicas e tecnológicas do produto frito

Os produtos minimamente processados foram avaliados quanto ao seu comportamento frente ao processo de fritura a cada 3 dias durante o armazenamento sob refrigeração.

A Tabela 20 apresenta os resultados dos testes F para as análises físicas e tecnológicas das batatas MP fritas após diferentes períodos de armazenamento e que contemplam umidade, perda de umidade, absorção de óleo, textura e cor (luminosidade, cromaticidade, ângulo hue e índice de escurecimento).

Tabela 20 - Valores de F e significância para as análises pós-fritura das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 12 dias

	Causa de Variação		
	Armazenamento (Arm)	Tratamento (Trat)	Arm x Trat
% de umidade	39,31 **	80,96 **	5,87**
% de perda de umidade	40,06 **	76,59 **	5,62**
% de absorção de óleo	1,61 ns	20,66 **	8,82 **
Firmeza	10,80 **	5,83 **	1,91 *
Luminosidade	3,48 *	4,77 **	1,01 ns
Cromaticidade	6,52 **	22,03 **	2,82 **
Ângulo hue	0,89 ns	0,64 ns	1,01 ns
Índice escurecimento	7,85 **	18,43 **	2,13 *

Teste F: * significativo em nível de 5% de probabilidade, ** significativo em nível de 1% de probabilidade e ns – não significativo.

4.2.2.1 Teor de umidade das batatas fritas e perda de umidade durante a fritura

As batatas MP foram avaliadas quanto aos teores de umidade presentes após a fritura e quanto à perda de umidade (diferença entre as umidades pré e pós-fritura).

Os teores percentuais de umidade (Tabela 21) das batatas MP depois de fritas variaram de 57,26 a 67,13% no dia 0 e de 60,95 a 67,21% no dia 12.

Tabela 21 - Médias dos teores percentuais de umidade de batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	58,47cBC	57,06cC	60,99aAB	60,50cAB	62,69bcA
	Vácuo	57,81cB	57,30bcB	57,73bB	59,56cAB	60,95cA
	Argônio	57,26cC	56,69cC	61,43aB	64,08bAB	65,89aA
Com película	Ar atmosférico	67,13aAB	64,37aBC	63,96aC	69,85aA	67,21aAB
	Vácuo	65,40abA	60,21bB	62,78aAB	64,22bA	65,63abA
	Argônio	62,57bB	64,82aAB	63,03aAB	63,94bAB	65,92aA
CV%	2,02					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Silva, Cerqueira e Silva (2003) estudaram batata inglesa na forma de palito e processada em fritadeira com óleo de soja, gordura vegetal hidrogenada e banha de porco encontrando teores de umidade de 58,08; 47,08 e 56,17%, respectivamente. Os teores encontrados por estes autores são semelhantes aos encontrados na presente pesquisa para a batata controle (58,47%) (Tabela 21).

Ao considerar apenas as batatas MP sem película, o tratamento a vácuo apresentou menores teores de umidade a partir do 6º dia quando comparados com o tratamento com argônio. O comportamento dos tratamentos com película não está bem definido, apresentando resultados variados.

Ao analisar o efeito da película dentro de cada modalidade de acondicionamento, o produto acondicionado em ar atmosférico e sem película apresentou menores teores de umidade que os com película nos dias 0, 3 e 9 e 12. No tratamento a vácuo o produto sem película também apresentou menor teor que o com película na maioria dos dias de armazenamento. Nos tratamentos com argônio, o sem película apresentou menor teor que o com película apenas até o dia 3, depois do qual não diferiram mais entre si. A película mostrou ser fator determinante para esta análise, pois manteve os maiores teores de umidade depois da fritura.

A tendência de variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração resultou em equações de regressão significativas para quase todos os tratamentos (Figura 22).

Figura 22 – Variação dos teores de umidade pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo

As batatas MP sem película apresentaram variação semelhante em seus tratamentos, com tendência a aumento linear de umidade ao longo do armazenamento, ou seja, passaram a reter mais água ou perder menos água durante a fritura. Aquelas com película apresentaram variação semelhante para os tratamentos ar atmosférico e vácuo,

com tendência à diminuição até o 3º dia e posterior aumento com uma leve queda no 12º dia.

Segundo Damy e Jorge (2003) no processo de fritura, a água eliminada sob a forma de vapor (perda de água) é substituída parcialmente pelo óleo absorvido.

As batatas MP sob diversos tratamentos e tempos de armazenamento e, depois de fritas, apresentaram perdas percentuais de umidade (Tabela 22) bastante variáveis, oscilando de 17,93 a 31,02% no dia 0 e de 18,14 a 25,52% no dia 12.

Tabela 22 - Médias das perdas percentuais de umidade de batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	29,42aAB	30,91aA	25,66abcC	26,64aBC	23,87abC
	Vácuo	28,99aAB	30,10aA	29,12aAB	27,04aAB	25,52aB
	Argônio	31,02aA	31,85aA	26,89abB	22,28bC	21,59bcC
Com película	Ar atmosférico	17,93cB	22,97bcA	22,46cA	14,68cB	18,14cB
	Vácuo	20,30cB	26,17bA	23,32bcAB	21,23bB	21,25bcB
	Argônio	24,80bA	21,12cBC	24,13bcAB	20,37bC	19,99cC
CV%	6,49					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Silva, Cerqueira e Silva (2003), ao fritarem batata inglesa recém cortada tipo palito a 190°C por 6 a 8 minutos em fritadeira com gordura vegetal hidrogenada verificaram perda de umidade de 41,98%. Este valor é superior ao encontrado no presente trabalho para batata controle no dia do início do experimento (29,42%).

Ao considerar apenas as batatas MP sem película, os tratamentos sob vácuo e com atmosfera normal apresentaram perdas semelhantes de umidade, dentro de cada dia. Ao final do armazenamento (dia 9 e 12) o tratamento com argônio apresentou menores perdas que os demais. Nas batatas MP com película as perdas não apresentaram comportamento definido nos diferentes dias de armazenamento.

Ao analisar o efeito da película dentro de cada tipo de acondicionamento, as batatas sob ar atmosférico sem película apresentaram valores numéricos de perda de umidade maiores que aquelas com película, tendo diferido significativamente nos dias 0, 3 e 9.. No tratamento a vácuo a película causou redução da perda de umidade em todos os dias de armazenamento. Nos tratamentos com argônio, o uso de película reduziu a perda em valores numéricos durante todo o armazenamento, mas significativamente apenas nos dias 0 e 3. A película, portanto, mostrou ser um fator determinante na retenção de umidade das batatas durante a fritura.

A maior perda de umidade das batatas sem película atesta os resultados para o teor de umidade final desses produtos fritos sem película (Tabela 21), que foram menores que os com película.

A tendência de variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração resultou em equações de regressão significativas para quase todos os tratamentos (Figura 23).

As batatas MP sem película apresentaram variação semelhante em seus tratamentos, com tendência a redução linear ao longo do armazenamento.

A redução da perda de umidade nas amostras sem película ao longo do armazenamento pode ser resultado do ressecamento superficial das batatas MP. O ressecamento sendo apenas superficial pode não alterar significativamente o teor das batatas palito inteiras, visto que pela Tabela 5 esta tendência no tempo não é observada.

As batatas MP com película apresentaram variação semelhante para os tratamentos com ar atmosférico e vácuo, mostrando tendência a aumento até o 3º dia, posterior redução e novo aumento até o 12º dia.

Figura 23 – Variação das perdas de umidade durante a fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA= sem película e com ar atmosférico. SPV= sem película e com vácuo. SPGA= sem película e com gás argônio. CPAA= com película e ar atmosférico. CPV= com película e vácuo

4.2.2.2 Absorção do óleo de fritura

O teor de lipídeos presentes nas batatas após a fritura será considerado no presente estudo como lipídeo absorvido uma vez que o teor originalmente presente nas batatas é muito baixo, próximo de zero.

As médias dos percentuais de lipídeos absorvidos (Tabela 23) pelas batatas MP variaram de 16,95 a 21,89% no dia 0 e de 17,62 a 25,54% no dia 12.

Tabela 23– Médias dos teores percentuais de lipídeos absorvidos durante o processo de fritura (170°C por 7min.) de batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas e submetidas a diferentes tempos de armazenamento

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	16,96bB	21,34abA	22,30abA	23,25abA	23,18abA
	Vácuo	16,95bC	22,05aB	24,54aAB	25,15aA	25,54aA
	Argônio	20,11abA	18,80bA	19,37bcA	20,82bcA	20,17bcA
Com película	Ar atmosférico	20,68aA	20,42abA	17,78cA	17,98cdA	17,62cA
	Vácuo	21,27aA	19,01abAB	19,39bcAB	17,55dB	18,84cAB
	Argônio	21,89aA	19,48abAB	17,36cB	19,13cdAB	17,83cB
CV%	6,60					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

A absorção de óleo durante o processo de fritura de batatas é bastante variável na literatura. Silva, Cerqueira e Silva (2003), ao fritarem batata recém cortada tipo palito (espessura média de 8,78mm e 1,19mm) a 190°C por 6 a 8 minutos em fritadeira com gordura vegetal hidrogenada verificaram teor de lipídeos de 13,60%. Este valor é menor que o encontrado neste trabalho para batata controle no dia do experimento (16,96%). Esta diferença na absorção de óleo, segundo os autores, pode ser devida às diferentes espessuras utilizadas no formato da batata, como também o tipo de gordura utilizada e a temperatura de fritura. Para Arruda (2004) a quantidade de óleo absorvido pode ser influenciada pelo tipo de alimento, superfície de contato entre o alimento e o óleo e teor de matéria seca existente na matéria-prima.

Ao considerar apenas as batatas MP sem película, o tratamento com argônio apresentou menor absorção de óleo que o produto a vácuo a partir do 3º dia de armazenamento, mas ambos os tratamentos não diferiram do produto sob ar atmosférico. Dentre os tratamentos com película não foram detectadas diferenças para as formas de acondicionamento dentro de dias de armazenamento.

O uso de película somente foi efetivo para redução de lipídeos após o 3º dia de armazenamento das batatas para os tratamentos com ar atmosférico e vácuo. O uso de

MC, entretanto, não fez diferença para o tratamento com argônio.

Se considerar apenas o dia do início do experimento, o uso de película nas batatas MP com ar atmosférico foi negativo, resultando em maior absorção de lipídeos que os sem película. Este efeito é, portanto, contrário ao observado por Garcia et al. (2004) ao avaliarem batatas palitos (0,7x0,7x5cm) imersas em solução de 1% de MC com 0,75% de sorbitol e imediatamente fritas. Estes pesquisadores constataram redução de 23,69% no teor de lipídios e aumento de 6,98% na retenção de água comparativamente ao controle (sem película).

O contraste de resultado com a literatura pode decorrer do mecanismo de atuação da metilcelulose. O uso deste hidrocolóide para formação de película, visando a conservação do produto MP durante o armazenamento, exigiu neste experimento a secagem da solução filmogênica na superfície das batatas. No caso do uso da solução de metilcelulose apenas no momento da fritura, o efeito da menor absorção de lipídios, decorre da gelatinização térmica deste hidrocolóide na superfície do vegetal.

Segundo Fernandes et al. (2010) o teor de matéria seca também influencia a absorção de óleo durante o processo de fritura, sendo que maior teor de matéria seca é mais adequado. No dia do presente experimento o teor de matéria seca das batatas com película sob ar atmosférico foi de 18,60%, e o do tratamento sem a película foi de 17,15%, com diferença de 1,45%, teoricamente a absorção de óleo para o tratamento com película deveria ter sido menor, fato que não ocorreu. Durante o armazenamento os tratamentos também não apresentaram comportamento definido para a variação do teor de umidade.

Pode se observar uma relação no comportamento de alguns dos tratamentos estudados entre perda de umidade e absorção de óleo pelas batatas. Batatas sem película e com vácuo apresentaram as maiores perdas de umidade com conseqüente maiores absorções de óleo. O mesmo aconteceu para o tratamento sem película controle. Já os tratamentos com película foram os que apresentaram menor perda de umidade, logo também apresentaram menor absorção de óleo.

O aumento da evaporação (perda de água) resulta em maiores danos a superfície do alimento (Figura 3), de forma que a absorção de óleo é inversamente relacionada à umidade (MELLEMA, 2003).

A variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração resultou

em equações de regressão, que não foi significativa apenas para o tratamento sem película com argônio (Figura 24).

Figura 24 – Variação dos teores de lipídeos pós-fritura das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPAA = sem película e com ar atmosférico. SPV = sem película e com vácuo. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

A absorção de óleo pelas batatas MP sem película (ar atmosférico e vácuo) tendeu a se elevar com o tempo de armazenamento das mesmas. Já as batatas MP com película (vácuo e argônio) evidenciaram comportamento semelhante entre si, com tendência a reduzir a absorção de óleo até o 6º ou 9º dia de armazenamento. O tratamento com ar atmosférico apresentou tendência à redução linear ao longo do armazenamento.

Conforme a equação de regressão a tendência da absorção de lipídeos pelas batatas sem e com película se inverteu a partir do 3º dia, chegando ao final do armazenamento com redução de 5,56% no caso dos tratamentos com ar atmosférico.

4.2.2.3 Textura

As médias de firmeza das batatas MP fritas estão descritas na Tabela 24, variando de 0,879 a 1,435N no dia 0 e de 1,227 a 1,715N no dia 12.

Tabela 24 – Médias da firmeza (N) das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	1,316aA	1,420aA	1,529bcA	1,480bA	1,227aA
	Vácuo	1,311aB	1,728aAB	2,164aA	2,170aA	1,543aB
	Argônio	1,331aA	1,659aA	1,493bcA	1,414bA	1,458aA
Com película	Ar atmosférico	1,252aA	1,398aA	1,395cA	1,426bA	1,501aA
	Vácuo	0,879aB	1,627aA	2,054abA	1,974abA	1,715aA
	Argônio	1,435aA	1,659aA	1,746abcA	1,785abA	1,425aA
CV%	16,19					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Valores de firmeza superiores ao da batata controle (1,32N) foram encontrados por Garcia et al. (2002) para batata frita tipo palito, utilizando-se texturômetro (TA.XT21 – Stable Micro Systems) com carga de célula de 5kg, probe de 2mm de diâmetro, velocidade de 0,5mm/s, sendo estes de 2,57N para o tratamento controle, 2,77N para o tratamento com 1% de metilcelulose e 2,66N para tratamento de 1% de metilcelulose e 0,5% de sorbitol.

Dentre as batatas MP fritas sem película, o tratamento com vácuo apresentou maiores valores de firmeza (produtos mais firmes) nos dias 6 e 9, não diferindo nos demais dias. O tratamento a vácuo também apresentou menores valores numéricos de umidade após fritura (maior teor de matéria seca) após o 6º dia de armazenamento. As batatas MP fritas com película não apresentaram diferenças para formas de acondicionamento na maioria dos dias de armazenamento.

Ao analisar o efeito da película sobre a firmeza das batatas fritas dentro de cada forma de acondicionamento observa-se que não houve diferença entre os produtos sem e os com revestimento. Isto, embora tenha se observado diferenças quanto ao teor de umidade das batatas fritas sem e com película.

A variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração e posteriormente fritas resultou em equação de regressão significativa apenas para alguns

tratamentos (Figura 25).

Figura 25 – Variação da firmeza pós-fritura das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico. CPV = com película e vácuo. CPGA = com película e gás argônio

Os tratamentos, excetuando-se o com película sob ar atmosférico, se comportaram de modo semelhante, com tendência a aumento da firmeza até o sexto dia e posterior redução até o final do armazenamento.

A firmeza das batatas MP cruas apresentaram valores superiores, variando de 5,98 a 6,52N no dia 0 e de 5,57 a 6,57N no dia 12, se comparadas com as firmezas das batatas MP após a fritura, que apresentaram de 0,87 a 1,43N no dia 0 e de 1,22 a 1,71N no dia 12. A fritura fez com que as batatas perdessem em torno de 73 a 85% da firmeza do produto correspondente não frito.

4.2.2.4 Cor

A luminosidade (L) das batatas palito MP dos diversos tratamentos e tempos de armazenamento após a fritura é apresentada na Tabela 25.

Tabela 25 - Médias de luminosidade das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	70,13aA	69,72aA	70,54aA	67,37bA	69,30aA
	Vácuo	72,26aA	73,18aA	71,91aA	70,55abA	69,16aA
	Argônio	70,95aA	72,84aA	72,08aA	71,06aA	70,14aA
Com película	Ar atmosférico	69,86aA	70,97aA	68,03aA	66,89abA	68,95aA
	Vácuo	70,74aA	72,61aA	71,14aA	70,75abA	68,48aA
	Argônio	70,04aA	68,47aA	67,39aA	70,37abA	67,70aA
CV%	3,21					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Os valores de luminosidade variaram de 69,86 a 72,26 no dia 0 e de 67,70 a 70,14 no dia 12. Valores próximos de 0 indicam produto mais escuro, enquanto que valores próximos de 100 representam um produto mais claro, logo as batatas MP após a fritura tenderam para uma cor clara.

Coleman (2004) classificou a cor de batatas após a fritura como sendo de qualidade inaceitável ($L < 55$), aceitável ($L \geq 55$ e ≤ 70) e de alta qualidade ($L > 70$), portanto as batatas MP ficaram nos níveis aceitável e de alta qualidade.

O valor de L da batata MP frita controle está dentro do citado por Fernandes et al. (2010), que encontraram valores de L para batata frita na forma de palito das cultivares Ágata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial, que correspondem a 60,7; 61,2; 73,0; 71,0; 61,6, respectivamente.

Garcia et al. (2002) estudaram batata frita tipo palito sem e com solução filmogênica e encontraram valores de L de 51,09 para o controle, 52,73 para o tratamento com 1% de metilcelulose e 46,91 para o tratamento com 1% de metilcelulose com 0,5% de sorbitol. Os valores encontrados por esses autores são menores que os encontrados por esta pesquisa para batata MP com película de MC e frita na forma de palito sob ar atmosférico no dia do experimento (69,86).

Praticamente não se observa efeito do uso de película ou das diferentes formas de acondicionamento sobre a luminosidade dos produtos MP dentro de cada dia de armazenamento e nem para cada tratamento durante o armazenamento. A análise de regressão, entretanto, ajustou a equação de regressão para o tratamento sem película e a vácuo, que mostrou redução linear deste valor ao longo do armazenamento (Figura 26). Estas batatas, portanto, ficaram mais escuras com o tempo de armazenamento.

Figura 26 – Variação de luminosidade pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPV = sem película e com vácuo

A cromaticidade indica a pureza de uma cor em relação ao cinza. Valores próximos a zero são indicativos de cores neutras (branco e/ou cinza) e valores ao redor de 60 indicam cores vívidas e/ou intensas (MCGUIRE, 1992).

A cromaticidade das batatas MP fritas (Tabela 26) variou de 23,22 a 28,37 no dia zero e de 23,73 a 29,28 no dia 12, indicando valores mais para o branco ou cinza que para cores mais vívidas.

Tabela 26 - Médias de cromaticidade das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	27,57abB	28,90aAB	27,74aB	32,40aA	29,28aAB
	Vácuo	28,37aA	27,29abAB	27,92aA	28,18bcA	23,73bB
	Argônio	26,65abcA	26,79abA	25,47abA	26,42bcA	24,08bA
Com película	Ar atmosférico	24,25bcC	25,95abcBC	27,33aABC	29,91abA	27,89aAB
	Vácuo	23,22cA	25,00bcA	23,40bA	24,97cA	24,15bA
	Argônio	24,77abcA	22,69cA	22,77bA	25,90cA	26,08abA
CV%	5,91					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Fernandes et al. (2010) encontraram valores menores de cromaticidade, variando de 16,2 a 22,8 para batata frita tipo palito de diversas cultivares se comparado com as batatas MP com ar atmosférico (controle) no dia do experimento que foi de 27,57.

Ao considerar as batatas MP fritas sem película, o tratamento com ar atmosférico apresentou maiores valores de cromaticidade do que o tratamento com vácuo e argônio nos dias 9 e 12. As batatas MP fritas com película do tratamento com ar atmosférico apresentou maiores valores do que o tratamento com vácuo nos dias 6, 9 e 12, e também no tratamento com gás argônio nos dias 6 e 9. Maiores cromaticidades ou cores mais vívidas podem ser decorrentes de maior escurecimento das batatas sob ar atmosférico, mais ao final do período, independente da presença de película.

Ao analisar o efeito da película, o tratamento com ar atmosférico não apresentou diferença ao longo do armazenamento, e o com argônio também não apresentou, exceto no dia 3. O tratamento com vácuo apenas apresentou diferença nos dias 0 e 6, com maiores valores para as batatas sem película.

A variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração e posteriormente fritas resultou em equação de regressão significativa apenas para alguns tratamentos (Figura 27).

Figura 27 – Variação da cromaticidade pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPV = sem película e com vácuo. SPGA = sem película e com gás argônio. CPAA = com película e ar atmosférico

A variação da cromaticidade se comportou de forma diferente nos tratamentos. Os tratamentos sem película com vácuo e com argônio apresentaram tendência a redução ao longo do armazenamento, sendo para o último linear. No entanto, o tratamento com película sob ar atmosférico apresentou tendência linear de aumento.

Os valores do ângulo hue (graus) indicam um atributo da cor vermelha a 0°h, amarelo a 90°h, verde a 180°h e azul a 270°h (MCGUIRE, 1992).

Os valores de ângulo hue das batatas MP dos diversos tratamentos após a fritura (Tabela 27) variaram de 99,33 a 103,09° no dia 0 e de 96,06 a 153,88° no dia 12, o que corresponde a uma coloração amarelada.

Fernandes et al. (2010) encontraram valores de ângulo hue para batata frita na forma de palito para as cultivares Ágata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial que correspondem a 96,1; 103,5; 106,1; 104,4; 98,1, respectivamente. Esses valores foram superiores ao encontrado nesta pesquisa para o tratamento sem película com ar atmosférico (controle) no dia do experimento, que foi de 99,33.

Tabela 27 - Médias dos valores de ângulo hue (h) das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	99,33aB	95,68aB	97,48aB	94,92aB	153,88aA
	Vácuo	99,36aA	99,23aA	98,18aA	98,06aA	100,67bA
	Argônio	101,61aA	99,76aA	100,44aA	98,19aA	99,73bA
Com película	Ar atmosférico	99,86aA	98,15aA	97,63aA	95,74aA	96,06bA
	Vácuo	103,09aA	99,48aA	101,73aA	99,63aA	99,19bA
	Argônio	101,25aA	101,67aA	98,70aA	99,10aA	97,38bA
CV%	18,14					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Ao considerar apenas as batatas MP fritas sem película não houve diferença entre os tipos de acondicionamento em todos os dias de armazenamento. O mesmo ocorreu para as batatas MP fritas com película. Portanto, o tipo de embalagem mostrou não ter efeito sobre o ângulo hue das batatas fritas.

A película não mostrou ser fator determinante para esta análise, pois ao longo do armazenamento todos os tratamentos não apresentaram diferença.

A variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração e posteriormente fritas resultou em equação de regressão significativa apenas para alguns tratamentos (Figura 28).

Os tratamentos apresentaram semelhança, com tendência a redução linear ao longo do armazenamento.

Figura 28 – Variação do ângulo hue pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. CPAA = com película e ar atmosférico. CPGA = com película e gás argônio

As médias do índice de escurecimento das batatas MP fritas (Tabela 28) variaram de 31,39 a 42,34 no dia 0 e de 34,67 a 51,12 no dia 12.

Tabela 28 - Médias do índice de escurecimento das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento				
	Atmosfera	0	3	6	9	12
Sem película	Ar atmosférico	42,34aB	48,27aB	43,46abB	61,30aA	51,12aAB
	Vácuo	42,09aA	39,50abA	42,38abA	43,90bcA	34,67bA
	Argônio	38,17aA	38,53abA	36,09abA	40,00cA	35,25bA
Com película	Ar atmosférico	35,79aB	38,80abB	44,73aAB	53,62abA	46,08abAB
	Vácuo	31,39aA	35,61bA	32,23bA	36,54cA	36,87bA
	Argônio	35,77aA	32,62bA	35,31abA	38,45cA	42,93abA
CV%	11,95					

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Ao considerar as batatas MP fritas sem película o tratamento com ar atmosférico apresentou valores de índice de escurecimento maiores que o tratamento com vácuo nos dias 9 e 12. As batatas MP fritas com película e ar atmosférico apresentaram valores maiores do que o tratamento com vácuo nos dias 6 e 9.

Ao analisar o efeito da película, os tratamentos não apresentaram diferença para este parâmetro ao longo do armazenamento.

A variação deste parâmetro pós-fritura das batatas MP armazenadas sob refrigeração e posteriormente fritas resultou em equação de regressão significativa apenas para os tratamentos sem película sob vácuo e com película e ar atmosférico (Figura 29).

Figura 29 – Variação do índice de escurecimento pós-fritura de batatas MP submetidas a diferentes tratamentos durante o tempo de armazenamento. SPV = sem película e vácuo. CPAA = com película e ar atmosférico

Os tratamentos sem película e vácuo e com película e gás argônio apresentaram semelhança, com tendência a aumento no dia 9 e posterior redução.

4.2.3 Análise sensorial do produto frito

A Tabela 29 apresenta os resultados dos testes F para a avaliação sensorial (aparência, aroma, sabor e textura) das batatas MP fritas após diferentes períodos de armazenamento.

Tabela 29 - Valores de F e significância para a análise sensorial das batatas MP submetidas a diferentes tratamentos e fritas após diferentes tempos de armazenamento

Causa de Variação			
	Armazenamento (Arm)	Tratamento (Trat)	Arm x Trat
Aparência	0,97 ns	2,06 ns	0,75 ns
Aroma	0,22 ns	0,31 ns	0,51 ns
Sabor	3,71 *	2,32 *	0,49 ns
Textura	4,90 *	0,60 ns	0,73 ns

Teste F: * significativo em nível de 5% de probabilidade, ** significativo em nível de 1% de probabilidade e ns – não significativo.

4.2.3.1 Aparência

As médias das notas de aparência das batatas MP fritas estão descritas na Tabela 30.

Tabela 30- Médias das notas de aparência geral das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento			
	Atmosfera	0	3	6	9
Sem película	Ar atmosférico	7,90aA	7,55aA	8,05aA	7,10aA
	Vácuo	7,85aA	7,75aA	8,15aA	7,70aA
	Argônio	8,00aA	7,90aA	8,10aA	7,90aA
Com película	Ar atmosférico	7,75aA	7,50aA	7,15aA	7,30aA
	Vácuo	7,75aA	7,65aA	7,80aA	8,00aA
	Argônio	7,80aA	7,85aA	7,95aA	7,75aA
CV%	15,50				

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

As batatas MP fritas dos diversos tratamentos receberam notas entre 7,75 a 8,00 no dia 0 e de 7,10 a 8,00 no dia 9. As médias das notas se mostraram satisfatórias durante os

9 dias de armazenamento para todos os tratamentos correspondendo aos conceitos gostei moderadamente e gostei muito.

Os resultados indicam que não foram significativas as diferenças percebidas pelos avaliadores para a aparência geral dos produtos com ou sem película e também entre os acondicionados sob as diferentes atmosferas.

O tempo de armazenamento também não evidenciou diferença significativa no aspecto geral dos produtos.

Um dos parâmetros considerados da aparência do produto é a coloração das batatas. No presente estudo, embora tenham sido observadas algumas alterações de cor pelo colorímetro, estas variações não foram perceptíveis no computo geral de aparência pelos provadores.

4.2.3.2 Aroma

As batatas MP fritas de todos os tratamentos e dias de armazenamento receberam notas acima de 7,00 para aroma (Tabela 31) e, portanto, mostraram aroma que corresponde aos conceitos de gostei moderadamente a gostei muito.

Os avaliadores não fizeram menção de odores desagradáveis ou estranhos.

Tabela 31 - Médias das notas de aroma das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento			
	Atmosfera	0	3	6	9
Sem película	Ar atmosférico	7,50aA	7,45aA	7,75aA	7,50aA
	Vácuo	7,65aA	7,45aA	7,60aA	7,35aA
	Argônio	7,00aA	7,55aA	7,70aA	7,55aA
Com película	Ar atmosférico	7,60aA	7,10aA	7,20aA	7,35aA
	Vácuo	7,50aA	7,70aA	7,50aA	7,30aA
	Argônio	7,55aA	7,65aA	7,35aA	7,25aA
CV%	17,59				

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

Os resultados indicam que não foram significativas as diferenças percebidas pelos avaliadores para o aroma dos produtos com ou sem película e também entre os acondicionados sob as diferentes atmosferas.

O tempo de armazenamento também não evidenciou diferença significativa no aspecto geral dos produtos.

4.2.3.3 Sabor

O sabor das batatas MP fritas apresentou diferença significativa para tratamentos e dias de armazenamento.

As médias das notas de sabor das batatas MP fritas estão descritas na Tabela 32.

Tabela 32 - Médias das notas de sabor das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento			
	Atmosfera	0	3	6	9
Sem película	Ar atmosférico	6,85aA	7,75aA	7,80aA	7,65aA
	Vácuo	7,15aA	7,70aA	7,60aA	7,40aA
	Argônio	7,20aA	7,90aA	7,55aA	7,45aA
Com película	Ar atmosférico	6,65aA	6,75aA	6,90aA	7,30aA
	Vácuo	6,75aA	7,40aA	7,55aA	7,10aA
	Argônio	7,30aA	7,65aA	7,65aA	7,05aA
CV%	19,50				

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

As notas atribuídas para o sabor das batatas MP fritas mantiveram-se entre 6,65 a 7,30 no dia 0 e de 7,05 a 7,65 no dia 9, o que corresponde a gostei levemente e gostei moderadamente.

Alterações no sabor específico do vegetal podem estar relacionadas com diversos parâmetros, como pH, acidez titulável, atividade respiratória, bem como absorção de óleo.

Embora tenham ocorrido algumas alterações nestas variáveis os provadores não perceberam diferenças no conjunto.

A variação deste parâmetro não resultou em equações de regressão significativas.

4.2.3.4 Textura

Os resultados indicam (Tabela 33) que não foram significativas as diferenças percebidas pelos avaliadores para a textura dos produtos com ou sem película e também entre os acondicionados sob as diferentes atmosferas, isto porque as notas de textura variaram de 6,45 a 7,60 no dia 0 e de 7,05 a 7,45 no dia 9, correspondendo a gostei levemente e gostei moderadamente. As notas se mantiveram satisfatórias ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos, mostrando que o produto manteve sua qualidade.

Tabela 33 - Médias das notas de textura das batatas MP, com e sem película, acondicionadas sob diferentes atmosferas, submetidas a diferentes tempos de armazenamento e fritas a 170°C por 7 minutos

		Dias de armazenamento			
	Atmosfera	0	3	6	9
Sem película	Ar atmosférico	6,45aB	7,35aAB	7,95aA	7,25aAB
	Vácuo	6,60aA	7,55aA	7,55aA	7,05aA
	Argônio	6,65aA	7,30aA	7,55aA	7,45aA
Com película	Ar atmosférico	6,45aA	7,40aA	6,90aA	7,25aA
	Vácuo	6,85aA	7,40aA	7,55aA	7,35aA
	Argônio	7,60aA	7,25aA	7,65aA	7,10aA
CV%	21,36				

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%. CV = coeficiente de variação.

A variação deste parâmetro nas batatas MP armazenadas sob refrigeração e posteriormente fritas resultou em equação de regressão significativa apenas para um tratamento (Figura 30).

Figura 30 – Variação das notas para textura de batatas MP sem película, acondicionada sob ar atmosférico e armazenada sob refrigeração, após a fritura

O tratamento sem película com ar atmosférico apresentou melhora nas características texturais com o armazenamento.

A firmeza das batatas fritas dos diversos tratamentos avaliada pelo texturômetro apresentou pequenas diferenças, as quais não foram detectadas pelos provadores ao avaliarem a textura (sensorial) no conjunto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao comparar as batatas com e sem película de metilcelulose em cada tipo de acondicionamento, verificou-se que uso deste revestimento não fez diferença para a luminosidade e para o índice de escurecimento do produto MP dentro de cada dia de armazenamento e portanto, não exerceu efeito protetor quanto ao escurecimento enzimático. Já ao considerar o efeito do tempo de estocagem sob refrigeração, as batatas de todos os tratamentos tenderam a se tornar mais escuras com o tempo (redução da luminosidade até o 6º ou 9º dia e elevação linear do índice de escurecimento até o final do período). Os acondicionamentos sob vácuo e atmosfera de argônio apresentaram valores numéricos de índice de escurecimento inferiores ao acondicionamento sob ar atmosférico.

O uso da película não se mostrou efetivo em controlar a perda de massa das batatas MP dentro de nenhuma das formas de acondicionamento. As perdas de massa das batatas MP de todos os tratamentos, entretanto, se mostraram crescentes até o 6º ou 9º dia de estocagem, embora a perda máxima não tenha excedido 1,89%. O acondicionamento sob ar atmosférico apresentou perdas numericamente inferiores às dos demais acondicionamentos dentro de cada dia de armazenamento. Estatisticamente porém, as perdas de massa dentre as batatas sem película sob ar atmosférico foram inferiores apenas para aquelas sem película sob vácuo (SPV). O tratamento SPV também perdeu linearmente a firmeza avaliada em texturômetro no tempo.

As batatas MP sem ou com película e sob os diferentes acondicionamentos não apresentaram variação definida para firmeza dentro de cada dia de armazenamento. A variação deste parâmetro nas batatas CPAA apresentou tendência à redução até o 6º dia de estocagem, com posterior elevação.

As batatas MP acondicionadas sob vácuo tenderam a apresentar menores valores de pH. Houve tendência à elevação do pH e redução da acidez titulável ao longo do tempo para todos os tratamentos. O uso da película não alterou o pH.

As batatas SPAA tenderam a apresentar taxa respiratória superior às dos demais tratamentos até o 6º dia de refrigeração. O uso de atmosfera modificada com argônio foi mais efetivo em inibir a respiração das batatas armazenadas que o uso de película. Houve aumento da taxa respiratória para todos os tratamentos, pelo menos até o 6º dia.

Na composição, dentre os tratamentos sem película, as batatas com argônio (SPGA) tenderam a apresentarem-se mais úmidas que aquelas sob vácuo (SPV) ou ar atmosférico (SPAA). Dentre sem película, aquelas acondicionadas a vácuo (SPV) apresentaram maiores teores de amido e menores de açúcares (base seca). A utilização de película resultou em menores percentuais de amido que os sem película nos acondicionamentos sob ar atmosférico e vácuo. O tempo de armazenamento sob refrigeração induziu à perda de amido em todos os tratamentos e à elevação de açúcares redutores totais em metade dos tratamentos. A elevação dos teores de açúcares nas batatas com o tempo de refrigeração somada ao efeito do escurecimento oxidativo causou aumento do índice de escurecimento durante a fritura para os tratamentos SPV e CPAA até o 9º dia. Dentro das formas de acondicionamento os índices de escurecimento dos produtos fritos não apresentaram diferença entre o uso ou não de película.

Se considerar apenas as batatas MP sob ar atmosférico e no dia do início do experimento, o uso de película foi negativo, pois absorveu mais lipídeos durante a fritura que o sem película. No presente estudo as batatas foram imersas em solução de MC tendo, na seqüência, uma etapa de secagem para formação da película e contrasta com estudo da literatura que constatou redução da absorção de óleo durante a fritura de produtos imersos na mesma solução, porém, imediatamente fritos. O uso de película, entretanto, foi efetivo em reduzir os lipídeos nas batatas após o 3º dia de armazenamento, e isto para os tratamentos sob ar atmosférico e vácuo. Para o tratamento com argônio, a película não fez diferença na absorção de óleo.

A absorção de óleo pelas batatas SPAA e SPV tendeu a se elevar com o tempo de armazenamento. As CPV e CPGA, em comportamentos semelhantes, apresentaram tendência a reduzir a absorção de óleo até o 6º ou 9º dia, e o CPAA redução linear ao longo do armazenamento.

A tendência da absorção de lipídeos pelas batatas sem e com película se inverteu a partir do 3º dia, chegando ao final do armazenamento o com redução de 5,56% no caso dos tratamentos com ar atmosférico.

Pode se observar relação no comportamento de alguns dos tratamentos estudados entre perda de umidade e absorção de óleo pelas batatas. Batatas SPV e SPAA apresentaram relação direta entre perda de umidade e absorção de óleo. Os tratamentos

com película apresentaram menor perda de umidade, logo também apresentaram menor absorção de óleo.

A película não exerceu efeito sobre a firmeza do produto frito. O tempo de refrigeração, entretanto, elevou a firmeza das batatas SPV, CPAA e CPV e CPGA até o 9º dia.

Embora as batatas dos diversos tratamentos e durante o armazenamento tenham apresentado algumas alterações na avaliação instrumental da perda de massa, cor e firmeza no produto antes da fritura e ainda, da perda de água e absorção de óleo com a fritura, na análise sensorial os provadores não perceberam diferenças significativas entre os produtos dos diversos tratamentos ou durante o armazenamento quanto a aparência geral, aroma, sabor e textura. Apenas no tratamento SPAA (controle) foram detectadas reduções das notas de textura ao longo do tempo.

6 CONCLUSÕES

Dentre os parâmetros avaliados, o acondicionamento sob ar atmosférico foi efetivo em reduzir a perda de massa das batatas MP.

As embalagens sob vácuo foram mais efetivas para o produto MP sem película de metilcelulose com sorbitol, pois mantiveram o pH, acidez titulável, teor de amido e de açúcares mais próximos do dia do início do experimento, como também mantiveram baixo o índice de escurecimento. O acondicionamento sob vácuo, entretanto, não seria indicado quando a finalidade fosse a fritura, pois foi o tratamento que apresentou maiores perdas de umidade e maior absorção de óleo com este procedimento.

O acondicionamento sob atmosfera de argônio também foi mais efetivo nas batatas MP sem película. Foi fator determinante em reduzir os teores de CO_2 no interior da embalagem, apresentou menor taxa respiratória, menor índice de escurecimento tanto antes como após a fritura, reduziu a perda de umidade durante a fritura e manteve mais a firmeza do produto frito. Também minimizou a absorção de óleo a partir do 3º dia de armazenamento.

O acondicionamento com argônio apresentou benefícios tanto para a batata MP pré como pós-fritura, ao contrário do vácuo que apresentou benefícios somente no produto MP pré-fritura.

A utilização de película foi efetiva em reduzir a respiração do produto MP até o 6º dia. Já no produto frito, foi fator determinante na retenção de umidade das batatas durante a fritura, como também na diminuição, ao longo do armazenamento, da absorção de óleo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. C. **Qualidade de batatas palito minimamente processadas**. 2005. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

ALMEIDA, M. E. M. **Estudo de interações entre o emprego de compostos químicos com o tratamento térmico no controle da atividade da polifenol oxidase em frutas e hortaliças**. 1991. 112p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

ALVES, R. E.; SOUZA FILHO, M. S. M; BASTOS, M. S. R.; FILGUEIRAS, H. A. C.; BORGES, M. F. Pesquisa em processamento mínimo de frutas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2.; 2000, Viçosa. **Palestras...**Viçosa: UFV, 2000. p.75-78.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.ASTM **Sensory evaluation of materials and products**. New York, 1976. 77p.

ANGÓS, I.; VIRSEDA, P.; FERNANDEZ, T. Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.48, n.3, p.422-430, 2008.

ARRUDA, C. R. **Análise das etapas do processamento de batata chips**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2004. 39p.

ARRUDA, M. C. **Processamento mínimo de melão rendilhado; tipo de corte, tempo de armazenamento e atmosfera modificada**. 2002. 71p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade São Paulo, Piracicaba, 2002.

ASP, N. G.; JOHANSSON, C. G.; HALLMER, H.; SILJESTRÖM, M. Rapid Enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.31, n.3, p.476-482, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY- AOAC. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg, 2010. 1141p.

AZEREDO, H. M. C. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial de aplicação. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.21, n.2, p.267-278, 2003.

BACARIN, M. A.; FERREIRA, L. S.; DEUNER, S; BERVERALD, C. M. P.; ZANATTA, E. R.; LOPES, N. F. Carboidratos não estruturais em tubérculos de batata recondicionados após o armazenamento sob diferentes temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.799-804, 2005.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Davis, v.35, n.6, p.509-524, 1995.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; HAGEMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.2, p.156-163, 1996.

BENEDETTI, B. C.; GOLINELLI, C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. Avaliação de pimentão minimamente processado em rodela e tiras, armazenado nas temperaturas de 5 e 10°C, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS., 18.; 2002, Porto Alegre. **Anais...**: Porto Alegre: SBCTA, 2002. p.1241-1245.

BEUCHAT, L. R.; BRACKETT, R. E. Inhibitory effects of raw carrots on *Listeria monocytogenes*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.56, n.6, p.1734-1742, 1990.

BEUCHAT, L. R.; NAIL, B. V.; ADLER, B. B.; CLAVERO, M. R. S. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw, apples, tomatoes, and lettuce. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.61, n.10, p.1305-1311, 1998.

BHOWMIK, S. R.; PAN, J. C. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. **Journal of Food Science**, Chicago, v.57, n.4, p.948-953, 1992.

BICCHIERINI, M.; DAVALLI, A.; SACCHETTI, R.; PAGANELLI, S. Colorimetric analysis of silicone cosmetic prostheses for upper-limb amputees. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, Washington, v.42, n.5, p.655-673, 2005.

BLINKINSOP, R. W.; COOP, L. J.; YADA, R. Y.; MARANGONI, A. G. Changes in Compositional Parameters of Tubers of Potato (*Solanum tuberosum*) during Low-Temperature Storage and Their Relationship to Chip Processing Quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.50, n.16, p.4545 – 4553, 2002.

BLUMENTHAL, M. M. Frying technology. In: BAILEY, A. E. **Bailey's industrial oil & fat products**. New York: John Wiley, 1996. v.3, p.429-481.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. San Diego: Academic Press, 2002. 427p.

BRACKETT, R. E. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. chap.1, p.269-312.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária. Instrução **Normativa N°62 – Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água**. Brasília. 2003.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001: regulamente técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/40_01rdc.htm>. Acesso em: 11 dez. 2009.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.1, p.18-21, 1995.

BREGAGNOLI, M. **Competição de cultivares nacionais e estrangeiras de batata em buzambinho- Sul de Minas Gerais**. 2000, 48p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.

BURTON, W. G. **The potato**. New York: Longman, 1989. 742 p.

BURNS, J. K. Lightly processed fruits and vegetables: Introduction to the Colloquium. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.1, p.14-17, 1995.

BUTA, J. G.; MOLINE, H. E. Prevention of browning of potato slices using polyphenoloxidase inhibitors and organic acids. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.24, n.4, p.271-282, 2001.

CACACE, J. E.; DELAQUIS, P. J.; MAZZA, G. Effect of chemical inhibitors and storage temperature on the quality of fresh-cut potatoes. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.25, n.3, p.181-195, 2002.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: University of California, 1992. p.277-281.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., **Palestras....** Viçosa: UFV, 2000. p.150-173.

CARVALHO, A. M.; ARAGÃO, F. A. S.; BRUNE, S.; BUSO, J. A. Produtividade e qualidade dos tubérculos de batata em diferentes ciclos de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Anais...Recife**: [sn], 2003. v.21 Suplemento 1, p.302.

CARVALHO, A. V.; LIMA, L. C. O. Qualidade de Kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.679-685, 2002.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.2, p.111-116, 2002.

CHEN, S.; NUSSINOVITCH, A. The role of xanthan gum in traditional coatings of easy peelers. **Food Hydrocolloids**, Boca Raton, v.14, n.4, p.319-326, 2000.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 119p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2nd ed. London: John Wiley, 1957. 611p.

COLEMAM, W. K. Comparative performance of the $L^* a^* b^*$ colour space and North American colour charts for determining chipping quality in tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.84, n.1, p.291-298, 2004.

DAMY, P. C.; JORGE, N. Absorção de óleo de soja refinado e gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua de batata chips. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.1, p.23-26, 2003.

DE WILDE, T.; DE MEULENAER, B.; MESTDAGH, F. R.; GOVAERT, Y.; VANDEBURIE, S.; OOGHE, W.; FRASELLE, S.; DEMEULEMEESTER, K.; VAN PETEGHEM, C.; CALUS, A.; DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington:American Public Health Association, 2001.

DOBARGANES, M. C.; PÉREZ-CAMINO, M. C. Frying process: selection of fats and quality control. **International Meeting on Fats & Oils Technology Symposium and Exhibition**, Campinas, v.49, n.3-4, p.58-66, 1991.

DONHOWE, I. G.; FENNEMA, O. R. The effects of plasticizers on crystallinity, permeability, and mechanical properties of methylcellulose films. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull, v.17, n.4, p.247–257, 1993.

DOW. **Technical handbook**: methocel cellulose ethers. Washisgton 2002.

DUANGMAL, K.; APENTEN, R. K. O. A. Comparative study of Polyphenoloxidase from taro (*Colocasia esculenta*) and Potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). **Food Chemistry**, Barking, v.64, n.3, p.351 – 359, 1998.

DURIGAN, J. F.; SARGENT, E. A. Uso de melão cantaloupe na produção de produtos minimamente processados. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.10, n.1, p.69-77, 1999.

DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCK, S. S.; BARKLEY, W. E. **Desinfection, sterelization and preservation**. 4.th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. p.131-151.

EDWARDS, C. G.; ENGLAR, J. W.; BROWN, C. R.; PETERSON, J. C.; SORENSEN, E. J. Changes in color and sugar content of yellow-fleshed potatoes stored at three different temperatures. **American Journal of Potato Research**, New York, v.79, n.1, p.49-73, 2002.

ENDO, E. **Desenvolvimento e avaliação de filme na conservação de batata (*Solanum tuberosum* L.) minimamente processada**. 2006. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

ENDO, E.; SOARES, N. F. F.; SANTOS, D. A. A.; BORGES, S. V.; FONTES, E. A. F.; GONÇALVES, M. P. J. C. Uso de filmes ativos na conservação de batata minimamente processada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.2, p.349-360, 2008.

FAO. **International year of the Potato**. 2008. Disponível em: <<http://www.potato2008.org>>. Acesso em: 14 maio 2009.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ - FAEP. **Batata**. Disponível em: <<http://www.faep.com.br>>. Acesso em: 14 maio 2009.

FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B.; VIEITES, R. L. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.6, p.598-603, 2004.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.3, p.299-304, 2010.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: Editora UFV, 2002, 29p.

FRANCIS, G. A.; THOMAS, C.; O'BEIRNE, D. The microbiological safety of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.34, n.1, p.1-22, 1999.

GARCIA, M. A.; FERRERO, C.; BERTOLA, N.; MARTINO, M.; ZARITZKY, N. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, New York, v.3, n.4, p.391-397. 2002.

GARCIA, M. A.; FERRERO, C.; BERTOLA, N.; MARTINO, M.; ZARITZKY, N. Methylcellulose coatings applied to reduce oil uptake in fried products. **Food Science and Technology International**, San Diego, v.10, n.5, p.339-346, 2004.

GOULD, W. A. **Potato production, processing and technology**. Maryland: CTI Publications, 1999.

GUNES, G.; LEE, C. Y. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere and ant browning agents. **Journal of Food Science**, Chicago, v.62, n.3, p.572-575,582, 1997.

HAQUE, A.; MORRIS, E. R. Thermogelation of methylcellulose. Part 1: molecular structures and process. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v.22; n.3, p.161-173. 1993.

HURST, W. C. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.1, p.22-24, 1995.

HUXSOLL, C. C.; BOLEN, H. R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.43, n.2, p.124-128, 1989.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; MOREIRA, R. C.; KLUGE, R. A.; Processamento mínimo de frutas no Brasil. **Symposium: Estado actual del mercado de frutos y vegetales cortados en Iberoamérica**. Costa Rica, 2004.

JORGE, N.; LUNARDI, V. M. Influência dos tipos de óleos e tempos de fritura na perda de umidade e absorção de óleo em batatas fritas. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.19-23, 2005.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p.99-104, 1986.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, Chicago, v.42, n.12, p.47-59, 1986.

KIM, B. S.; KLIEBER, A. Quality maintenance of minimally processed Chinese cabbage with low temperature and citric acid dip. **Journal Science of Food Agriculture**, London, v.75, n.7, p.31-36, 1997.

KING, A. D.; BOLIN, H. R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruit and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.43, n.2, p.132-135, 1989.

KING, A. D.; MAGNUSON, J. A.; TOROK, T.; GOODMAN, N. Microbial flora and storage quality of partially processed lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.2, p.459-461, 1991.

KRASAEKOOPT, W.; MABUMRUNG, J. Microbiological Evaluation of Edible Coated Fresh-Cut Cantaloupe. **Journal of Natural Science**, Bangkok, v.42, n.3, p.552-557, 2008.

KRAUSE, K. P.; HILL, L.; REIMHOLA, R.; NIELSEN, H.; SONNEWALD, U.; STITT, M. Sucrose metabolism in cold-stored potato tubers with decreased expression of sucrose phosphate synthase. **Plant, Cell and Environment**, Nottingham, v.21, n.3, p.285-299, 1998.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Review article. **Post Harvest News and Information**, London v.9, n.4, p.54-66, 1998.

LEÃO, A. C.; ARAÚJO, A. A.; SOUZA, L. A. C. **Implementação de sistema de gerenciamento de cores para imagens digitais**. Poços de Caldas: Editora PUC-Minas, 2005. cap.3, p.61-96.

LEITE, F. N. **Calibração de dispositivos a cores utilizando uma câmera digital**. 2006. 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

LEWIS, D. C.; SHIBAMOTO, T. Shelf-life of fruits. In: CHARALMBOUS, G. (Ed.). **Handbook of food and beverage stability**. Orlando: Academic Press, 1986. p.353-389.

LIN, D.; ZHAO, Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food safety**, Chicago, v.6, n.3, p.60-75, 2007.

LISINSKA, G.; TAJNER-CZOPEK, A.; KALUM, L. The effects of enzymes on fat content and texture of French fries. **Food Chemistry**, Barking, v.102, n.4, p.1055-1060, 2007.

LUENGO, R. F. A. **Dimensionamento de embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil**. 2005. 77p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LUENGO, R. F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. F. B. F. **Tabela de composição nutricional de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2000. 4p.

LUPETTI, K. O.; CARVALHO, L. C.; MOURA, A. A.; FATIBELLO-FILHO, O. Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento de tecidos vegetais. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.3, p.548-554, 2005.

LUYTEN, H.; VAN VLIET, T.; WALSTRA, P. Comparison of various methods to evaluate fracture phenomena in food material. **Journal of Texture Studies**, Westport v.23, n.3, p.245-266, 1992.

MAIA, L. H.; PORTE, A.; SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e o oxigênio. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.18, n.1, p.105-128. 2000.

MALLIKARJUNAN, P.; CHINNAN, M. S.; BALASUBRAMANIAM, V. M.; PHILLIPS, R. D. Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v.30, n.7, p.709-714. 1997.

MARANGONI, A. G.; DUPLESSIS, P. M.; YADA, R. Y. Kinetic model for carbon partitioning in *Solanum tuberosum* tubers stored at 2°C and the mechanism for low temperature stress-induced accumulation of reducing sugars. **Biophysical Chemistry**, Amsterdam, v.65, n.2-3, p.211-220, 1997.

MATSUOKA, C. R. **Qualidade do óleo de fritura de mandioca: correlação entre dados analíticos e sensoriais para determinação do ponto de descarte**. 2009. 156p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MATTOS L. M.; MORETTI C. L.; CHITARRA A. B.; PRADO M. E. T. Qualidade de alface crespa minimamente processada armazenada sob refrigeração em dois sistemas de embalagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.504-508, 2007.

MCGUIRE R. G. Reporting of objective color measurements. **Journal Horticultural Science**, Kent, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.

MELLEMA, M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. **Trends in Food Science and Technology**, Amsterdam, v.14, n.9, p.364-373. 2003.

MICHELS, I. **Aspectos tecnológicos do processamento mínimo de tubérculos de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) armazenados em embalagens com atmosfera modificada**. 2005. 107p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MINOLTA CORP. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Ransey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994.

MIRANDA, R. B. **Avaliação da qualidade do mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado**. 2001. 71p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MORALES, A. A. **La evaluacion sensorial de los alimentos en la teoria y la practica**. Zaragoza, Acribia, 1994. 198p.

MORETTI, C. L. Processamento mínimo de mandioquinha salsa e pimentão. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., **Palestras....** Viçosa: UFV, 2000. p.132-139.

MURR, F. E. X. **Estudo dos fenômenos de secagem de batata (*Solanum tuberosum*)**. 1992. 195p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

NEGUYEN-THE, C.; HALNA, D.; UFRÉDAY, B.; SILVA, A. A. The microbiology of mixed salad containing raw and cooked ingredients without dressing. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.31, n.6, p.481-487, 1996.

NEUWALD, D. A.; GIEHL, R. F. H.; PINTO, J. A. V.; SESTARI, I.; BRACKMANN, A. Caracterização das curvas de respiração e síntese de etileno de frutos de *Psidium cattleianum* Sabine e de *Butia capitata*(Mart.) Becc. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA, 2004.

O'BEIRN, D.; BALLANTYNE, A. Some effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging in combination with antioxidants on quality and storage life of chilled potato strips. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.22, n.5, p.515-523, 1987.

OLIVAS, G. I.; RODRIGUES, J. J.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. Edible coatings composed of methylcellulose, stearic acid, and additives to preserve quality of pear wedges. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v.27, n.4, p.299-320, 2003.

OMATI, C.; GODOY, R. O mercado de embalagens de atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.66, p.17-16, 1996.

PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J.; SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64, n.1, p.42-45, 1999.

PELEG, M. The semantics of rheology and texture. **Food Technology**, Chicago, v.37, n.11, p.54-61, 1983.

PERDUE, R. R. MAP: shoppers wooed with fresh ideas. **Canadian Packaging**, Toronto, v.42, n.2, p.26-28, 1989.

PEREIRA, A. S.; CAMPOS, A. Teor de açúcar em genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.1, p.13-16, 1999.

PEREIRA, J. M. A. T. K.; MINIM, V. P. R.; CHAVES, J. B. P. Avaliação sensorial e instrumental do esbranquiçamento superficial de mini-cenoura durante o armazenamento. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.18, n.3, p.261-266, 2007.

PÉREZ-CAMINO, M. C. **Alteración termoxidativa en aceites y grasas comestibles: formación de nuevos compuestos y métodos para su evaluación**. 1986. 207 p. Tesis (Doctoral en Ciencias Químicas) - Facultad de Química, Universidad de Sevilla, Sevilla, 1986.

PETRI, E.; ARROQUI, C.; ANGÓS, I.; VÍRSEDA, P. Effect of preservative agents on the respiration rate of minimally processed potato (*Solanum tuberosum* cv. Monalisa). **Journal of Food Science**, Chicago, v.73, n.3, p.122-126, 2008.

PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processada sob atmosfera modificada e refrigeração**. 2003. 128p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PINELLI, L. L. O. **Caracterização física, química, sensorial e nutricional de batatas minimamente processadas**. 2005. 236p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

PINELLI, L. L. O; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; ONUKI, A. C. A.; NASCIMENTO, A. B. G. Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.10, p.1035-1041, 2005.

POMERANS, Y.; MELOAN, C. E. Rheology. In:_____ **Food analysis: theory and practice**. New York: An aspen publication, 1994. chap.28, p.449-487.

QUADROS, D. A. **Qualidade da batata, *Solanun tuberosum* L., cultivada sob diferentes doses e fontes de potássio e armazenada em temperatura ambiente**. 2007. 130p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

QUADROS, D. A.; LUNG, M. C.; FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S. Qualidade de batata para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e não redutores, durante o armazenamento à temperatura ambiente. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.32, n.4, p.439-443, 2010.

REEVE, R. M. Relationships of histological structure to texture of fresh and processed fruits and vegetables. **Journal of Texture Studies**, Westport, v.1, n.3, p.247-284, 1970.

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

RICKARD, J. E.; BEHN, K. R. Evaluation of acid and enzyme hydrolytic methods for the determination of cassava starch. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v.41, n.4, p.373-379, 1987.

ROCCULI, P.; GALINDO, F. G.; MENDOZA, F.; WADSO, L.; ROMANI, S.; ROSA, M. D.; SJOHOLM, I. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.43, n.1, p.151-157, 2007.

ROCCULI, P.; ROMANI, S.; ROSA, M. D. Evalution of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. **Food Research International**, Amsterdam, v.37, n.4, p.329-335, 2004.

ROJAS-GRAU, M. A.; OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTIN-BELLOSO, O. The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits and vegetables: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.44, n.5, p.875-889, 2009.

ROSA, O. O. **Microbiota associada a produtos hortícolas minimamente processados comercializados em supermercados**. 2002. 120p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SALVADOR, A.; SANZ, T.; FISZMAN, S. M. Performance of methyl cellulose in coating batters for fried products. **Food Hydrocolloids**, Boca Raton, v.22, n.6, p.1062-1067, 2008.

SAPERS, G. M. et al. Structural changes related to texture of pre-peeled potatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v.62, n.4, p.787-802, 1997.

SAS INSTITUTE INC. **SAS® software version 9.2 (2009)**, Cary: SAS Institute Inc.Cary.

SCHILIMME, V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.10, n.1, p.15-17, 1995.

SILVA, A. S.; HERNÁNDEZ, J. L.; LOSADA, P. P. Modified atmosphere packaging and temperature affect on potato crisps oxidation during storage. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v.524, n.1-2, p.185-189, 2004.

SILVA, M. R.; CERQUEIRA, F. M.; SILVA, P. R. M. Batatas fritas tipo palito e palha: absorção de gordura e aceitabilidade. **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**. São Paulo, v.26, p.51-62, 2003.

SILVA, P. S.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PUSCHMANN, R.; OLIVEIRA, E.; CARNELOSSI, M. Uso de absorvedor de oxigênio na conservação de folhas de couve minimamente processada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.L, n. 288, 2003.

SMITH, O. **Potatoes: production, storing, processing**. 2nd. ed., Westport, Conn: AVI Publishing Company, 1977. 642p.

SOMOGY, M. A new reagent for the determination of sugars. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.160, n.1, p.61-68, 1945

SOUZA, R. A. M. Perspectivas do mercado de frutas e hortaliças minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., **Palestras** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.1-22.

STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. **Food polysaccharides and their applications**. 2 nd ed. Boca Roton:CRC Press 2006. 1024 p.

SUARES, R. B.; CAMPANONE, L. A.; GARCIA, M. A.; ZARITZKY, N. E. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. **Journal of Food Engineering**, New York, v.84, n.3, p.383-393, 2008.

TRIGO, J. M. **Qualidade de mamão 'Formosa' minimamente processado utilizando revestimento comestível**. 2010. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

VITTI, M. C. D. **Respostas fisiológicas e bioquímicas de diferentes cultivares de batatas ao processamento mínimo**. 2007. 98p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

YOSHIDA, S., FORNO, D. A., COCK, J. H., GOMEZ, K. A. Laboratory **manual for physiological studies of rice**. 2nd ed. Manila: International Rice Research Institute, 1972. p.38-41.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.44, n.5, p.116-122, 1990.

WILLEY, R. C. **Frutas y hortalizas minimamente processadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 362p.

ZANG, S.; FARBER, J.M. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. **Food Microbiology**, London, v.13, n.4, p.311-321, 1996.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

ZHANG, D.; QUANTICK, P. C.; GRIGOR, J. M.; WIKTOROWICZ, R.; IRVEN, J. A comparative study of effects of nitrogen and argon on tyrosinase and malic dehydrogenase activities. **Food Chemistry**, Barking, v.72, n.1, p. 45-49, 2001.