

LARA SANTANA FERNANDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E BIOQUÍMICA DE  
BATATA BAROA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F363c  
2013

Fernandes, Lara Santana, 1987-

Caracterização física, físico-química e bioquímica de batata  
baroa minimamente processada / Lara Santana Fernandes. –  
Viçosa, MG, 2013.  
ix, 83f. : il. (algumas color.) ; 29cm.

Orientador: Paulo Cesar Corrêa

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Batata-baroa - Armazenamento. 2. Alimentos -  
Conservação. 3. Embalagens. 4. Físico-química.  
5. Antioxidantes. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 635.1

LARA SANTANA FERNANDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E BIOQUÍMICA DE  
BATATA BAROA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

APROVADA: 23 de fevereiro de 2013

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Mateus da Silva Junqueira

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Ana Clarissa dos Santos Pires

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Paulo Cesar Corrêa  
(Orientador)

*Aos meus pais, Haroldo e Dulcinéia.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por permitir que meus sonhos se tornem realidade.

Aos meus pais e minha irmã, pelo apoio, união e presença constante em minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Paulo Cessar Côrrea pela orientação, confiança e ensinamentos que muito contribuíram para a minha formação.

Aos professores Fernando Luiz Finger e Mateus da Silva Junqueira pelo auxílio e sugestões.

Ao professor Tetuo Hara pelos conselhos, amizade e incentivos.

Ao professor Paulo Roberto Cecon pelos ensinamentos e pela disponibilidade em me atender.

Aos professores Mateus da Silva Junqueira e Ana Clarissa dos Santos Pires pela participação na banca de defesa de dissertação e pelas sugestões para esta dissertação.

A todos os amigos do Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pela amizade e ajuda na realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do DEA que de alguma forma contribuíram para que essa longa jornada se encerrasse com sucesso.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esta importante etapa da minha vida se realizasse.

## **BIOGRAFIA**

LARA SANTANA FERNANDES, filha de Haroldo Carlos Fernandes e Dulcinéia Fernandes Santana, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, no dia 26 de fevereiro de 1987.

Em maio de 2006, iniciou o curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, graduando-se em janeiro de 2011. Neste mesmo ano, no mês de março ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola da UFV, na área de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, submetendo-se à defesa de dissertação, requisito este indispensável para a obtenção do título de Magister Scientiae, em fevereiro de 2013.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
<b>CAPÍTULO 1-</b> Efeito de antioxidantes sobre escurecimento de batatas baroa minimamente processadas.....	6
1.1. INTRODUÇÃO.....	6
1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
1.2.1. Matéria-prima .....	8
1.2.2. Processamento mínimo .....	8
1.2.3. Análises físico-químicas .....	9
1.2.3.1. Cor.....	9
1.2.3.2. pH.....	10
1.2.3.3. Teor de sólidos solúveis totais .....	10
1.2.3.4. Perda de massa .....	11
1.2.4. Análise estatística .....	11
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
1.3.1. Cor .....	12
1.3.2. pH .....	20
1.3.3. Teor de sólidos solúveis .....	21
1.3.4. Perda de massa .....	22
1.4. CONCLUSÕES .....	24
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

<b>CAPÍTULO 2- Influência da embalagem nas propriedades físico-químicas e bioquímicas de batatas baroa minimamente processadas .....</b>	<b>26</b>
2.1. INTRODUÇÃO.....	26
2.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	28
2.2.1. Matéria-prima .....	28
2.2.2. Processamento mínimo .....	28
2.2.3. Análises físico-químicas .....	30
2.2.3.1. Cor.....	30
2.2.3.2. pH.....	31
2.2.3.3. Teor de sólidos solúveis totais .....	31
2.2.3.4. Perda de massa .....	31
2.2.4. Análises bioquímicas .....	32
2.2.4.1. Teor de açúcares solúveis totais.....	32
2.2.4.2. Teor de açúcares redutores .....	32
2.2.4.3. Teor de amido .....	33
2.2.4.4. Carotenóides .....	34
2.2.5. Análise estatística .....	34
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
2.3.1. Análises físico-químicas .....	35
2.3.1.1. Cor.....	35
2.3.1.2. pH.....	48
2.3.1.3. Teor de sólidos solúveis .....	50
2.3.1.4. Perda de massa .....	51
2.3.2. Análises bioquímicas .....	53
2.4. CONCLUSÕES .....	59
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

<b>CAPÍTULO 3- Análise do Perfil de Textura e modelagem do processo de relaxação de batatas baroa minimamente processadas ao longo do armazenamento.....</b>	<b>62</b>
3.1. INTRODUÇÃO.....	62
3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	64
3.2.1. Matéria-prima .....	64
3.2.2. Processamento mínimo .....	64
3.2.4. Análise do Perfil de Textura (TPA).....	66
3.2.5. Análise estatística do TPA .....	67
3.2.6. Modelagem do processo de relaxação .....	67
3.2.7. Análise estatística dos modelos .....	68
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
3.3.1. Análise do Perfil de Textura.....	68
3.3.2. Modelagem do processo de relaxação .....	74
3.4. CONCLUSÕES .....	81
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

## RESUMO

FERNANDES, Lara Santana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2013. **Caracterização física, físico-química e bioquímica de batata baroa minimamente processada.** Orientador: Paulo Cesar Corrêa. Coorientadores: Fernando Luiz Finger e Mateus da Silva Junqueira.

As raízes de batata baroa apresentam vida útil pós-colheita muito curta e podem tornar-se imprestáveis para a comercialização após 6 dias de armazenamento à temperatura ambiente. Esta alta perecibilidade das raízes gera dificuldades no armazenamento, o que tem despertado o interesse para a diversificação de seu uso na forma minimamente processada. Para tornar esse tipo de alimento menos perecível, destaca-se o uso de antioxidantes durante a etapa de processamento associado à refrigeração e uso de embalagens adequadas. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes concentrações de antioxidantes durante o processamento mínimo, avaliar a qualidade de batatas baroa minimamente processadas em função das propriedades físico-químicas e bioquímicas e avaliar as alterações de textura que ocorreram durante o período de armazenamento através de análise do perfil de textura (TPA) e relaxação, em função de 4 tipos de embalagens, combinadas à refrigeração. Foram usadas raízes de batatas baroa da cultivar Amarela de Carandaí. A concentração de 3% ácido cítrico e 3% ácido ascórbico foi a que proporcionou melhor controle do escurecimento e manutenção da coloração amarela das rodela durante 8 dias de conservação a  $5 \pm 1$  °C e  $90 \pm 5$  % UR; as embalagens de polipropileno e poliolefina multicamadas para vácuo mantiveram os maiores valores das coordenadas  $L^*$  e  $b^*$ , do índice de amarelecimento (YI) e dos teores de carotenoides, além de proporcionarem os menores valores de sólidos solúveis assim como menores taxa de degradação do amido e perda de massa durante os 12 dias de conservação a  $5 \pm 1$  °C e  $90 \pm 5$  % UR. Quanto ao TPA, verificou-se que dos atributos analisados, apenas a dureza sofreu influência do tipo de embalagem. O modelo generalizado de Maxwell representou bem o processo de relaxação em todas as embalagens estudadas, descrevendo adequadamente as alterações das rodela de batata baroa ao longo do armazenamento, sendo que as rodela acondicionadas em PEAD e à vácuo foram mais elásticas.

## ABSTRACT

FERNANDES, Lara Santana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2013. **Physical, physical-chemical and biochemical characteristics of fresh-cut yellow peruvian roots.** Adviser: Paulo Cesar Corrêa. Coadvisers: Fernando Luiz Finger and Mateus da Silva Junqueira.

Yellow peruvian roots presents a very short post-harvesting shelf-life, and may become unusable for marketing after only 6 days of storage in ambient temperature. The high perishability of these roots creates difficulties in storage, what has raised the interest in diversification of its use in a fresh-cut way. Order to make this type of food less perishable, stands out the use of antioxidants during processing step associated with refrigeration and the use of appropriate packaging. The objective of this research was to evaluate the effect of different concentrations of antioxidants during fresh-cut processing, evaluate the quality of fresh-cut yellow peruvian roots in function of physico-chemical and biochemical properties and evaluate texture changes that occurred during storage through relaxation and texture profile analysis (TPA), in function of 4 types of packaging, combined with refrigeration. Amarela de Carandaí cultivar of yellow peruvian roots were used. The concentration of 3% of Citric Acid and 3% of Ascorbic Acid provided the best browning control and yellow color maintenance of slices during 8 storage days at  $5 \pm 1$  °C and  $90 \pm 5$  % of relative humidity; polypropylene and polyolefin multilayer packages for vacuum maintained the higher values of L\* and b\* coordinates, the Yellowness Index (YI) and carotenoids levels, in addition to provide the lowest values of soluble solids and smaller starch degradation rate and mass loss during 12 storage days at  $5 \pm 1$  °C and  $90 \pm 5$  % of relative humidity. Regarding the TPA, it was found that among the analyzed attributes, only the hardness was influenced by the type of packaging. The generalized Maxwell model represented well the relaxation process for all studied packaging, adequately describing changes in yellow Peruvian root slices during storage, and the slices packed in both HDPE and vacuum were more elastic.

## INTRODUÇÃO GERAL

A batata baroa (*Arracia xanthorrhiza*), uma hortaliça originária dos Andes Colombianos, foi introduzida no Brasil por volta de 1900. Têm sido cultivada, principalmente, nas regiões sul e sudeste, sendo a produção concentrada nos Estados do Paraná e Minas Gerais (SEDIYAMA et al., 2008). Em cada região recebe uma denominação: mandioquinha salsa, batata baroa, batata salsa, batata fiúza e cenoura amarela. Sua adaptação às condições brasileiras ocorreu, em grande parte, às características de rusticidade, como a baixa exigência nutricional e reduzida ocorrência de pragas e de doenças (FILGUEIRA, 2007).

Após a colheita, as raízes de batata baroa apresentam vida útil muito curta, e podem tornar-se imprestáveis para a comercialização após seis dias de armazenamento à temperatura ambiente (SCALON, 1998). Esta alta perecibilidade das raízes gera dificuldades de armazenamento, o que tem despertado o interesse para a diversificação de seu uso na forma processada, uma vez que, o processamento industrial imediato dessas raízes, reduz as perdas após a colheita e oferta novos produtos que ampliam as possibilidades de incremento de consumo e de sua produção.

O descascamento e fatiamento são práticas comuns antes do consumo da batata baroa, o que a torna um produto pouco conveniente para o consumidor. Devido às transformações dos hábitos alimentares pelos quais a sociedade vem passando nos últimos anos, essa raiz tuberosa tem potencial para se enquadrar no ramo de produtos minimamente processados.

Produtos minimamente processados são aqueles submetidos a uma ou mais etapas de pré-processamento, como lavagem, descascamento, fatiamento e corte; e em alguns casos a tratamentos químicos, tornando-os prontos para o consumo ou preparo, mas mantidos no estado fresco e metabolicamente ativos, com propósito de modificar a sua apresentação para consumo (MORETTI, 2007).

Diversos cuidados devem ser tomados no processamento mínimo, relacionados

à espessura do corte, controle do metabolismo e uso de refrigeração (NUNES et al., 2010). Produtos minimamente processados geralmente são mais perecíveis que os que lhes deram origem e, por isso, devem ser mantidos a baixas temperaturas (RINALDI et al., 2005).

A aplicação da baixa temperatura no armazenamento acarreta a redução da respiração, retardamento da maturação e diminuição da taxa da incidência de doenças pós-colheita em frutas e hortaliças. A refrigeração é a primeira etapa a ser adotada na conservação de produtos vegetais perecíveis, pois o abaixamento da temperatura diminui, substancialmente, o metabolismo do produto, bem como inibe e/ou reduz a ação de microrganismos fitopatogênicos (VILAS BOAS, 2002).

As reações de escurecimento são alguns dos fenômenos mais importantes que ocorrem durante o processamento mínimo da batata baroa (NUNES et al., 2011). O escurecimento é iniciado com a oxidação de compostos fenólicos pela enzima polifenoloxidase (PPO), levando inicialmente à formação de quinonas, que rapidamente se condensam, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melaninas, frequentemente acompanhados de mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades sensoriais do produto, resultando na diminuição da vida útil e do valor de mercado (LUPETTI et al., 2005).

Alguns compostos antioxidantes naturais, como os ácidos cítrico e ascórbico, têm a capacidade de impedir a formação dos produtos escurecidos, além de poderem agir como inibidores das enzimas oxidativas, através do abaixamento do pH (BEZERRA et al., 2002).

Por ser considerada espécie subtropical, a batata baroa é sensível a injúria por frio, o que pode levar ao escurecimento não enzimático no momento de sua utilização. Isso se deve à possibilidade de acúmulo de açúcares solúveis, durante o armazenamento, devido a degradação de amido que ocorre em baixas temperaturas. O acúmulo de açúcares solúveis, especialmente os açúcares redutores, é indesejável em alguns produtos destinados ao processamento, pois causa escurecimento durante a fritura. Portanto, o conhecimento das alterações dos carboidratos durante o armazenamento torna-se relevante (RIBEIRO et al., 2007).

Segundo Moleyar e Narasimham (1994) e Kader (1995), a atmosfera modificada devido a embalagem com filme plástico é o complemento da refrigeração no armazenamento de produtos hortícolas. Para Finger e Vieira (1997) a maior vantagem do uso de filmes plásticos na comercialização de produtos hortícolas é

manter a qualidade dos produtos pela redução da perda de água.

Em órgãos vegetais intactos, a água nos espaços intercelulares não está diretamente exposta à atmosfera externa. As barreiras naturais contra a perda de água são muitas vezes removidas durante o processamento mínimo, tornando os produtos mais susceptíveis à desidratação, além de levar ao amolecimento dos tecidos e as alterações na cor e sabor.

A coloração do produto é normalmente utilizada como importante parâmetro de qualidade, sendo usada com indicador da vida de prateleira dos mesmos. O escurecimento das batatas baroa pode ser correlacionado com a cor, analisada objetivamente por diferentes sistemas, sendo que o sistema CIE 1976 é o mais difundido no meio científico em razão de sua fácil mensuração através de colorímetro.

Outro componente afetado durante a conservação é a textura do produto. Muitos métodos instrumentais tem sido desenvolvidos para determinar as propriedades de textura dos alimentos, merecendo destaque o Perfil de Textura Instrumental, que vem sendo aplicado com eficiência para uma gama de alimentos. A Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA) simula as condições que o alimento é submetido ao longo do processo de mastigação.

A análise do perfil de textura (TPA) compreende a interpretação de várias medidas, sendo três medidas de força: dureza, fraturabilidade e gomosidade; duas de trabalho: adesividade e mastigabilidade; uma de distância, a elasticidade e uma de proporção, a coesividade (BOURNE, 1978).

A relaxação é um importante teste para a avaliação da textura de alimentos, usualmente utilizado para o estudo do comportamento viscoelástico de materiais biológicos (CESPI et al., 2007), sendo a modelagem um instrumento matemático fundamental para análise deste comportamento (DEL NOBILE et al., 2007; FUSTIER et al., 2009).

Assim, objetivou-se com esse trabalho, avaliar o efeito de diferentes concentrações dos antioxidantes, ácido ascórbico e ácido cítrico, visando prolongar a vida útil da batata baroa minimamente processada. Além disso, avaliou-se a qualidade de batatas baroa minimamente processadas em função das propriedades físico-químicas e bioquímicas e das alterações de textura que ocorrem durante o período de armazenamento, em função de 4 tipos de embalagens, combinadas à refrigeração ao longo do armazenamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEZERRA, V. S.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D.; VILELA, E. R. Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 564-575, 2002.
- BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v. 32, p. 62–66, 1978.
- CESPI, M.; BONACUCINA, G.; MISICI-FALZI, M.; GOLZI, R.; BOLTRI, L.; PALMIERI, G.F. Stress relaxation test for the characterization of the viscoelasticity of pellets. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 67, n. 2, p. 476 – 484, 2007.
- DEL NOBILE, M.A.; CHILLO, S.; MENTANA, A.; BAIANO, A. Use of the generalized Maxwell model for describing the stress relaxation behavior of solid- like foods. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 978 – 983, 2007
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. revista e ampliada. Viçosa/MG: UFV, 2007. p.421.
- FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. **Cadernos Didáticos 19**, Editora UFV, Viçosa- MG, 29 p. 1997
- FUSTIER, P.; CASTAIGNE, F.; TURGEON, S.L. BILIADERIS, C.G. Impact of commercial soft wheat flour streams on dough rheology and quality attributes of cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 2, p. 228 – 237, 2009.
- KADER, A.A. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, 398, p.59-67, 1995
- 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**, v.28, n.3, p.548-554, 2005.
- MOLEYAR, V.; NARASIMHAM, P; Modified atmosphere packaging of vegetables: an appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, 31, p.267-278, 1994.
- MORETTI, C. L. Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. **Panorama do processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE, 2007, cap.1, p. 25-39.
- NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. B.; PICCOLI, R. H.; XISTO, A. L. R. P.; VILAS BOAS, B. M. Efeito de diferentes temperaturas na qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, n. 28, p. 311-315, 2010.
- NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. B.; XISTO, A. L. R. P. Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: Uso de antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 3, p. 43-50, 2011
- RIBEIRO, R. A.; FINGER, F. L.; PUJATTI, M.; CASALI, V. W.D. Vida útil e metabolismo de carboidratos em raízes de mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 453-458, 2007.
- RINALDI, M. M; BENEDETTI, B.C; CALORE, L. Efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 25, p. 480-486, 2005.

SCALON, S.P.Q. Conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa em atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 33, 1998

SEDIYAMA, M. A. N.; FREITAS, R. S.; PEREIRA, P. C.; SEDIYAMA, T.; MASCARENHAS, M. H. T.; FERREIRA, F. A. **Avaliação de herbicidas no controle de plantas daninhas em mandioquinha-salsa**. Campinas, v. 67, n. 4, p. 921-926, 2008.

VILAS BOAS, E.V. de B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE. 68p, 2002

# **CAPÍTULO 1**

## **Efeito de antioxidantes sobre escurecimento de batatas baroa minimamente processadas.**

### **1.1. INTRODUÇÃO**

A mudança nos padrões de consumo de alimentos tem levado à maior demanda por frutas e hortaliças em detrimento dos produtos industrializados. Ao mesmo tempo, os consumidores desejam produtos com qualidade e praticidade. Nesse sentido, a procura por frutas e hortaliças minimamente processadas tem evoluído rapidamente (ARRUDA et al., 2004).

Produtos minimamente processados são aqueles submetidos a uma ou mais etapas de pré-processamento, como lavagem, descascamento, fatiamento e corte; e em alguns casos a tratamentos químicos, tornando-os prontos para o consumo ou preparo, mas mantidos no estado fresco e metabolicamente ativos, com propósito de modificar a sua apresentação para consumo (MORETTI, 2007).

Após a colheita, as raízes de batata baroa apresentam vida útil muito curta, e podem tornar-se imprestáveis para a comercialização após seis dias de armazenamento à temperatura ambiente (SCALON, 1998). Esta alta perecibilidade das raízes gera dificuldades de armazenamento, o que tem despertado o interesse para a diversificação de seu uso na forma processada. A batata baroa é uma hortaliça de elevado preço de venda a granel, em supermercados e em outros pontos de comercialização. A hortaliça possui ciclo vegetativo longo, além de possuir baixa produtividade em algumas regiões produtoras. Portanto, o processamento mínimo dessa hortaliça, ao agregar valor ao produto, contribui ainda mais para a valorização

(MORETTI & ARAÚJO, 2001).

Apesar de o consumo dessa hortaliça na forma minimamente processada estar crescendo, observa-se que ainda existem fatores limitantes para sua produção, impostos pelo seu elevado grau de perecibilidade. Para tornar esse tipo de alimento menos perecível, destaca-se o uso de antioxidantes durante a etapa de processamento associado à refrigeração.

As reações de escurecimento são alguns dos fenômenos mais importantes que ocorrem durante o processamento mínimo da batata baroa (NUNES et al., 2011). O escurecimento, além de depreciar a qualidade do produto, leva também ao desenvolvimento de sabores desagradáveis e perdas na qualidade nutricional (HAMINIUK et al., 2005).

Sempre que ocorre dano ao produto, devido ao corte ou esmagamento, há o rompimento de células, o que promove o contato entre as enzimas e os substratos. O escurecimento é iniciado com a oxidação de compostos fenólicos pela enzima polifenoloxidase (PPO), levando inicialmente a formação de quinonas, que rapidamente se condensam, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melaninas, frequentemente acompanhados de mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades sensoriais do produto, resultando na diminuição da vida útil e do valor de mercado (LUPETTI et al., 2005).

Em produtos frescos, a inativação das enzimas é geralmente inapropriada o que torna a exposição ao oxigênio inevitável, e também a cadeia de frio nem sempre é mantida, desta forma, o uso de antioxidantes ou agentes anti-escurecimento, como também são chamados, torna-se uma alternativa para controlar o problema do escurecimento (PINELI et al., 2005).

Dentre os antioxidantes mais pesquisados destacam-se os ácidos cítrico e ascórbico, por sua disponibilidade no mercado e também, por seu amplo uso na indústria alimentícia (PINELI *et al.*, 2005). O ácido cítrico é o principal ácido orgânico em frutas e hortaliças, podendo ter efeito inibidor dual, pois abaixa o pH, além de ser capaz de complexar pro-oxidantes, como o cobre do sítio ativo da enzima PPO, diminuindo a velocidade da reação enzimática (LIMBO & PIERGIOVANNI, 2006).

O ácido ascórbico é o mais comumente usado, inibindo o escurecimento enzimático muito efetivamente, devido a sua capacidade de reduzir quinonas novamente a compostos fenólicos, prevenindo a formação de pigmentos escuros (IYENGAR & MCEVIL, 1992). Chitarra e Chitarra (2007) relatam o efeito sinergista do ácido

ascórbico com o ácido cítrico na prevenção do escurecimento enzimático pela ação da polifenoloxidase (PPO) em alface minimamente processada.

Em função da depreciação causada pelo escurecimento enzimático das batatas baroa minimamente processadas objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes concentrações dos antioxidantes ácido ascórbico e ácido cítrico, visando prolongar a vida útil do produto final.

## **1.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), e na Unidade de Processamento Mínimo, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG.

### **1.2.1. Matéria-prima**

Para realização dos experimentos foram utilizadas batatas baroa da cultivar Amarela de Carandaí, adquiridas no Ceasa-MG. Foram eliminados os tubérculos com danos, deformações visíveis e doenças, com a finalidade de se obter um produto homogêneo.

### **1.2.2. Processamento mínimo**

As batatas selecionadas foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma escova para a eliminação de sujidades de difícil remoção devido às características de rugosidade da casca. Em seguida, elas foram imersas em uma solução com 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C, por 15 min. O sanitizante utilizado tem como princípio ativo o dicloro s-triazinatriona sódica dihidratada (Sumaveg<sup>®</sup>). Em seguida, as batatas foram descascadas, cortadas manualmente em rodela na espessura de ±1 cm e colocadas imediatamente em água gelada.

Para a sanitização final as rodela de batatas baroa foram imersas em solução contendo 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C, por 15 min, com posterior enxágue em solução contendo 3 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C por 15 min. O processamento prosseguiu com imersão das rodela, por 5 min, nos seguintes tratamentos químicos:

- Tratamento 1: testemunha (imersão em água gelada);

- Tratamento 2: solução de ácido ascórbico 1% + ácido cítrico 1%;
- Tratamento 3: solução de ácido ascórbico 2% + ácido cítrico 2% e
- Tratamento 4: solução de ácido ascórbico 3% + ácido cítrico 3%.

O excesso de água das rodela de batatas baroa foi retirado por centrifugação a 2000 rpm por 15 s e as rodela foram acondicionadas em embalagens de polipropileno de 10  $\mu$ m de espessura e dimensões de 16 x 25 cm, seladas a quente com auxílio de uma seladora. Durante o armazenamento, as amostras foram mantidas a  $5 \pm 2$  °C e  $90 \pm 5$  % de UR, por um período de oito dias, procedendo-se as análises físico- químicas descritas abaixo, a cada dois dias.

### 1.2.3. Análises físico-químicas

#### 1.2.3.1. Cor

Para a determinação objetiva da cor foi utilizado o sistema CIE 1976, que exibe um sólido de cores definido por três coordenadas (Figura 1). O eixo principal é o nível de luminosidade  $L^*$  em uma escala de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). A coordenada  $a^*$  compreende as tonalidades vermelha/verde e a  $b^*$  compreende as tonalidades amarela/azul.

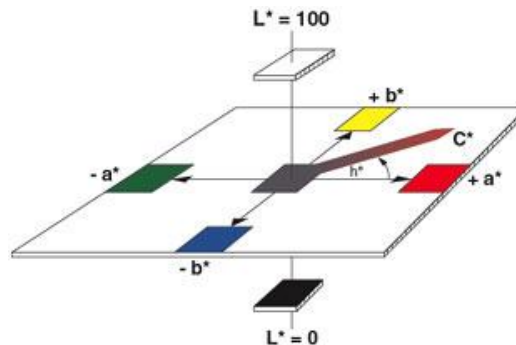


Figura 1. Sólido de cores do sistema CIE  $L^*a^*b^*$  e descrição do ângulo hue ( $h^*$ ) e do índice de saturação cromática ( $C^*$ ).

A caracterização da cor das rodela de batatas baroa minimamente processada foi feita com o auxílio de um colorímetro tristímulo, com leitura direta de reflectância das coordenadas  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (tonalidades vermelha/verde) e  $b^*$  (tonalidades amarela/azul), empregando a escala Hunter-Lab e utilizando o iluminante  $10^\circ/D60$ .

A partir dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , foram calculados os seguintes índices colorimétricos: o cromático ( $C^*$ ), que define a intensidade e a pureza de uma cor (Equação 1); e o ângulo hue ( $h^*$ ), que define a tonalidade da cor (Equação 2):  $0^\circ$  (vermelho),  $90^\circ$

(amarelo), 180° (verde) e 270° (azul). O  $\Delta E$ , que é a diferença total de cor levando-se em consideração as condições iniciais de armazenamento do produto, foi calculado pela Equação 3.

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

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$\Delta E = \Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} \frac{1}{2} \quad (3)$$

Outros parâmetros estudados foram o índice de escurecimento (IE) e o índice de amarelecimento (YI), calculados respectivamente pelo modelo proposto por Palou et al. (1999) e metodologia descrita na ASTM D1925, citada por Andrady & Torikai (1999), Equações 4 e 5:

$$IE = \frac{100(X - 0,31)}{0,172} \quad (4)$$

Em que:

$$X = \frac{a^* + 1,75L^*}{5,64L^* + a^* - 3,01b^*}$$

$$YI = \frac{100(0,72a^* + 1,79b^*)}{L^*} \quad (5)$$

### 1.2.3.2. pH

O valor do pH foi determinado diretamente nas amostras por potenciometria, utilizando-se um pHmetro digital, conforme AOAC (1997).

### 1.2.3.3. Teor de sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado pela leitura direta com o auxílio de um refratômetro portátil, e os resultados foram expressos em °Brix, conforme AOAC (1997).

#### 1.2.3.4. Perda de massa

A porcentagem de perda de água da batata baroa minimamente processada foi determinada por meio da diferença de massa no tempo analisado em relação ao tempo zero (Equação 6). As pesagens foram realizadas diariamente.

$$P = \frac{M_{(t=0)} - M_{(t=t)}}{M_{(t=0)}} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

P: perda de água, %;

$M_{(t=0)}$ : massa da batata baroa no tempo zero, g;

$M_{(t=t)}$ : massa da batata baroa no tempo t, g.

#### 1.2.4. Análise estatística

Para a avaliação da perda de massa, o experimento foi instalado em esquema fatorial 4 x 9, sendo 4 tratamentos químicos (TE- testemunha, TR 1- solução de ácido ascórbico 1% + ácido cítrico 1%, TR 2- solução de ácido ascórbico 2% + ácido cítrico 2% e TR 3- solução de ácido ascórbico 3% + ácido cítrico 3%) e 9 períodos de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 dias) no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Para as análises de cor, teor de sólidos solúveis totais e pH, foi feito um esquema fatorial 4 x 5 (4 tratamentos aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias) com três repetições. Os dados foram submetidos à metodologia de superfície de resposta. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t” adotando o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no comportamento fisiológico.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAEG, da Central de Processamento de Dados da UFV.

## 1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.3.1. Cor

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios obtidos para as coordenadas L\*, a\* e b\* fornecidas pelo colorímetro.

Tabela 1. Valores das coordenadas L\*, a\* e b\* das rodelas de batatas baroa imersas em água (TE) e nas soluções: ácido ascórbico 1% + ácido cítrico 1% (TR1), ácido ascórbico 2% + ácido cítrico 2% (TR2) e ácido ascórbico 3% + ácido cítrico 3% (TR3), ao longo do armazenamento.

Tempo (dias)	L*				a*				b*			
	TE	TR1	TR2	TR3	TE	TR1	TR2	TR3	TE	TR1	TR2	TR3
0	59,95				7,53				40,98			
2	63,87	63,62	64,51	64,5	7,26	7,53	7,65	7,82	36,99	38,89	41,79	41,76
4	63,85	64,65	63,99	64,64	7,23	7,43	7,57	7,70	33,14	32,64	37,35	39,37
6	64,19	64,11	65,63	66,22	7,31	7,63	7,73	8,00	42,40	29,18	35,85	35,65
8	66,05	64,01	64,95	64,96	7,79	8,03	8,13	8,35	31,93	28,91	31,70	34,67

Na Figura 2 é mostrada a evolução dos valores de L\* ao longo do armazenamento.

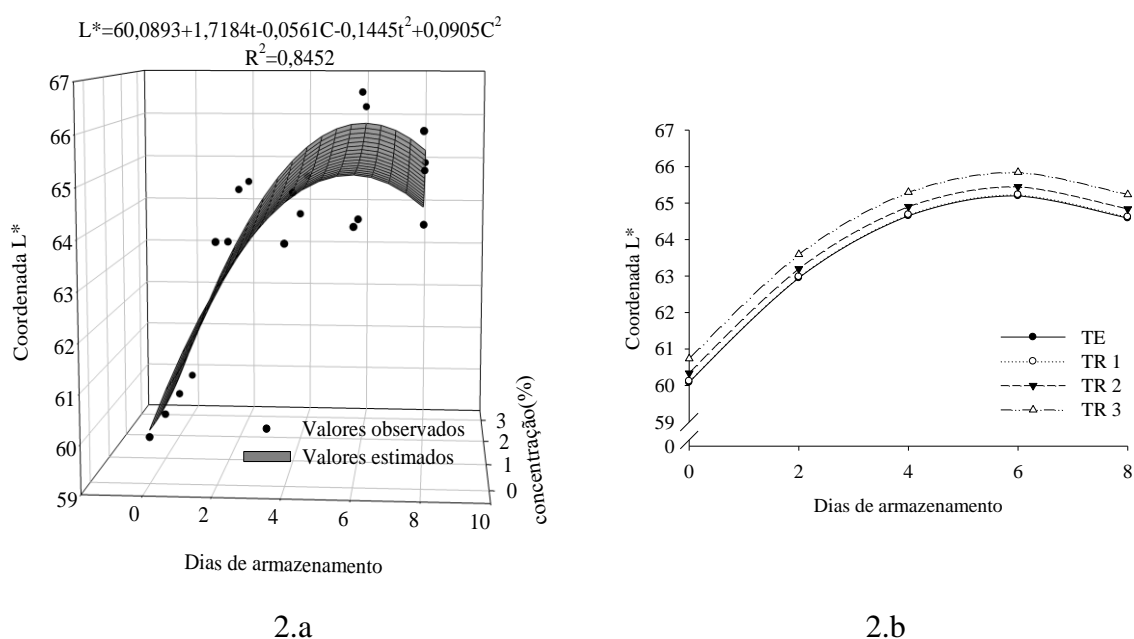


Figura 2. Superfície de resposta da coordenada L\* (2.a). Cortes da superfície de resposta da coordenada L\* para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (2.b).

Até o sexto dia de armazenamento foi observado um comportamento crescente no valor de  $L^*$ , caracterizado pelo esbranquiçamento na superfície das rodela, em seguida os valores decresceram até o final do experimento. Através da figura 2.b verifica-se que os maiores valores da coordenada  $L^*$  foram obtidos no TR3, o que indica que as rodela de batata baroa submetidas a esse tratamento apresentavam coloração mais clara, uma vez que essa variável demonstra quão claro (maior valor  $L^*$ ) ou quão escuro (menor valor  $L^*$ ) é o produto. Nunes et al.(2011), trabalhando com batatas baroa minimamente processadas, não verificaram efeito dos antioxidantes e tempo de armazenamento sobre o valor  $L^*$ .

Vitti et al. (2003), trabalhando com beterraba minimamente processada armazenadas a 5 °C durante 10 dias, e Pillon (2003), com cenouras minimamente processadas sob refrigeração por 21 dias, verificaram esbranquiçamento do produto desde o início até o final do armazenamento, o que alguns autores denominam de “white blush” e atestam ser resultado da desidratação das células superficiais, devido aos danos causados pelo processamento. Para outros autores, o esbranquiçamento se deve à formação de lignina na superfície do corte (BOLIN & HUXSOLL, 1991) ou então se deve à combinação dos dois processos, à desidratação e à formação de lignina (CINEROS-ZEVALLOS et al., 1995). Tal fato também pode ser atribuído ao ressecamento de resquícios celulares que permanecem na superfície do tecido. Como a batata baroa é rica em amido, e sendo este de coloração branca, após o corte este componente ficou aderido à superfície, conferindo aspecto esbranquiçado ao produto.

Observou-se aumento no valor  $a^*$  em todos os tratamentos, após o segundo dia de armazenamento. Esse comportamento também foi verificado por Nunes et al.(2011) em trabalho com batatas baroa minimamente processadas. Na Figura 3 é mostrada a evolução destes valores ao longo do armazenamento.

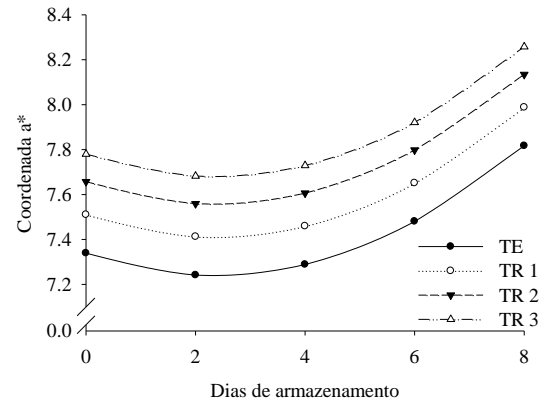
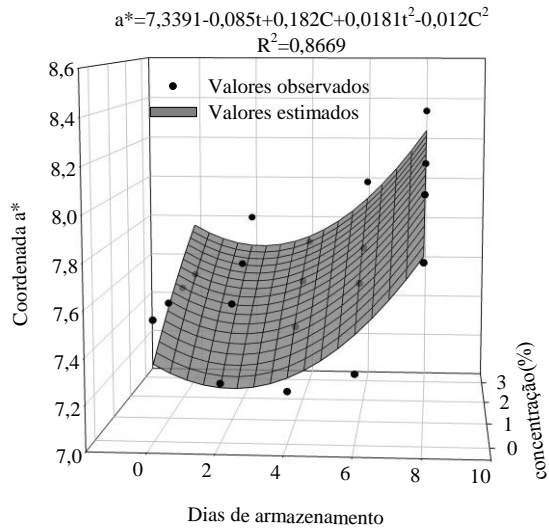


Figura 3. Superfície de resposta da coordenada  $a^*$  (3.a). Cortes da superfície de resposta da coordenada  $a^*$  para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (3.b).

Na Figura 4 é mostrada a evolução dos valores da coordenada  $b^*$  ao longo do armazenamento. Observou-se redução nos valores, sendo que, as rodela submetidas ao TR3, foram as que tiveram maiores valores quando comparadas aos demais tratamentos. Logo, essas rodela foram as que apresentaram menor perda da coloração amarela, o que faz com que sejam mais aceitas pelos consumidores.

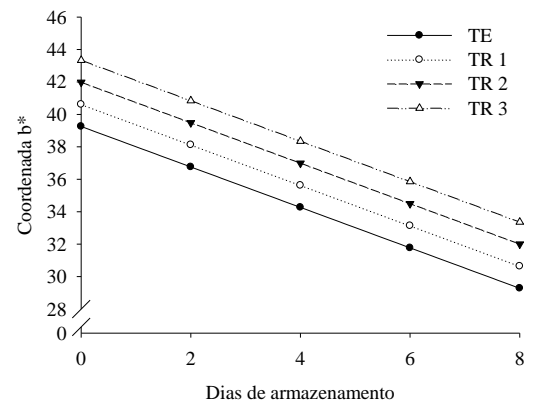
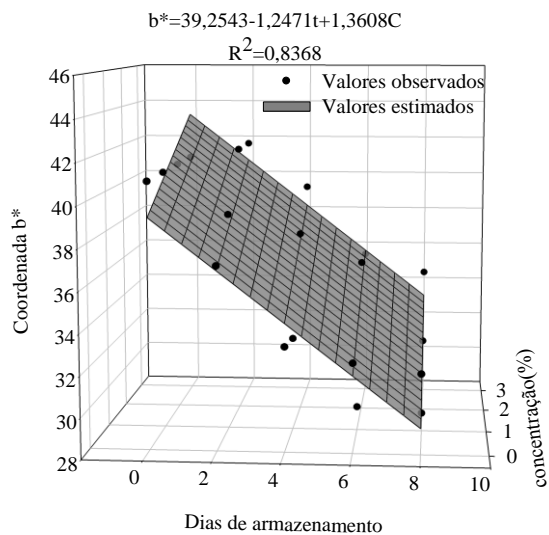


Figura 4. Superfície de resposta da coordenada  $b^*$  (4.a). Cortes da superfície de resposta da coordenada  $b^*$  para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (4.b).

Na Tabela 2 estão contidas as equações dos cortes da superfície de resposta das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

Tabela 2. Equações dos cortes das superfícies de resposta das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  das rodela de batatas baroa para a concentração de antioxidantes, em função do tempo de armazenamento (t).

Concentração de antioxidantes	Equação dos cortes
TE (0% AA+0% AC)	$L^* = 60,0893 + 1,7184^{**}t - 0,1445^{**}t^2$ $a^* = 7,3391 - 0,085^{**}t + 0,0181^{**}t^2$ $b^* = 39,2543 - 1,2471^{**}t$
TR 1 (1% AA+1% AC)	$L^* = 60,1237 + 1,7184^{**}t - 0,1445^{**}t^2$ $a^* = 7,5091 - 0,085^{**}t + 0,0181^{**}t^2$ $b^* = 40,6151 - 1,2471^{**}t$
TR 2 (2% AA+2% AC)	$L^* = 60,3391 + 1,7184^{**}t - 0,1445^{**}t^2$ $a^* = 7,6551 - 0,085^{**}t + 0,0181^{**}t^2$ $b^* = 41,9759 - 1,2471^{**}t$
TR 3 (3% AA+3% AC)	$L^* = 60,73553 + 1,7184^{**}t - 0,1445^{**}t^2$ $a^* = 7,7771 - 0,085^{**}t + 0,0181^{**}t^2$ $b^* = 43,3367 - 1,2471^{**}t$

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

A perda da coloração amarela também pode ser explicada pelo Índice de Amarelecimento (YI). Este índice pode ser usado como parâmetro de qualidade do produto. Vasconcellos et al. (2011) verificaram que o YI foi uma alternativa viável para análise da qualidade de grãos de café armazenados.

Este índice também pode ser aplicado para vegetais verdes minimamente processados onde o amarelecimento é causado devido à degradação da clorofila. Na alface minimamente processada, um dos principais efeitos indesejáveis é a perda da cor verde e o amarelecimento ou escurecimento das bordas cortadas e das nervuras do produto (MORETTI, 2007).

Na Figura 5 é apresentado o comportamento do índice de amarelecimento ao longo do armazenamento.

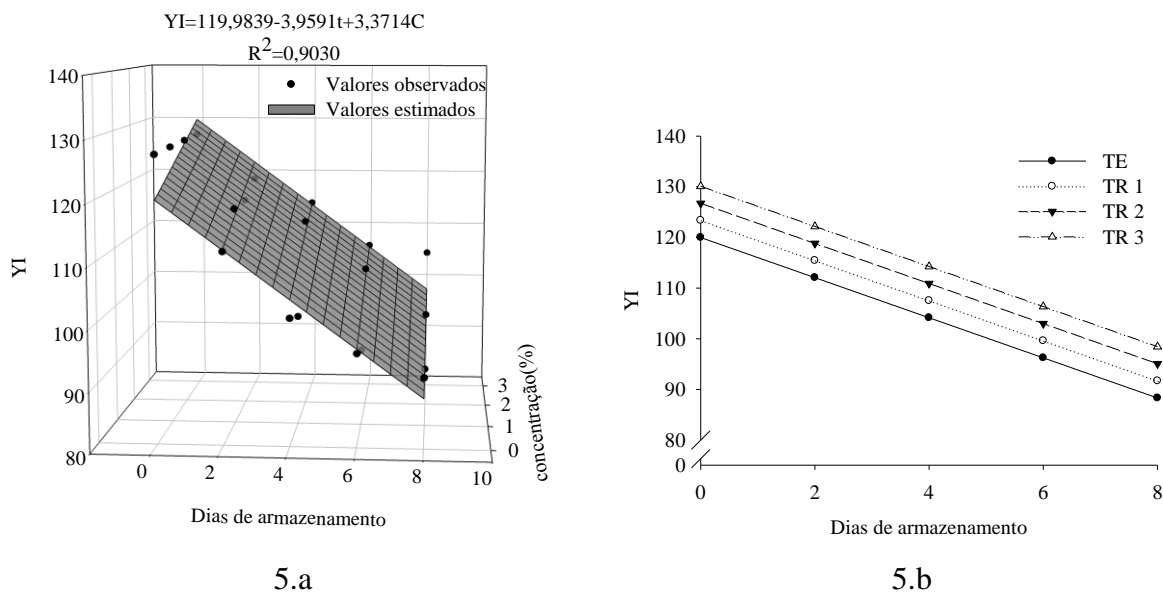


Figura 5. Superfície de resposta do índice YI (5.a). Cortes da superfície de resposta do índice YI para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (5.b).

Assim como a coordenada  $b^*$ , o YI teve um comportamento decrescente ao longo do armazenamento, indicando que as rodela perderam parte da coloração amarela afetando a qualidade final do produto. O tratamento TR3 manteve os maiores valores enquanto que a testemunha apresentou os menores.

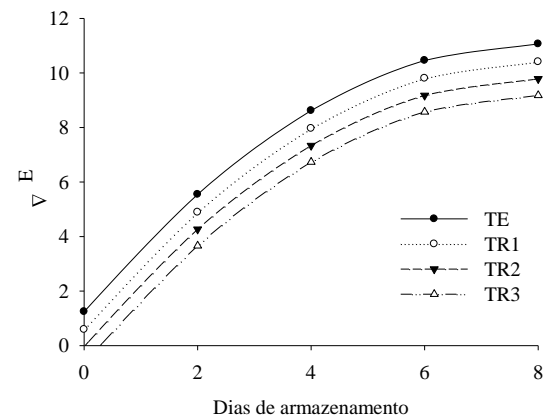
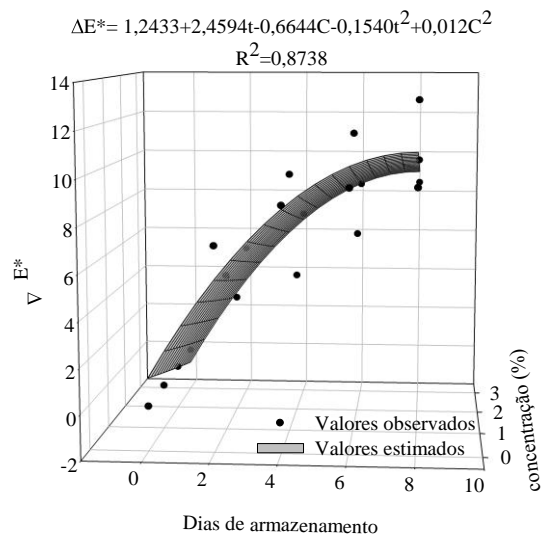
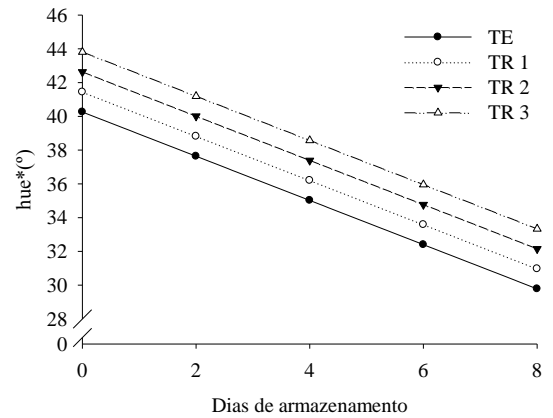
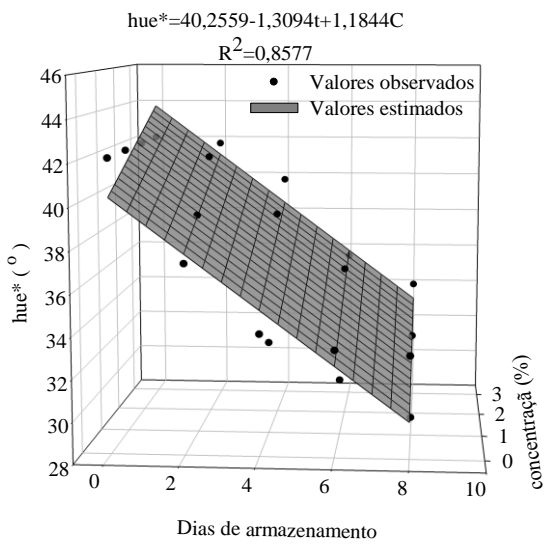
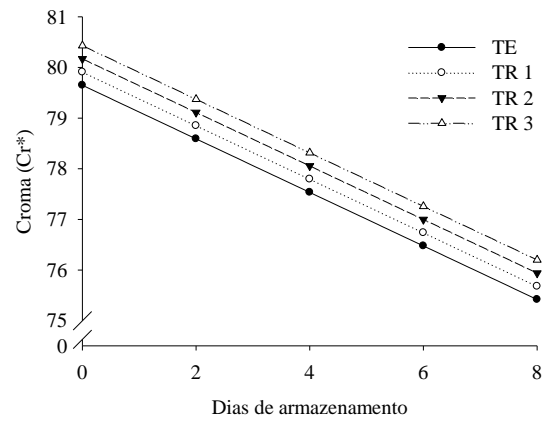
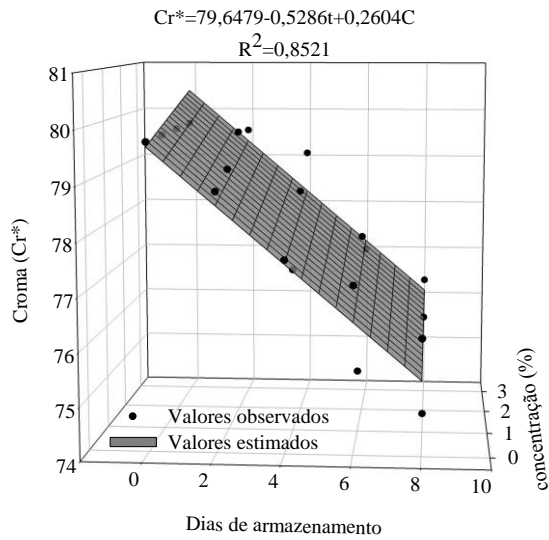
Na Tabela 3 estão contidas as equações dos cortes das superfícies de resposta do YI ao longo do armazenamento.

Tabela 3. Equações dos cortes das superfícies de resposta do YI das rodela de batatas baroa para a concentração de antioxidantes, em função do tempo de armazenamento (t).

Concentração de antioxidantes	Equação dos cortes
TE: 0% AA+0% AC	$YI= 119,9839 - 3,9591 **t$
TR1: 1% AA+1% AC	$YI= 123,3553 - 3,9591 **t$
TR2: 2% AA+2% AC	$YI= 126,7267 - 3,9591 **t$
TR3: 3% AA+3% AC	$YI= 130,0981 - 3,9591 **t$

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

Na Figura 6 é apresentado o comportamento dos índices colorimétricos croma ( $Cr^*$ ), ângulo hue ( $h^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ), respectivamente ao longo do armazenamento.



6.a

6.b

Figura 6. Superfícies de resposta dos índices  $Cr^*$ ,  $h^*$  e  $\Delta E$  (6.a). Cortes das superfícies de resposta dos índices  $Cr^*$ ,  $h^*$  e  $\Delta E$  para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (6.b).

O decréscimo do índice colorimétrico croma ao longo do tempo de armazenamento é um indicador da diminuição de tonalidade ou matiz da coloração, em que menores valores levam a cores menos puras. Dessa forma, o decréscimo observado para este índice indica o aparecimento de outras tonalidades, no caso é devido provavelmente ao aparecimento de outros pigmentos, tornando a coloração das rodela menos homogênea. O tratamento TR3 foi o que apresentou melhor comportamento.

O comportamento decrescente do índice ângulo hue ao longo do armazenamento sugere uma mudança na coloração das rodela do amarelo para o azul. Essa alteração foi devido ao surgimento das pontuações escuras. O TR 3 foi o tratamento que ao final dos 8 dias de armazenamento manteve o maior valor do  $h^*$ .

Com relação ao índice diferença total de cor ( $\Delta E$ ), as coordenadas  $L^*$  e  $a^*$  tiveram uma variação de 10,1% e 10,8% respectivamente. Já a coordenada  $b^*$  a variação chegou a 29,4% quando empregado TR1 no oitavo dia de armazenamento (Tabela 1). Portanto, visto que a coordenada  $b^*$  foi a que mais influenciou nos valores de  $\Delta E$ , este índice representou a variação da coloração amarela nas rodela de batatas baroa ao longo do período de armazenamento. O tratamento TR3 apresentou, em média, os menores valores, indicando perda da coloração amarela menos intensa e mais lenta.

Na Tabela 4 estão contidas as equações dos cortes das superfícies de resposta dos índices croma ( $Cr^*$ ), ângulo hue ( $h^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ).

Tabela 4. Equações dos cortes das superfícies de resposta dos índices  $C^*$ ,  $h^*$  e  $\Delta E$  das rodela de batatas baroa para a concentração de antioxidantes, em função do tempo de armazenamento (t).

Concentração de antioxidantes	Equação dos cortes
TE (0% AA+0% AC)	$Cr^* = 79,6479 - 0,5286 **t$ $hue^* = 40,2559 - 1,3094** t$ $\Delta E^* = 1,2433 + 2,4594** t - 0,1540** t^2$
TR 1 (1% AA+1% AC)	$Cr^* = 79,9083 - 0,5286 **t$ $hue^* = 41,4403 - 1,3094** t$ $\Delta E^* = 0,5909 + 2,4594** t - 0,1540** t^2$
TR 2 (2% AA+2% AC)	$Cr^* = 80,1687 - 0,5286 **t$ $hue^* = 42,6247 - 1,3094** t$ $\Delta E^* = -0,0375 + 2,4594** t - 0,1540** t^2$

TR 3  
(3%AA+3%AC)

$$Cr^* = 80,4291 - 0,5286 **t$$

$$hue^* = 43,8091 - 1,3094 ** t$$

$$\Delta E^* = -0,6419 + 2,4594 ** t - 0,154 ** t^2$$

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

Em relação ao índice de escurecimento (IE), foi observado uma diminuição dos valores ao longo do armazenamento em todos os tratamentos utilizados (Figura 7).

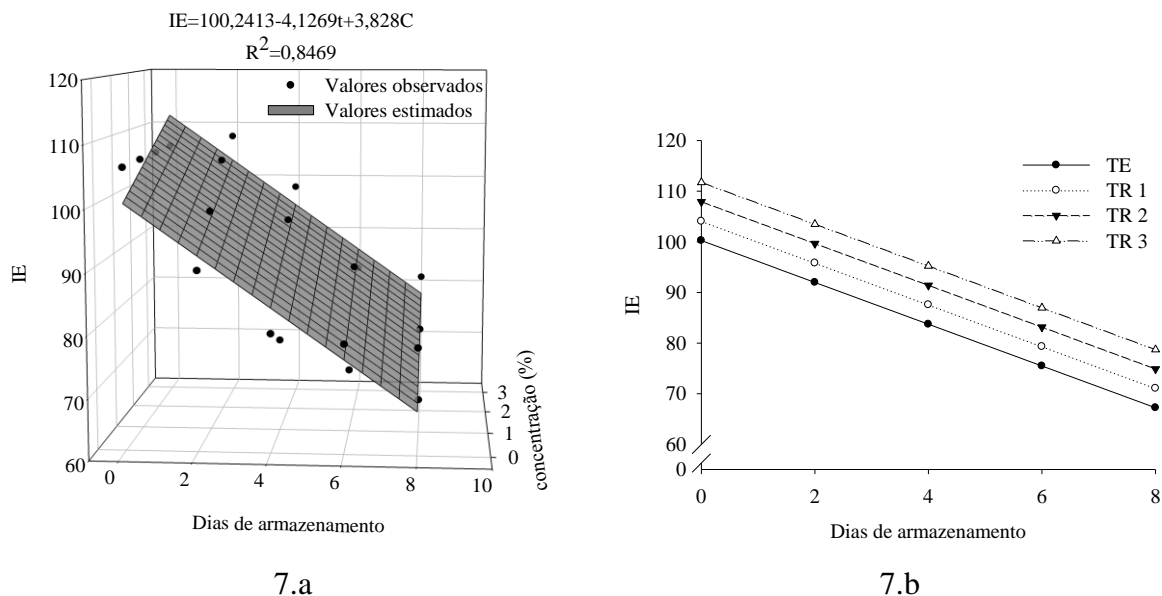


Figura 7. Superfície de resposta do IE (7.a). Cortes das superfícies de resposta do IE para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (7.b).

Esses resultados também são semelhantes ao encontrado por Medeiros (2009), que em estudos sobre deterioração pós-colheita da mandioca minimamente processada também verificou um decréscimo dos valores de IE. Porém, diferem dos encontrados por Pineli *et al.* (2005) onde o IE aumentou ao longo do armazenamento de batatas ‘Ágata’ minimamente processadas embaladas em náilon multicamadas.

Na Tabela 5 estão contidas as equações dos cortes das superfícies de resposta do IE ao longo do armazenamento.

Tabela 5. Equações dos cortes das superfícies de resposta do IE das rodelas de batatas baroa para a concentração de antioxidantes, em função do tempo de armazenamento (t).

Concentração de antioxidantes	Equação dos cortes
TE: 0% AA+0% AC	IE= 100,2413 – 4,1269**t
TR1: 1% AA+1% AC	IE= 104,0693 – 4,1269**t
TR2: 2% AA+2% AC	IE= 107,8973 – 4,1269**t
TR3: 3% AA+3% AC	IE= 111,7253 – 4,1269**t

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

### 1.3.2. pH

Os resultados da variação do pH nas rodelas de batatas baroa durante o armazenamento estão na Figura 8.

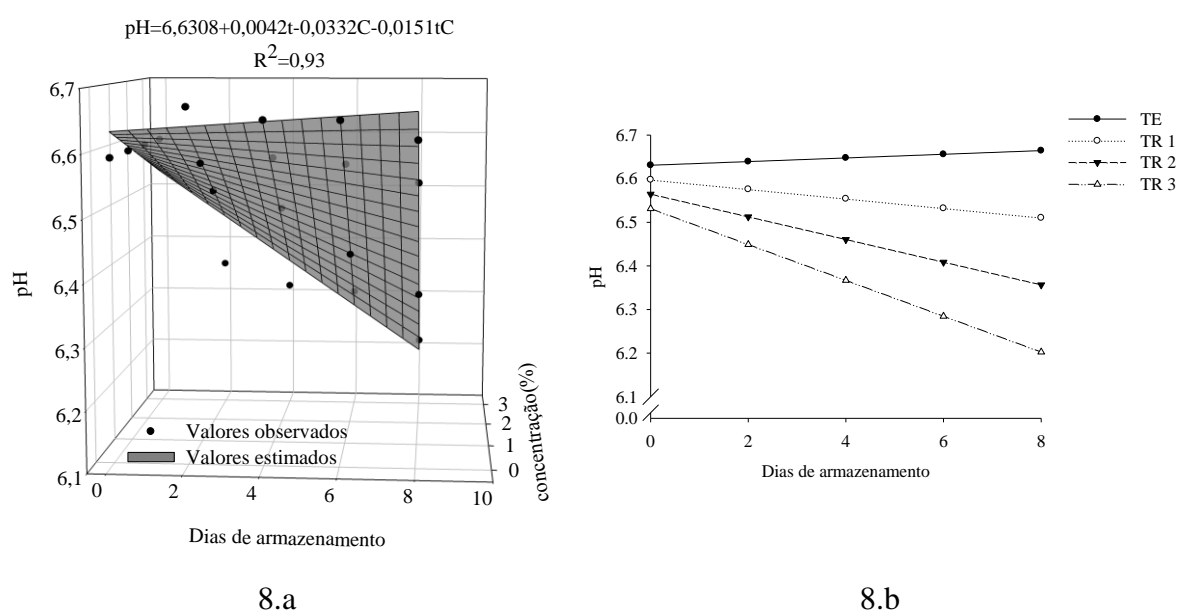


Figura 8. Superfície de resposta do pH (8.a). Cortes da superfície de resposta do pH para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (8.b).

O pH apresentou valor inicial de 6,59 chegando a um mínimo de 6,22. Essa variação foi pequena e o pH se manteve dentro da faixa recomendada de 5,5 a 7 para frutas e hortaliças frescas (VANETTI, 2000). Os resultados obtidos são semelhantes ao de Oliveira *et al.* (2003) que atribuíram a redução no pH em mandioca minimamente processada ao uso de ácido cítrico como antioxidante.

Na Tabela 6 estão contidas as equações dos cortes das superfícies de resposta do pH ao longo do armazenamento.

Tabela 6. Equações dos cortes das superfícies de resposta do pH das rodela de batatas baroa para a concentração de antioxidantes, em função do tempo de armazenamento (t).

Concentração de antioxidantes	Equação dos cortes
TE: 0% AA+0% AC	$\text{pH} = 6,6308 + 0,0042^{**}t$
TR1: 1% AA+1% AC	$\text{pH} = 6,5976 - 0,0109^{**}t$
TR2: 2% AA+2% AC	$\text{pH} = 6,5644 - 0,026^{**}t$
TR3: 3% AA+3% AC	$\text{pH} = 6,5312 - 0,0411^{**}t$

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

### 1.3.3. Teor de sólidos solúveis

Os valores de sólidos solúveis totais (SST) tiveram um aumento nos primeiros dias de armazenamento, porém a partir do quarto dia foi observado um comportamento decrescente até o final do experimento. Na Figura 9 está mostrada a evolução destes valores ao longo do armazenamento.

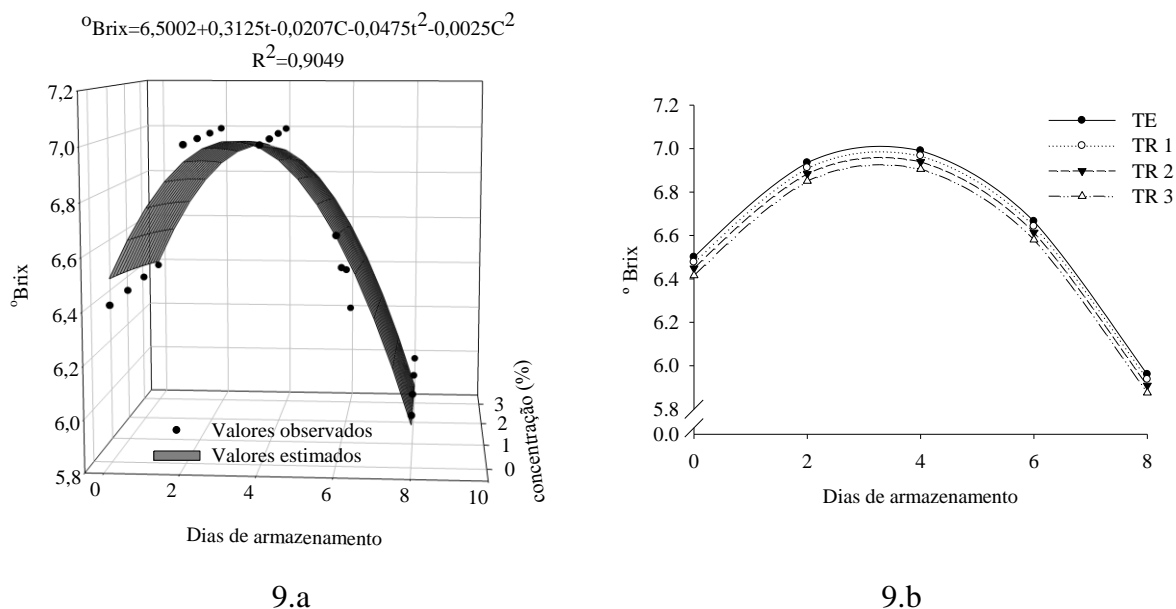


Figura 9. Superfície de resposta de SST (9.a). Cortes da superfície de resposta de SST para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (9.b)

Normalmente os sólidos solúveis aumentam ao longo do período de armazenamento devido a transformação do amido em açúcares solúveis. Porém, foi

observado o contrário. Uma possível explicação deste comportamento dos teores de sólidos solúveis no produto está relacionada ao estresse mecânico provocado pelo processamento mínimo. O açúcar é consumido nos processos respiratório e fermentativo, com produção de CO<sub>2</sub>, água e ácidos orgânicos, respectivamente. Tais processos contribuem para a redução dos sólidos solúveis com o tempo, cujos valores estão associados à diferença entre liberação e degradação de açúcares (Pineli et al., 2005).

Na Tabela 7 estão contidas as equações dos cortes das superfícies de resposta de sólidos solúveis totais (SST) ao longo do armazenamento.

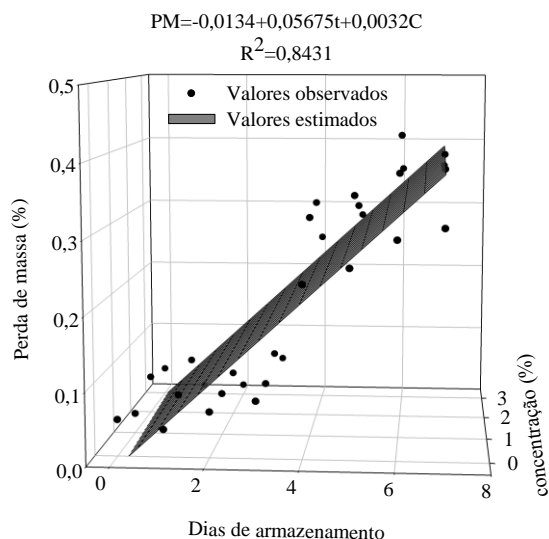
Tabela 7. Equações dos cortes das superfícies de resposta de SST das rodela de batatas baroa para a concentração de antioxidantes, em função do tempo de armazenamento (t).

Concentração de antioxidantes	Equação dos cortes
TE: 0% AA+0% AC	$SST = 6,5002 + 0,3125^{**}t - 0,0475^{**}t^2$
TR1: 1% AA+1% AC	$SST = 6,477 + 0,3125^{**}t - 0,0475^{**}t^2$
TR2: 2% AA+2% AC	$SST = 6,4488 + 0,3125^{**}t - 0,0475^{**}t^2$
TR3: 3% AA+3% AC	$SST = 6,4156 + 0,3125^{**}t - 0,0475^{**}t^2$

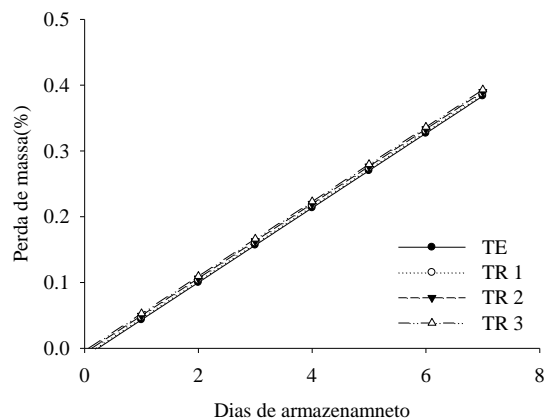
\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

#### 1.3.4. Perda de massa

O tempo de armazenamento teve um efeito significativo na perda de água das rodela de batatas baroa. Na Figura 10 está mostrado o comportamento observado.



10.a



10.b

Figura 10. Superfície de resposta da perda de massa (10.a). Cortes da superfície de resposta da perda de massa para os tratamentos (TE, TR1, TR2 e TR3) (10.b).

A perda de massa das rodela foi pequena durante todo o período de conservação, não sendo possível distinguir as curvas de cortes referentes a cada tratamento. Segundo Chitarra e Chitarra (2007) perdas de até 3 % são aceitáveis, valores acima disso deixam o produto com aspecto murcho ou ressecado, interferindo na qualidade visual e, conseqüentemente sua rejeição pelo consumidor. Portanto, não foi verificado uma influência clara da aplicação de ácido nas batatas baroa minimamente processada na perda de massa ao longo do tempo de armazenamento.

Na Tabela 8 estão contidas as equações dos cortes das superfícies de resposta da perda de massa ao longo do armazenamento.

Tabela 8. Equações dos cortes das superfícies de resposta da PM para a concentração de antioxidantes, em função do tempo de armazenamento (t).

Concentração de antioxidantes	Equação dos cortes
TE: 0% AA+0% AC	$PM = -0,0134 + 0,05675^{**}t$
TR1: 1% AA+1% AC	$PM = -0,0102 + 0,05675^{**}t$
TR2: 2% AA+2% AC	$PM = -0,007 + 0,05675^{**}t$
TR3: 3% AA+3% AC	$PM = -0,0038 + 0,05675^{**}t$

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

## 1.4. CONCLUSÕES

- A batata baroa cultivar Amarela de Carandaí minimamente processada apresentou uma melhor qualidade com o tratamento 3% ácido ascórbico + 3% ácido cítrico, caracterizando um produto com maiores valores de b\* e YI, permitindo que as rodela chegassem ao final do armazenamento com menor perda da coloração amarela.

## 1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADY, A. L.; TORIKAI, A. Photoyellowing of mechanical pulps III. Intensity effects and dose-response relationships. **Polymer Degradation and Stability**, v.66, p.317-322, 1999.

ARRUDA, M.C.; JACOMINO, A. P.; FILLET, M. H.; GALLO, C. R.; MORETTI, C. L. Conservação de melão rendilhado minimamente processado sob atmosfera modificada ativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.53-58, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. AOAC International, 1997.

BOLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C. Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. **Journal of Food Science**, v.56, n.2, p.416-418, 1991.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Processamento mínimo de alface. In: **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE. 531p. 2007.

CINEROS-ZEVALLOS, L.; SALVEIT, M. E.; KROCHTA, J. M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v.60, n.2, p.320-324, 1995.

HAMINIUK, C. W. I.; OLIVEIRA, C. R. G.; BAGGIO, E. C. R.; MASSON, M. L. Efeito de pré-tratamentos no escurecimento das cultivares de maçã Fuji e Gala após o congelamento. **Ciência e Agrotecnologia**, 29, 1029-1033, 2005.

IYENGAR, R.; MCEVIL, A. J. Anti-browning agents alternatives to the use of sulfites in foods. **Trends Food Science Technology**. 3:60-64, 1992.

LIMBO, S.; PIERGIOVANNI, L. Shelf life of minimally processed potatoes. Part 1: Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. **Postharvest Biology and Technology**. 39:254- 264, 2006.

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**, v.28, n.3, p.548-554, 2005.

MEDEIROS, E. A. A. **Deterioração pós-colheita da mandioca minimamente processada**. 2009. 101p. Tese (doutorado) UFV, Viçosa, MG.

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007.

- MORETTI, C. L.; ARAÚJO, A.L. **Processamento mínimo de mandioquinha-salsa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 8p. (Comunicado Técnico, 17).
- NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. B.; XISTO, A. L. R. P. Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: Uso de antioxidantes. **Journal of Biotechnololy and Biodiversity**, v. 2, n. 3, p. 43-50, 2011.
- OLIVEIRA, M. A.; PANTAROTO, S.; CEREDA, M. P. Efeito da sanitização e de agente antioxidante em raízes de mandioca minimamente processadas. **Brazilian Journal of Food Technology**. 6:339-344, 2003.
- 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**, 64:42-45, 1999.
- PILLON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. 2003. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciências) ESALQ, Piracicaba, SP.
- PINELI, 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 ativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40, 1035-1041, 2005.
- SCALON, S.P.Q. Conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa em atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**., Brasília, v. 16, n. 1, p. 33, 1998.
- VANETTI, M. C. D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. **In: Encontro Nacional de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**,UFV: Viçosa, MG, 2000.
- VASCONCELLOS, D. S. L.; CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; BAPTESTINI, F. M.; CAMPOS, S. C. **Utilização do índice de amarelecimento como fator qualitativo em grãos de café armazenados**. VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Araxá, 2011.
- VITTI, M.C.D.; KLUGE, R. A.; YAMAMOTTO, L. K.; JACOMINO, A. P. Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.623-626, 2003.

## CAPÍTULO 2

### **Influência da embalagem nas propriedades físico-químicas e bioquímicas de batatas baroa minimamente processadas**

#### **2.1. INTRODUÇÃO**

O produto minimamente processado é definido como qualquer fruta, hortaliça, raiz ou outro órgão vegetal comestível *in natura*, ou combinação destes, fisicamente alterado pelas diversas etapas de transformação física (descasque, corte, fatiamento ou torneamento), higienização, centrifugação ou drenagem e embalagem, mas que continua fresco (PUSCHMANN et al., 2006; MORETTI et al., 2006).

O sucesso das frutas e hortaliças minimamente processadas deve-se em grande parte à agregação de valor, à conveniência e ao fato dos produtos serem entregues nos pontos de venda prontos para o consumo. Para assegurar a qualidade desses produtos, alguns cuidados devem ser tomados, em especial o controle da temperatura e escolha da melhor embalagem (MORETTI, 2007).

A refrigeração é um fator essencial no prolongamento da vida pós-colheita de produtos frescos, uma vez que as baixas temperaturas reduzem o metabolismo e, conseqüentemente, a taxa de respiração, produção e sensibilidade ao etileno, perda de umidade e desenvolvimento de patógenos (KIM et al., 1993). Porém, alguns produtos são sensíveis a baixas temperaturas e, podem desenvolver distúrbios fisiológicos chamados de “chilling” (KADER e WATCKINS, 2000).

Por ser considerada espécie subtropical, a batata baroa é sensível a injúria por frio, o que pode levar ao escurecimento não enzimático no momento de sua utilização. Isso se deve à possibilidade de acúmulo de açúcares solúveis, durante o armazenamento, devido a degradação de amido que ocorre em baixas temperaturas. O acúmulo de açúcares solúveis, especialmente os açúcares redutores, é indesejável em alguns

produtos destinados ao processamento, pois causa escurecimento durante a fritura. Portanto, o conhecimento das alterações dos carboidratos durante o armazenamento torna-se relevante (RIBEIRO et al., 2007).

Segundo Moleyar e Narasimham (1994) e Kader (1995), a atmosfera modificada devido à embalagem com filme plástico é o complemento da refrigeração no armazenamento de produtos hortícolas. Para Finger e Vieira (1997) a maior vantagem do uso de filmes plásticos na comercialização de produtos hortícolas é manter a qualidade dos produtos pela redução da perda de água.

A embalagem é parte fundamental do processamento mínimo, tem como funções conter, proteger e facilitar a manipulação do produto durante a distribuição e comercialização.(SOARES e GERALDINE, 2007).

Quanto aos tipos de embalagens existentes, diferentes filmes de plástico estão comercialmente disponíveis: polietileno, polipropileno, náilon, multicamadas e copolímeros e laminado. De maneira geral, os filmes de plástico devem possuir resistência mecânica, resistência à perfuração e tensão e características que permitam a sua selagem térmica, facilidade de colocação de logomarcas impressas, dentre outros. Não existem filmes no mercado que atendam a todas essas exigências (ZAGORY, 2000).

Medeiros (2009) avaliando embalagens para acondicionamento de mandioca minimamente processada concluiu que entre as embalagens avaliadas, a de maior barreira ao vapor d'água foi a de polipropileno (PP), seguida por multicamadas (PLM), polietileno de alta densidade (PEAD) e poli vinil cloreto (PVC). Quanto à taxa de permeabilidade ao oxigênio (O<sub>2</sub>), a melhor barreira foi a multicamadas (PLM), seguida por poli vinil cloreto (PVC), polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (PEAD).

A especificação de sistemas de embalagens com atmosfera modificada para frutas e hortaliças frescas e minimamente processadas é muito complexa, pois diferentemente dos outros alimentos, estes produtos continuam respirando após a colheita e durante a sua comercialização (SARANTÓPOULOS, 1999).

A embalagem plástica aumenta a conservação devido à modificação da atmosfera em seu interior, com a elevação de CO<sub>2</sub> e diminuição nos níveis de O<sub>2</sub>, que constituem barreiras ao movimento de vapor de água, mantendo a umidade relativa alta e o turgor nos frutos e hortaliças. Baixas concentrações de O<sub>2</sub> e altas de CO<sub>2</sub> não causam estresse fisiológico aos tecidos dos frutos, mas reduzem a respiração e as taxas

de produção de etileno e retardam as mudanças de composição associadas a cor, firmeza, sabor e qualidade nutricional dos frutos (KADER, 1986).

As relações entre os carboidratos e as variações nos seus teores são importantes no estudo da qualidade pós-colheita, uma vez que são substratos respiratórios (RUTHERFORD, 1981), e esse grupo de compostos pode ser usado como indicativo dos efeitos das condições de armazenamento sobre os produtos hortícolas.

Assim sendo, objetivou-se com esse trabalho avaliar a qualidade de batatas baroa minimamente processadas em função das propriedades físico-químicas e bioquímicas, usando 4 tipos de embalagens plásticas, combinadas à baixa temperatura.

## **2.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), no Laboratório de Pós-Colheita, no Departamento de Fitotecnia e na Unidade de Processamento Mínimo, ambos na Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG.

### **2.2.1. Matéria-prima**

Para realização dos experimentos foram utilizadas batatas baroa da cultivar Amarela de Carandaí, adquiridas no Ceasa-MG. Foram eliminados os tubérculos com danos, deformações visíveis e doenças, com a finalidade de se obter um produto homogêneo.

### **2.2.2. Processamento mínimo**

As batatas selecionadas foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma escova para a eliminação de sujidades de difícil remoção devido às características de rugosidade da casca. Em seguida, elas foram imersas em uma solução com 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C, por 15 min. O sanitizante utilizado tem como princípio ativo o dicloro s-triazinatriona sódica dihidratada (Sumaveg<sup>®</sup>). Em seguida, as batatas foram descascadas, cortadas manualmente em rodela na espessura de ±1 cm e colocadas imediatamente em água gelada.

Para a sanitização final as rodela de batatas baroa foram imersas em solução contendo 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C, por 15 min, com posterior enxágüe em

solução contendo 3 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C por 15 min. Em seguida, as rodela foram imersas em solução de ácido ascórbico 3% + ácido cítrico 3%, por 5 min e seguiram para a etapa de centrifugação a 2000 rpm por 15 s. Após a retirada do excesso de água as rodela de batatas baroa foram acondicionadas nas seguintes embalagens:

- Tratamento 1 ( Testemunha): bandejas de poliestireno expandido (PS) revestidas com filme de poli vinil cloreto (PVC) de 16 µm de espessura;
- Tratamento 2: sacos de polietileno de alta densidade (PEAD) de 10 µm de espessura;
- Tratamento 3: sacos de polipropileno (PP) de 20 µm de espessura e
- Tratamento 4: sacos de poliolefina multicamadas para vácuo (PLM) de 70 µm de espessura.

Medeiros (2009) caracterizou as mesmas embalagens plásticas flexíveis, avaliadas para mandioca minimamente processada e encontrou os seguintes valores para a taxa de permeabilidade a vapor d'água e ao oxigênio:

Embalagens	Espessura (µm)	Taxa de permeabilidade	
		Vapor d'água (g.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Oxigênio (cm <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )
Poli vinil cloeto- PVC	16	111,56	8,57
Polietileno de alta densidade- PEAD	10	28,96	41120,03
Polipropileno-PP	20	2,90	5085,92
Poliolefina multicamadas- PLM	70	3,63	0,16

De acordo com os dados determinados, a embalagem com maior barreira ao vapor d'água é a de polipropileno (PP), seguida por multicamadas (PLM), polietileno de alta densidade (PEAD) e poli (vinil cloreto) (PVC). Quanto à taxa de permeabilidade ao oxigênio (O<sub>2</sub>), a melhor barreira é a multicamadas (PLM), seguida por poli (vinil cloreto) (PVC), polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (PEAD).

As embalagens de PEAD e PP foram seladas a quente em seladora, as embalagens para vácuo foram seladas em seladora á vácuo e, as bandejas de PS revestidas com PVC seladas a quente na parte inferior da embalagem.

As amostras foram mantidas a 5 ± 2 °C e 90 ± 5 % de UR, por um período de 12 dias em BOD's, procedendo-se as análises físico-químicas e bioquímicas descritas abaixo.

## 2.2.3. Análises físico-químicas

### 2.2.3.1. Cor

Para a determinação objetiva da cor foi utilizado o sistema CIE 1976, que exibe um sólido de cores definido por três coordenadas (Figura 1). O eixo principal é de luminosidade  $L^*$  (tonalidades preto/branco). A coordenada  $a^*$  compreende as tonalidades vermelha/verde e a  $b^*$  compreende as tonalidades amarela/azul.

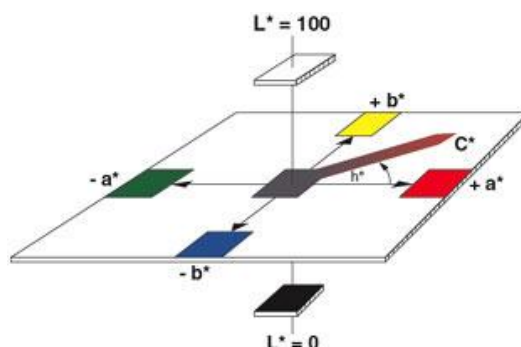


Figura 1. Sólido de cores do sistema CIE  $L^*a^*b^*$  e descrição do ângulo hue ( $h^*$ ) e do índice de saturação cromática ( $C^*$ ).

A caracterização da cor das rodela de batatas baroa minimamente processada foi feita a cada dois dias, com o auxílio de um colorímetro tristímulo com leitura direta de reflectância das coordenadas  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (tonalidades vermelha/verde) e  $b^*$  (tonalidades amarela/azul), empregando a escala Hunter-Lab e utilizando o iluminante  $10^\circ/D60$ .

A partir dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , foram calculados os seguintes índices colorimétricos: o cromata ( $C^*$ ), que define a intensidade e a pureza de uma cor (Equação 1); e o ângulo hue ( $h^*$ ), que define a tonalidade da cor (Equação 2):  $0^\circ$  (vermelho),  $90^\circ$  (amarelo),  $180^\circ$  (verde) e  $270^\circ$  (azul). O  $\Delta E$ , que é a diferença total de cor levando-se em consideração as condições iniciais de armazenamento do produto, foi calculado pela Equação 3.

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

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3)$$

Outros parâmetros estudados foram o índice de escurecimento (IE) e o índice de amarelecimento (YI), calculados respectivamente pelo modelo proposto por Palou et

al. (1999) e metodologia descrita na ASTM D1925, citada por Andrady & Torikai (1999), Equações 4 e 5:

$$IE = \frac{100(X - 0,31)}{0,172} \quad (4)$$

Em que:

$$X = \frac{a^* + 1,75L^*}{5,64L^* + a^* - 3,01b^*}$$

$$YI = \frac{100(0.72a^* + 1,79b^*)}{L^*} \quad (5)$$

### 2.2.3.2. pH

O valor do pH foi determinado diretamente nas amostras por potenciometria, utilizando-se um pHmetro digital, conforme AOAC (1997).

### 2.2.3.3. Teor de sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado pela leitura direta com o auxílio de um refratômetro portátil e os resultados foram expressos em °Brix, conforme AOAC (1997).

### 2.2.3.4. Perda de massa

A porcentagem de perda de água da batata baroa minimamente processada foi determinada por meio da diferença de massa no tempo analisado em relação ao tempo zero (Equação 6). As pesagens foram realizadas diariamente.

$$P = \frac{M_{(t=0)} - M_{(t=t)}}{M_{(t=0)}} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

P: perda de água, %;

$M_{(t=0)}$ : massa da batata baroa no tempo zero, g;

$M_{(t=t)}$ : massa da batata baroa no tempo t, g.

## **2.2.4. Análises bioquímicas**

### **2.2.4.1. Teor de açúcares solúveis totais**

#### a) Extração

Os teores de açúcares solúveis totais (AST) foram extraídos retirando-se amostras de aproximadamente 3 g das amostras de batatas baroa minimamente processadas aos 0, 6 e 12 dias, transferidas para um tubo de ensaio, sendo adicionado etanol 80% fervente (60-70°C) até cobrir a amostra e armazenadas a 4°C.

Na extração, a amostra foi triturada e filtrada em papel filtro, seguida de três novas filtrações até se completar o volume para 26 mL. O extrato foi transferido para frascos com tampa, vedados com parafilme e armazenados em geladeira para posterior determinação de açúcares solúveis totais e redutores. O resíduo retido no papel filtro foi secado e armazenado para posterior determinação do teor de amido.

#### b) Quantificação dos açúcares solúveis totais

Os açúcares solúveis totais foram quantificados pelo método fenol sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). O extrato vegetal foi previamente diluído 20 vezes, do qual foram retiradas amostras de 250 µL que foram transferidas para tubos de ensaio com rosca. Em seguida, foram adicionados 250 µL de fenol a 5 %, agitado e adicionado 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os tubos foram novamente agitados com vortex e levados por 20 min ao banho-maria, à temperatura de 30 °C. Após remoção dos tubos do banho-maria, esses foram colocados em temperatura ambiente por 30 min e, então, procedeu-se a leitura da absorvância em  $\lambda = 490$  nm, em espectrofotômetro. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de sacarose.

A partir dos valores de absorvância, procederam-se os cálculos com as devidas correções na diluição utilizada, sendo o resultado expresso em % TESC (Total 80% Ethanol-Soluble Carbohydrate) na matéria seca.

### **2.2.4.2. Teor de açúcares redutores**

#### a) Amostra

Para a quantificação de açúcares redutores (AR) foram utilizadas as mesmas amostras do extrato utilizado na quantificação de açúcares solúveis totais.

#### b) Quantificação do teor de açúcares redutores

Dos extratos armazenados foram retirados 200 µL e colocados em tubos de ensaio com rosca. Em seguida foi adicionado 200 µL de reativo de Nelson 4 (8 mL de reativo de Nelson 1 + 2 mL de reativo de Nelson 2) pelo método de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Os tubos foram, então, agitados e fervidos em banho-maria por 15 min. Os tubos foram resfriados em temperatura ambiente, e então, acrescentados 200 µL de reativo de Nelson 5 (3,5 mL de reativo de Nelson 3 + 7 mL de ácido sulfúrico (0,75 M)) novamente agitados em vortex e procedida a leitura das absorvâncias a 540 nm em espectrofotômetro. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de glicose.

#### **2.2.4.3. Teor de amido**

##### a) Preparo das amostras

Para o preparo das amostras seguiu-se a metodologia descrita por McCready et al. (1950), utilizando-se o resíduo obtido pela extração de açúcares solúveis totais após secagem. As amostras foram trituradas em almofariz. As amostras foram pesadas e dessas foram tomadas 1 g e transferidas para um tubo de ensaio com rosca e ressuspensa em 2,5 mL de água desionizada e 3,25 mL de ácido perclórico 52 %, agitado em vortex e deixado em repouso por 30 min. Em seguida foram centrifugadas a 2000 g por 10 min. Os sobrenadantes foram coletados e depositados em proveta de 25 mL. Essa operação foi realizada por 3 vezes, e o volume das provetas foi completado com água desionizada. O extrato foi filtrado e armazenado sob refrigeração em frascos tampados para posterior quantificação.

##### b) Quantificação do teor de amido

As amostras armazenadas foram retiradas da refrigeração e colocadas em temperatura ambiente. Em seguida foi realizada a diluição de 40 vezes. Dessa diluição utilizou-se uma alíquota de 250 µL para a quantificação do teor de amido, a qual se procedeu da mesma maneira utilizada para quantificação do teor de açúcares solúveis totais, descrita anteriormente, sendo o resultado multiplicado pelo fator de 0,9.

#### 2.2.4.4. Carotenóides

Os carotenóides totais foram extraídos conforme Lichtenthaler (1987). Dois gramas das batatas baroa minimamente processadas aos 0, 6 e 12 dias, foram homogeneizados em acetona. Após a filtragem do homogenato, foi completado o volume de extrato cetônico para 25 mL, e efetuada leitura da absorvância a 449,0 nm. Para expressar os resultados, utilizou-se a Equação 7:

$$\mu\text{g/g} = \frac{\text{Volume (mL)} \times \text{Absorbância} \times 10.000 \times \text{Diluição}}{\text{Peso da amostra(g)} \times \text{Coeficiente e absorvidade molar}} \quad (7)$$

O coeficiente de absorvidade molar utilizado foi 2,592, segundo recomendações preconizadas por Rodriguez-Amaya (1989).

#### 2.2.5. Análise estatística

Para a análise de perda de massa, o experimento foi instalado em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os tipos de embalagem (1- bandejas de poliestireno expandido (PS) revestidas com filme de poli vinil cloreto (PVC), 2- sacos de polietileno de alta densidade (PEAD), 3- sacos de polipropileno (PP) e 4- sacos de poliolefina multicamadas (PML) para vácuo) e nas subparcelas os tempos (12 dias) no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Para as análises de cor, teor de sólidos solúveis totais e pH o experimento foi instalado em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os mesmos quatro tipos de embalagem e nas subparcelas os tempos (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias) no delineamento inteiramente casualizado com três repetições..

Já para as análises bioquímicas, o experimento foi instalado em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os mesmos quatro tipos de embalagem e nas subparcelas os tempos (0, 6 e 12) no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Os dados experimentais foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Para comparação das médias do fator qualitativo utilizou-se o teste de Tukey, adotando o nível de 5 % de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t”, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no comportamento biológico.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAEG, da Central de Processamento de Dados da UFV.

Independentemente da interação ser ou não significativa optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse e estudo.

## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1. Análises físico-químicas

#### 2.3.1.1. Cor

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios obtidos para as coordenadas L\*, a\* e b\* fornecidas pelo colorímetro.

Tabela 1. Valores médios das coordenadas L\*, a\* e b\* das rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens: PVC, PEAD, PP e VÁCUO, ao longo do armazenamento.

Dias de Armazenamento	L*			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	64,9800 a	64,9800 a	64,9800 a	64,9800 a
2	63,6867 b	63,6900 b	66,3167 a	64,8067 ab
4	63,0533 a	63,5267 a	65,3867 a	64,8467 a
6	62,1133 a	62,9933 a	64,5133 a	64,4600 a
8	60,7100 b	63,0100 ab	64,3467 a	64,2367 a
10	60,0733 b	63,1533 a	63,7100 a	64,2267 a
12	59,2333 b	62,3000 a	63,6033 a	64,0200 a
a*				
0	7,2767 a	7,2767 a	7,2767 a	7,2767 a
2	7,0300 a	7,5000 a	7,0267 a	7,4333 a
4	6,5900 c	7,3567 b	7,0967 bc	8,1533 a
6	6,8933 b	8,3700 a	7,2367 b	8,1567 a
8	7,5267 a	7,9633 a	7,5000 a	8,1167 a
10	7,9000 bc	8,7600 a	7,7467 c	8,5500 ab
12	8,0233 b	9,4900 a	8,1300 b	8,1367 b

<b>b*</b>				
0	41,6167 a	41,6167 a	41,6167 a	41,6167 a
2	40,4400 a	40,7367 a	40,5067 a	41,6267 a
4	32,1567 c	35,9300 b	38,9700 a	40,8633 a
6	30,6633 c	34,9933 b	38,5933 a	40,5433 a
8	28,8767 c	34,0933 b	37,4300 a	39,4967 a
10	29,1000 a	33,5433 b	36,8000 a	39,0167 a
12	27,1200 c	32,0333 b	35,3300 a	37,4333 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

As rodelas acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido revestidas com filme de poli vinil cloreto (PVC), diferiram estatisticamente nos seus valores da coordenada L\*, ao nível de 5% de probabilidade a partir do oitavo dia.

Pelas equações de regressão apresentadas na Tabela 2, a embalagem de PVC foi a de menor estimativa da coordenada L\* (Figura 2), quando comparada com as rodelas acondicionadas nas outras embalagens, indicando que estas apresentavam coloração mais clara, uma vez que a coordenada L\* demonstra quão claro (maior valor L\*) ou quão escuro (menor valor L\*) é o produto.

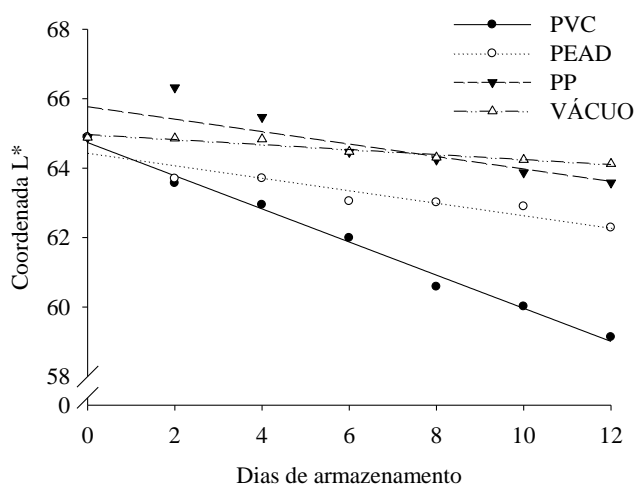


Figura 2. Valores observados da coordenada L\* nas rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PP, PEAD e VÁCUO).

Os piores resultados foram observados nas rodelas acondicionadas em PVC e PEAD (Figura 3). A maior incidência de deterioração das rodelas na embalagem de PVC pode ser explicada pela alta taxa de permeabilidade ao vapor d'água. A perda de

água promove o desenvolvimento do escurecimento, pois o estresse hídrico promove a síntese de etileno e, este por sua vez aumenta a atividade da fenilalanina amônia liase. Essa enzima é considerada a enzima chave no metabolismo de compostos fenólicos, os quais são utilizados como substrato pela polifenoloxidase, promovendo assim, o escurecimento do tecido vegetal (KE e SALTVEIT, 1989).

Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Medeiros (2009) que após oito dias de conservação, 90% da mandioca minimamente processada acondicionada em embalagem de PVC estava deteriorada e 80 % na embalagem de PEAD, enquanto as embalagens de PP e à vácuo permaneceram sem deterioração.



PVC dia 0



PVC dia 6



PVC dia 12



PEAD dia 0



PEAD dia 6



PEAD dia 12



PP dia 0



PP dia 6



PP dia 12



VÁCUO dia 0



VÁCUO dia 6



VÁCUO dia 12

Figura 3. Evolução do escurecimento nas embalagens nos dias 0, 6 e 12.

A deterioração das rodelas na embalagem de PEAD pode ser atribuída a sua alta taxa de permeabilidade ao oxigênio, pois o escurecimento ocorre devido à atuação de enzimas oxidativas, como polifenoloxidasas, as quais têm sua atividade aumentada na presença de oxigênio (URITANI, 1999). Isso pode ser comprovado, comparando-se com a embalagem à vácuo, em que o escurecimento não foi notado, conforme Figura 3. O uso do vácuo deve ser cauteloso, pois se a cadeia do frio não for mantida, pode ocorrer o estufamento da embalagem, devido ao metabolismo fermentativo, desenvolvendo sabores e odores indesejáveis, bem como a multiplicação de microrganismos anaeróbios, os quais na sua maioria são patogênicos, por exemplo, *Clostridium botulinum*.

A embalagem de PP também retardou o escurecimento, não apresentando deterioração até o 12º dia. Diante disto, ela pode ser usada como alternativa ao vácuo, pois a atmosfera no seu interior nunca ficará numa situação de anaerobiose devido a sua permeabilidade a gases. Além de que, o custo da embalagem e da seladora são bem inferiores se comparados aos usados para vácuo.

Na Figura 4 é mostrada a evolução crescente dos valores da coordenada a\* ao longo do armazenamento.

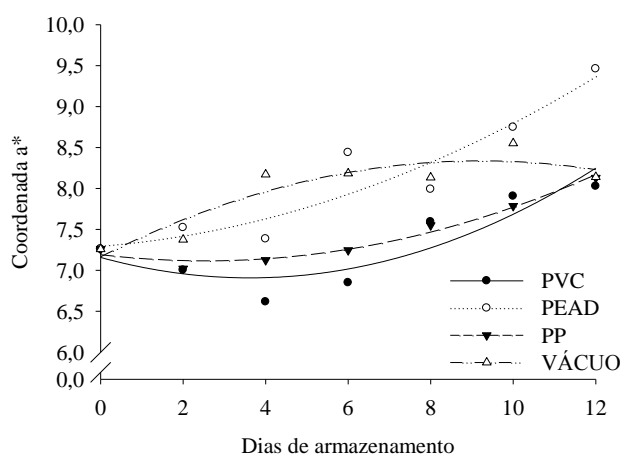


Figura 4. Valores observados da coordenada a\* nas rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PP, PEAD e VÁCUO).

A evolução da coloração das rodelas das batatas baroa ao longo do armazenamento, a partir do estudo da coordenada b\*, está apresentada na Figura 5.

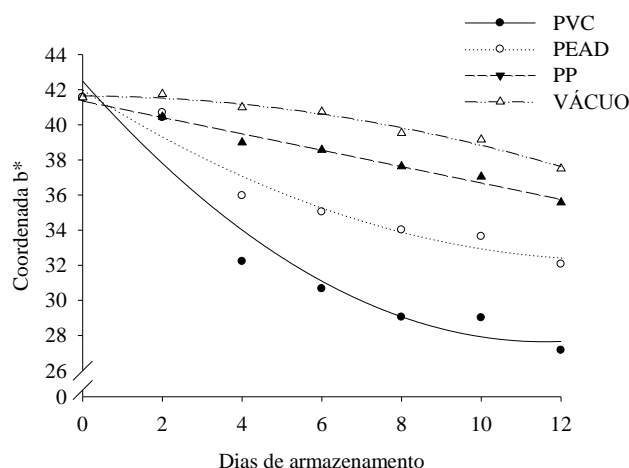


Figura 5. Valores observados da coordenada  $b^*$  nas rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PP, PEAD e VÁCUO).

A coordenada  $b^*$  apresentou um decréscimo médio de 35% para as rodelas acondicionadas na embalagem de PVC, enquanto para as embalagens de PEAD, PP e VÁCUO a média foi de 23%, 15% e 10% respectivamente, conforme a Tabela 1. Este decréscimo está diretamente relacionado com a perda da coloração amarela. Logo, novamente a embalagem PVC foi a que teve maior depreciação do produto enquanto a embalagem à vácuo manteve a qualidade das rodelas durante os 12 dias.

Na Tabela 2 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

Tabela 2. Equações ajustadas aos valores experimentais das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  das rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento ( $t$ ), e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Embalagens	Equação de Regressão	$R^2$
PVC	$L^* = 64,7359 - 0,4771^{**}t$	0,9913
	$a^* = 7,1580 - 0,1379^{**}t + 0,0191^{**}t^2$	0,8120
	$b^* = 42,4877 - 2,5611^{**}t + 0,1105^{**}t^2$	0,9375
PEAD	$L^* = 64,4411 - 0,18^{**}t$	0,8767
	$a^* = 7,3010 + 0,0396^{**}t + 0,0111^{**}t^2$	0,8859
	$b^* = 41,9839 - 1,4398^{**}t + 0,0537^{**}t^2$	0,9492
PP	$L^* = 65,7665 - 0,1792^{**}t$	0,6590
	$a^* = 7,1904 - 0,0591^{**}t + 0,0117^{**}t^2$	0,9756
	$b^* = 41,3482 - 0,4665^{**}t$	0,9820

	$L^* = 64,9662 - 0,0720^{**}t$	0,9310
VÁCUO	$a^* = 7,1651 + 0,2549^{**}t - 0,0139^{**}t^2$	0,8482
	$b^* = 41,6451 - 0,0073^{**}t - 0,0274^{**}t^2$	0,9771

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

Nota-se, pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, com exceção da coordenada  $L^*$  no tratamento PP, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  em todas as embalagens.

A perda da coloração amarela também pode ser explicada pelo Índice de Amarelecimento (YI). Este índice pode ser usado como parâmetro de qualidade do produto. Vasconcellos et al. (2011) verificaram que o YI foi uma alternativa viável para análise da qualidade de grãos de café armazenados.

Este índice também pode ser aplicado para vegetais verdes minimamente processados onde o amarelecimento é causado pela degradação da clorofila. (MORETTI, 2007). Teles (2000) avaliou a aceitação sensorial de couve minimamente processada acondicionada em diferentes embalagens. A couve embalada na poliolefina multicamadas (vácuo) recebeu índices de aceitação até o vigésimo dia de armazenamento a 5 °C. Já a couve embalada em PVC foi aceitável até o sexto dia de armazenamento a 5 °C. A queda na aceitação da couve embalada em bandejas de poliestireno expandido envolvidas por PVC foi ocasionada principalmente pelo seu amarelecimento.

Na Figura 6 é apresentado o comportamento do YI ao longo do armazenamento.

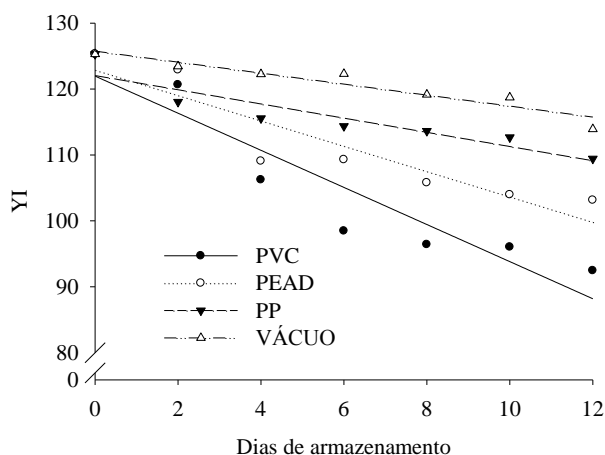


Figura 6. Valores observados do índice de amarelecimento nas rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

Assim como a coordenada b\*, o YI teve um comportamento decrescente ao longo do armazenamento, indicando que as rodela perderam parte da coloração amarela afetando a qualidade final do produto. As rodela acondicionadas na embalagem á vácuo mantiveram maior estimativa do YI enquanto a testemunha apresentou a menor. As embalagens PP e à vácuo não diferiram ao longo dos 12 dias de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios do índice de amarelecimento (YI) das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens: PVC, PEAD, PP e VÁCUO, ao longo do armazenamento.

Dias de Armazenamento	YI			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	125,4167 a	125,4167 a	125,4167 a	125,4167 a
2	120,3833 a	122,9100 a	117,8800 a	123,4496 a
4	105,6287 c	109,4400 bc	115,5919 ab	122,2626 a
6	98,5133 c	109,2904 b	114,4280 ab	122,3087 a
8	96,1468 c	105,7800 b	113,6386 ab	119,1633 a
10	96,0367 c	104,4901 bc	112,6667 ab	118,7367 a
12	92,5480 c	103,1400 b	109,4367 ab	113,9233 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

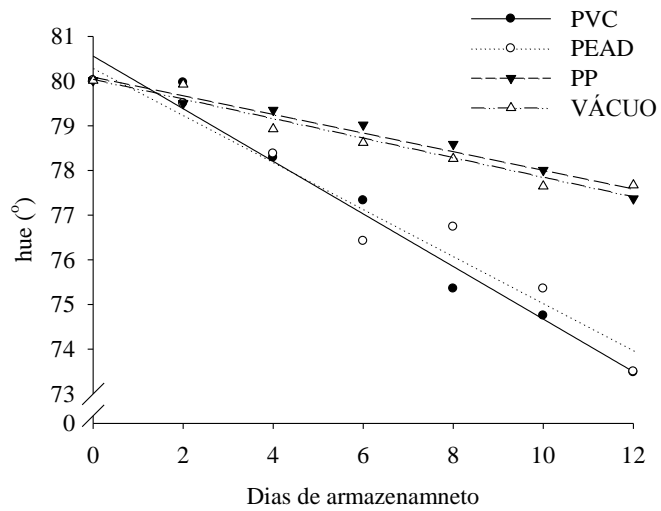
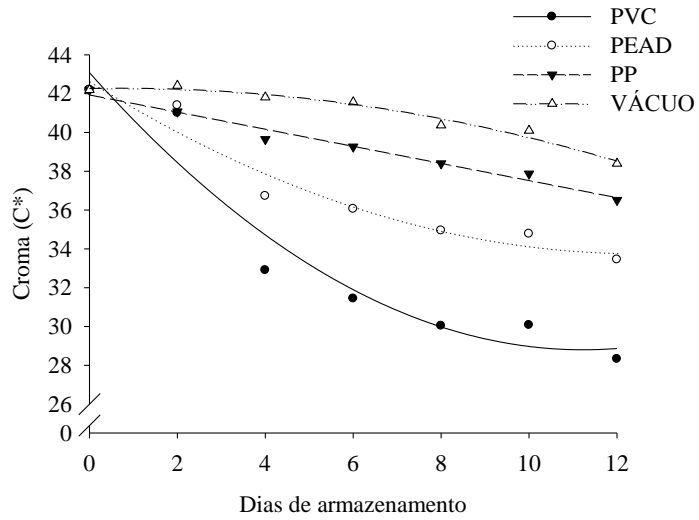
Na Tabela 4 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais do YI ao longo do armazenamento.

Tabela 4. Equações ajustadas aos valores experimentais do YI das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Embalagens	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
PVC	YI= 121,9662 – 2,8150**t	0,8758
PEAD	YI= 122,8891 – 1,9232**t	0,8437
PP	YI= 122,0315 – 1,0767**t	0,8529
VÁCUO	YI= 125,7374 – 0,8336**t	0,9053

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

Na Figura 7 está apresentado o comportamento dos índices colorimétricos croma ( $Cr^*$ ), ângulo hue ( $h^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ), respectivamente ao longo do armazenamento.



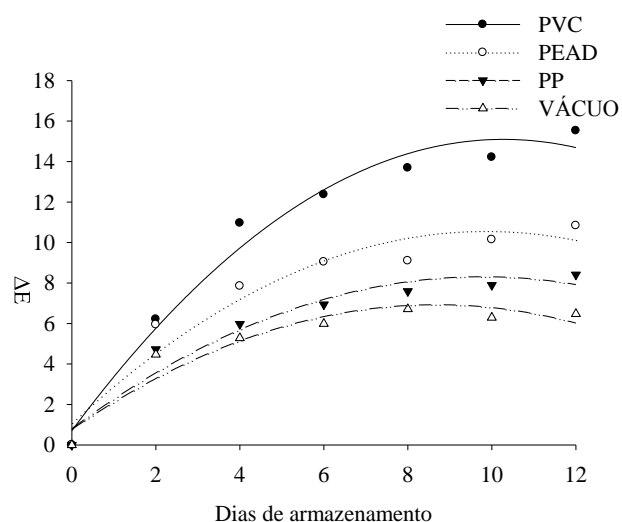


Figura 7. Valores observados do Cr\*, h\* e ΔE nas rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

O decréscimo do índice colorimétrico croma ao longo do tempo de armazenamento é um indicador da diminuição de tonalidade ou matiz da coloração, em que menores valores levam a cores menos puras. Dessa forma, o decréscimo observado para este índice indica o aparecimento de outras tonalidades, no caso é devido provavelmente ao aparecimento de outros pigmentos, tornando a coloração das rodelas menos homogênea. As embalagens PP e à vácuo não diferiram significativamente a 5% de probabilidade e foram as que apresentaram melhores comportamentos ao longo do armazenamento (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios dos índices colorimétricos C\*, h\* e ΔE das rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, ao longo do armazenamento.

Dias de Armazenamento	Croma (Cr*)			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	42,2600 a	42,2600 a	42,2600 a	42,2600 a
2	41,0467 a	41,4333 a	41,1167 a	42,3000 a
4	32,6300 c	36,6800 b	39,6167 ab	41,6867 a
6	31,4500 c	35,9933 b	39,2833 a	41,3600 a
8	29,8500 c	35,0200 b	38,1867 a	40,3367 a
10	30,1567 c	34,6800 b	37,6233 a	39,9567 a
12	28,2900 c	33,4267 b	36,2667 a	38,3233 a

<b>Ângulo hue (h*)</b>				
0	80,0100 a	80,0100 a	80,0100 a	80,0100 a
2	79,9433 a	79,5400 a	80,1233 a	79,8233 a
4	78,3067 a	78,4100 a	79,3800 a	78,9100 a
6	77,2567 b	76,5067 b	79,0733 a	78,6067 a
8	75,4033 c	76,8133 b	78,5967 a	78,2733 a
10	74,8167 b	75,3000 b	77,9800 a	77,4767 a
12	73,4700 b	73,4367 b	77,2700 a	77,6500 a
<b>Diferença total de cor (<math>\Delta E</math>)</b>				
0	41,6167 a	41,6167 a	41,6167 a	41,6167 a
2	40,4400 a	40,7367 a	40,5067 a	41,6267 a
4	32,1567 c	35,9300 b	38,9700 a	40,8633 a
6	30,6633 c	34,9933 b	38,5933 a	40,5433 a
8	28,8767 c	34,0933 b	37,4300 a	39,4967 a
10	29,1000 a	33,5433 b	36,8000 a	39,0167 a
12	27,1200 c	32,0333 b	35,3300 a	37,4333 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O comportamento decrescente do índice ângulo hue ao longo do armazenamento sugere uma mudança na coloração das rodela do amarelo para o azul. Essa alteração foi devido ao surgimento das pontuações escuras. As rodela acondicionadas nas embalagens PP e vácuo foram as que ao final dos 12 dias de armazenamento mantiveram o maior valor do h\*.

Com relação ao índice diferença total de cor ( $\Delta E$ ), as coordenadas L\* e a\* tiveram uma variação de 8,8 e 16,6% respectivamente. Já a coordenada b\* a variação chegou a 34,8% nas rodela acondicionadas em embalagens de PVC no último dia de armazenamento (Tabela 1). Portanto, visto que a coordenada b\* foi a que mais influenciou nos valores de  $\Delta E$ , este índice representou a variação da coloração amarela nas rodela de batatas baroa ao longo do período de armazenamento. As embalagens PP e vácuo não diferiram significativamente a 5% de probabilidade e apresentaram, em média, os menores valores para este parâmetro, indicando perda da coloração amarela menos intensa e mais lenta.

Na Tabela 6 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação do  $Cr^*$ ,  $h^*$  e  $\Delta E$ .

Tabela 6. Equações ajustadas aos valores experimentais do  $Cr^*$ ,  $h^*$  e  $\Delta E$  das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Embalagens	Equação de Regressão	$R^2$
PVC	$Cr^* = 43,0837 - 2,5439^{**}t + 0,1133^{**}t^2$	0,9337
	$h^* = 80,5596 - 0,5886^{**}t$	0,9751
	$\Delta E = 0,7016 + 2,8016^{**}t - 0,1363^{**}t^2$	0,9767
PEAD	$Cr^* = 42,6296 - 1,4159^{**}t + 0,0566^{**}t^2$	0,9429
	$h^* = 80,2868 - 0,5262^{**}t$	0,9552
	$\Delta E = 1,0870 + 1,9251^{**}t - 0,0977^{**}t^2$	0,9327
PP	$Cr^* = 41,9261 - 0,4411^{**}t$	0,9786
	$h^* = 80,088 - 0,2087^{**}t$	0,9695
	$\Delta E = 0,8041 + 1,5365^{**}t - 0,0786t^{**2}$	0,9453
VÁCUO	$Cr^* = 42,2652 + 0,0397^{**}t - 0,0293^{**}t^2$	0,9730
	$h^* = 80,0384 - 0,2189^{**}t$	0,9498
	$\Delta E = 0,7656 + 1,4215^{**}t - 0,0820^{**}t^2$	0,9207

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

Pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores dos índices  $Cr^*$ ,  $h^*$  e  $\Delta E$  em todas as embalagens.

Em relação ao índice de escurecimento (IE) foi observada uma diminuição dos seus valores ao longo do armazenamento em todas as embalagens (Figura 8). Como o decréscimo dos valores da coordenada  $b^*$  foi mais expressivo do que o decréscimo da coordenada  $L^*$ , esses valores quando lançados na Equação 4 resultaram na diminuição do IE, o que poderia justificar o fato deste índice não ter acompanhado os valores da coordenada  $L^*$  e da análise visual.

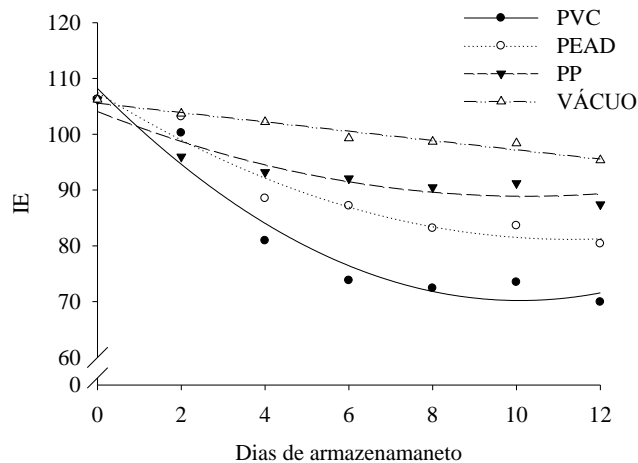


Figura 8. Valores observados do índice de escurecimento (IE) nas rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

As embalagens PP e á vácuo não diferiram ao longo dos 12 dias de armazenamento (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios do índice de escurecimento (IE) das rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, ao longo do armazenamento.

Dias de Armazenamento	IE			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	106,2433 a	106,2433 a	106,2433 a	106,2433 a
2	99,7600 a	103,2733 a	96,0967 a	103,4733 a
4	80,3367 c	88,4900 bc	93,2067 ab	101,7367 a
6	73,6533 c	87,0133 b	91,7100 ab	98,5633 a
8	71,5833 c	83,3533 b	90,0333 ab	98,7400 a
10	73,5900 c	82,8133 bc	90,7533 ab	97,9667 a
12	69,5967 c	80,3033 b	86,5767 ab	95,3100 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Esses resultados são semelhantes ao encontrado por Medeiros (2009) que em estudos sobre deterioração pós-colheita da mandioca minimamente processada também verificou um decréscimo dos valores de IE, mesmo observando a deterioração do produto ao longo do armazenamento. Diante disso, o autor apresentou um questionamento referente à metodologia utilizada, colorimetria L\*a\*b\* para determinar

o IE, sugerindo que essa metodologia pode não ter sido a mais adequada para mandioca minimamente processada.

Na Tabela 8 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais do IE ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Tabela 8. Equações ajustadas aos valores experimentais do IE das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Tratamento	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
PVC	IE= 108,2071 – 7,5385**t + 0,3738**t <sup>2</sup>	0,9493
PEAD	IE= 107,5016 – 4,6559**t + 0,2065**t <sup>2</sup>	0,9404
PP	IE= 104,0546 – 2,9712**t + 0,1455**t <sup>2</sup>	0,8908
VÁCUO	IE= 105,5591 – 0,8345**t	0,9564

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

### 2.3.1.2. pH

Os resultados da variação do pH nas rodela de batatas baroa durante o armazenamento estão apresentados na Tabela 9. Nota-se que a partir do sexto dia ocorreu diferença significativa da embalagem PVC em relação as demais.

Tabela 9. Valores médios do pH das rodela de batatas baroa minimamente processada acondicionadas nas embalagens estudadas, ao longo do armazenamento

Dias de Armazenamento	pH			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	5,77 a	5,77 a	5,77 a	5,77 a
2	5,84 a	5,79 a	5,86 a	5,81 a
4	5,96 a	5,95 a	5,98 a	6,00 a
6	6,01 b	6,19 a	6,18 a	6,23 a
8	6,09 ab	6,12 a	6,05 ab	5,97 b
10	6,50 a	6,38 a	6,22 b	6,20 b
12	6,54 a	6,47 a	6,30 b	6,14 c

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Observou-se que o pH aumentou com o passar do tempo em todas as embalagens, variando de 5,77 a 6,64, se mantendo dentro da faixa recomendada de 5,5 a 7 para frutas e hortaliças frescas (VANETTI, 2000).

Medeiros (2009) trabalhando com mandioca minimamente processada em embalagens de polipropileno também verificou um aumento dos valores de pH, entre 5,8 e 6,5. Esta faixa se aproxima muito dos valores encontrados no presente trabalho.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), durante o período de armazenamento espera-se um aumento do pH (Figura 9). Este comportamento decorre do consumo de ácidos orgânicos no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares.

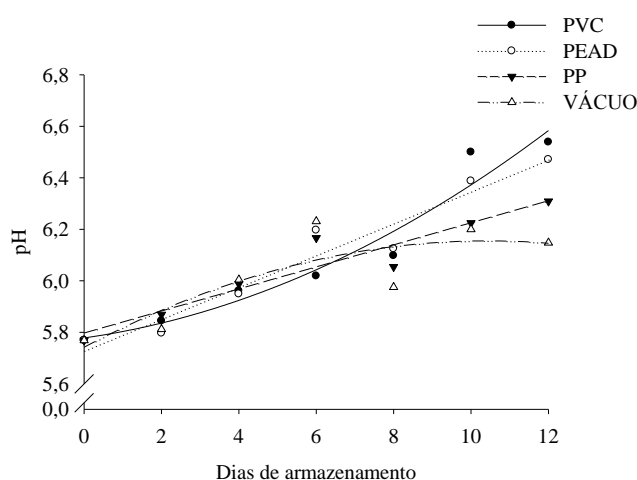


Figura 9. Valores observados de pH nas rodelas de batatas baroa acondicionadas em nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

Na Tabela 10 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de pH.

Tabela 10. Equações ajustadas aos valores experimentais de pH das rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Embalagens	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
PVC	$\text{pH} = 5,7783 + 0,0212^{**}t + 0,0038^{**}t^2$	0,9471
PEAD	$\text{pH} = 5,7280 + 0,0619^{**}t$	0,9422
PP	$\text{pH} = 5,7974 + 0,0428^{**}t$	0,9059
VÁCUO	$\text{pH} = 5,7420 + 0,0794^{**}t - 0,0038^{**}t^2$	0,7248

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

### 2.3.1.3. Teor de sólidos solúveis

De acordo com a Tabela 11, os tratamentos diferiram significativamente a 5% de probabilidade, em relação ao °Brix a partir do oitavo dia de armazenamento, sendo que no final, as embalagens PEAD, PP e VÁCUO não diferiram entre si.

Tabela 11. Valores médios do °brix das rodelas de batatas baroa minimamente processada acondicionadas nas embalagens estudadas, ao longo do armazenamento.

Dias de Armazenamento	°Brix			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	7,00 a	7,00 a	7,00 a	7,00 a
2	7,00 a	6,86 a	7,00 a	6,99 a
4	7,00 a	7,00 a	7,00 a	7,00 a
6	7,22 a	7,00 a	7,00 a	7,00 a
8	7,67 a	7,10 b	7,11 b	7,00 a
10	7,66 a	7,20 b	7,00 b	7,11 b
12	7,61 a	7,30 b	7,11 b	7,17 b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Observou-se acréscimo nos valores de °Brix, sendo a embalagem PVC a de maiores valores (Figura 10). Esse aumento é justificado pela transformação do amido em açúcar durante o período de armazenamento. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) com a senescência, o teor de sólidos solúveis apresenta tendência de aumento, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos ou pela excessiva perda de água.

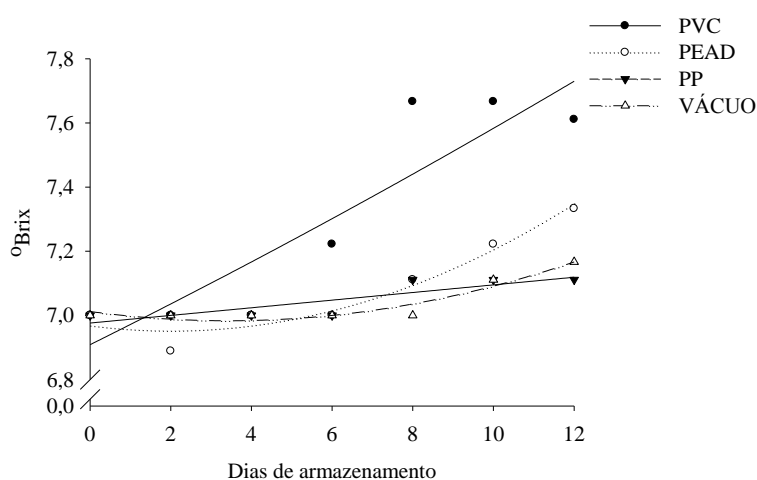


Figura 10. Valores observados de °brix nas rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

Nota-se na Tabela 12, que as equações que relacionam os sólidos solúveis totais (SST) com o tempo de armazenamento apresentaram valores satisfatórios para o coeficiente de determinação, indicando que houve boa correspondência entre os dados observados e estimados pelas equações propostas.

Tabela 12. Equações ajustadas aos valores experimentais de sólidos solúveis totais (SST) das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Embalagens	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
PVC	$SST = 6,9087 + 0,0625^{**}t + 0,0005^{**}t^2$	0,8191
PEAD	$SST = 6,9683 - 0,0159^{**}t + 0,004^{**}t^2$	0,9500
PP	$SST = 6,9762 + 0,0119^{**}t$	0,7500
VÁCUO	$SST = 7,0110 - 0,0169^{**}t + 0,0025^{**}t^2$	0,9242

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

#### 2.3.1.4. Perda de massa

A perda de massa das rodela de batatas baroa variou entre 0 e 3,11 % durante o armazenamento. Segundo Soares e Geraldine (2007) a taxa de permeabilidade ao vapor d’água da embalagem deve ser tal que não cause a desidratação superficial e, conseqüentemente, o murchamento do produto e, nem propicie deterioração microbiana.

A embalagem de PP apresentou valores semelhantes à embalagem à vácuo no controle da perda de massa, pois em todos os tempos de avaliação não houve diferenças entre elas (Tabela 13). Essas embalagens também foram aquelas em que o produto apresentou melhor aparência. Notou-se também que a partir do 10º dia as rodela acondicionadas em embalagem de PVC apresentaram perda de massa um pouco superior à 3%. Perdas de até 3 % são aceitáveis, valores acima disso deixam o produto com aspecto murcho ou ressecado, interferindo na qualidade visual e, conseqüentemente sua rejeição pelo consumidor (CHITARRA E CHITARRA, 2007).

Tabela 13. Valores médios de perda de massa das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, ao longo do armazenamento.

Dias de Armazenamento	PM(%)			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
1	0,46 a	0,24 a	0,04 a	0,01 a
2	0,85 a	0,31 a	0,15 a	0,16 a
3	1,02 a	0,34 a	0,25 a	0,19 a
4	1,35 a	0,57 ab	0,20 b	0,22 b
5	1,66 a	1,11 ab	0,23 b	0,25 b
6	2,06 a	1,04 b	0,31 b	0,26 b
7	2,32 a	1,30 b	0,32 b	0,31 b
8	2,57 a	2,07 a	0,36 b	0,36 b
9	2,83 a	2,25 a	0,41 b	0,36 b
10	3,01 a	2,58 a	0,45 b	0,39 b
11	3,08 a	3,11 a	0,45 b	0,41 b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na Figura 11 é mostrado o comportamento da perda de massa das rodela de batatas baroa, ao longo dos 12 dias de armazenamento.

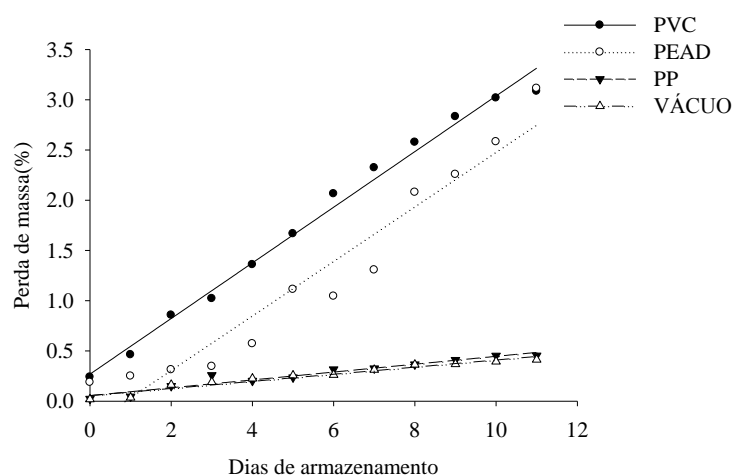


Figura 11. Valores observados de perda de massa nas rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

As raízes na embalagem PVC apresentaram maior perda de massa, em todos os tempos de avaliação. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Alves *et al.* (2005) que avaliaram o efeito da embalagem sobre a perda de massa em mandioca minimamente processada e, verificaram que a bandeja de poliestireno revestida com PVC foi a que apresentou maior perda de massa, demonstrando que essa embalagem não possui boa barreira ao vapor de água.

Analisando esses valores pode-se notar que a função de barreira ao vapor d'água é de fundamental importância na escolha de uma embalagem adequada para produtos minimamente processados.

Na Tabela 14 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de perda de massa (PM).

Tabela 14. Equações ajustadas aos dados experimentais de perda de massa das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Embalagens	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
PVC	$PM = 0,2691 + 0,2769^{**}t$	0,9897
PEAD	$PM = -0,2287 + 0,2713^{**}t$	0,9317
PP	$PM = 0,0553 + 0,0391^{**}t$	0,9431
VÁCUO	$PM = 0,0558 + 0,0354^{**}t$	0,9478

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

### 2.3.2. Análises bioquímicas

O armazenamento de raízes tuberosas afeta o conteúdo e a composição dos carboidratos, geralmente acompanhados de degradação e interconversão dos carboidratos em consequência da temperatura e composição atmosférica.

Os teores de amido das rodela de batatas baroa minimamente processadas obtidos durante o armazenamento, em todas as embalagens, reduziram conforme demonstrado na Figura 12.

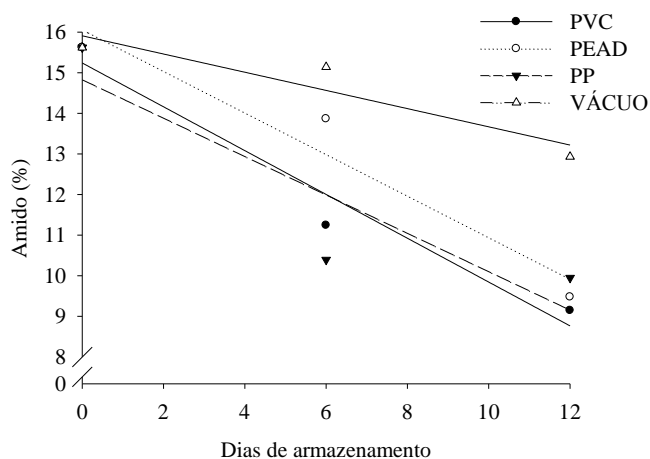


Figura 12. Valores observados do teor de amido nas rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

A maior taxa de degradação do amido nas rodela acondicionadas em PVC indica que houve aumento da atividade metabólica, com conseqüente mobilização das reservas. Já as rodela das embalagens à vácuo mantiveram os maiores teores de amido ao longo de armazenamento, o que é desejável, visto que a batata baroa é uma excelente fonte de amido de boa digestibilidade. No 12º dia a embalagem à vácuo diferiu significativamente a 5% de probabilidade de todas as outras embalagens (Tabela 15).

Tabela 15. Valores médios do teor de amido das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, ao longo do armazenamento

Dias de Armazenamento	Amido (%)			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	15,6198 a	15,6198 a	15,6198 a	15,6198 a
6	11,2432 b	13,8648 a	10,3940 b	15,1420a
12	9,1457 b	9,4777 b	9,9499 b	12,9305 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Quanto aos teores de açúcares solúveis totais, houve aumento da concentração até o sexto dia de armazenamento, em seguida houve um decréscimo até o final do experimento (Figura 13). Este comportamento também foi verificado por Nunes et al., (2010) ao estudarem o efeito de diferentes temperaturas na qualidade de batata baroa minimamente processada. O mesmo ocorreu em experimento conduzido por

Lopes et al., (2011) ao verificarem a influência do revestimento e da temperatura na qualidade deste mesmo produto. O aumento da concentração está relacionado à atividade das enzimas responsáveis pela degradação do amido e pela redução da atividade respiratória, o que resulta em acúmulo desses carboidratos (RIBEIRO et al., 2007).

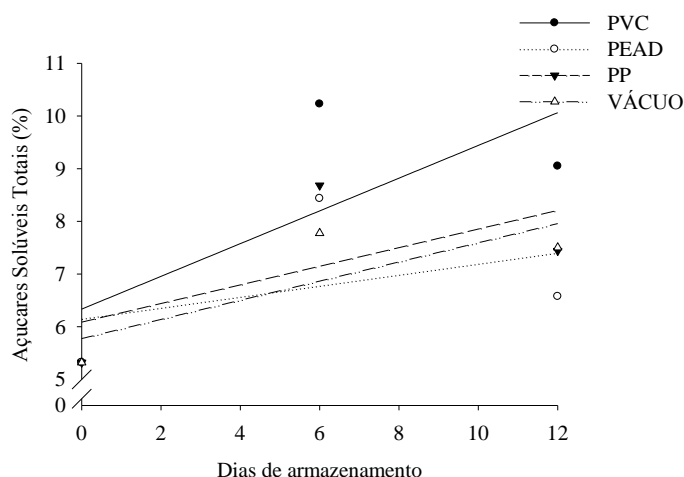


Figura 13. Valores observados do teor de açúcares solúveis totais de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

De maneira geral, os teores de açúcares solúveis totais foram maiores nas rodela envolvidas com PVC (Tabela 16).

Ao analisar separadamente os teores dos açúcares solúveis, na forma de açúcares não redutores e redutores, tem-se entendimento melhor das suas alterações durante o armazenamento. Houve aumento dos açúcares redutores até o sexto dia de armazenamento seguido por um declínio até o 12º dia. (Figura 14).

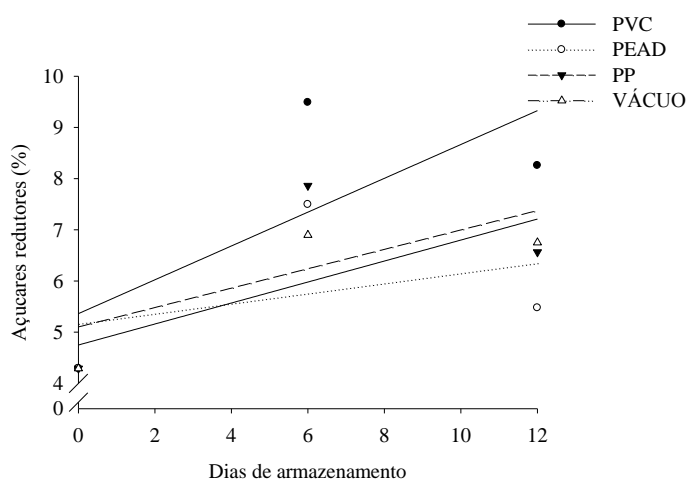


Figura 14. Valores observados do teor de açúcares redutores de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

Os valores de açúcares redutores das rodela não diferem dos resultados obtidos para batata baroa inteira em relação ao conteúdo de açúcares, o que pode significar que a maior quantidade de área injuriada durante o corte parece não ter interferido no metabolismo e, conseqüentemente, no consumo de carboidratos, como poderia ser esperado.

Considerando-se estes resultados, as rodela de batatas baroa tem potencial para escurecer após a fritura, em função da reação de Maillard. Possivelmente as rodela envolvidas por PVC, por terem apresentando maiores teores de açúcares redutores ao longo do armazenamento (Tabela 16), devem escurecer mais durante fritura do que as rodela acondicionadas nas demais embalagens.

Os teores dos açúcares não redutores diminuíram ao longo do armazenamento (Figura 15), porém não houve diferença significativa a 5% de probabilidade entre as embalagens (Tabela 16).

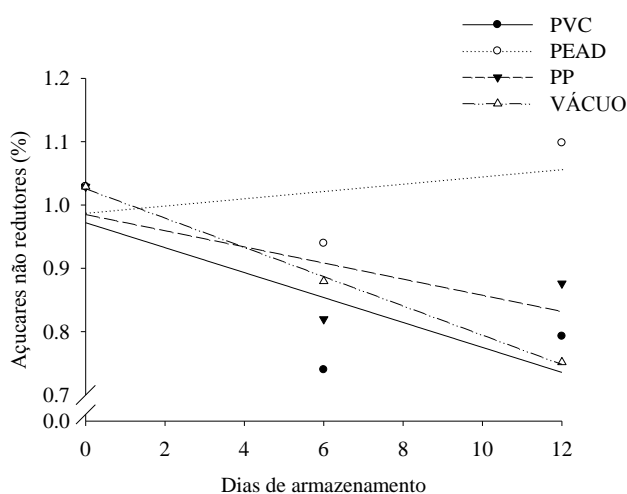


Figura 15. Valores observados do teor de açúcares não redutores de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

Tabela 16. Valores médios de açúcares solúveis totais, redutores e não redutores das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens, ao longo do armazenamento

Dias de Armazenamento	Açúcares solúveis totais (%)			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	5,31996 a	5,31996 a	5,31996 a	5,31996 a
6	10,2275 a	8,4350 ab	8,6816 b	7,7763 b
12	9,0486 a	6,5737 b	7,4404 b	7,5025 b

<b>Açúcares redutores (%)</b>				
0	4,2905 a	4,2905 a	4,2905 a	4,2905 a
6	9,4876 a	7,4956 ab	7,8619 ab	6,8966 b
12	8,2559 a	5,4757 b	6,5643 ab	6,7508 ab
<b>Açúcares não redutores (%)</b>				
0	1,0291 a	1,0291 a	1,0291 a	1,0291 a
6	0,7399 a	0,9394 a	0,8197 a	0,8798 a
12	0,7927 a	1,0980 a	0,8761 a	0,7517 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na Tabela 17 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de teor de amido, açúcares solúveis totais (AT), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR)

Tabela 17. Equações ajustadas aos dados experimentais de teor de amido, AT, AR e ANR das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Embalagens	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
PVC	Amido = 15,2399 – 0,5395**t	0,9603
	AT = 6,3340 + 0,3108**t	0,5296
	AR = 5,3620 + 0,3305**t	0,5330
	ANR = 0,9721 – 0,0197**t	0,5891
PEAD	Amido = 16,0585 – 0,5118**t	0,9423
	AT = 6,1490 + 0,1045**t	0,4000
	AR = 5,1613 + 0,0988**t	0,3657
	ANR = 0,9877 + 0,0057**t	0,4335
PP	Amido = 14,8229 – 0,4725**t	0,8084
	AT = 6,0868 + 0,1767**t	0,3890
	AR = 5,1020 – 0,01895**t	0,3955
	ANR = 0,9848 – 0,0127**t	0,4984
VÁCUO	Amido = 15,9088 – 0,2241**t	0,8783
	AT = 5,7747 + 0,1819**t	0,6572
	AR = 4,7492 + 0,2050**t	0,7057
	ANR = 1,0255 – 0,0231**t	0,9980

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

De acordo com a Tabela 18, as embalagens não diferiram significativamente a 5% de probabilidade, em relação ao teor de carotenoides.

O teor de carotenóides totais das raízes ao longo do armazenamento foi decrescente para todas as embalagens (Figura 16). As rodelas acondicionadas nas embalagens à vácuo e PP tiveram uma menor taxa de degradação (Tabela 19), conseqüentemente mantiveram uma maior estimativa do teor de carotenoides, podendo contribuir na melhoria da qualidade nutricional do produto, o que pode resultar em maiores benefícios à saúde humana, por serem os carotenóides precursores da vitamina A (PASSOTO *et al.*, 1998) e possuir propriedade antioxidantes.

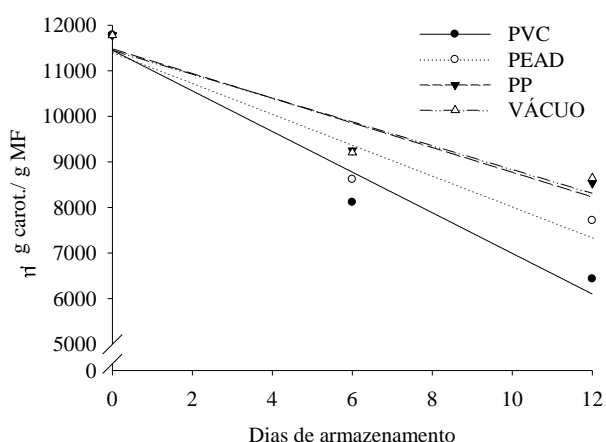


Figura 16. Valores observados do teor de carotenóides de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO).

Tabela 18. Valores médios do teor de carotenoides das rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, ao longo do armazenamento.

Dias de Armazenamento	Carotenóides ( mg/ g MF)			
	Embalagens			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	11781,0107 a	11781,0107 a	11781,0107 a	11781,0107 a
6	8113,8950 a	8618,4902 a	9253,3916 a	9208,0459 a
12	6432,8472 a	7715,2388 a	8531,2002 a	8644,7959 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na Tabela 19 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de teor de carotenoides.

Tabela 19. Equações ajustadas aos dados experimentais do teor de carotenoides das rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Embalagens	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
PVC	Carot. = 11449,9987 – 445,6802**t	0,9561
PEAD	Carot. = 11404,4651 – 338,8142**t	0,9067
PP	Carot. = 11480,1054 – 270,8175**t	0,9067
VÁCUO	Carot. = 11446,0578 – 261,3512**t	0,8796

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

## 2.4. CONCLUSÕES

- A embalagem de poliolefina multicamadas para vácuo controlou o desenvolvimento das reações de escurecimento, a perda da coloração amarela e proporcionou menor perda de massa por 12 dias de conservação;
- A embalagem de polipropileno (PP) manteve as melhores propriedades físico-químicas e bioquímicas da batata baroa minimamente processada durante todo período de conservação.
- A embalagem de polipropileno (PP) pode ser usada, em substituição ao vácuo, sempre que a cadeia de frio seja quebrada;
- As rodela envolvidas por filme PVC, por possuírem maior conteúdo de açúcares redutores ao longo do armazenamento, possivelmente fornecerão rodela de batatas baroa fritas mais escuras, em função do escurecimento não enzimático.

## 2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A.; CANSIAN, R. L.; STUART, G.; VALDUGA, E. Alterações na qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processadas. **Ciência Agrotécnica**. v.29, p.330-337, 2005.
- ANDRADY, A. L.; TORIKAI, A. Photoyellowing of mechanical pulps III. Intensity effects and dose-response relationships. **Polymer Degradation and Stability**, v.66, p.317-322, 1999.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. AOAC International, 1997.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Processamento mínimo de alface. In: **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE. 531p. 2007.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, n. 28, p.350-356, 1956.
- FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. **Cadernos Didáticos 19**, Editora UFV, Viçosa- MG, 29 p. 1997.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, 40, p.99-104, 1986.
- KADER, A.A. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, 398, p.59-67, 1995.
- KADER, A. A.; WATKINS, C. B. Modified atmosphere packaging-Toward 2000 and beyond. **HortTechnology**. 10:483-486, 2000.
- KE, D.; SALTVEIT, M. E. Jr. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Physiology Plantarum**. 76:412-418, 1989
- KIM, D.M.; SMITH, N.L.; LEE, Y.C. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. **Journal of Food Science**. 58:1115-1117, 1993.
- LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v.148, p. 350-382, 1987.
- LOPES, E. S.; CASTILHO, L.; CLEMENTE, E. Influência de revestimento e da temperatura na qualidade de mandinhoquinha-salsa minimamente processada. **Revista Tecnológica**, p. 49-56, 2011.
- McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, A.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylase in vegetables; application to peas. **Analytical Chemistry**. 22:1156-1158, 1950.
- MEDEIROS, E. A. A. **Deterioração pós-colheita da mandioca minimamente processada**. 2009. 101p. Tese (doutorado) UFV, Viçosa, MG.
- MOLEYAR, V.; NARASIMHAM, P; Modified atmosphere packaging of vegetables: an appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, 31, p.267-278, 1994.
- MORETTI, C. L. Panorama do processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE. 531p. 2007.
- MORETTI, C. L.; BERG, F. L. N.; MATTOS, L. M. Fluxograma de processamento mínimo de mini ceouras. **IV Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutos e Hortaliças, I Simpósio Ibero-americano de Vegetais Frescos e Cortados**. USP/ESALQ; São Pedro, SP, p. 216. 2006.
- NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**. 153:375-390, 1944.
- 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**, 64:42-45, 1999.

- PASSOTO, J.A.; PENTEADO, M.V.C., MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante do b-caroteno e da vitamina A. Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 18, 68-72, 1998.
- PUSCHMANN, R.; COSTA, F. B.; SIMÕES, A. N.; SILVA, E. O. História e atualidades sobre pesquisa com processamento mínimo de frutas e hortaliças no Brasil. **IV Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutos e Hortaliças, I Simpósio Ibero-americano de Vegetais Frescos e Cortados**. USP/ESALQ; São Pedro, SP, 2006.
- RIBEIRO, R. A.; FINGER, F. L.; PUJATTI, M.; CASALI, V. W.D. Vida útil e metabolismo de carboidratos em raízes de mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 453-458, 2007.
- RODRIGUES AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Human Nutrition Institute, 1989. 64p.
- RUTHERFORD, P. P. Some biochemical changes in vegetables during storage. **Annals of Applied Biology**, v.98, p. 538-541, 1981.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. **Embalagens para vegetais minimamente processados: fresh-cut**. Piracicaba: ESALQUSP, 1999.
- SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M. Embalagens. In: **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE. 531p. 2007.
- TELES, C. S. **Avaliação física, química e sensorial de couve (Brassica oleracea, l. var. acephala) minimamente processada, armazenada sob atmosfera modificada**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- URITANI, I. Biochemistry on postharvest metabolism and deterioration of some tropical tuberous crops. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**. 40:177-183, 1999.
- VANETTI, M. C. D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: **Encontro Nacional de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, UFV: Viçosa, MG, 2000.
- VASCONCELLOS, D. S. L.; CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; BAPTESTINI, F. M.; CAMPOS, S. C. **Utilização do índice de amarelecimento como fator qualitativo em grãos de café armazenados**. VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Araxá, 2011.
- NUNES, E.E.; VILAS BOAS, E.V.B.; PICCOLI, R. H.; XISTO, A.L.R.P.; VILAS BOAS, B. M. Efeito de diferentes temperaturas na qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p. 311-315, 2010.
- ZAGORY, D. What modified atmosphere packaging can and can't do for you. ANNUAL POSTHARVEST CONFERENCE & TRADE SHOW, 16. 2000. Washington State University, Yakima Convention Center. **Anais...** Washington State University, 2000.

## CAPÍTULO 3

### **Análise do perfil de textura e modelagem do processo de relaxação de batatas baroa minimamente processadas ao longo do armazenamento**

#### **3.1. INTRODUÇÃO**

A deterioração pós-colheita das hortaliças é causada por alterações metabólicas relacionadas com o metabolismo respiratório, biossíntese e ação do etileno, injúrias mecânicas, perda de água, desordens fisiológicas e deterioração microbiana, processos que são influenciados direta ou indiretamente pela modificação da atmosfera e da temperatura (LANA e FINGER, 2000; SCALON *et al.*, 2002).

Para os frutos consumidos *in natura*, a textura e a coloração são os atributos de qualidade mais importantes para a definição desse valor de mercado (LIU *et al.*, 2009).

Fatores que afetam a textura podem mudar substancialmente após a colheita, em função de mudanças na adesão intercelular, conversão de amido em açúcares, perda da água e força da parede celular (TOIVONEN e BRUMMEL, 2008). Em produtos minimamente processados, várias técnicas de manuseio e tratamentos de conservação são aplicados para diminuir mudanças na textura, como a conservação refrigerada e o uso de filmes plásticos.

Em órgãos vegetais intactos, a água nos espaços intercelulares não está diretamente exposta à atmosfera externa. As barreiras naturais contra a perda de água são muitas vezes removidas durante o processamento mínimo, tornando os produtos mais susceptíveis à desidratação. As embalagens plásticas são barreiras para o

movimento de vapor de água para o ambiente, o que reduz a perda de matéria fresca dos produtos hortícolas (FINGER e VIEIRA, 1997).

A textura dos alimentos pode ser mensurada por meio de testes físicos que envolvem a ruptura do produto analisado (VOISEY, 1971). Punção, penetração, compressão, cisalhamento e relaxação são os principais testes reológicos para a avaliação da textura em alimentos, possibilitando a aquisição de dados relativos à consistência e resistência dos tecidos vegetais mediante a aplicação de uma força qualquer e a deformação específica ou do tempo total de teste (BOURNE, 2002).

A relaxação é um importante teste para a avaliação da textura de alimentos, usualmente utilizado para o estudo do comportamento viscoelástico de materiais biológicos (CESPI et al., 2007), sendo a modelagem um instrumento matemático fundamental para análise deste comportamento (DEL NOBILE et al., 2007; FUSTIER et al., 2009).

De acordo com Resende e Corrêa (2007) modelos específicos podem descrever satisfatoriamente a variação dos parâmetros reológicos durante o amadurecimento dos alimentos, fornecendo não somente índices práticos de textura, como também características subjacentes aos processos que ocorrem durante o armazenamento.

Outros métodos tem sido desenvolvidos para determinar as propriedades de textura dos alimentos, merecendo destaque o Perfil de Textura Instrumental, que vem sendo aplicado com eficiência para uma gama de alimentos. A Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA) simula as condições que o alimento é submetido ao longo do processo de mastigação.

O processo fisiológico de mastigação é bastante complexo. O ser humano mede e integra as percepções sensoriais do alimento que sofre transformação contínua durante a mastigação. Para reduzir os gastos e a variabilidade dos testes com indivíduos, foram realizadas muitas tentativas para produzir instrumentos que simulem as percepções sensoriais (DUIZER, 1996).

O TPA compreende a interpretação de várias medidas, sendo três medidas de força: dureza, fraturabilidade e gomosidade e duas de trabalho: adesividade e mastigabilidade; uma de distância, a elasticidade e uma de proporção, a coesividade (BOURNE, 1978).

O método de perfil de textura é oferecido como um meio de ajudar os pesquisadores em alimentos a obter dados sensoriais descritivos e quantitativos com

relação a características de textura, apresentando as seguintes vantagens: flexibilidade de aplicação de qualquer produto ou característica de produto, objetividade através de pontos de referências e nomenclatura rigidamente definida (DAMÁSIO et al., 1990).

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações de textura que ocorrem durante o período de armazenamento das batatas baroa minimamente processadas através de análise do perfil de textura (TPA) e relaxação, em função de 4 tipos de embalagens plásticas, combinadas à refrigeração ao longo do armazenamento.

## **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR) e na Unidade de Processamento Mínimo, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG.

### **3.2.1. Matéria-prima**

Para realização dos experimentos foram utilizadas batatas baroa da cultivar Amarela de Carandaí, adquiridas no Ceasa-MG. Foram eliminados os tubérculos com danos, deformações visíveis e doenças, com a finalidade de se obter um produto homogêneo.

### **3.2.2. Processamento mínimo**

As batatas selecionadas foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma escova para a eliminação de sujidades de difícil remoção devido às características de rugosidade da casca. Em seguida, elas foram imersas em uma solução com 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C, por 15 min. O sanitizante utilizado tem como princípio ativo o dicloro s-triazinatriona sódica dihidratada (Sumaveg<sup>®</sup>). Em seguida, as batatas foram descascadas, cortadas manualmente em rodela na espessura de ±1 cm e colocadas imediatamente em água gelada.

Para a sanitização final as rodela de batatas baroa foram imersas em solução contendo 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C, por 15 min, com posterior enxágüe em solução contendo 3 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo, a 5 ± 2 °C por 15 min. Em seguida, as rodela foram imersas em solução de ácido ascórbico 3% + ácido cítrico 3%, por 5 min e

seguiram para a etapa de centrifugação a 2000 rpm por 15 s. Após a retirada do excesso de água as rodela de batatas baroa foram acondicionadas nas seguintes embalagens:

- Tratamento 1 ( Testemunha): bandejas de poliestireno expandido (PS) revestidas com filme de poli vinil cloreto (PVC) de 16  $\mu\text{m}$  de espessura;
- Tratamento 2: sacos de polietileno de alta densidade (PEAD) de 10  $\mu\text{m}$  de espessura;
- Tratamento 3: sacos de polipropileno (PP) de 20  $\mu\text{m}$  de espessura e
- Tratamento 4: sacos de poliolefina multicamadas para vácuo (PLM) de 70  $\mu\text{m}$  de espessura.

Medeiros (2009) caracterizou as mesmas embalagens plásticas flexíveis, avaliadas para mandioca minimamente processada e encontrou os seguintes valores para a taxa de permeabilidade a vapor d'água e ao oxigênio:

Embalagens	Espessura ( $\mu\text{m}$ )	Taxa de permeabilidade	
		Vapor d'água ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$ )	Oxigênio ( $\text{cm}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$ )
Poli vinil cloeto- PVC	16	111,56	8,57
Polietileno de alta densidade- PEAD	10	28,96	41120,03
Polipropileno-PP	20	2,90	5085,92
Poliolefina multicamadas- PLM	70	3,63	0,16

De acordo com os dados determinados, a embalagem com maior barreira ao vapor d'água é a de polipropileno (PP), seguida por multicamadas (PLM), polietileno de alta densidade (PEAD) e poli (vinil cloreto) (PVC). Quanto à taxa de permeabilidade ao oxigênio ( $\text{O}_2$ ), a melhor barreira é a multicamadas (PLM), seguida por poli (vinil cloreto) (PVC), polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (PEAD).

As embalagens de PEAD e PP foram seladas a quente em seladora, as embalagens para vácuo foram seladas em seladora á vácuo e, as bandejas de PS revestidas com PVC seladas a quente na parte inferior da embalagem.

As amostras foram mantidas a  $5 \pm 2$  °C e  $90 \pm 5$  % de UR, por um período de 12 dias em BOD's, procedendo-se as análises descritas abaixo, a cada dois dias.

### 3.2.4. Análise do Perfil de Textura (TPA)

A análise do perfil de textura foi realizada segundo Beléia et al. (2004), em um texturômetro, modelo TA.HD (Stable Micro System). As amostras foram comprimidas a 20% da altura inicial utilizando compressão com velocidade constante de  $0,02 \text{ m min}^{-1}$  com um cilindro de alumínio de 100 mm de diâmetro. Foram analisadas 7 rodela de batata baroa por repetição. Os parâmetros de interesse foram: dureza, coesividade, elasticidade, adesividade e mastigabilidade. Na Tabela 1, encontra-se a definição de alguns atributos obtidos na análise de perfil de textura.

Tabela 1. Definição instrumental, física e sensorial dos atributos do perfil de textura.

Parâmetros	Instrumental	Física	Sensorial
Dureza/ Firmeza (N)	É definido como o pico de força durante o primeiro ciclo de compressão.	Força necessária para produzir certa deformação.	Força requerida para compressão entre os dentes molares (para sólidos) e entre a língua e o palato (para semi-sólidos).
Coesividade	Razão da força positiva da área do segundo ciclo pelo primeiro ciclo de compressão.	Quantidade de energia necessária para romper as ligações internas das amostras.	Grau que uma substância é comprimida entre os dentes antes de se romper.
Elasticidade (mm)	É a medida que o alimento atinge entre o final do primeiro ciclo de compressão e o segundo ciclo.	Velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada depois que a força de compressão é removida.	Grau que o produto volta à sua forma original.
Adesividade (J)	É a área de força negativa do primeiro ciclo de compressão, representando a força necessária para a retirada do probe do alimento.	Trabalho necessário para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e outra a qual o alimento está em contato.	Força requerida para remover o alimento que adere à boca (palato).
Mastigabilidade (J)	É definida como o produto entre coesividade, elasticidade e dureza.	Força p/ mastigar alimentos sólidos até deglutição.	Força requerida para desintegrar uma amostra sólida à consistência adequada para deglutição.

Fonte: Bouner, 1978.

Os parâmetros dureza, adesividade e elasticidade foram automaticamente calculados pelo software Texture Expert for Windows® a partir das curvas de força (N) x tempo (s) geradas durante o teste. A coesividade foi calculada pela razão da força positiva da área do segundo ciclo pelo primeiro ciclo de compressão e a mastigabilidade pelo produto entre coesividade, elasticidade e dureza.

### **3.2.5. Análise estatística do TPA**

Para as análise de TPA, o experimento foi instalado em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os tipos de embalagem (1- bandejas de poliestireno expandido (PS) revestidas com filme de poli vinil cloreto (PVC), 2- sacos de polietileno de alta densidade (PEAD), 3- sacos de polipropileno (PP) e 4- sacos de poliolefina multicamadas (PML) para vácuo) e nas subparcelas os tempos (12 dias) no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Os dados experimentais foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Para comparação das médias do fator qualitativo utilizou-se o teste de Tukey, adotando o nível de 5 % de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t”, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no comportamento biológico.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAEG, da Central de Processamento de Dados da UFV.

Independentemente da interação ser ou não significativa optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse e estudo.

### **3.2.6. Modelagem do processo de relaxação**

O teste de relaxação foi realizado em texturômetro, modelo TA.HD (Stable Micro System). Foi utilizado um probe de prato plano circular com 100 mm de diâmetro e a uma velocidade de teste de  $0,02 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  e força constante de teste de 4 N. Os testes de relaxação fornecem os tempos de relaxação, bem como a força máxima exercida pelas rodela após os 20 segundos de teste. Foram analisadas 7 rodela de batata baroa por repetição

Para a modelagem das curvas de relaxação das rodela de batatas baroa, foi empregado o modelo generalizado de Maxwell, descrito pela Equação 1:

$$\sigma(t) = \sigma e + A_1 \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + A_2 \exp\left(\frac{-t}{\tau_2}\right) + A_3 \exp\left(\frac{-t}{\tau_3}\right) \quad (1)$$

Em que:

$\sigma(t)$ : força normalizada no tempo  $t$ , adimensional;

$\sigma e$ : força normalizada no equilíbrio ( $t = \infty$ ), adimensional;

$A_1, A_2, A_3$ : constantes do modelo, adimensionais;

$t$ : tempo, s; e

$\tau_1, \tau_2, \tau_3$ : tempo de relaxação, s.

### 3.2.7. Análise estatística dos modelos

Para verificar o grau de ajuste dos modelos para descrever a relaxação das rodela de batata baroa, foram consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro médio relativo ( $P$ ) (Equação 2) e da estimativa do desvio padrão ( $SE$ ) (Equação 3).

$$P = \frac{100}{n} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (2)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (3)$$

Em que:

$Y$ : valor observado experimentalmente;

$\hat{Y}$ : valor estimado pelo modelo;

$n$ : número de dados observados; e

$GLR$ : graus de liberdade do modelo (número de parâmetros do modelo menos um).

## 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.3.1. Análise do Perfil de Textura

Os atributos de textura das rodela de batata baroa das quatro embalagens em estudo estão na Tabela 2, conforme dados fornecidos pela Análise de Perfil de Textura. As embalagens apresentaram diferença estatística quanto ao atributo dureza. Com relação aos demais atributos não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2. Resultados da Análise de Perfil de Textura (TPA) das rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PEAD, PP e VÁCUO) ao longo do armazenamento.

Dias de Armazenamento	<b>Dureza</b>			
	PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	315,0318 a	315,0318 a	315,0318 a	315,0318 a
2	220,6889 b	250,5661 ab	269,8416 ab	307,3811 a
4	208,7798 ab	190,6594 b	276,8678 a	261,0950 ab
6	245,7050 ab	174,3953 b	268,1622 a	254,5728 ab
8	201,0979 ab	162,0381 b	273,0244 b	261,6061 b
10	212,9892 a	177,3492 a	236,3736 b	216,0967 b
12	227,4100 a	178,4967 a	242,5564 b	234,3039 b
<b>Coesividade</b>				
0	0,6411 a	0,6411 a	0,6411 a	0,6411 a
2	0,6297 a	0,6418 a	0,6286 a	0,6417 a
4	0,6317 a	0,6350 a	0,6249 a	0,6367 a
6	0,6282 a	0,6297 a	0,6225 a	0,6366 a
8	0,6250 a	0,6276 a	0,6243 a	0,6324 a
10	0,6267 a	0,6186 a	0,6195 a	0,6294 a
12	0,6221 a	0,6104 a	0,6154 a	0,6207 a
<b>Elasticidade</b>				
0	2,9990 a	2,9990 a	2,9990 a	2,9990 a
2	2,6933 a	2,8820 a	1,7517 a	2,9344 a
4	2,0861 a	2,4233 a	1,4400 a	2,3939 a
6	2,0772 a	1,9026 a	1,5150 a	1,8400 a
8	1,5761 a	1,6322 a	0,9881 a	1,8467 a
10	1,4153 a	0,9653 a	1,4783 a	1,6198 a
12	1,6233 a	1,1717 a	1,4261 a	1,4267 a
<b>Adesividade</b>				
0	-1,9749 a	-1,9749 a	-1,9749 a	-1,9749 a
2	-0,1978 a	-0,1400 a	-0,1072 a	-0,1217 a
4	-0,2333 a	-0,1400 a	-0,1117 a	-0,1217 a

6	-2,1000 a	-0,1550 a	-0,0927 a	-0,1320 a
8	-0,2445 a	-0,1652 a	-3,0741 a	-0,1556 a
10	-0,2617 a	-0,2117 a	-1,4561 a	-0,1431 a
12	-0,2000 a	-0,2240 a	-0,1885 a	-0,1583 a

#### Mastigabilidade

0	596,7685 a	596,7685 a	596,7685 a	596,7685 a
2	297,1340 a	453,4823 a	296,6141 a	479,8704 a
4	289,6367 a	288,7654 a	218,2045 a	325,6124 a
6	186,2770 a	175,0962 a	187,6944 a	216,7502 a
8	179,7921 a	135,7758 a	127,7360 a	205,3110 a
10	133,0156 a	59,1122 a	116,2698 a	173,9989 a
12	90,7116 a	36,4177 a	112,9761 a	150,6348 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na Figura 1 é mostrada a evolução dos valores relativos ao atributo dureza das rodelas ao longo do armazenamento.

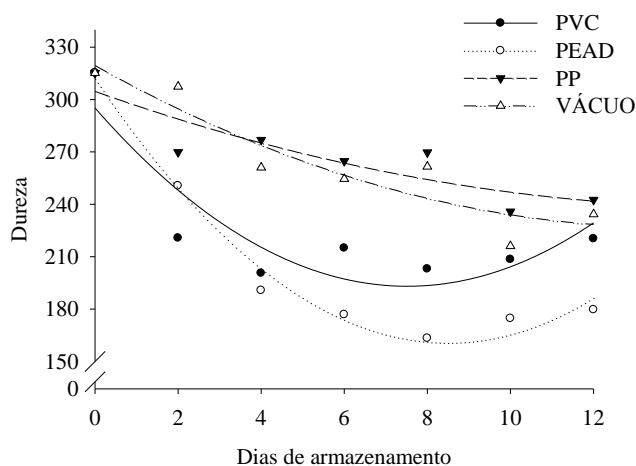


Figura 1. Valores observados do atributo dureza nas rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PP, PEAD e VÁCUO).

Neste parâmetro verificou-se decréscimo em todas as embalagens, sendo que as rodelas acondicionadas nas embalagens PP e VÁCUO apresentaram valor mais elevado de dureza, o que permite inferir que ao nível sensorial é necessário uma força de intensidade maior para comprimir o alimento na boca entre os molares comparativamente às rodelas acondicionadas nas outras embalagens. As embalagens de

PVC e PEAD são as de menores barreiras ao vapor d'água, conseqüentemente fornecem produtos que sofrem maior perda de água, portanto nesses produtos a perda da firmeza é maior.

Nunes et al. (2011) em trabalho com batata baroa minimamente processada, tratada com diferentes antioxidantes e armazenadas a 5 °C por quinze dias também verificaram diminuição da firmeza das rodela ao longo do armazenamento. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a dureza está relacionada com a força necessária para que o produto atinja uma dada deformação, dando uma idéia das transformações na estrutura celular, da coesão das células e das alterações bioquímicas, ocorridas durante a vida útil do produto em consequência da perda de turgor celular e/ou da ação de enzimas hidrolíticas da parede celular.

Na Figura 2 é mostrada a evolução dos valores relativos ao atributo coesividade das rodela ao longo do armazenamento.

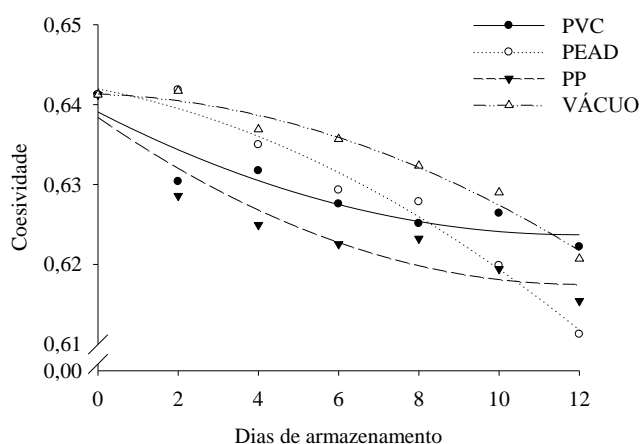


Figura 2. Valores observados do atributo coesividade nas rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PP, PEAD e VÁCUO).

Baseado na Figura 2 nota-se que as rodela acondicionadas na embalagem à vácuo tiveram uma maior estimativa da coesividade para os respectivos tempo, necessitando portanto maior quantidade de energia para romper as ligações internas das amostras.

Na Figura 3 é mostrada a evolução dos valores relativos ao atributo elasticidade das rodela ao longo do armazenamento.

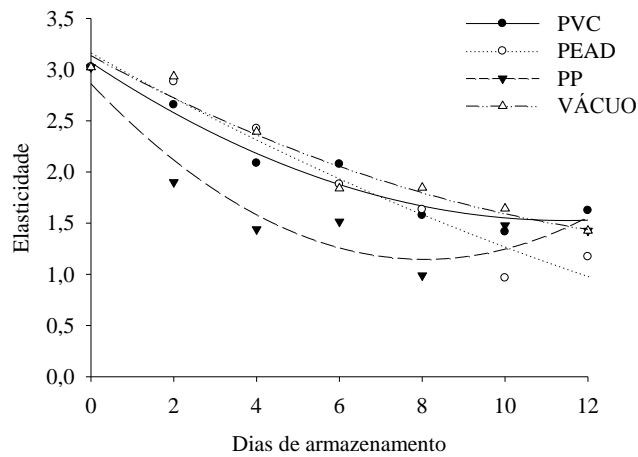


Figura 3. Valores observados do atributo elasticidade nas rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PP, PEAD e VÁCUO).

Quanto à capacidade de recuperar a forma quando as tensões deformantes são retiradas ou diminuídas, as embalagens PVC, PEAD e VÁCUO tiveram estimativas de elasticidade muito próximas, enquanto que a embalagem PP teve a menor estimativa nos respectivos tempos.

Na Figura 4 é mostrada a evolução dos valores relativos ao atributo adesividade das rodela ao longo do armazenamento.

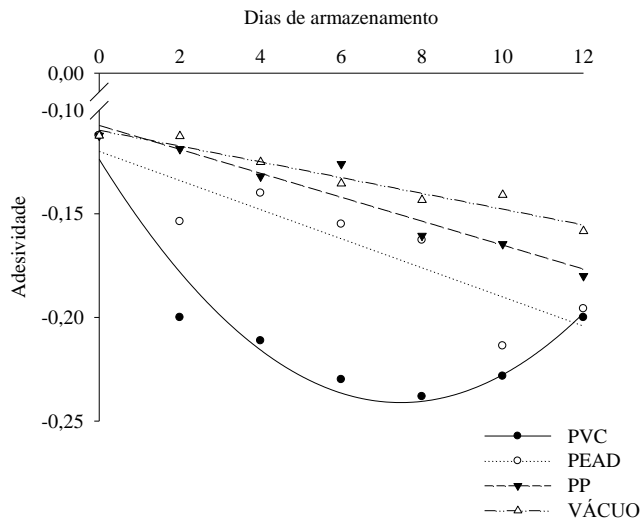


Figura 4. Valores observados do atributo adesividade nas rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PP, PEAD e VÁCUO).

O perfil de adesividade foi crescente (em módulo), sendo a estimativa das rodela acondicionadas nas embalagens à vácuo menor e a estimativa das rodela

acondicionadas em PVC maior nos respectivos tempos, necessitando realizar mais trabalho para separar a sonda de compressão da respectiva amostra. Segundo Junqueira et al. (2010) o aumento da adesividade possivelmente esteja relacionado com o crescimento microbiano na superfície da amostra. Eles constataram que a partir do 6º dia os palitos de mandioca minimamente processados começaram a ficar pegajosos durante a manipulação, assim como exibiram alta correlação com o teste de fluorescência em UV detectando a presença de pseudomonas.

Na Figura 5 é mostrada a evolução dos valores relativos ao atributo mastigabilidade das rodela de batatas ao longo do armazenamento.

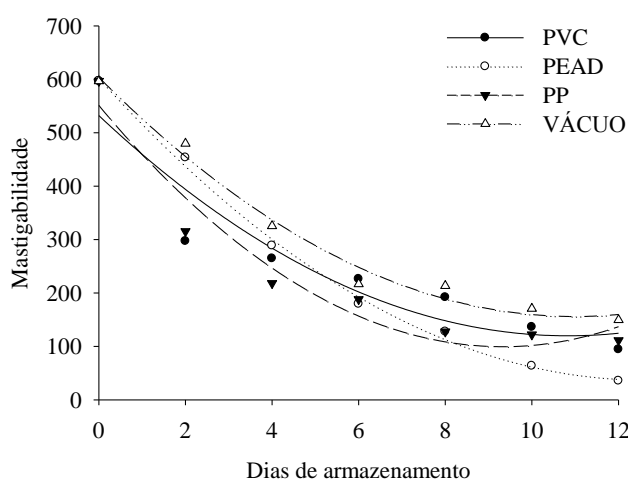


Figura 5. Valores observados do atributo mastigabilidade nas rodela de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas (PVC, PP, PEAD e VÁCUO).

No que diz respeito à força exercida para mastigar as rodela de batata baroa, as embalagens apresentaram estimativas muito próximas, apresentando um comportamento decrescente ao longo do armazenamento.

Na Tabela 3 estão contidas as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais dos atributos de textura ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 3. Equações ajustadas aos valores experimentais dos atributos de textura das rodelas de batatas baroa acondicionadas nas embalagens estudadas, em função do tempo de armazenamento (t), e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Embalagens	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
PVC	Dureza = 295,1914 - 27,1709**t+1,8074**t <sup>2</sup>	0,8050
	Coesividade = 0,6391 - 0,0026**t+0,0001**t <sup>2</sup>	0,8709
	Elasticidade = 3,0704 - 0,2691**t+0,0117**t <sup>2</sup>	0,9563
	Adesividade = -0,1237-0,0314**t+0,0021**t <sup>2</sup>	0,9377
	Mastigabilidade= 532,1836-76,092**t+3,5113**t <sup>2</sup>	0,8923
PEAD	Dureza = 312,0230 - 35,6427**t+2,0983**t <sup>2</sup>	0,9832
	Coesividade = 0,6420 - 0,001**t -0,0001**t <sup>2</sup>	0,9788
	Elasticidade = 3,1642 - 0,2278**t+0,0038**t <sup>2</sup>	0,9513
	Adesividade = -0,1198 - 0,007**t	0,8014
	Mastigabilidade= 601,5793-89,4764**t+3,5517**t <sup>2</sup>	0,9968
PP	Dureza = 304,6177 - 8,4614**t+0,2688**t <sup>2</sup>	0,7902
	Coesividade = 0,6384 - 0,0035**t+0,0001**t <sup>2</sup>	0,8997
	Elasticidade = 2,8635 - 0,4266**t+0,0265**t <sup>2</sup>	0,8990
	Adesividade = -0,1074 - 0,0058**t	0,9157
	Mastigabilidade= 551,2806-97,0227**t+5,2082**t <sup>2</sup>	0,9485
VÁCUO	Dureza = 319,4509 - 13,3482**t+0,4801**t <sup>2</sup>	0,8678
	Coesividade = 0,6413 - 0,002**t - 0,0001**t <sup>2</sup>	0,9747
	Elasticidade = 3,1359 - 0,2189**t+0,0065**t <sup>2</sup>	0,9546
	Adesividade = -0,1097 - 0,0038**t	0,9392
	Mastigabilidade= 603,7851-81,5764**t+3,7152**t <sup>2</sup>	0,9852

\*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”

### 3.3.2. Modelagem do processo de relaxação

Na Tabela 4 estão os parâmetros do modelo generalizado de Maxwell para descrever o processo de relaxação das batatas baroa ao longo do armazenamento.

Tabela 4. Valores do desvio padrão da estimativa (SE), erro médio relativo (P), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e parâmetros ( $\sigma_e$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  e  $\tau_3$ ) do modelo generalizado de Maxwell obtidos pelo ajuste aos dados experimentais do processo de relaxação das rodela de batatas baroa acondicionadas em todas as embalagens, ao longo do período de armazenamento.

Tempo	Parâmetros	Embalagens			
		PVC	PEAD	PP	VÁCUO
0	$\sigma_e$	0,7580**	0,7580**	0,7580**	0,7580**
	$A_1$	0,1679**	0,1679**	0,1679**	0,1679**
	$A_2$	0,0761**	0,0761**	0,0761**	0,0761**
	$A_3$	0,0013**	0,0013**	0,0013**	0,0013**
	$\tau_1$ (s)	2,9219**	2,9219**	2,9219**	2,9219**
	$\tau_2$ (s)	0,2501**	0,2501**	0,2501**	0,2501**
	$\tau_3$ (s)	0,2091**	0,2091**	0,2091**	0,2091**
	SE	0,01	0,01	0,01	0,01
	P (%)	0,63	0,63	0,63	0,63
	$R^2$	0,9962	0,9962	0,9962	0,9962
2	$\sigma_e$	0,7579**	0,7459**	0,7943**	0,7937**
	$A_1$	0,1643**	0,1734**	0,1879**	0,1591**
	$A_2$	10,0703**	0,0736**	0,0798**	0,0743**
	$A_3$	0,0010**	0,0009**	0,0006**	0,0002**
	$\tau_1$ (s)	3,1118**	3,1843**	3,3222**	3,1224**
	$\tau_2$ (s)	0,2533**	0,2684**	0,2892**	0,2539**
	$\tau_3$ (s)	0,1610**	0,1507**	0,0926**	0,0269**
	SE	0,01	0,01	0,02	0,02
	P (%)	1,03	1,00	1,79	1,77
	$R^2$	0,9894	0,9918	0,9766	0,9719
4	$\sigma_e$	0,7475**	0,7505**	0,7851**	0,7725**
	$A_1$	0,1705**	0,1637**	0,1698**	0,1566**
	$A_2$	0,0749**	0,0784**	0,0780**	0,0756**

	A <sub>3</sub>	0,0008**	0,0001**	0,0021**	0,0013**
	τ1(s)	3,1270**	2,9328**	2,9298**	2,8394**
	τ2 (s)	0,2619**	0,2418**	0,2399**	0,2288**
	τ3 (s)	1,1274**	0,0209**	0,3185**	0,1910**
	SE	0,01	0,01	0,01	0,01
	P (%)	1,07	1,30	1,15	1,17
	R <sup>2</sup>	0,9890	0,9842	0,9891	0,9851
<b>6</b>	σ <sub>e</sub>	0,7348**	0,7431**	0,7754**	0,7710**
	A <sub>1</sub>	0,1812**	0,1718**	0,1550**	0,1489**
	A <sub>2</sub>	0,0762**	0,0776**	0,0732**	0,0744**
	A <sub>3</sub>	0,0119**	0,0094**	0,0007**	0,0001**
	τ1(s)	3,0500**	3,0046**	2,7640**	2,6791**
	τ2 (s)	0,2927**	0,2565**	0,2377**	0,2288**
	τ3 (s)	1,9830**	1,4659**	0,1246**	0,0184**
	SE	0,01	0,01	0,02	0,02
	P (%)	1,44	1,07	1,42	1,77
	R <sup>2</sup>	0,9817	0,9900	0,9753	0,9688
<b>8</b>	σ <sub>e</sub>	0,7306**	0,7220**	0,7681**	0,7694**
	A <sub>1</sub>	0,1527**	0,1892**	0,1702**	1,1484**
	A <sub>2</sub>	0,0702**	0,0814**	0,0765**	0,0739**
	A <sub>3</sub>	0,0007**	0,0001**	0,0004**	0,0004**
	τ1(s)	2,8126**	2,9012**	2,8702**	2,9161**
	τ2 (s)	0,2549**	0,2738**	0,2478**	0,2367**
	τ3 (s)	0,1260**	0,0166**	0,0731**	0,0581**
	SE	0,01	0,02	0,01	0,01
	P (%)	1,04	1,74	0,81	1,07
	R <sup>2</sup>	0,9874	0,9832	0,9943	0,9876
<b>10</b>	σ <sub>e</sub>	0,7282**	0,7186**	0,7609**	0,7607**

	A <sub>1</sub>	0,1344**	0,1895**	0,1581**	1,4466**
	A <sub>2</sub>	0,0764**	0,0833**	0,0742**	0,0735**
	A <sub>3</sub>	0,0006**	0,0001**	0,0009**	0,0009**
	τ1(s)	2,2806**	2,9766**	2,8209**	2,9514**
	τ2 (s)	0,2098**	0,2599**	0,2380**	0,2375**
	τ3 (s)	0,1539**	0,0169**	0,1463**	1,1510**
	SE	0,01	0,01	0,02	0,02
	P (%)	0,75	1,60	1,62	2,01
	R <sup>2</sup>	0,9904	0,9852	0,9753	0,9515
<b>12</b>	σ <sub>e</sub>	0,7215**	0,7125**	0,7502**	0,7580**
	A <sub>1</sub>	0,1437**	0,1940**	0,1689**	0,1301**
	A <sub>2</sub>	0,0754**	0,0853**	0,0749**	0,0696**
	A <sub>3</sub>	0,0006**	0,0001**	0,0012**	0,0003**
	τ1(s)	2,5075**	2,9737**	2,7392**	2,6929**
	τ2 (s)	0,2317**	0,2722**	0,26**	0,2369**
	τ3 (s)	0,1252**	0,0135**	0,1674**	0,0516**
	SE	0,02	0,01	0,02	0,02
	P (%)	1,46	0,53	2,28	1,80
	R <sup>2</sup>	0,9725	0,9978	0,9617	0,9574

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

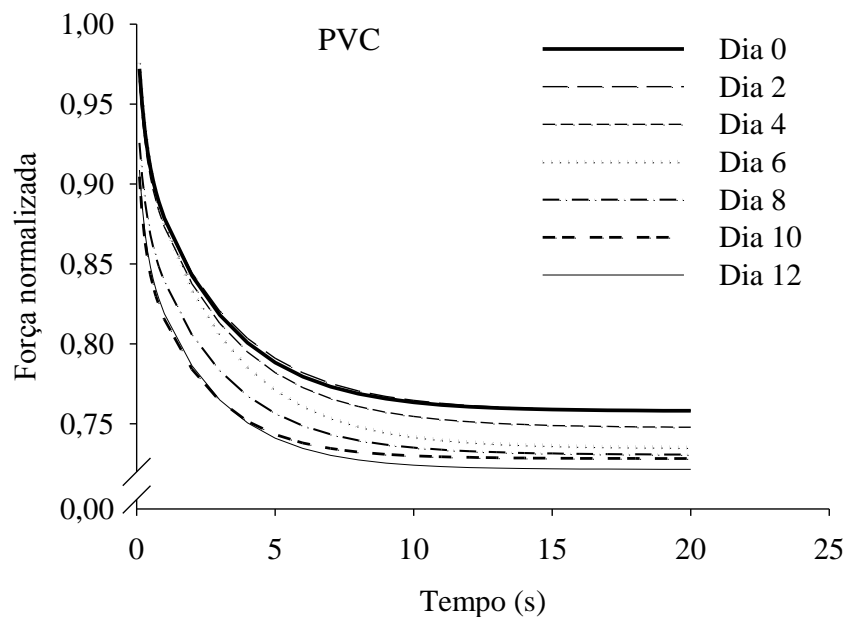
De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, observa-se que o ajuste do modelo generalizado de Maxwell apresentou valores de coeficiente de determinação acima de 95 % e que todos os coeficientes, em todas as condições experimentais, foram significativos, indicando assim um bom ajuste desse modelo aos dados experimentais.

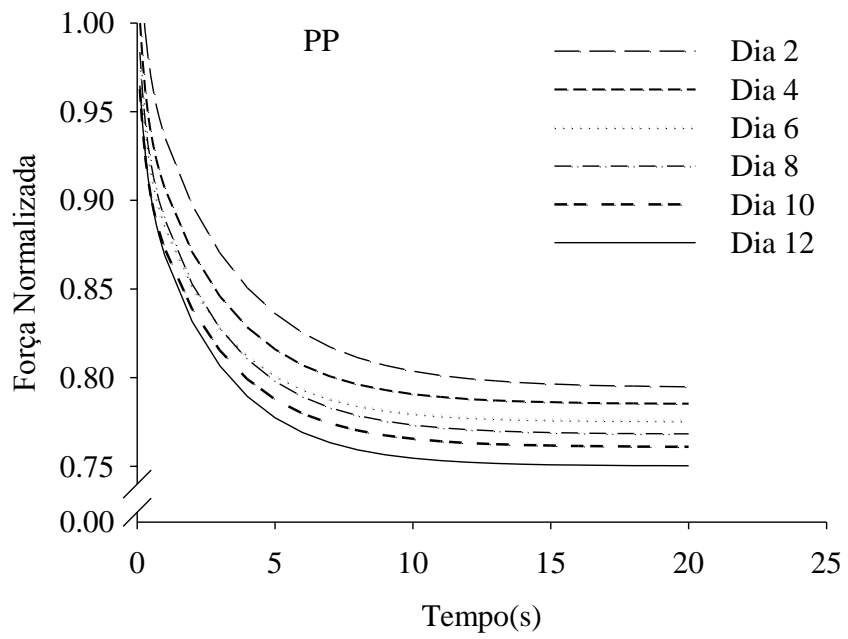
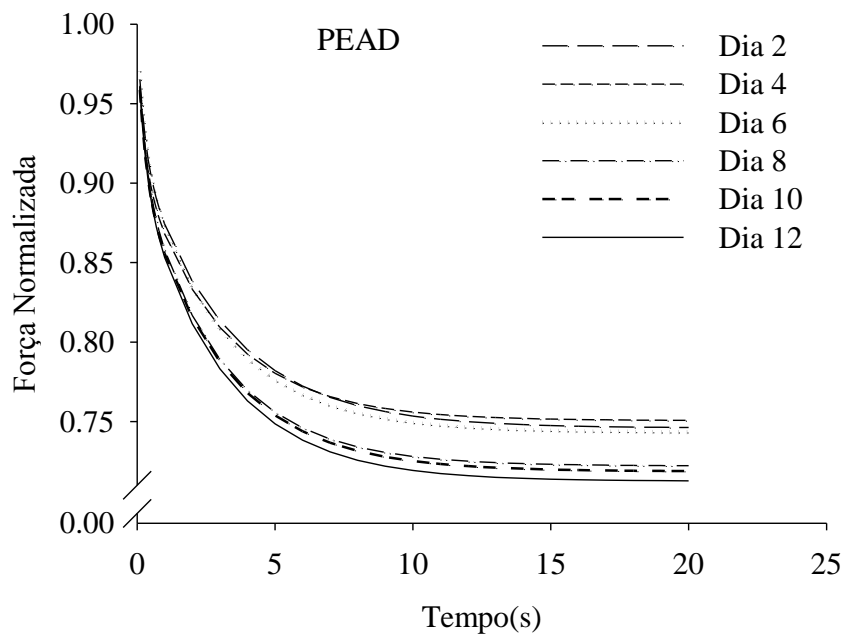
Verifica-se que todos os modelos tiveram valores elevados de R<sup>2</sup> para todas as embalagens testadas. Além disso, todos os modelos apresentaram valores de P abaixo de 10%. Os valores deste parâmetro indicam os desvios dos dados observados em relação à curva estimada pelo modelo (Kashaninejad et al., 2007). De acordo com Mohapatra e Rao (2005), valores inferiores a 10% são recomendadas para a seleção de modelos. Além do coeficiente de determinação e do erro médio relativo, foi obtido

também o desvio padrão da estimativa. De acordo com Draper e Smith (1998), a capacidade do modelo para descrever um processo satisfatório é inversamente proporcional aos valores do SE. Assim, os valores mais baixos de SE indicam uma maior qualidade do ajuste do modelo aos dados observados.

Nota-se, nos dados da Tabela 4, que as rodelas que foram acondicionadas nas embalagens de PP e à vácuo são mais elásticas que as rodelas acondicionadas nas demais embalagens, uma vez que o parâmetro  $\sigma_e$  representa o componente elástico de maior magnitude do modelo (Bellido & Hatcher, 2009). Com isso, maiores valores de  $\sigma_e$  denotam produtos mais elásticos e de melhor qualidade.

Na Figura 6 estão representadas as curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, das rodelas de batatas baroa acondicionadas em todas as embalagens estudadas, em diferentes tempos de armazenamento. Cada curva do gráfico representa a curva de relaxação de cada dia avaliado.





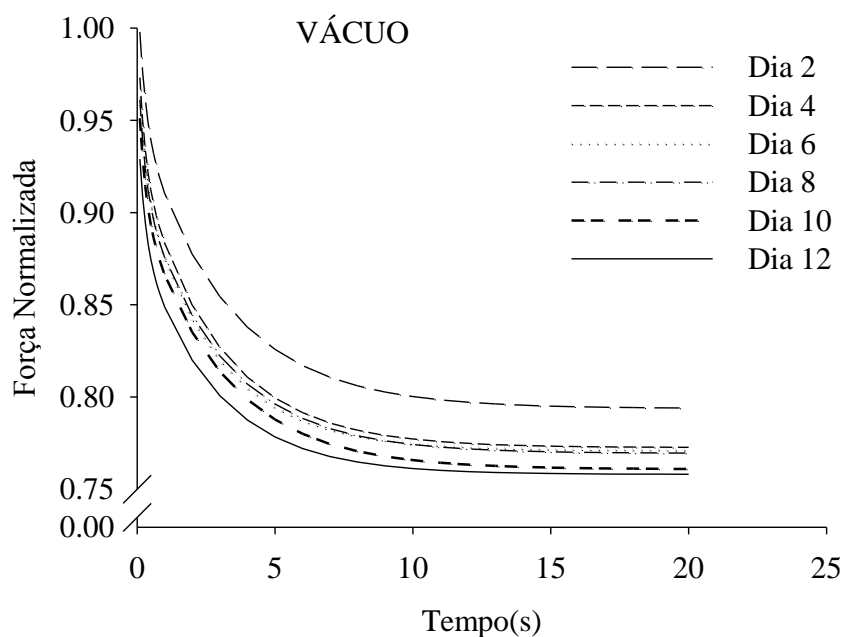


Figura 6. Curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, das rodelas de batatas baroa acondicionadas em todas as embalagens estudadas, em diferentes tempos de armazenamento.

Verificou-se que as forças normalizadas relativas ao dia 0 em um determinado tempo de teste, são maiores que as forças normalizadas referentes ao segundo dia de armazenamento, e assim consecutivamente. Isso se deve ao fato das rodelas dos primeiros dias de armazenamento estarem mais firmes que as rodelas dos dias posteriores, pois a cada dia elas estão com sua estrutura menos rígidas, com uma menor força normalizada.

Comparando as curvas da Figura 6 com as curvas de relaxação (STEFFE, 1996) apresentadas na Figura 7 a seguir, observa-se que as rodelas de batatas baroa se comportaram como um material sólido viscoelástico, significando que as rodelas sofreram, simultaneamente, deformações elásticas e viscosas durante a compressão. Dessa forma, por serem viscoelásticas, as rodelas podem, teoricamente, retornar a sua conformação inicial após sofrerem pequenas deformações.

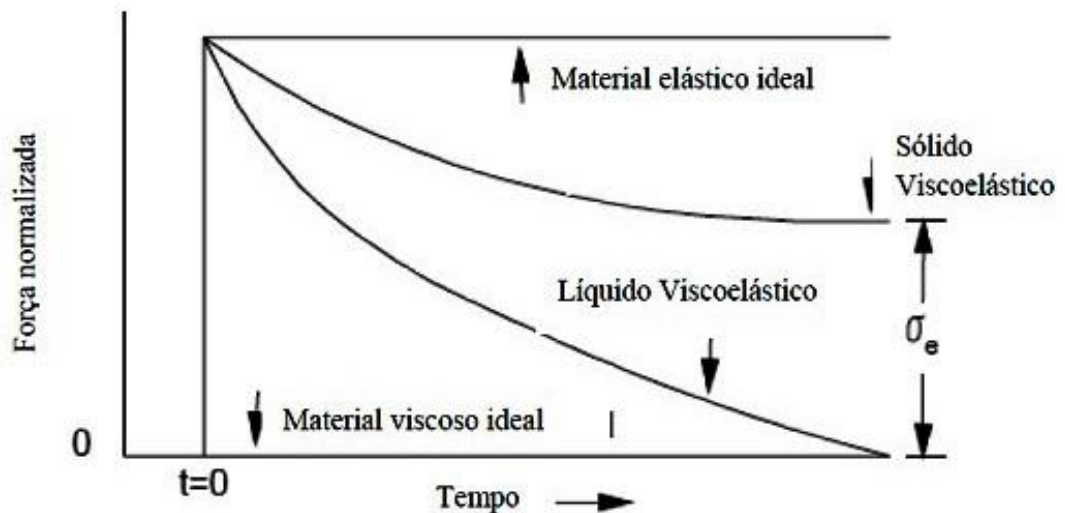


Figura 7. Curvas de relaxação.

### 3.4. CONCLUSÕES

- Quanto à análise do perfil de textura (TPA), verificou-se que dos atributos analisados para as rodelas de batata baroa, apenas a dureza sofreu influência do tipo de embalagem.
- O modelo generalizado de Maxwell representou bem o processo de relaxação em todas as embalagens estudadas, descrevendo adequadamente as alterações das rodelas de batata baroa ao longo do armazenamento.
- As rodelas de batata baroa acondicionadas nas embalagens de PP e à vácuo foram mais elásticas que as rodelas acondicionadas nas demais embalagens.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLIDO, G.G.; HATCHER, D.W. Stress relaxation behaviour of yellow alkaline noodles: Effect of deformation history. **Journal of Food Engineering**, v. 93, p. 460–467. 2009.
- BELÉIA, L.T.P.F. e PEREIRA, A.P. Fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, p.059-063, 2004.
- BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v. 32, p. 62–66, 1978.
- BOURNE, M. C. Food texture and viscosity: concept and measurement. **New York: Academic Press**, 427p. 2002.
- CESPI, M.; BONACUCINA, G.; MISICI-FALZI, M.; GOLZI, R.; BOLTRI, L.; PALMIERI, G.F. Stress relaxation test for the characterization of the viscoelasticity of pellets. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 67, n. 2, p. 476 – 484, 2007.

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.
- DAMASIO, M. H.; FISZMAN, S. M.; COSTELL, E.; DURAN, L. Influence of the composition on the resistance to compression of Kappa-carrageenan - locust bean gum-guar gum mixed gels; relationship between instrumental and sensorial measurements. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 3, p. 457-464, 1990.
- DEL NOBILE, M.A.; CHILLO, S.; MENTANA, A.; BAIANO, A. Use of the generalized Maxwell model for describing the stress relaxation behavior of solid-like foods. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 978 – 983, 2007.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- DUIZER, L. M.; GULLET, E. A.; FINDLAY, C. J. The relationship between sensory time-intensity, physiological electromyography and instrumental texture profile analysis measurements of beef tenderness. **Meat Science**, V. 42, n° 2, p. 215-224, 1996.
- FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. Viçosa: UFV. 29p. (Cadernos didáticos, 19), 1997.
- FUSTIER, P.; CASTAIGNE, F.; TURGEON, S.L. BILIADERIS, C.G. **Impact of commercial soft wheat flour streams on dough rheology and quality attributes of cookies**. *Journal of Food Engineering*, v. 90, n. 2, p. 228 – 237, 2009.
- JUNQUEIRA, M. S. TEIXEIRA, L. J. Q. SARAIVA, S. H. PEÑA, W. E. L. CARNEIRO, J. C. S. **Alterações físico-químicas e microbiológicas inerentes ao processamento mínimo de mandioca no formato palito**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, n.9, 2010.
- KASHANINEJAD, M., MORTAZAVI A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L. G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.1, 98-108, 2007.
- LANA, M.M.; FINGER, F.L. **Atmosfera modificada e controlada na conservação de produtos hortícolas**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2000.
- LIU, L.H.; ZABARAS, D.; BENNETT, L.E.; AGUAS, P.; WOONTON, B.W. Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. **Food Chemistry**, v. 115, p. 495 – 500, 2009.
- MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, n.4, 513-518, 2005.
- NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. B.; XISTO, A. L. R. P. Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: Uso de antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 3, p. 43-50, 2011.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de feijão. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 29, n.3, p. 373-378. 2007.
- SCALON, S.P.Q., ZÁRATE N.A.H., VIEIRA M.C. Embalagem e temperatura na manutenção da qualidade pós-colheita de mandioquinha-salsa. **Ciência Agrotécnica**, 26, 559-563, 2002.
- STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. Michigan: Freeman Press, 1996.

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, n. 48, p. 1–14, 2008.

VOISEY, P.W. The Ottawa texture measuring system. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, v. 4, p. 91-103. 1971.