

**KHAREN PRISCILLA DE OLIVEIRA SALOMÃO PETRUCCI**

**CURA E ARMAZENAMENTO DE BATATAS DESTINADAS AO  
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

P498c  
2018 Petrucci, Kharen Priscilla de Oliveira Salomão, 1986-  
Cura e armazenamento de batatas destinadas ao processamento  
industrial / Kharen Priscilla de Oliveira Salomão Petrucci. - Viçosa,  
MG, 2018.

x, 56 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Fernando Luiz Finger.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Solanum tuberosum* - Processamento. 2. Batata -  
Armazenamento. 3. Batata - Perda pós-colheita. 4. Açúcar. 5.  
Peroxidase. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.


CDD 22. ed. 635.216

KHAREN PRISCILLA DE OLIVEIRA SALOMÃO PETRUCCI

**CURA E ARMAZENAMENTO DE BATATAS DESTINADAS AO  
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 24 de fevereiro de 2018.

  
Tania Pires da Silva

  
Paula Acácia Silva Ramos

  
Teresa Drummond Correia Mendes

  
Marialva Alvarenga Moreira  
(Coorientadora)

  
Fernando Luiz Finger  
(Orientador)

*“Confie no Senhor de todo o seu coração e não se apoie em seu próprio entendimento.  
Reconheça o Senhor em todos os seus caminhos, e ele orientará as suas veredas.”*  
(Provérbios 3:5-6)

**Ao meu marido**

Felipe Barreto Petrucci por toda dedicação e amor.

**Aos meus pais**

Neacir de Oliveira Silva e Regilaine Salomão da Silva, por todo esforço e incentivo  
durante toda a minha formação.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus que é minha fonte de vida e sustento e por estar comigo durante todos os dias da minha vida.

Ao meu amigo, companheiro e marido Felipe pelo constante apoio e incentivo durante essa etapa.

A minha mãe (Regilaine) e meu pai (Neacir) pelo amor e constante incentivo.

Ao professor Fernando Luiz Finger pela orientação, pelos ensinamentos que contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal, pela disponibilidade e em especial pelo carinho com que me recebeu desde o primeiro contato.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização desse curso.

Ao professor Paulo Roberto Cecon pelo auxílio na área da estatística e pela disponibilidade em me ajudar.

A professora Marília Ventrella pelo ensino e contribuição com meu trabalho.

Aos colegas e funcionários do Laboratório de Pós-Colheita.

As meninas da secretaria, Tatiani e Lídia, por sempre me auxiliarem nos tramites necessários com muito bom humor e dedicação.

As minhas amigas Marialva, Isa, Ariana, Dreice, Luciana, pelo carinho com que me receberam, por todo apoio, pela ajuda durante minhas análises, pela amizade sincera e pela companhia nesse tempo de Viçosa.

As minhas amigas de república, Lílian, Laihane, Luiza, Paula pelas conversas e companhia.

Aos meus amigos Marília e Lucas pelo abrigo, carinho e por me receberem como família.

Ao meu GC (Wagner, Andrea, Daniela, Isabela, Luci, Marília) e a IPV por me acolher como família.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Obrigada.

## **BIOGRAFIA**

Kharen Priscilla de Oliveira Salomão Petrucci, filha de Neacir de Oliveira Silva e Regilaine Salomão da Silva, nasceu em 4 de novembro de 1986, em Aimorés - MG.

No ano de 2006 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Centro de Ciências Agrárias (CCA) localizado no município de Alegre, concluído em fevereiro de 2012.

Em março de 2012, iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Centro de Ciências Agrárias (CCA), concluído em fevereiro de 2014.

Em março de 2014, iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa – MG, na área de Fisiologia da Produção e Manejo Pós-Colheita de Produtos Agrícolas.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
CAPÍTULO 1 – ARMAZENAMENTO DA BATATA ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) DA CULTIVAR MARKIES DESTINADAS AO PROCESSAMENTO. ....	6
RESUMO.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
2.1 Material Vegetal .....	8
2.2 Quantificação do teor de açúcar solúvel total (AST) e açúcares redutores (AR). .....	9
2.3 Extração e ensaio enzimático da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) .....	10
2.4 Batata Palito: Classificação da cor após a fritura.....	11
2.5 Incidência da brotação.....	11
2.6 Análise estatística .....	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1 Teor de açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR). ....	12
3.2 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PFO).....	16
3.3 Batata Palito: Classificação da cor após a fritura.....	17
3.4 Incidência da brotação.....	20
4. CONCLUSÕES.....	23
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

<b>CAPÍTULO 2 – FORMAÇÃO DA PERIDERME DE DANO EM TUBÉRCULOS DE BATATA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) CV. MARKIES E CHALLENGER SOB A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA.....</b>	<b>27</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>27</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 Material Vegetal .....</b>	<b>30</b>
<b>2.2 Danos nos tubérculos .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3 Variação da taxa de perda de massa fresca .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4 Quantificação do teor de açúcar solúvel total (AST) e açúcares redutores (AR) e açúcares não-redutores (ANR).....</b>	<b>31</b>
<b>2.5 Batata Palito: Classificação da cor após a fritura .....</b>	<b>32</b>
<b>2.6 Avaliação da formação da periderme de dano .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7 Análise estatística .....</b>	<b>33</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Variação da taxa de perda de massa fresca .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Teor de açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não-redutores (ANR).....</b>	<b>38</b>
<b>3.3 Aspecto visual dos tubérculos e classificação da coloração pós-fritura. ....</b>	<b>40</b>
<b>3.4 Avaliação da formação da periderme de dano.....</b>	<b>42</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>56</b>

## RESUMO

PETRUCCI, Kharen Priscilla de Oliveira Salomão, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Cura e armazenamento de batatas destinadas ao processamento industrial.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadores: Vicente Wagner Dias Casali and Marialva Alvarenga Moreira.

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito da temperatura, tempo de armazenamento e dano mecânico nos tubérculos destinados ao processamento de batata pré-frita. Foram realizados dois ensaios. No primeiro, a cultivar Markies foi armazenada em câmara climatizada a 4, 5, 6 e 8 °C (UR ± 90%) por 240 dias, com quantificação do teor de açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR), atividade das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO), coloração após a fritura, e incidência da brotação. No segundo ensaio, tubérculos das cultivares Markies e Challenger foram submetidos a danos mecânicos e armazenados em câmaras climatizadas nas temperaturas de 8, 14 e 20 °C (UR ± 90%) por 14 dias para determinação do período de formação da periderme de dano. Após este período, avaliou-se taxas de perda de massa fresca, teor de açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), coloração dos palitos após a fritura e a taxa de regeneração da periderme após o dano. A cultivar Markies a 6,9 °C, apresentou menores concentrações de AST e AR nos tubérculos aos 78,4 e 92,9 dias de armazenamento, respectivamente. A atividade das enzimas POD e PPO não foram influenciadas pelas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C, nem pelo tempo de armazenamento de 240 dias apresentando valor médio de 1,91 e 1,42 UA min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente. Houve variação na coloração dos tubérculos após a fritura, com coloração mais escura nos tubérculos armazenados a 4 e 5 °C, os tubérculos armazenados a 6 e 8 °C mantiveram a coloração dentro do padrão aceitável até os 240 dias de armazenamento. As temperaturas de 4 e 5 °C retardaram o início da brotação, iniciando-se aos 150 dias. A 6 e 8°C o início da brotação se deu a partir dos 90 e 60 dias de armazenamento, respectivamente. Para a cura, nas temperaturas avaliadas de 8, 14 e 20 °C, verificou-se taxa de perda de matéria fresca superior nos tubérculos que sofreram danos, sendo que a 14 °C a taxa de perda de ambas cultivares apresentaram comportamento quadrático com taxa de perda mínima nos tubérculos com dano para a cultivar Markies aos 10,8 dias e para a cultivar Challenger em 10,46 dias. Os maiores teores de AST, AR e ANR ocorreram a 8 °C tanto para os tubérculos do controle

quanto para os tubérculos submetidos a danos na cultivar Markies, e apenas nos tubérculos com danos para a cultivar Challenger. Entre as cultivares Markies e Challenger verificou-se valores médios de AST, AR e ANR superiores para a cultivar Markies a 8 °C. É possível armazenar a cultivar Markies por 92,9 dias a 6,9 °C sem perda de qualidade para processamento industrial. Além disso, verificou-se que a cura das cultivares Markies e Challenger a 8, 14 e 20 °C causaram modificações anatômicas conspícuas nos tubérculos com dano, sendo que 14 °C foi a temperatura que proporcionou melhor cura.

## ABSTRACT

PETRUCCI, Kharen Priscilla de Oliveira Salomão, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Cure and storage of potatoes for industrial processing.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-adviser: Vicente Wagner Dias Casali and Marialva Alvarenga Moreira.

The objective of this study was to verify the effect of temperature, length of storage and mechanical damage on the tubers intended for processing as French fries. Two assays were done. In the first experiment, the cultivar Markies was stored in an air-conditioned room at 4, 5, 6 and 8 °C (RH ± 90 %) for 240 days. Total soluble sugar (AST), reducing sugars (AR) and non-reducing sugars (ANR) levels, peroxidase (POD) and polyphenoloxidase (PPO) enzymes activity, browning after frying, and sprouting incidence were evaluated. In the second experiment, tubers of the cultivars Markies and Challenger were subjected to mechanical damage and stored at 8, 14 and 20 °C (RH ± 90 %) for 14 days to determine the period of formation of the damage periderm. Loss rate of fresh mass, total soluble sugar content (AST), reducing sugars (AR), non-reducing sugars (ANR), French fries color after frying and regeneration rate of the periderm after wounding were evaluated. Markies cultivar stored at 6.9 °C presented the lowest AST and AR concentrations in the tubers at 78.4 and 92.9 days of storage, respectively. POD and PPO enzymes activity were not influenced by temperature (4, 5, 6 and 8 °C), nor by storage period (240 days) presenting average values of 1.91 and 1.42 AU min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> protein, respectively. There was variation in tuber coloration after frying, with darker color in tubers stored at 4 and 5 °C, while those stored at 6 and 8 °C maintained acceptable coloration standard up to 240 storage days. Temperatures of 4 and 5 °C delayed the sprouting onset, starting at 150 days. At 6 and 8 °C the sprouting onset occurred at 90 and 60 days of storage, respectively. For wound healing, at the temperatures of 8, 14 and 20 °C, it was verified higher loss rate of fresh matter in tubers that suffered damages. At 14 °C loss rate of both cultivars presented quadratic behavior with minimum loss rate in tubers that suffered mechanical wounding for Markies cultivar at 10.8 days and in Challenger cultivar at 10.46 days. The highest levels of AST, AR and ANR occurred at 8 °C for both the control tubers and the tubers that suffered wounding for Markies cultivar, and only in the tubers that suffered for cultivar Challenger. Comparing the cultivars Markies and Challenger, the levels of AST, AR and ANR were higher in Markies cultivar at 8 °C.

Based on the results, it is possible to store cultivar Markies cultivar for 92.9 days at 6.9 °C without quality loss for industrial processing. Healing of Markies and Challenger cultivars at 8, 14 and 20 ° C caused conspicuous anatomical modifications in the wounded tubers being the best temperature for healing at 14 °C.

## INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil a produção de batata caracteriza-se como uma atividade de grande relevância socioeconômica (Zambolim et al., 2011), pois gera empregos e renda em todos os segmentos da cadeia produtiva (Geraldini et al., 2011), com a sua produção concentrada nas regiões Sudeste e Sul. O estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional, respondendo por 32,7 % da oferta anual, seguido do Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul. Juntos estes estados são responsáveis por 81 % do abastecimento nacional (IBGE, 2016).

A maior parte da produção nacional é destinada a comercialização *in natura*. No entanto, a crescente demanda por alimentos de rápido preparo tem elevado o consumo de batata processada, sendo necessário a expansão do crescimento do processamento industrial (Pereira & Suinaga, 2015).

Entre as categorias de batatas processadas, a mais comum é a batata frita em palitos (*french fries*), servida em restaurantes e cadeias de *fast food* pelo mundo (Silva & Carvalho, 2015). No Brasil, a produção de batata pré-frita congelada corresponde a apenas 26 % do consumo nacional, sendo 74 % importados da Argentina e países da União Europeia (Pereira & Suinaga, 2015; Souza, 2016).

Para a expansão do mercado, há necessidade de se estabelecer fornecimento regular e contínuo de matéria prima de qualidade para a manutenção da produção industrial das processadoras de batata frita. Cultivares apropriadas ao processamento industrial são necessárias para a obtenção de um produto com qualidade e aceitação dos consumidores. A matéria prima destinada a fritura deve possuir elevada porcentagem de sólidos, o produto frito deve ter coloração clara, características estas influenciadas pela cultivar, época de plantio e condições de armazenamento (Keijtbets, 2008).

As regiões de Araxá e Alto Paranaíba, localizadas no estado de Minas Gerais, são uma das principais regiões do país produtoras de batata destinada ao consumo *in natura* e ao processamento de pré-frita congelada. Porém, nos meses de março, abril e maio há escassez do produto destinado ao processamento, levando a indústria a necessidade de aquisição de matéria prima da região Sul do país. Esse período de entre safra eleva o valor do o produto, limita o envio de batata de Minas Gerais para outros estados e aumenta o fluxo de importação de produto processado oriundos da Europa (Bélgica e Holanda) e Argentina. A solução mais

viável para suprir a escassez de batata seria o armazenamento frigorificado a granel da batata entre os meses de setembro a dezembro.

O armazenamento refrigerado de tubérculos após a colheita visa fornecer matéria prima por um maior período, retardar o processo de envelhecimento fisiológico desencadeado pelo início da brotação, reduzir a infecção por microrganismos e diminuir a perda de massa fresca (Braun et al., 2010). No entanto, o armazenamento requer cuidados especiais para evitar a presença de defeitos visuais externos e de segurança alimentar do produto para venda *in natura* ou para processamento industrial (Finger et al., 2011). No Brasil, entretanto, o armazenamento se limita ao de batata semente em câmaras frigorificadas com temperaturas entre 3 a 4 °C, não havendo necessidade de se preocupar com o desenvolvimento do adoçamento (Finger et al., 2011).

Tubérculos armazenados a temperaturas inferiores a 8 °C tendem a induzir o adoçamento da batata, resultante do acúmulo dos açúcares redutores, glicose e frutose (Driskill et al., 2007). Como consequência da fritura, ocorre a reação de *Maillard* entre os açúcares redutores glicose e frutose com o aminoácido asparagina, produzindo a acrilamida e escurecendo do produto frito (Bethke & Bussan, 2013), o que desqualifica o produto reduzindo a aceitação comercial.

A acrilamida é considerada uma substância potencialmente cancerígena e há correlação positiva entre o acúmulo de açúcares redutores durante o armazenamento frigorificado da batata (Brunton et al., 2006) e o teor de acrilamida durante a fritura. Esses mesmos autores identificaram que o acúmulo de açúcares redutores ocorre em função da temperatura de armazenamento e do potencial de formação de açúcar da cultivar. Fatores pré-colheita como maturidade na colheita e estresses abióticos como extremos de temperatura também afetam o acúmulo de açúcares no armazenamento (Sowokinos, 2001; Driskil Jr. et al., 2007).

Na fase pós-colheita, os problemas causados por falhas no manuseio dos tubérculos, como cura inadequada, incidência de ferimentos e injúrias, causadas principalmente pelo beneficiamento (Henz & Ferreira, 2012) também acarretam em perdas expressivas. O processo de cura, maturação da periderme, ocorre durante e depois da dessecação da videira de batata. Este importante processo fisiológico está diretamente relacionado ao desenvolvimento da resistência à escoriação (Lulai & Orr, 1993), pois forma uma barreira

efetiva ao redor do tubérculo que o protege contra infecção e desidratação (Sabba & Lulai, 2002; Sabba & Lulai, 2005).

Perdas de qualidade durante o armazenamento continuam a ser um problema sério para a indústria de processamento, sendo um fator importante na redução da armazenagem de tubérculos (Sabba & Bussan, 2012). Assim, por meio da inclusão de tecnologias como a escolha de cultivares com características indicadas a indústria de processamento, bem como as condições dos tubérculos antes e durante o armazenamento, e a qualidade dos produtos processados é de fundamental importância, seja em nível de congelamento, resfriamento ou de fritura. Deste modo, faz-se necessário estudo prévio de procedimentos para o armazenamento frigorificado da batata para processamento industrial.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BETHKE, P. C.; BUSSAN, A. J. 2013. Acrylamide in processed potato products. **American Journal of Potato Research**, v.90, p.403-424.

BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; BUSATO, C.; CECON, P. R. 2010. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.2.

BRUNTON, N.; GOMLEY, R.; BUTLER, F.; CUMINS, E.; DANAHER, M.; O'KEEFFE, M. 2006. Acrylamide formation in potato products. Research Report, **Ashtown Food Research Centre**, Dublin, n.81, 64p.

DRISKILL, E. P.; KNOWLES, L. O.; KNOWLES, N. R. 2007. Temperature-induced changes in potato processing quality during storage are modulated by tuber maturity. **American Journal of Potato Research**, v.84, n.5, p.367-383.

FINGER, F. L.; MAPELI, A. M.; MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R. 2011. Pós-colheita do Tubérculo de Batata. In: Laércio Zambolim (Org.). **Produção Integrada de Batata**. 1 ed. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda., v.2, p.215-240.

GERALDINI, F., JULIÃO, L.; BORGATO, E. Procuram-se agroindústrias. Hortifruti Brasil, ago. 2011. Disponível em: < <http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/procuram->

se-agroindustrias-hortifruticolas-processados-rendem-mais-de-rs-5-bilhoes-em-2010.aspx  
>. Acesso em 28 de novembro de 2017.

HENZ, G. P.; FERREIRA, M. D. 2012. Manejo pós-colheita: evitar perdas para otimizar lucros. In: Informe Agropecuário. Batata: Tecnologia e sustentabilidade da produção, v. 33, n. 270.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil, 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?&t=resultados>>. Acesso em 29 de novembro de 2017.

KEIJBETS, M. J. H. 2008. Potato processing for the consumers: developments and future challenges. *Potato Research*, v.51, p.271-281.

LULAI, E. C.; ORR, P. H. 1993. Determining the feasibility of measuring genotypic differences in skin-set. **American Potato Journal**. v. 70, p. 599-609.

PEREIRA, A. da S.; SUINAGA, F. A. Introdução e importância econômica. In: Sistema de Produção da Batata. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 8 ISSN 1678-880x 8. 252 p. 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028425/1/SistemadeProducaoDaBatata.pdf>>. Acesso em 24 de outubro de 2017.

SABBA, R. P.; BUSSAN, A. J. 2012. Comparison of skin-set and periderm maturation in ‘Red Norland’ Potatoes grown in two soil types in Wisconsin. **American Journal of Potato Research**. v. 89, p. 508-511.

SABBA, R. P.; LULAI, E. C. 2002. Histological analysis of the maturation of native and wound periderm in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. **Annals of Botany**, v. 90, p. 1-10.

SABBA, R. P.; LULAI, E. C. 2005. Immunocytological analysis of potato tuber periderm and changes in pectin and extensin epitopes associated with periderm maturation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. v. 130, p. 936-942.

SILVA, G. O. da; CARVALHO, A. D. F. de. Industrialização. In: Sistema de Produção da Batata. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 8 ISSN 1678-880x 8. 252 p. 2015. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028425/1/SistemadeProducaoBatata.pdf>>. Acesso em 25 de outubro de 2017.

SOUZA, M, de M. 2016. Bem Brasil investe em nova fábrica de batata pré-frita. Disponível em:<<https://www.pressreader.com/brazil/valor-econ%C3%B4mico/20160503/281964606920022>>. Acesso em 24 de janeiro de 2018.

SOWOKINOS, J. R. 2001. Biochemical and molecular control of cold-induced sweetening in potatos. **American Journal of Potato Research**, v.78, p.221-236.

ZAMBOLIN, L.; CÁSSIA, R. M.; PICANÇO, M. C.; PÁDUA, J. G de; ZAMBOLIN, E. M.; MESQUITA, H. A de; LOPES, C. A.; MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, M. E.; MELO, P. C. T. de; NETO, O. P.; RIBEIRO, J. D. R.; NETO, A. E. R. 2011. Produção integrada: Base da sustentabilidade da bataticultura. In: **Produção Integrada da Batata**. Volume 1. Ed. ZAMBOLIN, L. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia, 2011. 438p.

## **CAPÍTULO 1 – ARMAZENAMENTO DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) DA CULTIVAR MARKIES DESTINADAS AO PROCESSAMENTO.**

### **RESUMO**

No Brasil, a cultura da batata tem grande importância socioeconômica pelo enorme potencial na geração de emprego e renda, tanto no setor agrícola como nos demais segmentos de sua cadeia. A fim de controlar o fluxo de mercado e aumentar o período de conservação dos tubérculos, estes são armazenados em câmaras refrigeradas. No entanto, os tubérculos durante o armazenamento em baixas temperaturas tendem a induzir o adoçamento da batata, resultante do acúmulo dos açúcares redutores que resultam na reação de *Maillard*, com escurecimento do produto frito. O objetivo deste estudo foi verificar as alterações nos tubérculos de batata da cultivar Markies sob diferentes temperaturas e tempos de armazenamento destinadas ao processamento de batata pré-frita. Determinou-se os teores de açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR), atividade das enzimas peroxidase (POD) e polifenoxidase (PPO), coloração após a fritura e incidência da brotação. Os tubérculos foram armazenados a 4, 5, 6 e 8 °C por 240 dias. No armazenamento estimado a 6,9 °C a concentração de AST e AR nos tubérculos tiveram menor concentração aos 78,4 e 92,9 dias de armazenamento, respectivamente. A atividade da POD e PPO não foram influenciadas pela temperatura, nem pelo tempo de armazenamento apresentando valor médio de 1,91 e 1,42 UA min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente. Houve variação na coloração dos palitos fritos, apresentando coloração mais escura para os tubérculos armazenados a 4 e 5 °C, enquanto os tubérculos armazenados a 6 e 8 °C mantiveram a coloração dentro do padrão aceitável até os 240 dias de armazenamento. As temperaturas de 4 e 5 °C retardaram o início da brotação, iniciando-se aos 150 dias, já nas temperaturas de 6 e 8 °C o início da brotação se deu a partir dos 90 e 60 dias de armazenamento, respectivamente. Nesta condição de trabalho, a cultivar Markies mantém sua qualidade industrial até 92,5 dias armazenada a 6,9 °C.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a batata (*Solanum tuberosum* L.) é a hortaliça de maior importância econômica, ocupando o primeiro lugar tanto em área plantada quanto em volume e valor de produção (Pereira & Suinaga, 2015; IBGE, 2016).

A utilização da batata para produtos processados, em detrimento do mercado tradicional de batata *in natura*, tem aumentado mundialmente. Para o processamento da batata devem ser utilizadas cultivares que apresentam características para o melhor aproveitamento e rendimento final (Carmo et al., 2012), a fim de garantir a qualidade do produto. Diversas cultivares foram introduzidas no estado de Minas Gerais desde o período de introdução da cultura até os dias atuais. Dentre essas, a cultivar Markies, de origem holandesa, poderá ocupar lugar de destaque nos cultivos por apresentar maior resistência à requeima e dupla aptidão culinária (Ribeiro et al., 2012) apresentando baixo teor de açúcar solúvel, níveis elevados de amido, boa coloração para fritura, sabor agradável (Thompson & Morgan, 2015) e polpa firme (Pereira et al., 2005).

Visando a expansão do mercado de produtos processados é necessário o fornecimento de matéria prima durante todo o ano, pelo armazenamento refrigerado dos tubérculos. No armazenamento dos tubérculos, as condições adequadas de temperatura para manter a qualidade e condições fisiológicas ideais do tubérculo é o fator mais importante (Khanal & Yprety, 2014). O armazenamento refrigerado é utilizado para reduzir a brotação e manter a qualidade pós-colheita dos tubérculos (Braun et al., 2010).

Para o processamento na forma de palitos pré-fritos congelados, são requeridos tubérculos que apresentem baixos teores de açúcares, visto que temperaturas inferiores a 8 °C, induzem o acúmulo de açúcares redutores que os tornam impróprios à fritura. Durante a fritura, a glicose e a frutose reagem com os aminoácidos (reação de *Maillard*), por reação não enzimática, resultando em produto de baixa qualidade e aceitação comercial, sabor amargo e coloração escura (Chapper et al., 2004; Knowles et al., 2009). Segundo Kumar et al. (2004) o nível de açúcares em tubérculos de batata varia entre as cultivares, maturidade do tubérculo, condições ambientais e fatores pós-colheita, como a temperatura de armazenamento.

Tubérculos de batata são susceptíveis ao escurecimento enzimático, devido a reações catalisadas pela atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Este processo ocorre antes da fritura dos palitos pois durante as etapas de descascamento, corte e fatiamento ocorre o rompimento das estruturas celulares, permitindo o contato entre a enzimas e o substrato (Araújo, 2003).

Diante da demanda e da tendência crescente por produtos processados e pela grande influência da temperatura de armazenamento nas principais características do processamento industrial, torna-se necessário conhecer o comportamento da cultivar Markies durante o armazenamento refrigerado para que, em função do tempo e temperatura de armazenamento, seja estimado o período em que as características se mantêm de acordo com a qualidade requerida para a indústria de processamento. Deste modo, o objetivo desse estudo foi avaliar o comportamento de tubérculos de batata cultivar Markies armazenados sob diferentes temperaturas e tempos de armazenamento refrigerado destinadas ao processamento de batata frita.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material Vegetal**

Os tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Markies, foram produzidos na região de Perdizes – MG. A colheita foi realizada 10 dias após a secagem completa da parte aérea da planta, no mês de novembro de 2015. Após a colheita os tubérculos foram selecionados pela sanidade e encaminhados ao Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa em Minas Gerais.

Os tubérculos selecionados foram submetidos ao processo de cura, que consistiu no armazenamento em câmaras de climatização por 7 dias a temperatura de 14 °C para formação da periderme de dano (suberização da periderme) e após esse período, a temperatura foi reduzida em 1 °C por dia até atingir a temperatura de 8 °C. Posteriormente,

os tubérculos foram divididos em câmaras climatizadas nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C (UR  $\pm$  90 %).

As análises de açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR), atividade das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO), coloração pós-fritura e brotação, foram realizadas avaliações aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias de armazenamento.

## **2.2 Quantificação do teor de açúcar solúvel total (AST) e açúcares redutores (AR).**

Na preparação do extrato para a determinação dos teores de açúcar solúvel total, açúcares redutores e não redutores, foram pesados cerca de 5 g de matéria fresca do tubérculo para cada amostra e sobre esse material foi adicionado etanol 80 % fervente até cobrir a amostra. Após atingir temperatura ambiente, essas amostras foram trituradas em homogeneizador até a suspensão ficar homogênea, em seguida o material foi centrifugado por 10 minutos a 2.000 rpm e filtradas em provetas sob papel filtro. A centrifugação do material e filtragem foram repetidas por mais duas vezes, e o volume final do extrato foi completado igualmente em todas as provetas, com base na proveta de maior volume. Após a extração as amostras foram armazenadas em frascos vedados sob refrigeração (8 °C).

A quantificação dos AST foi realizada segundo o método Fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956), utilizando solução de sacarose 1 % como padrão. Sempre em duplicata, 250  $\mu$ L das amostras foram pipetadas em tubo de ensaio de vidro com rosca, e adicionados 250  $\mu$ L de fenol 5 %, seguidos de agitação em vortex. Aos tubos foram acrescidos 1,25mL de ácido sulfúrico concentrado 95-97 % e agitados novamente. Após banho-maria por 20 minutos a temperatura de 30 °C, os tubos foram novamente agitados e colocados em temperatura ambiente por 30 minutos. As leituras foram realizadas a 490 nm em espectrofotômetro.

Os AR foram determinados pela metodologia do ácido dinitrossalicílico (DNS) descrita por Gonçalves et al. (2010) com modificações, utilizando-se frutose a 0,2 % como padrão. Para o preparo do reagente DNS foi utilizado 5 g de ácido dinitrossalicílico dissolvidos em 250 mL de água destilada a 80 °C. Quando a solução atingiu a temperatura ambiente (24 °C), 100 mL de NaOH 2 N e 150 g de tartarato de sódio e potássio 4-hidratado foram adicionados e o volume completado com água destilada até 500 mL. De acordo com o método, 500  $\mu$ L de reagente DNS e 500  $\mu$ L da amostra foram adicionados aos tubos de

ensaio, estes foram mergulhados em banho de água fervente e após 5 min, 4 mL de água destilada foram adicionados em cada tubo, resultando na mistura final da reação. As leituras foram realizadas a 540 nm em espectrofotômetro.

### **2.3 Extração e ensaio enzimático da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)**

Os materiais vegetais utilizados na determinação da atividade enzimática da POD e PPO foram coletados mensalmente das câmaras de armazenamento nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C e imediatamente congelados em nitrogênio líquido e armazenados para análise.

O extrato enzimático da POD e PPO foram adquiridos por meio da homogeneização de 5 g de material vegetal em 15 mL de tampão de extração (tampão fosfato de potássio 0,1 M pH 6,5) até a obtenção de massa homogênea, em seguida procedeu-se com filtragem em gaze e centrifugação a 17.000 g por 30 minutos a 4 °C (Neves, 2003). O sobrenadante foi utilizado para determinação da atividade enzimática e quantificação das proteínas segundo proposto por Bradford (1976), utilizando albumina de soro bovino (BSA) como padrão.

A atividade enzimática da POD foi determinada utilizando 100 µL do extrato enzimático (sobrenadante), adicionado ao meio de reação contendo 0,5 mL de guaiacol (1,68 %), 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0) e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio (1,8 %), e o volume de reação completado para 3 mL com água destilada. O branco foi constituído por todos os componentes do meio de reação, exceto o extrato enzimático, que foi substituído por água. A atividade enzimática em UA min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína (Neves, 2003), foi analisada em espectrofotômetro a 470 nm, a 25 °C.

Para a determinação da atividade enzimática da PPO, uma alíquota de 100 µL do extrato enzimático, foi adicionada ao meio de reação contendo 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0), acrescido de 0,5 mL catecol, completando-se o volume para 3,0 mL com água destilada. O branco apresentou todos os componentes do meio de reação, exceto o extrato enzimático, que foi substituído por água. A atividade enzimática foi analisada em espectrofotômetro a  $\lambda = 420$  nm, a 25 °C e expressa em UA min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína (Kavrayan & Aydemir, 2001).

## 2.4 Batata Palito: Classificação da cor após a fritura

Os tubérculos foram descascados, cortados em palitos com cortador manual e submetidos à fritura, em fritadeira elétrica com capacidade para 3 L (Modelo: Ford®) por 3 min a 180 °C. Cada repetição foi composta por 15 palitos. A quantidade de óleo utilizada foi suficiente para minimizar a queda da temperatura após as batatas serem imersas. A coloração das batatas fritas foi determinada visualmente com base em escala de notas de acordo com os padrões preconizados pelo USDA, utilizando o painel equivalente ao ‘*United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes*’ (USDA, 1967) utilizado pela indústria de processamento de batata brasileira (Figura 1).



Figura 1. Tabela de classificação de cor de palitos de batata após a fritura equivalente ao ‘*United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes*’.

## 2.5 Incidência da brotação

Mensalmente foi verificado a presença dos brotos nos tubérculos amostrados.

## **2.6 Análise estatística**

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo as parcelas as temperaturas 4, 5, 6 e 8 °C, e nas subparcelas os tempos de armazenamento 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias. As combinações entre 4 temperaturas de armazenamento e 8 tempos de avaliação. Para as avaliações de AST, AR, ANR, coloração pós-fritura e brotação foram amostradas de cada tratamento, 6 repetições com 2 tubérculos cada. Para as análises da POD e PPO foram utilizadas 5 repetições com 2 tubérculos cada.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão utilizando-se o software estatístico SAEG 9.1 - Sistema de Análises Estatísticas e Genética (SAEG, 2007).

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Houve interação entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento para os AST e AR. No entanto, a atividade das enzimas POD e PPO não foram influenciados pela temperatura e tempo de armazenamento.

Os resultados de AST e AR foram expressos pelo método de superfície de resposta. Segundo Montgomery (2001), as equações definidas de superfície de resposta possibilitam observar como as variáveis em teste afetam as respostas.

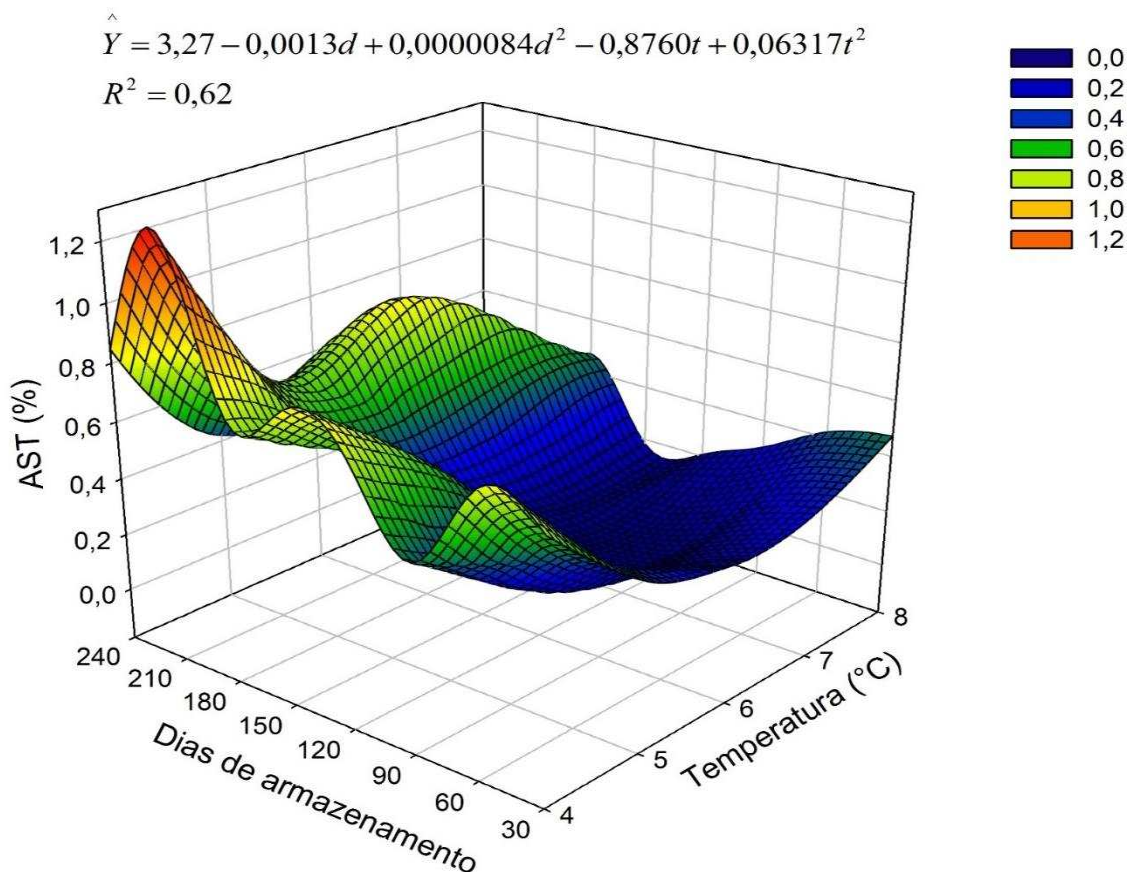
### **3.1 Teor de açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR).**

Ao longo do tempo de armazenamento houve incremento dos AST independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 2). No entanto, os tubérculos armazenados nas temperaturas de 4 e 5 °C tiveram teores superiores aqueles armazenados nas temperaturas de 6 e 8 °C, já nos primeiros 30 dias de armazenamento.

A conversão de amido em açúcares está relacionada com a atividade das enzimas responsáveis pela degradação do amido e pela redução da atividade respiratória, o que resulta em acúmulo desses carboidratos (Braun et al., 2010), sendo dependente da temperatura, das cultivares e do tempo de armazenamento (Kumar et al., 2004; Braun et al., 2010). O acúmulo de sacarose, glicose e frutose nos tubérculos, é um fenômeno conhecido como adoçamento. Isso ocorre devido ao mecanismo de sobrevivência dos tubérculos sob condições de baixas temperaturas visando a proteção celular (Pringle et al., 2009).

O acúmulo de AST em baixas temperaturas de armazenamento, foram observados por Chapper et al. (2002) nas cultivares Pérola e Atlantic, entre 0 e 10 dias de armazenamento, quando os tubérculos foram armazenados a 2 °C, em comparação com aqueles armazenados a 15 °C e em condição ambiente e por Bacarin et al. (2005) nas cultivares Pérola, Atlantic e Asterix armazenados a 4 °C já aos 30 dias de armazenamento, ocasionando rápida perda da qualidade (Zommick et al., 2014).

No armazenamento de tubérculos em temperaturas inferiores a 8 °C é possível se observar incremento nos níveis de açúcar solúvel total (Chapper et al., 2004), no entanto, para a cultivar Markies, esse acúmulo se iniciou nas temperaturas abaixo de 6 °C. Para esta cultivar, nas temperaturas de 6 e 8 °C o acúmulo de AST é observado somente a partir dos 150 dias de armazenamento (Figura 2), fato este relacionado com o início da brotação dos tubérculos (Figura 6). O aumento nos teores de açúcares ao longo do tempo de armazenamento pode ser justificado pela elevação da respiração para suprir as necessidades energéticas, o qual resulta na degradação de reservas de carboidratos (Bisognin et al., 2008).



**Figura 2.** Teor de Açúcar Solúvel Total (AST %) em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Markies armazenadas nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C (UR ± 90 %) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias.  $A\hat{S}T_{\min} = [\hat{Y}_{\min}; 78,4; 6,9]$

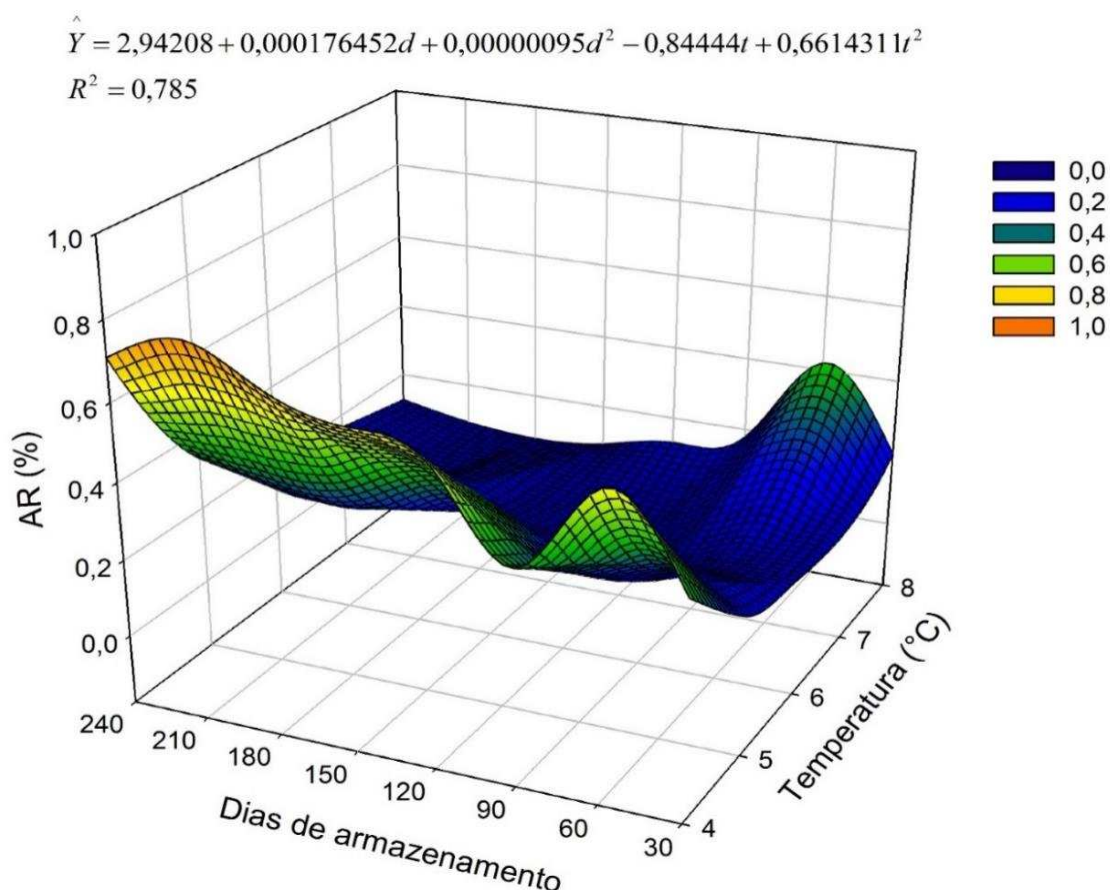
Pelo modelo apresentado em função do tempo e das temperaturas de armazenamento, o menor teor de AST em tubérculos da cultivar Markies é percebido aos 78,9 dias na temperatura de 6,9 °C.

Ao longo do tempo houve maior acúmulo de AR nas temperaturas de 4 e 5 °C se comparado com as temperaturas de 6 e 8 °C (Figura 3). Na temperatura de 4 °C verificou-se valores acima de 0,4 % já a partir dos 30 dias de armazenamento. Enquanto as temperaturas de 6 e 8 °C ocasionaram concentrações de AR inferiores a 0,2 % ao longo dos 240 dias de armazenamento. Pelo modelo apresentado em função do tempo e das temperaturas de armazenamento, o menor teor de AR é percebido aos 92,9 dias na temperatura de 6,9 °C.

O aumento no teor de açúcares redutores após os 30 dias de armazenamento à temperatura de 4 °C, possivelmente deve-se à quebra do amido e este acúmulo se dá devido

a taxa da respiração e demanda energética ser reduzida. Aumento nos teores de AR também foram observados por Bacarin et al. (2005), neste mesmo período, sob armazenamento a 4 °C. Dependendo do tempo de armazenamento, cultivar e grau de maturação dos tubérculos, os teores de amido e açúcares variam pela ocorrência de hidrólise químicas e/ou enzimáticas, reduzindo as quantidades de amido e aumentando as de açúcares (Braun et al., 2010).

Segundo Stark et al. (2003), tubérculos de batata para processamento devem possuir teores de AR abaixo de 0,12 %, e de acordo com Zorzella et al. (2003) esses valores podem variar de 0,2 a 0,3 %. Pelo presente trabalho, os teores de AR encontrados nas temperaturas de 6 e 8 °C, estão dentro da faixa de aceitação para a indústria de processamento variando até 0,2 %, porém nas temperaturas de armazenamento 4 e 5 °C, esses valores foram superiores nos primeiros 30 dias de armazenamento.

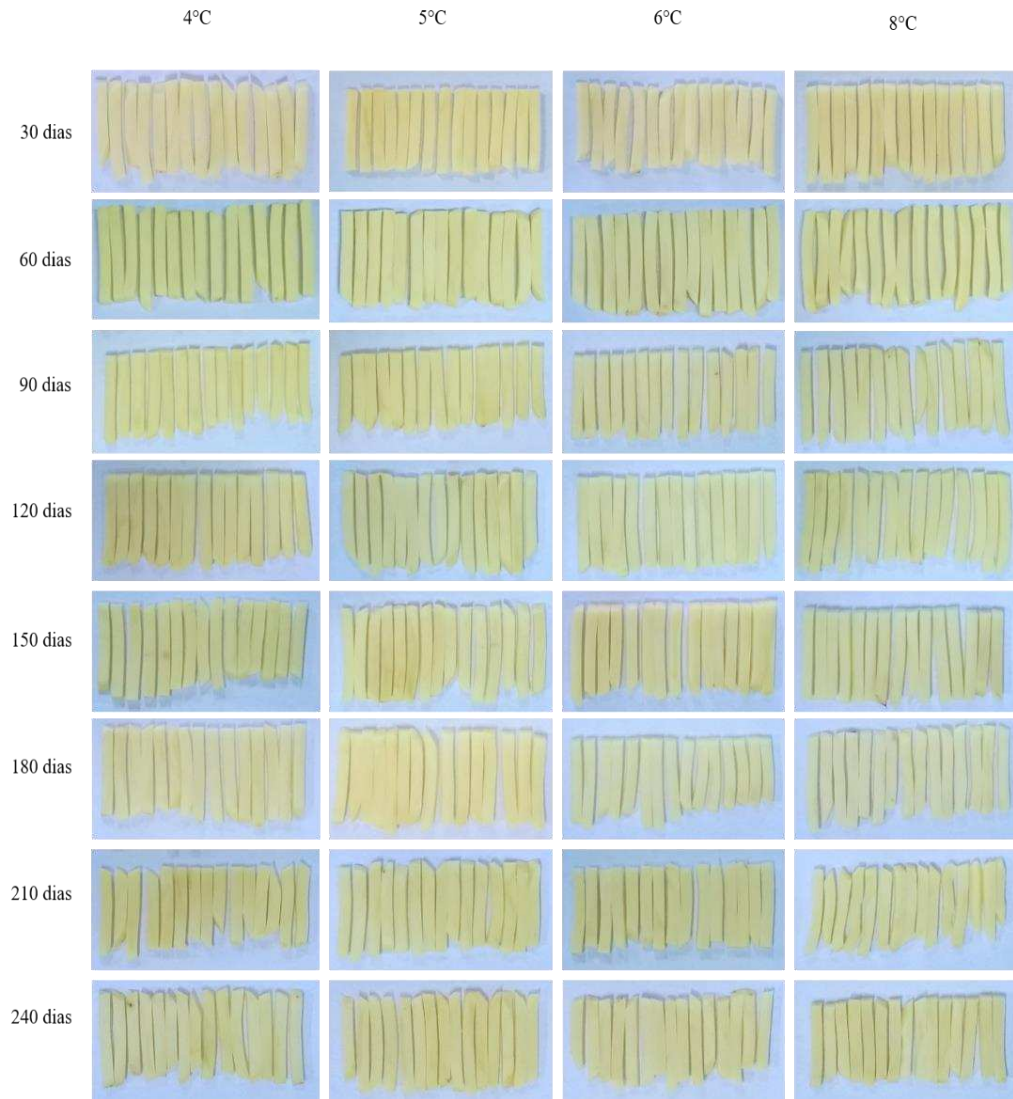


**Figura 3.** Teor de Açúcares Redutores (AR %) em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Markies armazenadas nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C (UR ± 90 %) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias.  $\hat{A}R_{\min} = [\hat{Y}_{\min}; 92,9; 6,9]$

### 3.2 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PFO)

Para a cultivar Markies, não houve efeito significativo do tempo e da temperatura de armazenamento na atividade das enzimas POD e PPO. Os valores médios encontrados foram de 1,91 e 1,42 UA min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína para POD e PPO, respectivamente. Após o corte dos palitos não houve presença de escurecimento enzimático em nenhum tempo e temperatura de armazenamento da cultivar Markies (Figura 4).

O escurecimento enzimático está relacionado à ação das enzimas POD e PPO, que utilizam compostos fenólicos como substratos e provocam alterações indesejáveis na cor, sabor e aroma dos vegetais (Valderrama et al., 2001). De acordo com Dörnenburg e Knorr (1997), as reações de escurecimento são dependentes do grau de interação entre enzima/substrato e a integridade da membrana que os separa. Segundo estes mesmos autores a integridade das membranas da célula deteriora durante danos ou durante o armazenamento, havendo variação no conteúdo da enzima entre espécies e cultivares. De acordo com Zorzella et al. (2003) a alteração na cor, sabor e o gosto amargo de batata “chips”, de diferentes genótipos de batata, foram atribuídos a atividade da POD e PPO. No entanto, para a cultivar Markies, as temperaturas e o tempo de armazenamento utilizados não apresentaram influência na atividade enzimática da POD e PPO.



**Figura 4.** Coloração antes da fritura dos palitos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Markies armazenados nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C (UR ± 90 %) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias. As amostras apresentadas foram selecionadas para representar a cor média de uma amostra de 12 tubérculos para cada tratamento.

### 3.3 Batata Palito: Classificação da cor após a fritura

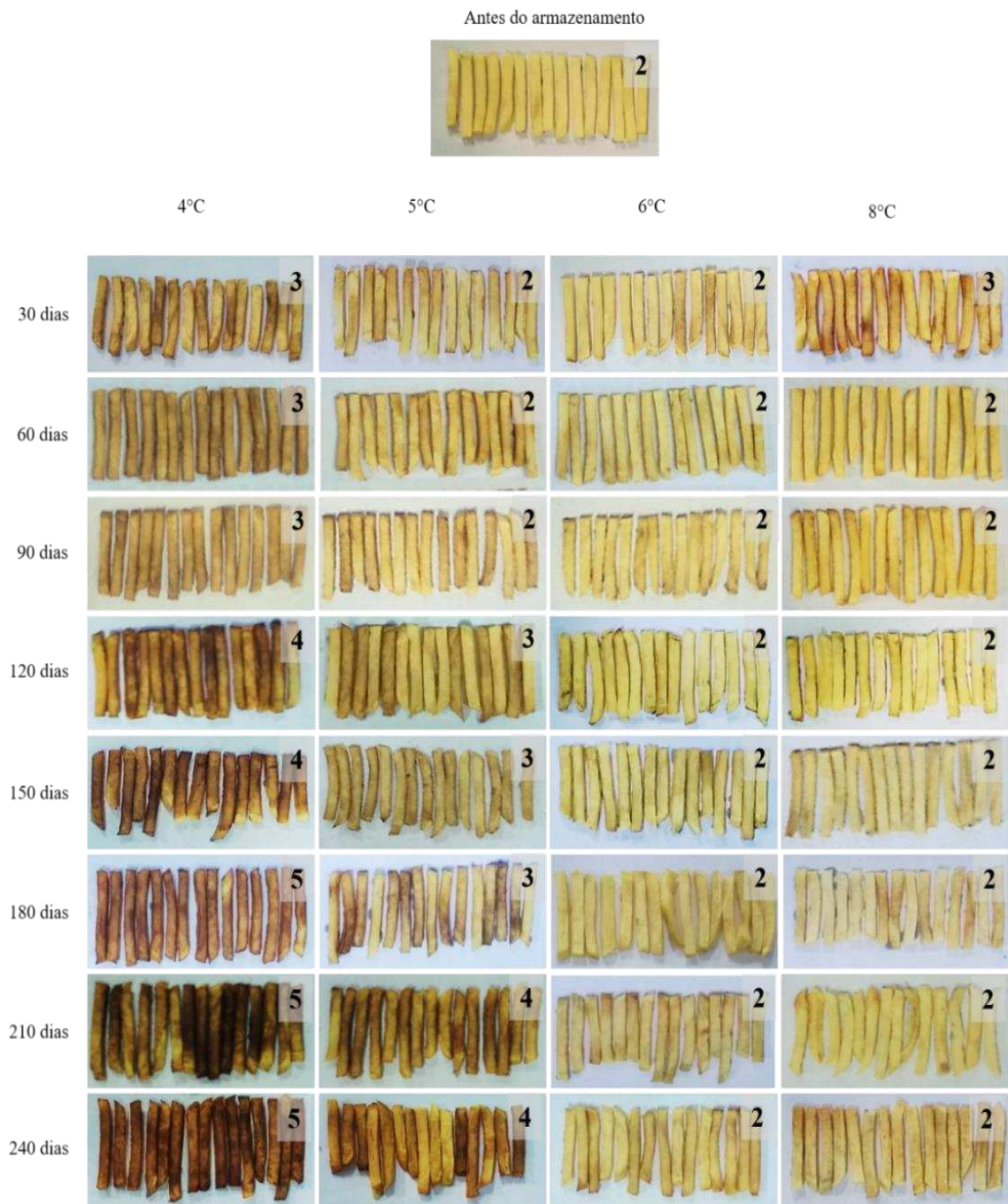
A avaliação da coloração pós-fritura foi realizada a cada 30 dias por 240 dias, a fim de visualizar o resultado do processo de adoçamento, pela influência do tempo e temperatura de armazenamento. Houve variação na coloração dos palitos após a fritura ao longo dos meses de armazenamento, apresentando coloração mais escura nos tubérculos armazenados

a 4 °C (Figura 5), a partir dos 30 dias de armazenamento. Isso é justificado pelo fato da temperatura de 4 °C ser a que ocasionou maior teores de AR (Figura 3), demonstrando que possivelmente houve reação entre o grupamento carbonila do AR e o grupo amino dos aminoácidos durante a fritura, pela reação de *Maillard*, que resultou no escurecimento do produto.

Sob baixa temperatura, a taxa da respiração e a de brotação são inibidas resultando em menor consumo de açúcares redutores acumulando-se nos tubérculos, resultando em coloração escura (Chapper et al., 2004; Knowles et al., 2009). Estes resultados estão de acordo com Feltran et al. (2004) que ao determinarem a qualidade para processamento dos tubérculos de cultivares de batata afirmaram que os conteúdos de AR e/ou ANR estão intimamente relacionados com a qualidade do produto, refletindo negativamente sobre a coloração após a fritura.

A coloração dos palitos fritos antes do armazenamento refrigerado, indica que a cv. Markies apresentava-se dentro dos padrões de classificação de coloração requeridos para a indústria de processamento (Figura 5). Esse resultado está de acordo com Chapper et al. (2002), Bacarin et al. (2005) e Araújo (2014) que afirmam que tubérculos mantidos em temperatura ambiente não apresentam alterações significativas na coloração atendendo às condições requeridas para o processamento.

Os menores teores de AR (Figura 3) coincidiram com a coloração clara dos palitos após a fritura (Figura 5). Este resultado foi observado até os 240 dias nos tubérculos armazenados a 6 e 8 °C que receberam classificação 2, possibilitando, a nível de fritura, utilizar os tubérculos por um longo período sem afetar o processamento industrial. No entanto, aos 120 dias de armazenamento nessas mesmas temperaturas, a brotação já se encontra em estágio avançado de desenvolvimento a 8 °C (Figura 6), o que representa um entrave para a indústria de processamento devido aos problemas ocasionados pelos brotos no interior das câmaras de armazenamento.



**Figura 5.** Coloração após a fritura de palitos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Markies armazenadas nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C (UR ± 90 %) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias, após fritura por 3 min a 180 °C. Os números indicados no canto superior direito indicam classificações de cor USDA. As amostras apresentadas foram selecionadas para representar a cor média de uma amostra de 12 tubérculos para cada tratamento.

Ao longo do tempo houve escurecimento dos palitos em comparação com a primeira amostragem realizada antes dos tubérculos entrarem nas câmaras de armazenamento refrigerado (Figura 5). No entanto, esse escurecimento não afetou a classificação de cor dos tubérculos a temperatura de 6 e 8°C, mantendo-se aceitável.

Segundo Feltran et al. (2004), embora haja correlação entre a coloração pós-fritura dos palitos e os teores de AR, que é altamente influenciado pelas condições de armazenamento (Pastorini et al., 2003), apenas o teor de AR não é suficiente para distinguir cultivares quanto à aptidão para o processamento industrial. Segundo Pedreschi et al. (2007) a avaliação da coloração após a fritura permite uma conclusão mais apurada, uma vez que a cor é considerada um dos parâmetros mais importantes na definição da qualidade das batatas fritas, exercendo influência na preferência dos consumidores, sendo o escurecimento excessivo indicador de baixa qualidade do produto (Pastorini et al., 2003).

A avaliação da coloração após a fritura é extremamente importante para a caracterização do produto e a adequação das condições de armazenamento, de forma a minimizar o escurecimento excessivo durante e após o processamento (Saona & Wrolstad, 1997).

### **3.4 Incidência da brotação**

As temperaturas de 4 e 5 °C retardaram o início da brotação, iniciando-se aos 150 dias. Para as temperaturas de 6 e 8 °C houve brotação aos 90 e 60 dias de armazenamento, respectivamente (Figura 6). Bisognin et al. (2008), observaram que o aumento da temperatura de armazenamento acelerou a brotação dos tubérculos e incrementou tanto a porcentagem de tubérculos brotados quanto o número de brotos por tubérculos.

O período de dormência se torna mais prolongado em tubérculos armazenados em baixa temperatura pois há um menor uso das reservas necessárias à brotação das gemas (Bisognin & Streck, 2009; Muller, 2011), conservando as batatas por período maior. Desta forma as temperaturas mais baixas tendem a retardar o aparecimento de brotos. Por outro lado, essa faixa de temperatura favorece a hidrólise ou degradação do amido, e conseqüentemente, o acúmulo de AR, que causam o escurecimento dos palitos após a fritura.

Temperaturas de armazenamento elevadas estão associadas ao favorecimento do avanço na idade fisiológica dos tubérculos, pois quanto mais elevada seja a temperatura, mais rápido ocorre o processo de envelhecimento (Pavlista, 2004) e, conseqüentemente, o início da brotação. Durante o crescimento dos brotos há incremento na respiração para suprir as necessidades energéticas, promovendo a degradação de substâncias reservas, translocação de carboidratos, perda de água por transpiração e, conseqüentemente perda de massa fresca dos tubérculos (Bisognin et al., 2008).



**Figura 6.** Incidência da brotação de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Markies armazenados nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C (UR ± 90 %) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os teores de AST, AR, coloração dos palitos após a fritura e a brotação foram influenciados pela temperatura e tempo de armazenamento.

2. A atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase não foram influenciadas nem pelo tempo e nem pela temperatura de armazenamento.

3. A qualidade de processamento da cultivar Markies é mantida por 92,9 dias de armazenamento a 6,9 °C sem perder a qualidade, estando apta para processamento.

4. A adaptabilidade desta cultivar para o processamento depende não só da sua qualidade na colheita, mas também da sua resposta às condições de temperatura no armazenamento.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J.M. 2003. **Química de alimentos – teoria e prática**, 3ª ed., Viçosa, Editora UFV.

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

BERVALD, C. M. P.; BACARIN, M. A.; DEUNER, S.; TREVIZOL, F. C. 2010. Variação do teor de carboidratos em genótipos de batata armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 477-483.

BISOGNIN, D. A.; FREITAS, A. T. de; BRACKMANN, A.; ANDRIOLO, J. L.; PEREIRA, E. I. P.; MULLER, D. R.; BANDINELLI, M. G. 2008. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, v.67, n.1, p.59-65.

- BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. 2009. Desenvolvimento e manejo das plantas para a alta produtividade e qualidade da batata. Itapetininga-SP, Associação Brasileira de Batata, 32 p.
- BRADFORD, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254.
- BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; BUSATO, C.; CECON, P. R. 2010. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 285-293.
- CARMO, E. L. do; LEONEL, M.; PÁDUA, J. G. de. 2012. Processamento da batata no Brasil: situação atual e perspectivas. In: Informe Agropecuário. Batata: Tecnologia e sustentabilidade da produção, v. 33, n. 270.
- CHAPPER, M.; BACARIN, M. A.; PEREIRA, A. da S.; TERRIBLE, L. C. 2002. Carboidratos não estruturais em tubérculos de dois genótipos de batata armazenados em duas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 348-355.
- CHAPPER, M.; LOUREIRO, M. E.; MOSQUIM, P. R.; ARAÚJO, W. L.; PEREIRA, A. da S.; FINGER, F. L.; SIMÕES, A. N. 2004. Mudanças metabólicas após acondicionamento a 15°C de tubérculos de batata armazenados a baixa temperatura. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 597-601.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356.
- DÖRNENBURG, H.; KNORR, D. 1997. Evaluation of elicitor and high pressure induced enzymatic browning utilizing potato (*Solanum tuberosum*) suspension cultures as a model system for plant tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 45, p. 4173-4177.
- FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B.; VIEITES, R. L. 2004. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, v.61, p.598-603.
- GONÇALVES, C.; RODRIGUEZ-JASSO, R. M.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J. A.; BELO, I. 2010. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods**, v. 2, p. 2046-2048.

- KAVRAYAN, D.; AYDEMIR, T. 2001. Partial purification and characterization of polyphenoloxidase from peppermint (*Mentha piperita*). **Food Chemistry**, v. 74, p. 146-154.
- KHANAL, B.; UPRETY, D. 2014. Effects of storage temperature on post-harvest of potato. **International Journal of Research (IJR)**, v.1, n. 7, p. 903-909.
- KNOWLES, N. R.; DRISKILL, E. P. J.; KNOWLES, L. O. 2009. Sweetening responses of potato tubers of different maturity to conventional and non-conventional storage temperature regimes. **Postharvest Biology and Technology**. v. 52, p. 49-61.
- KUMAR, D.; SINGH, B. P.; KUMAR, P. 2004. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 145, n.3, p.247-256.
- MONTGOMERY, D. C. 2001. Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons, New York.
- NEVES, L. L. de M. 2003. Envolvimento de enzimas oxidativas no escurecimento do quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]. 72 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- PASTORINI, L. H.; BACARIN, M. A.; TREVIZOL, F. C.; BERVALD, C. M. P.; FERNANDES, H. S. F. 2003. Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.21, n.4, p. 660-665.
- PAVLISTA, A. D. 2004. Physiological aging of seed tubers. *Nebraska Potato Eyes*. v. 16, p. 2-3.
- PEDRESCHI, F.; LEON, J.; MERY, D.; MOYANO, P.; PEDRESCHI, R.; KAACK, K.; GRANBY, K. 2007. Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.786-793.
- PEREIRA, A. da S.; SUINAGA, F. A. Introdução e importância econômica. In: Sistema de Produção da Batata. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 8 ISSN 1678-880x 8. 252 p. 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028425/1/SistemadeProducaoDaBatata.pdf>>. Acesso em 24 de outubro de 2017.
- PEREIRA, E. M. S.; LUZ, J. M. Q.; MOURA, C. C. 2005. **A batata e seus benefícios nutricionais**. Uberlândia: EDUFU, 60p.

- PRINGLE, R.; BISHOP, C.; CLAYTON, R. 2009. Physiology. In: **Potatoes Postharvest**. p. 1-29.
- RIBEIRO, J. D. R.; RIBEIRO, G. H. M. R.; PINTO, C. A. B. P. Evolução e desafios da bataticultura em Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 33, n. 270, p. 7-13, 2012.
- SAEG – Sistema para análises estatísticas, versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV – Viçosa. 2007.
- SAONA, L. E. R.; WROLSTAD, R. E. 1997. Influence of potato composition on chip color quality. **American Potato Journal**, v.74, n. 2, p.87-107.
- STARK, J. C.; OLSEN, N.; KLEINL, O. P.; GE, F.; LOVE, S. L. 2003. Tuber quality. In: STARK, J. C.; LOVE, S. L. (Eds.) Potato production systems. Aderdeen: University of Idaho. p. 329-343.
- THOMPSON, MORGAN. Potato ‘Markies’ (Early Maincrop) *Solanum tuberosum*. Disponível em: <<http://www.thompson-morgan.com/vegetables/potatoes/maincrop/potato-markies/t17927TM#additional-links>>. Acesso em 9 de agosto de 2015.
- USDA. 1967. United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes. USDA, Washington, 16p.
- VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F. CLEMENTE, E. 2001. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n. 3, p. 321-325.
- WANG, Q.; CAO, Y.; JIANG, C. Z.; FENG, Y.; WEI, S. 2015. Effects of postharvest curing treatment on flesh colour and phenolic metabolism in fresh-cut potato products. **Food Chemistry**, v. 169, p. 246-254.
- ZOMMICK, D. H.; KNOWLES, L. O.; PAVEK, M. J. 2014. In-season heat stress compromises postharvest quality and low-temperature sweetening resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Planta**. v. 239, p.1243-1263.
- ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L.; TREPTOW, R. O. 2003. Qualidade sensorial de “chips” de diferentes genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivos de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n. 1, p. 57-63.

## **CAPÍTULO 2 – FORMAÇÃO DA PERIDERME DE DANO EM TUBÉRCULOS DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.) CV. MARKIES E CHALLENGER SOB A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA.**

### **RESUMO**

O objetivo do presente estudo é determinar o efeito da temperatura de cura na regeneração da periderme de dano em tubérculos de batata cultivar Markies e Challenger, destinadas ao processamento. Para isso, foram utilizados tubérculos com danos por escoriações e tubérculos sem danos (controle), armazenados nas temperaturas de 8, 14 e 20 °C (UR ± 90 %) durante 14 dias para realização da cura. Foram realizadas as análises de taxa de perda de massa fresca diariamente. Avaliou-se o comportamento do açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR), coloração dos palitos após a fritura e a regeneração da periderme após o dano antes de realizar a cura e após os 14 dias. Somente na temperatura de 14 °C foi possível verificar redução na taxa de perda de massa fresca nos tubérculos. Em todas as temperaturas avaliadas, verificou-se taxa de perda de matéria fresca superior nos tubérculos que sofreram danos. Para a cultivar Markies os maiores teores de AST, AR e ANR ocorreram nos tubérculos que sofreram danos e foram armazenados a 8 °C, em detrimento aos tubérculos do controle. Enquanto para a cultivar Challenger os maiores teores de AST ocorreram nos tubérculos com dano, a 8 e 14 °C, quando comparados ao controle, no entanto, os AR e ANR não foram influenciados pelo dano mecânico e temperatura. Na cultivar Markies, tanto nos tubérculos com dano quanto no controle, a temperatura de 8 °C ocasionou o maior teor de AST, AR e ANR em relação as temperaturas de 14 e 20 °C. Para a cultivar Challenger a temperatura aumentou os teores de AST, AR e ANR apenas nos tubérculos com dano, sendo a temperatura de 8 °C foi a que induziu os maiores valores. As temperaturas de armazenamento de 8, 14 e 20 °C não influenciaram a estrutura anatômica da periderme dos tubérculos que não sofreram danos, porém, nos tubérculos que sofreram escoriações, houve modificações anatômicas conspícuas, sendo que a 14 °C foi a temperatura que proporcionou melhor cura.

## 1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a terceira cultura alimentar com maior importância no mundo (Wang et al., 2015). No Brasil, é a hortaliça de maior consumo sendo considerada um alimento basicamente energético e rico em proteínas e importante fonte de sais minerais (Pereira & Suinaga, 2015).

Enquanto o consumo de batata *in natura* vem reduzindo, o consumo de produtos processados vem aumentando (Zorzella et al., 2003; Pereira & Suinaga, 2015). Esse aumento é devido a praticidade dos produtos que possibilitam facilidades no preparo e na estocagem (Silva & Carvalho, 2015). A preferência dos brasileiros no consumo de batata é maior na forma de batata frita, mas outras formas de consumo também são representativas (Pádua et al., 2012).

De acordo com Pádua et al. (2012), para atender a indústria de processamento, é necessário que as cultivares atendam a uma série de requisitos que contribuem significativamente para redução do custo de produção, empregando aquelas mais adaptadas às condições ambientais de cultivo e com aptidão culinária adequada aos diversos tipos de preparo.

Dentre as cultivares utilizadas no estado de Minas Gerais, destacam-se as cultivares Markies e Challenger por apresentarem bom desempenho nas condições climáticas do estado e são consideradas ideais para o mercado de batatas processadas, sendo adequadas para a fritura na forma de palito ou *french fries* e batata palha (Pádua et al., 2012).

Para suprir a demanda é necessário o armazenamento dos tubérculos (Bisognin et al., 2008). Tal prática visa fornecer matéria prima às indústrias de processamento durante a entre-safra, pois o armazenamento a baixas temperaturas pode prolongar a dormência inibindo a brotação, reduzindo infecções por microrganismos, diminuir a perda de massa fresca, aumentando a vida de prateleira e prolongando o período de comercialização (Braun et al., 2010; Zommick et al., 2014). Temperaturas baixas durante o armazenamento refrigerado podem favorecer o aumento no conteúdo de açúcares redutores no tubérculo e assim reduzir a qualidade de processamento (Zommick et al., 2014), pois altos teores de açúcares redutores causam escurecimento indesejável durante a fritura. Este escurecimento ocorre devido a reação não enzimática conhecida como reação de *Maillard*, que é um

processo que se inicia com a reação entre o grupamento carbonila ou cetona do açúcar redutor e o grupo amino de aminoácidos, resultando no surgimento das melanoidinas pigmentadas (Davids et al., 2004; Shibao & Bastos, 2011).

O período de colheita dos tubérculos de batata, se dá quando as ramas secam naturalmente ou pela aplicação de herbicida registrado para esse fim. Antes do armazenamento, durante a colheita e transporte, os tubérculos estão sujeitos a ocorrência de injúrias mecânicas que afetam o potencial de armazenamento. Essas injúrias reduzem a qualidade do produto seja por alterações fisiológicas ou pela entrada de microrganismos patogênicos, ambas decorrentes dos ferimentos causados (Silva & Pilon, 2015).

Segundo Wang et al. (2015), para reduzir as perdas durante o armazenamento, antes da entrada nas câmaras de armazenamento, é necessário que os tubérculos estejam com a periderme formada, processo que ocorre durante o período denominado de cura. Tubérculos com a periderme ainda imatura são suscetíveis a escoriações no momento da colheita e manuseio no armazenamento, entretanto, à medida que a periderme amadurece, apresenta-se firmemente unidas às células subjacentes e, portanto, resistente a escoriação (Lulai, 2007). O reparo completo da área danificada pode ocorrer com a indução de meristemas secundários (periderme) ou por modificações químicas nos tecidos próximos às células danificadas (Chitarra & Chitarra, 2005). A periderme se desenvolve na planta como tecido de proteção e como tecido de cicatrização (Mazzoni-Viveiros & Costa, 2006). Logo, a maturação da periderme é um processo fisiológico importante e diretamente relacionado ao desenvolvimento da resistência à escoriação (Lulai & Orr, 1993; Lulai & Freeman, 2001).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi determinar o efeito da temperatura de cura na variação da taxa de perda de massa fresca, nos teores de açúcar solúvel total, açúcar redutor e açúcar não-redutor, e na regeneração da periderme de dano em tubérculos de batata cultivar Markies e Challenger destinadas ao processamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material Vegetal**

Foram utilizados tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Markies e Challenger, provenientes da região produtora de Perdizes – MG. A colheita foi realizada 10 dias após a secagem completa da parte aérea da planta. Os tubérculos colhidos, foram selecionados e encaminhados para o Laboratório de Pós Colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa em Minas Gerais.

### **2.2 Danos nos tubérculos**

Para cada temperatura, foram utilizados 8 tubérculos intactos para o controle e 8 tubérculos que sofreram escoriação e retirada da periderme com o auxílio de uma lixa. Posteriormente os tubérculos foram armazenados em câmaras de climatização nas temperaturas de 8, 14 e 20 °C (UR ± 90 %) para a realização da cura.

### **2.3 Variação da taxa de perda de massa fresca**

A taxa de perda de massa fresca dos tubérculos foi avaliada pela diferença entre a massa fresca dos tubérculos e a massa fresca final expresso em %, como se segue:

$$\text{TPMF} = [(PI - PF) * 100] / PI$$

TPMF - Taxa de perda de massa fresca (%)

PI - Massa fresca inicial (g)

PF - Massa fresca final (g)

Os tubérculos foram pesados antes de entrarem na câmara de climatização nas temperaturas de 8, 14 e 20 °C (UR ± 90 %) e pesados diariamente até atingir um ponto constate da taxa de perda de massa fresca. Foi considerado como PI sempre o peso do dia anterior.

## **2.4 Quantificação do teor de açúcar solúvel total (AST) e açúcares redutores (AR) e açúcares não-redutores (ANR).**

Na preparação do extrato para a determinação do teor de açúcar solúvel total, açúcares redutores e não redutores, foram pesados cerca de 5 g de matéria fresca do tubérculo para cada amostra e sobre esse material foi adicionado etanol 80 % fervente até cobrir a amostra. Após atingir temperatura ambiente, essas amostras foram trituradas em homogeneizador até a suspensão ficar homogênea, em seguida o material foi centrifugado por 10 minutos a 2.000 rpm e filtradas em provetas sob papel filtro. A centrifugação do material e filtragem foram repetidas por mais duas vezes, e o volume final do extrato foi completado igualmente em todas as provetas, com base na proveta de maior volume. Após a extração as amostras foram armazenadas em frascos vedados sob refrigeração (8 °C).

A quantificação dos AST foi realizada segundo o método Fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956), utilizando solução de sacarose 1 % como padrão. Sempre em duplicata, 250 µL das amostras foram pipetadas em tubo de ensaio de vidro com rosca, e adicionados 250 µL de fenol 5 %, seguidos de agitação em vortex. Aos tubos foram acrescentados 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado 95-97 % e agitados novamente. Após banho-maria por 20 minutos a temperatura de 30 °C, os tubos foram novamente agitados e colocados em temperatura ambiente por 30 minutos. As leituras foram realizadas a 490 nm em espectrofotômetro.

Os AR foram determinados pela metodologia do ácido dinitrossalicílico (DNS) descrita por Gonçalves et al. (2010) com modificações, utilizando-se frutose a 0,2 % como padrão. Para o preparo do reagente DNS foi utilizado 5 g de ácido dinitrossalicílico dissolvidos em 250 mL de água destilada a 80 °C. Quando a solução atingiu a temperatura ambiente (24 °C), 100 mL de NaOH 2 N e 150 g de tartarato de sódio e potássio 4-hidratado foram adicionados e o volume completado com água destilada até 500 mL. De acordo com o método, 500 µL de reagente DNS e 500 µL da amostra foram adicionados aos tubos de ensaio, estes foram mergulhados em banho de água fervente e após 5 min, 4 mL de água destilada foram adicionados em cada tubo, resultando na mistura final da reação. As leituras foram realizadas a 540 nm em espectrofotômetro.

O teor de ANR foi determinado por diferença entre os teores de AST e AR e expressos em %.

## 2.5 Batata Palito: Classificação da cor após a fritura

Os tubérculos foram descascados, cortados em palitos com cortador manual e submetidos à fritura, em fritadeira elétrica com capacidade para 3 L (Modelo: Ford®) por 3 min a 180 °C. Cada repetição foi composta por 15 palitos. A quantidade de óleo utilizada foi suficiente para minimizar a queda da temperatura após as batatas serem imersas. A coloração das batatas fritas foi determinada visualmente com base em escala de notas de acordo com os padrões preconizados pelo USDA, utilizando o painel equivalente ao ‘United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes’ (USDA, 1967) utilizado pela indústria de processamento de batata brasileira (Figura 1).



**Figura 1.** Tabela de classificação de cor de palitos de batata após a fritura equivalente ao ‘United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes’ (USDA, 1967).

## 2.6 Avaliação da formação da periderme de dano

Foram retiradas amostras de 1 cm<sup>3</sup> das áreas dos tubérculos onde foram realizadas as escoriações e dos tubérculos do tratamento controle. As amostras foram fixadas em FAA (Formaldeído – Ácido acético - Etanol) durante 48 h e depois mantidos em etanol 70 % (RUZIN, 1999) até a utilização das amostras para análise. As amostras foram reduzidas a

0,25 x 0,25 x 0,25 mm e posteriormente os tecidos foram desidratados em etanol a 70, 80, e 95 % por 2 h cada, e embebido em resina Epon mais etanol (1:1), por uma semana, depois Epon puro a 60 °C, por 48 h. Após o endurecimento da resina, com o auxílio de um micrótomo da marca Leica, modelo Spencer, foram realizados cortes em seções transversais com 5µm de espessura. As lâminas montadas com resina sintética foram coradas em Azul de toluidina a 0,05%, em tampão fosfato de sódio 0,1 M pH 6,5 (O'Brien et al. 1964) e Vermelho Neutro 1 % em tampão de sódio 0,1 M pH 6,5 (Kirk, 1970). As amostras foram examinadas microscopicamente para determinar as características estruturais das camadas celulares dos tubérculos intactos e após a cura.

## **2.7 Análise estatística**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo na parcela as temperaturas de 8, 14 e 20 °C, e nas subparcelas os tratamentos controle e sem dano, sendo cada tratamento composto por 8 repetições, constituído por dois tubérculos. Para a análise de taxa de perda de massa fresca, os dados foram submetidos a análise de variância e regressão utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética (SAEG, 2007). Para as análises dos teores de AST, AR e ANR, os dados foram analisados por meio de análise de variância e comparadas pelo teste de média Tukey ( $p \geq 0,05$ ) utilizando-se o software estatístico SAEG 9.1 - Sistema de Análises Estatísticas e Genética (SAEG, 2007).

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Variação da taxa de perda de massa fresca**

Durante a cura dos tubérculos das cultivares Markies e Challenger nas diferentes temperaturas de 8, 14 e 20 °C apresentaram perda de massa fresca ao longo dos 14 dias de armazenamento (Figura 2). A perda de massa fresca deve-se a perda de água e a taxa respiratória e, de acordo com Bacarin et al. (2005), a perda de água ocorre devido a superfície

do tubérculo possuir temperatura superior à do ar circundante, e com isso maior pressão de vapor que o ar. Esta diferença de pressão de vapor entre a superfície dos tubérculos e o ar circulante ocasiona a transpiração. Além disso, os tubérculos apresentam atividade metabólica, resultando na degradação de polissacarídeos em açúcares menores e perda de calor durante a respiração, o que também contribui para redução de massa fresca (Bacarin et al., 2005; Bisognin et al., 2008).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), de acordo com a intensidade das reações bioquímicas, os tecidos podem ser mais susceptíveis à perda de umidade e ao desenvolvimento de microrganismos. A perda de massa fresca nos tubérculos ocasiona perdas quantitativas e qualitativas dos produtos no final do armazenamento.

Independente da temperatura avaliada, as maiores taxas de perda de massa fresca ocorreram nos tubérculos que sofreram danos (Figura 2), indicando que, entre outras funções, a periderme está relacionada à regulação da transpiração ou à retenção da água nos tubérculos, desta forma a taxa de perda de massa fresca foi maior naqueles tubérculos onde esta camada não está presente ou encontra-se deteriorada.

Para a cultivar Markies armazenada a 8 °C, a taxa de perda de massa fresca nos tubérculos que sofreram danos apresentou valor médio de 0,6333 % ao dia contra uma taxa de perda de massa fresca de 0,1808 % ao dia nos tubérculos do tratamento controle (Figura 2A). Comportamento semelhante foi observado para a cultivar Challenger que apresentou valores médios de taxa de perda de massa fresca de 0,5168 % nos tubérculos que sofreram danos e 0,1414 % nos tubérculos do tratamento controle (Figura 2B). A taxa de perda de massa fresca dos tubérculos que sofreram danos e foram armazenados a 8 °C foram 3,5 e 3,65 vezes maior que a taxa de perda de massa fresca dos tubérculos do tratamento controle, para as cultivares Markies e Challenger, respectivamente. Entretanto não foi observado variação na taxa perda de massa ao longo dos 14 dias de armazenamento para ambas as cultivares, tanto no controle quanto nos tubérculos que sofreram danos.

Na cura a 14 °C em ambas cultivares, observou-se um comportamento quadrático na variação da taxa de perda de massa fresca, tanto nos tubérculos que sofreram danos quanto nos tubérculos do tratamento controle. Nos tubérculos que sofreram danos, essa variação foi mais acentuada nos primeiros dias de armazenamento aproximando-se do ponto de mínima aos 10,8 dias para a cultivar Markies (Figura 2C) e 10,46 dias para a cultivar Challenger (Figura 2D), indicando que houve eficiente formação da nova periderme.

Para a cultivar Markies armazenada a 20 °C, a taxa de perda de massa fresca nos tubérculos que sofreram danos apresentou valor médio de 0,2967 % ao dia contra uma taxa de perda de massa fresca de 0,1379 % ao dia nos tubérculos do tratamento controle (Figura 2E). Semelhante comportamento foi observado para a cultivar Challenger que apresentou valores médios de taxa de perda de massa fresca de 0,1510 % nos tubérculos que sofreram danos e 0,0792 % nos tubérculos do tratamento controle (Figura 2D). A taxa de perda de massa fresca dos tubérculos que sofreram danos e foram armazenados a 20 °C foram 2,15 e 1,9 vezes maior que a perda de massa dos tubérculos do tratamento controle, para as cultivares Markies e Challenger, respectivamente.

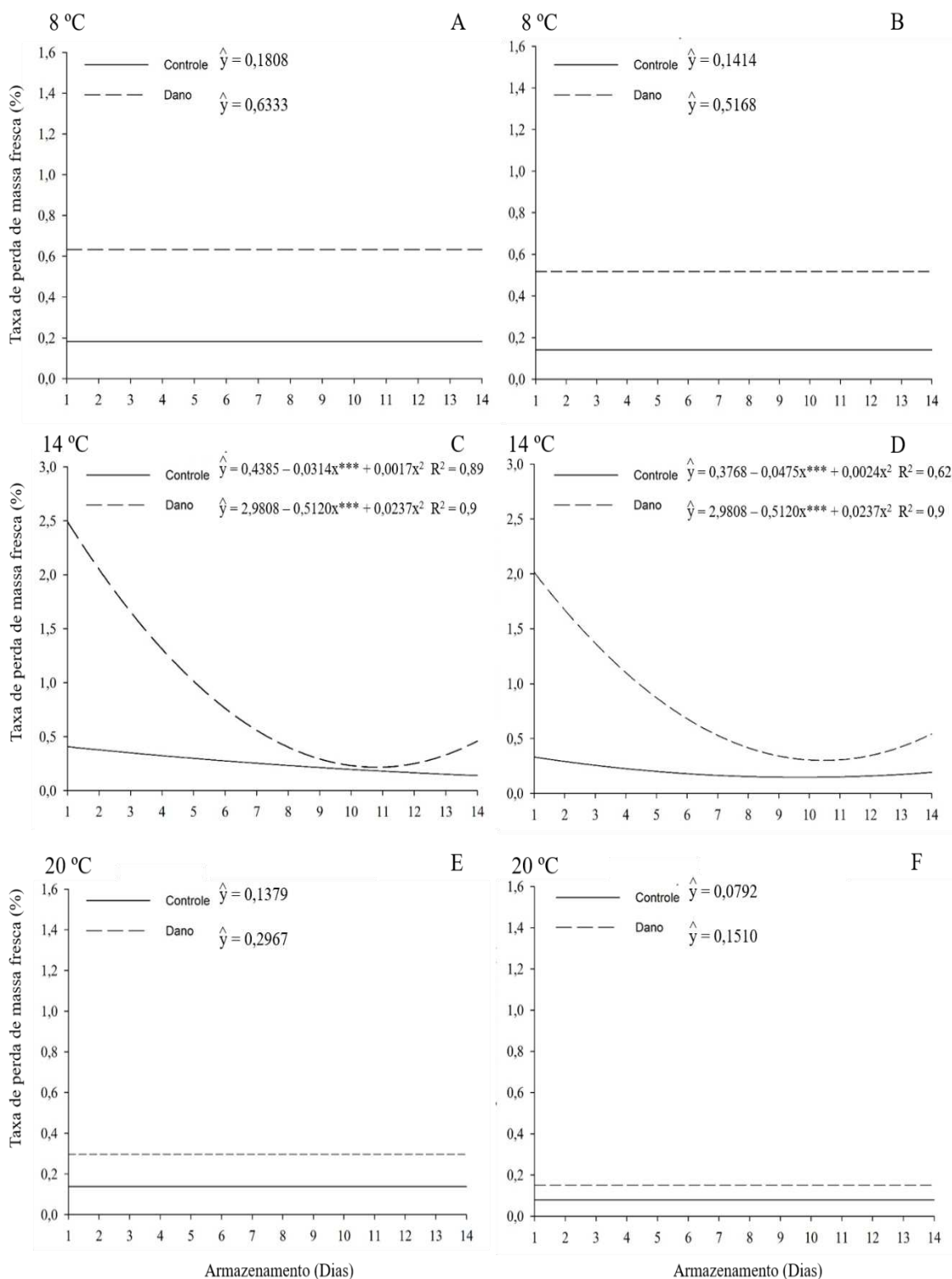
Segundo Pringle et al. (2009), a taxa de perda de umidade por evaporação de uma cultura armazenada, ao longo de um período de armazenamento, tende a iniciar elevada e reduzir após um período. Inicialmente a perda de umidade do tecido ferido é alta porque a evaporação é muito mais elevada do que a dos tecidos intactos. Isso leva à diminuição constante de massa fresca nos tubérculos de batata com o aumento do tempo de armazenamento (Bacarin et al., 2005; Freitas, 2006). Essa redução está relacionada com o processo de maturação da periderme no qual ocorre a suberização da mesma (Daniels-Lake et al., 2014), pois após a formação da periderme de dano há redução da perda de água pelo tubérculo. Este comportamento foi observado em ambas cultivares quando armazenadas à 14 °C, entretanto não se observou semelhante efeito quando armazenou-se os tubérculos à 8 e 20°C durante 14 dias.

O processo de cura é uma prática na indústria de batata e de alimentos para prevenir a perda por decomposição durante o armazenamento (Wang et al., 2015), possibilitando minimizar as perdas em quantidade e qualidade dos tubérculos (Hesse, 2005).

De acordo com Khanal e Uprety (2014), o processo de divisão celular e a suberização são sensíveis à temperatura, apresentando maior taxa de cicatrização de danos em temperaturas mais elevadas do que em temperaturas mais baixas. Segundo esses autores, o processo de cicatrização, no caso de batata armazenada a 5 ° C, é três vezes mais lento do que a batata armazenada a 10 ° C, o que também é três vezes mais lento do que a batata armazenada a 20 ° C. Hirano (2003) também cita que os fatores que influenciam a velocidade da cura são a temperatura e a umidade, sendo mais rápido em condições de temperatura e umidade relativa do ar elevadas.

Bisognin et al. (2008), ao estudarem o envelhecimento fisiológico de tubérculos de batatas, produzidos durante o outono e a primavera, e armazenados em diferentes temperaturas, realizaram o processo de cura à temperatura de 20 °C por 15 dias para a suberização da periderme. No entanto, nesse experimento os tubérculos armazenados a 20 °C foram mais susceptíveis a incidência de mofo durante o período de 14 dias.

De acordo com Lulai e Freeman (2001), a cicatrização de feridas é manipulada usando abordagens fundamentais como o controle do ambiente de armazenamento do tubérculo após a colheita, utilizando alta umidade para retardar a desidratação e a morte celular. A umidade relativa acelera a maturação da periderme dos tubérculos colhidos (Lulai & Orr, 1993), logo, o armazenamento em temperaturas apropriadas é utilizado para promover a cicatrização de feridas e minimizar a infecção (Lulai, 2007).



**Figura 2.** Variação da taxa diária de perda de massa fresca (%) de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Markies (A, C, E) e Challenger (B, D, F) avaliados diariamente 14 dias de armazenamento, nas temperaturas de 8, 14 e 20 °C, UR ± 90 %.

### **3.2 Teor de açúcar solúvel total (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não-redutores (ANR).**

Os valores médios para os teores de AST, AR e ANR para as cultivares Markies e Challenger estão apresentados na Tabela 1. Avaliando o comportamento de cada cultivar individualmente, observou-se que na cultivar Markies somente a 8 °C houve diferença nos AST dos tubérculos com dano e sem dano. Sendo que o maior teor de AST ocorreu nos tubérculos que sofreram danos, com 0,6211 %. Para a cultivar Challenger os tubérculos com dano apresentaram maiores teores de AST quando armazenados a 8 (0,3092 %) e a 14 °C (0,2057 %), não apresentando diferença entre os tratamentos na temperatura de 20 °C.

Os teores de AR e ANR foram maiores nos tubérculos da cultivar Markies que sofreram danos e foram armazenados a 8 °C sendo de 0,2142 e 0,4070 %, respectivamente (Tabela 1). Nas demais temperaturas não foi observado diferença entre os tubérculos com e sem dano. Para a cultivar Challenger não houve diferença entre os tubérculos com e sem dano independente da temperatura de armazenamento. Estes resultados estão de acordo com Bervald et al. (2010), que ao avaliarem a variação do teor de carboidratos em genótipos de batata armazenada a 4 e 20 °C, verificaram que o acúmulo de AR induzido por baixas temperaturas pode ser diferenciado para cada cultivar. De maneira semelhante ao presente estudo, Bacarin et al. (2005) ao estudarem carboidratos não estruturais em tubérculos de batata, verificaram que os tubérculos que foram armazenados a 20 °C de maneira geral não tiveram grandes variações nos teores de AR. Nossos dados indicaram que temperaturas mais elevadas de 14 e 20 °C não afetam os AR (Tabela 1).

Para a cultivar Markies, os teores de AST, AR e ANR foram maiores nos tratamentos armazenados a 8 °C em comparação a 14 e 20 °C, tanto para os tubérculos do tratamento controle quanto para os tubérculos que sofreram danos. Para a cultivar Challenger os maiores teores de AST, AR e ANR foram observados apenas nos tubérculos que sofreram danos e foram armazenados a 8 °C em detrimento as temperaturas de 14 e 20 °C. A temperatura de cura não afetou os AST, AR e ANR dos tubérculos do controle na cultivar Challenger.

De acordo com Chapper et al. (2004), quando a temperatura é inferior a 8 °C ocorrem incrementos nos níveis de açúcares. Indicando, possivelmente, neste trabalho que os tubérculos armazenados a 8 °C tiveram a atividade respiratória reduzida, se comparado com as demais temperaturas, resultando em acúmulo de açúcares.

**Tabela 1.** Valores médios de Açúcar solúvel total (AST), Açúcares redutores (AR) e Açúcar não redutor (ANR) para as respectivas combinações de temperatura e tratamento para tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Markies e Challenger após 14 dias de armazenamento a 8, 14 e 20 °C, UR ± 90 %.

		AST (%)		AR (%)		ANR (%)	
		Controle	Dano	Controle	Dano	Controle	Dano
MARKIES	8 °C	0,4084 Ba	0,6211 Aa	0,1489 Ba	0,2142 Aa	0,2595 Ba	0,4070 Aa
	14 °C	0,1197 Ab	0,1792 Ab	0,0307 Ab	0,0324 Ab	0,0890 Ab	0,1468 Ab
	20 °C	0,1488 Ab	0,1488 Ab	0,0362 Ab	0,0352 Ab	0,1126 Ab	0,1125 Ab
CHALLENGER	8 °C	0,2095 Ba	0,3092 Aa	0,0798 Aa	0,1139 Aa	0,1297 Aa	0,1953 Aa
	14 °C	0,1220 Ba	0,2057 Ab	0,0362 Aa	0,0603 Ab	0,0858 Aa	0,1454 Aab
	20 °C	0,1383 Aa	0,1206 Ab	0,0635 Aa	0,0388 Ab	0,0748 Aa	0,0818 Ab

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna para cada variável não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Os tubérculos do tratamento controle e com dano armazenados a 8 °C da cultivar Markies apresentaram maiores teores de AST, AR e ANR em comparação com a cultivar Challenger (Tabela 2). Nas temperaturas de 14 e 20 °C, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para os parâmetros AST, AR e ANR. O acúmulo de AR induzido por baixas temperaturas depende da cultivar (Bacarin et al. 2005), indicando que há uma resposta genotípica que induz a alterações metabólicas que levam ao acúmulo destes açúcares (Bervaldo et al., 2010). Segundo Pádua et al. (2012) o acúmulo de açúcares no tubérculo pode ser influenciado pelas condições ambientais de cultivo e de armazenamento, devendo apresentar teores de AR abaixo de 0,2 %. Baixo teor de AR é necessário para evitar a cor escura e sabor amargo de produtos processados, que afetam negativamente a aceitação pelo consumidor (Wang-Pruski & Nowak, 2004). No presente estudo, valores de AR superiores a 0,2 % foram observados apenas no tratamento com dano para ambas as cultivares armazenadas a 8°C, indicando que houve influência do dano no acúmulo de AR durante o período de 14 dias de cura. Estes resultados estão de acordo com Kumar et al. (2004) que cita que o aumento nos teores de açúcares está associado com o manuseio durante a pós-colheita.

**Tabela 2.** Valores médios de Açúcar solúvel total (AST), Açúcares redutores (AR) e Açúcar não redutor (ANR) para tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) comparados entre as cultivares Markies e Challenger após 14 dias de armazenamento a 8, 14 e 20 °C, UR ± 90 %.

		AST (%)		AR (%)		ANR (%)	
		MARKIES	CHALLENGER	MARKIES	CHALLENGER	MARKIES	CHALLENGER
8 °C	Controle	0,4084 A	0,2095 B	0,1489 A	0,0798 B	0,2595 A	0,1297 B
	Dano	0,407 A	0,1953 B	0,6211 A	0,3092 B	0,407 A	0,1953 B
14 °C	Controle	0,1197 A	0,122 A	0,0307 A	0,0362 A	0,089 A	0,0858 A
	Dano	0,1792 A	0,2057 A	0,0324 A	0,0603 A	0,1468 A	0,1454 A
20 °C	Controle	0,1488 A	0,1383 A	0,0362 A	0,0635 A	0,1126 A	0,0748 A
	Dano	0,1477 A	0,1206 A	0,0352 A	0,0388 A	0,1125 A	0,0818 A

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada variável não diferem entre si a 5 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

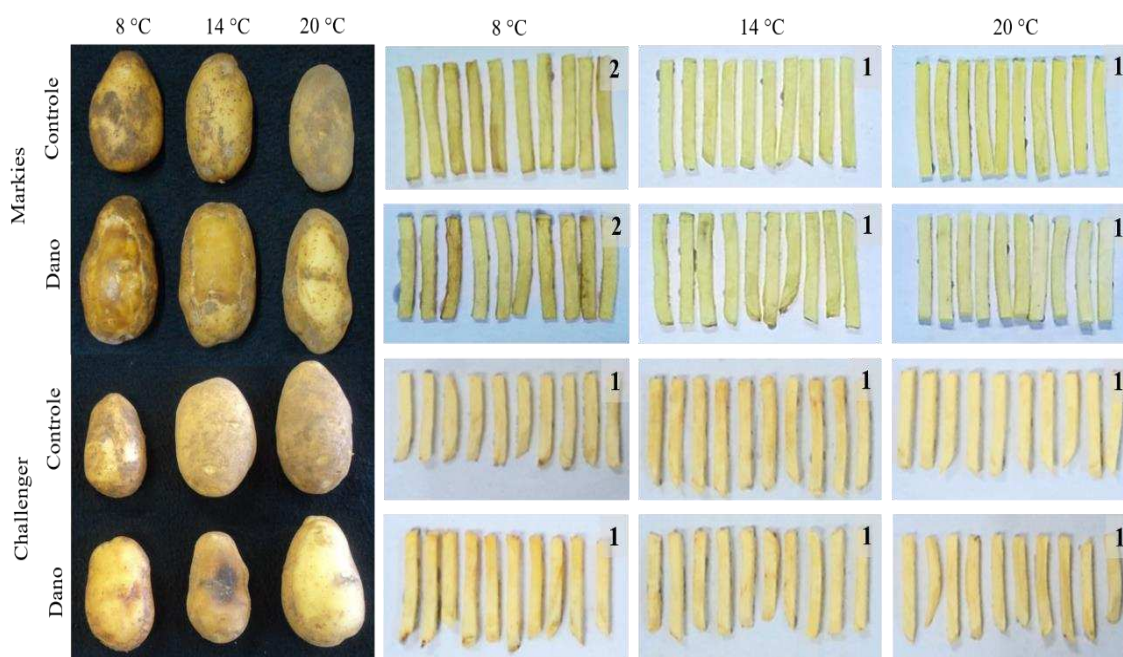
### 3.3 Aspecto visual dos tubérculos e classificação da coloração pós-fritura.

A avaliação do aspecto visual dos tubérculos após o dano e da coloração pós-fritura foi realizada após 14 dias de cura, a fim de visualizar a influência da cura e da temperatura nas cultivares Markies e Challenger (Figura 3).

Houve variação na coloração dos palitos após a fritura apenas para a cultivar Markies armazenada a 8 °C, o que está de acordo com os resultados de AR (Tabela 1), apresentando coloração mais escura se comparado aos palitos dos tubérculos armazenados a 14 e 20 °C (Figura 3). No entanto esse escurecimento não afetou a classificação dos palitos estando de acordo com padrão requerido para tubérculos destinados ao processamento. Para a cultivar Challenger a coloração se manteve similar após a cura e não houve efeito do dano sofrido. Estes resultados mostram que a cultivar Challenger possivelmente possui maior tolerância ao armazenamento refrigerado, durante o período de 14 dias, que a cultivar Markies.

De acordo com Lulai (2007), injúrias na periderme resultam em aumentos significativos nas concentrações de dióxido de carbono em unidades de armazenamento de batatas devido ao aumento da respiração, afetando negativamente a cicatrização e podendo aumentar a concentração de AR e conseqüentemente o escurecimento de produtos processados.

O aspecto visual dos tubérculos após o dano, demonstram que houve regeneração aparente da periderme de dano (Figura 3). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a periderme de dano apresenta estrutura semelhante a periderme nativa. No entanto, a forma como a nova periderme se origina e o tipo de tecido isolado por elas definem a aparência da superfície do órgão, podendo apresentar coloração externa uniforme ou variegada (Mazzoni-Viveiros & Costa, 2006). Segundo Lulai (2007), a cor da superfície natural das áreas escoriadas não é restabelecida após a cicatrização de feridas, como verificado no presente estudo (Figura 3). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) os principais fatores de influência nas respostas da formação da nova periderme estão relacionados a cultivar, idade fisiológica do tecido, profundidade da lesão, condições de armazenamento e estado de hidratação dos tecidos. A cicatrização rápida de feridas é crucial para manter a qualidade e a rentabilidade dos tubérculos (Lulai, 2007).



**Figura 3.** Aspecto visual dos tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) das cultivares Markies e Challenger após 14 dias de armazenamento a 8, 14 e 20 °C e aspectos dos palitos de batata após fritura a 180 °C por 3 min após 14 dias de armazenamento a 8, 14 e 20 °C (UR  $\pm$  90 %).

### 3.4 Avaliação da formação da periderme de dano.

A periderme dos tubérculos das batatas das variedades Markies (Figura 4) e Challenger (Figura 5) é constituída pelo felogênio e apenas algumas camadas de súber, sem feloderme evidente. As temperaturas de armazenamento não influenciaram a estrutura anatômica da periderme dos tubérculos que não sofreram escoriações (Figura 4A, 4C, 4E e Figura 5A, 5C e 5E). Porém, nos tubérculos que sofreram escoriações, houve modificações anatômicas conspícuas (Figura 4B, 4D e 4F e Figura 5B, 5D e 5F). Sob todas as temperaturas de cura, houve indução do processo de divisão celular de forma organizada, principalmente no plano periclinal, formando uma faixa semelhante ao felogênio. Essa faixa correspondente ao felogênio formou-se a partir da desdiferenciação de células corticais do tubérculo, localizadas a algumas camadas abaixo do limite da escoriação. As células corticais mais superficiais tornaram-se colapsadas e apenas uma ou duas camadas de células corticais permaneceram acima desse novo felogênio. A partir de 14°C, torna-se mais evidente a instalação desse novo felogênio em ambas as cultivares (Figura 4D e Figura 5D), e a partir de 20°C algumas camadas de um novo súber também já foram formadas (Figura 4F e Figura 5F). A única diferença evidente entre as cultivares é que na cultivar Markies o desenvolvimento da nova periderme é mais precoce que na cultivar Challenger, mesmo a 8°C (Figura 4B e Figura 5B).

De acordo Chitarra & Chitarra (2005), em resposta ao ferimento ocorre uma sequência de eventos iniciando pela dessecação de várias camadas de células adjacente ao ferimento, suberização e/ou lignificação das células abaixo da área dessecada e estímulo da divisão celular nas células abaixo da área afetada. Esses eventos também foram verificados no presente estudo nos tubérculos que sofreram danos. Logo, o sucesso do armazenamento depende da adequada suberização dos tubérculos, um complexo processo bioquímico e fisiológico em que danos físicos são recuperados pelo desenvolvimento de novas células, minimizando as perdas de água e limitando a penetração de patógenos (Hesse, 2005).

Segundo Pringle et al. (2009), a formação da periderme pode apresentar variação entre as variedades mesmo quando produzidas em condições ambientais semelhantes, sendo que o número de camadas celulares depende do genótipo, condições do ambiente e estágio de crescimento do tubérculo. Mazzoni-Viveiros & Costa (2006) afirmam que a periderme de cicatrização apresenta desenvolvimento semelhante a periderme nativa, diferindo desta

somente pelo fato de ser restrita ao local da lesão, dando-se inicialmente pela formação de uma camada de oclusão que consiste na suberização e lignificação das células adjacentes a lesão, constituindo uma proteção provisória.

A periderme nativa da batata é constituída por camadas celulares de felema (células suberizadas), felogênio e feloderme (Lulai, 2007), como nas cultivares do presente estudo. O felogênio constitui o tecido meristemático, de origem secundária, que produz felema centrifugamente e feloderme centripetamente (Mazzoni-Viveiros & Costa, 2006), apresentando configuração retangular. Assim, também o felema e a feloderme têm células com essa forma, estando as três camadas de tecidos dispostas paralelamente, de modo bem organizado (Lulai, 2007).

Neste estudo, houve regeneração de uma nova periderme abaixo da zona de escoriação, e não apenas o colapso e desidratação das camadas corticais mais externas, como ocorre em cenoura minimamente processada (Simões et al., 2010). Isso se deve, provavelmente, porque a parte utilizada da cenoura é uma raiz tuberosa, que não é o propágulo da espécie e, no caso da batata, a parte utilizada é um caule tuberoso, o tubérculo, que também é o propágulo da espécie, portanto, com maior potencial meristemático. Como descrito por Liyama et al., (1994), as paredes das células meristemáticas não são rígidas, mas devem ser elásticas a fim de suportar as mudanças nas pressões de turgidez associadas com o crescimento. De qualquer forma, pode-se considerar a nova periderme como uma periderme de cicatrização, que ocorre como reação à injúrias. Condições de estresse como o dano ou infecções por patógenos induz a biossíntese de compostos fenólicos que possuem função importante nos mecanismos de defesa da planta (Wang et al., 2015).

Lulai e Freeman (2001) definem a pele do tubérculo como sendo a camada de felema da periderme, sendo o felogênio claramente identificado como a camada específica de tecidos da periderme diretamente envolvido na escoriação dos tubérculos. Segundo Lulai (2007), as características da parede celular que são responsáveis pela suscetibilidade e o início da resistência à escoriação de tubérculos, após a maturação da periderme, são sinônimo de felogênio ativo e inativo.

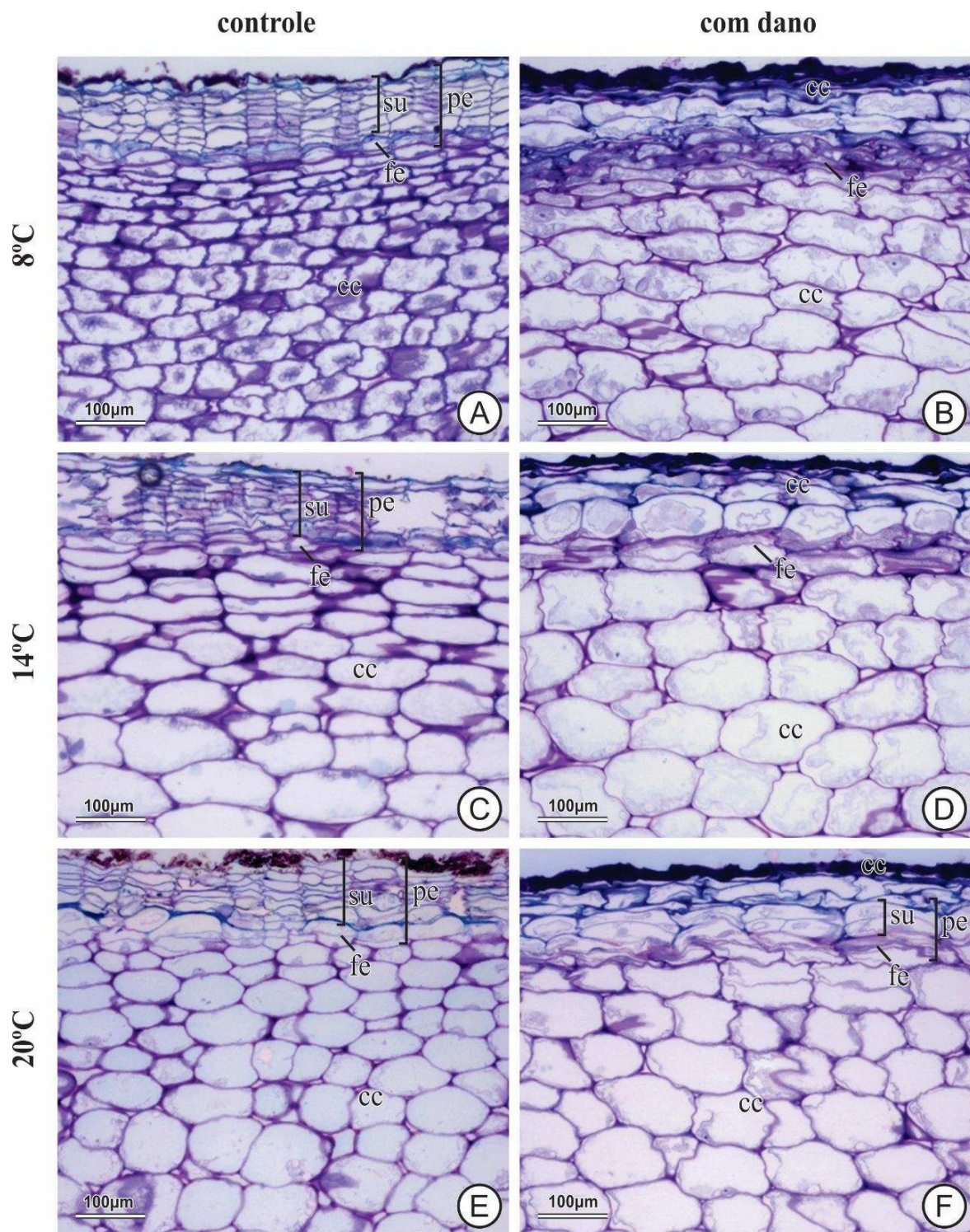
A camada celular de felogênio serve como meristema lateral para a periderme e à medida que se torna inativa durante a maturação, a periderme torna-se resistente (Sabba & Bussan, 2012) tornando-se inativas após o amadurecimento (Lulai & Freeman, 2001). As

pectinas são identificadas como polímeros de parede celular importantes para o processo de maturação (Sabba & Lulai, 2005).

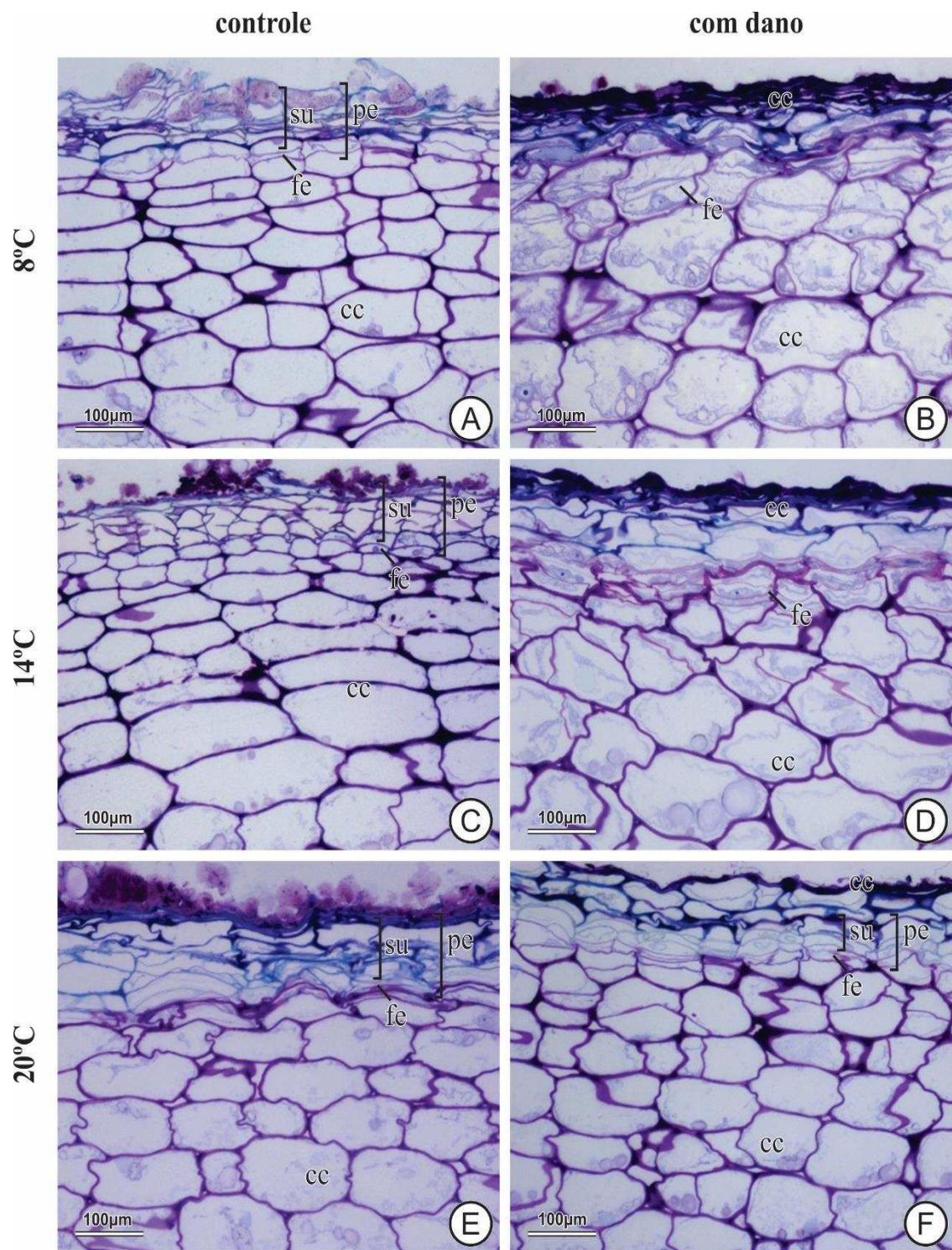
Sabba e Bussan (2012) verificaram que as paredes radiais do felogênio na cultivar ‘*Red Norland*’ aumentaram em média 121 % a espessura entre o período do felogênio como um meristema ativo até a inativação, quando os tubérculos apresentaram-se maduros. No presente trabalho, o tempo de armazenamento de apenas 14 dias proporcionou a formação de camadas de súber, sugerindo que o passar do tempo de armazenamento o número de camadas de súber pode ser incrementado e, conseqüentemente, a resistência mecânica dessa periderme. O número de camadas celulares do súber e felogênio foi geralmente maior na periderme nativa do que na periderme de ferida (Figura 4 e 5), semelhante ao constatado por Sabba e Lulai (2002).

Comportamento semelhantes foram obtidos na análise utilizando vermelho neutro sob luz UV (Figura 6 e 7) para ambas as cultivares. Na microscopia de fluorescência da periderme, a coloração amarelo-esverdeada indica a presença lipídios (suberina). Segundo Lulai (2007a), a parede celular do tubérculo da periderme nativa possui um componente ceroso que protege contra a dessecação celular, protegendo contra infecções bacterianas e fúngicas. Estas ceras são integradas na parede celular suberizada e proporcionam redução à perda de água associada ao encolhimento e morte celular por dessecação. Estes mesmos autores afirmam que a acumulação rápida de cera nas paredes celulares no local da ferida é essencial para prevenir a dessecação celular e a morte.

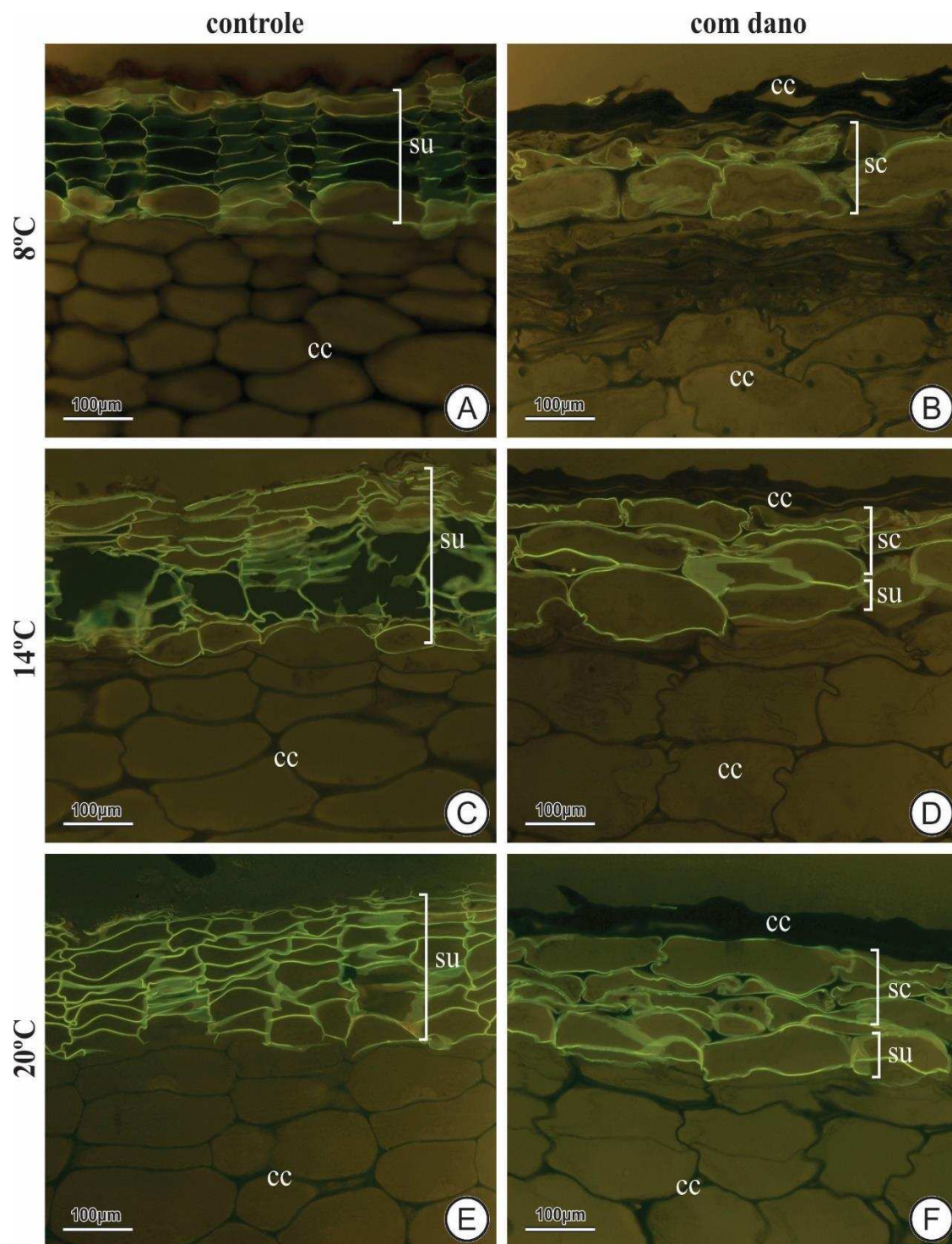
A resposta a ferida começa com a formação de uma camada de fechamento de suberina no local da ferida, seguida do desenvolvimento de uma nova periderme sob a camada de fechamento (Lulai, 2007; Sabba & Lulai, 2002). A periderme imatura está susceptível a escoriação até serem completamente maduras, e a abrasão de qualquer tipo de periderme torna o tubérculo vulnerável à deterioração (Lulai, 2007).



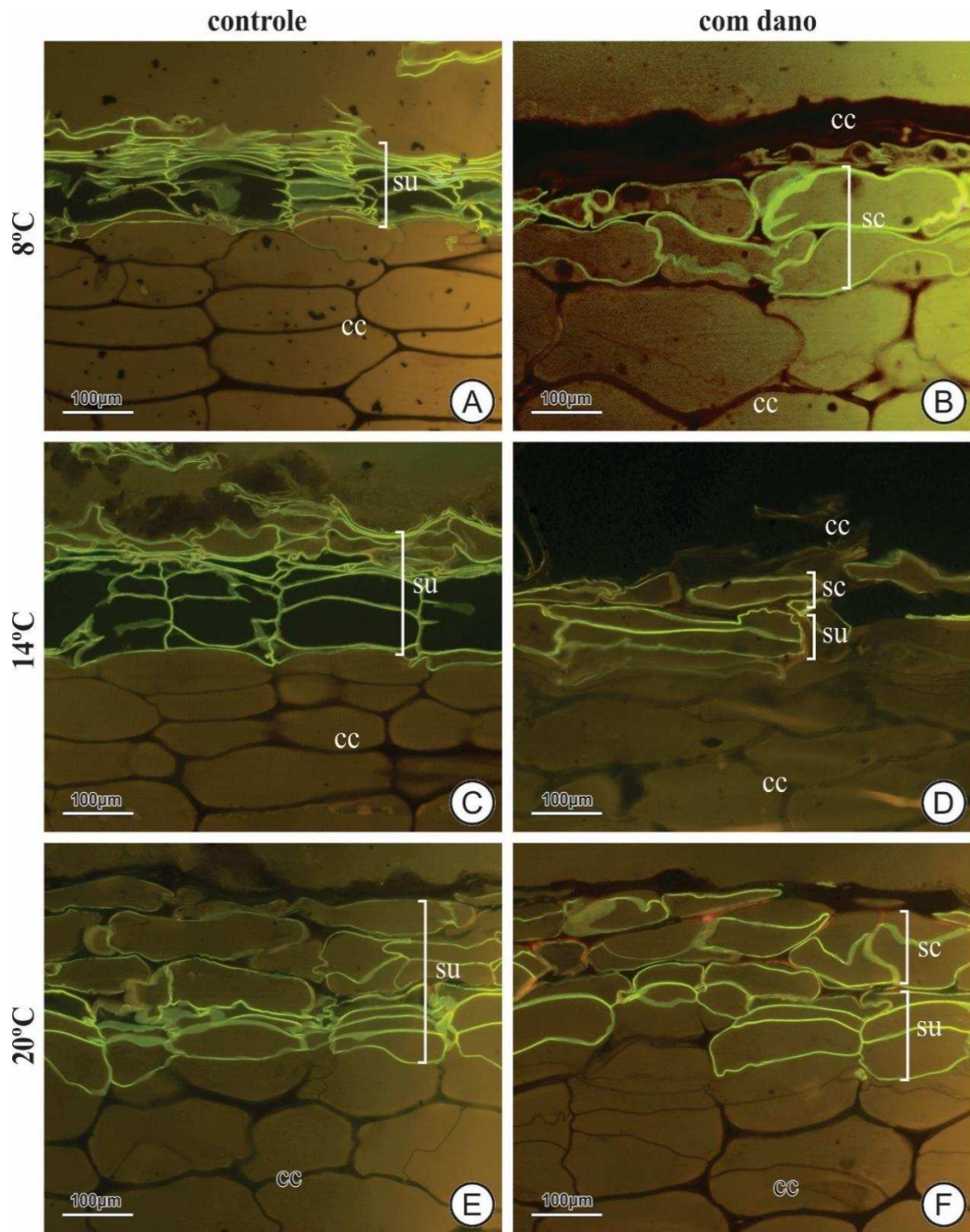
**Figura 4.** Tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) var. Markies armazenados por 14 dias a 8 (A-B), 14 (C-D) e 20°C (E-F), sem (A, C, E) e com (B, D, F) dano da periderme. A superfície do tubérculo é orientada para o topo de cada micrografia. Cortes transversais corados com azul de toluidiana. cc, células corticais; fe, felogênio; pe, periderme; su, súber.



**Figura 5.** Tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) var. Challenger armazenados por 14 dias a 8 (A-B), 14 (C-D) e 20°C (E-F), sem (A, C, E) e com (B, D, F) dano da periderme. A superfície do tubérculo é orientada para o topo de cada micrografia. Cortes transversais corados com azul de toluidiana. cc, células corticais; fe, felogênio; pe, periderme; su, súber.



**Figura 6.** Tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) var. Markies armazenados por 14 dias a 8 (A-B), 14 (C-D) e 20°C (E-F), sem (A, C, E) e com (B, D, F) dano da periderme. A superfície do tubérculo é orientada para o topo de cada micrografia. Seções transversais coradas com vermelho neutro sob luz UV. Fluorescência secundária amarelo-esverdeada indica lipídios (suberina). cc, células corticais; sc, células suberificadas; su, súber.



**Figura 7.** Tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) var. Challenger armazenados por 14 dias a 8 (A-B), 14 (C-D) e 20°C (E-F), sem (A, C, E) e com (B, D, F) dano da periderme. A superfície do tubérculo é orientada para o topo de cada micrografia. Seções transversais coradas com vermelho neutro sob luz UV. Fluorescência secundária amarelo-esverdeada indica lipídios (suberina). cc, células corticais; sc, células suberificadas; su, súber.

#### 4. CONCLUSÕES

1. As temperaturas de armazenamento influenciaram na variação da taxa de perda de massa fresca dos tubérculos armazenados, sendo superior nos tubérculos que sofreram danos.

2. O acúmulo de AR teve comportamento diferenciado para cada cultivar na temperatura de 8 °C, sendo superior para a cultivar Markies.

3. As temperaturas de armazenamento de 8, 14 e 20 °C não influenciaram a estrutura anatômica da periderme dos tubérculos que não sofreram danos, porém, nos tubérculos que sofreram dano, verificou-se modificações anatômicas.

4. O período de cura foi favorecido quando realizado a 14 °C.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BERVALD, C. M. P.; BACARIN, M. A.; DEUNER, S.; TREVIZOL, F. C. 2010. Variação do teor de carboidratos em genótipos de batata armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 477-483.

BISOGNIN, D. A.; FREITAS, A. T. de; BRACKMANN, A.; ANDRIOLO, J. L.; PEREIRA, E. I. P.; MULLER, D. R.; BANDINELLI, M. G. 2008. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, v.67, n.1, p.59-65.

BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; BUSATO, C.; CECON, P. R. 2010. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 34, n. 2, p. 285-293.

- CHAPPER, M.; LOUREIRO, M. E.; MOSQUIM, P. R.; ARAÚJO, W. L.; PEREIRA, A. da S.; FINGER, F. L.; SIMÕES, A. N. 2004. Mudanças metabólicas após acondicionamento a 15°C de tubérculos de batata armazenados a baixa temperatura. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 597-601.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. 2005. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2ª Edição Revisada e ampliada. UFLA, 785 p.
- DANIELS-LAKE, B.; PRANGE, R.; WALSH, J.; HILTZ, K.; BISHOP, S.; MUNRO-PENNELL, K. 2014. Effects of simulated harvest injury and relative humidity during the first week post-harvest on potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber weight loss during subsequent storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 89, n. 2, p. 167-172.
- DAVIDS, S. J. 2004. Use of storage temperatures to improve the amid acid profile of potatoes for novel flavoring applications. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**. v. 42, n. 2, p.1-8.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356.
- FREITAS, S. T. de; BISOGNIN, A.; GÓMEZ, A. C. S.; SAUTTER, C. K.; COSTA, L. C. da; RAMPELOTTO, M. V. 2006. Qualidade para processamento de clones de batata cultivados durante a primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 80-85.
- GONÇALVES, C.; RODRIGUES-JASSO, M. R.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J. A.; BELO, I. 2010. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods**, v. 2, p. 2046-2048.
- HESSE, B. 2005. Storage management essentials. Potato Storage International, Sevenoaks, v.2, p.18-21.
- HIRANO, E. 2003. Colheita e pós-colheita de batata-semente. In: O cultivo da batata na região sul do Brasil. (Ed) PEREIRA, A. da S.; DANIELS, J. Embrapa Clima Temperado – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 567 p.

- KHANAL, B.; UPRETY, D. 2014. Effects of storage temperature on post-harvest of potato. **International Journal of Research (IJR)**, v.1, n. 7, p. 903-909.
- KIRK JUNIOR, P.W. 1970. Neutral red as a lipid fluorochrome. **Stain Technology**, v. 45, p.1-4.
- KUMAR, D.; SINGH, B. P.; KUMAR, P. 2004. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 145, n.3, p.247-256.
- LIYAMA, K.; LAM, T. B. T.; STONE, B. A. 1994. Covalent cross-links in the cell wall. **Plant Physiology**. v. 104, p. 315-320.
- LULAI, E. C. 2007. Skin-set, wound healing, and related defects. In: *Potato Biology and Biotechnology: Advances and perspectives*. Elsevier Ltd. p.471-500.
- LULAI, E. C. 2007a. The Canon of potato Science: 43. Skin-set and wound-healing/suberization. **Potato Research**. v. 50, p. 387-390.
- LULAI, E. C.; FREEMAN, T. P. 2001. The importance of phellogen cells and their structural characteristics in susceptibility and resistance to excoriation of potato tuber (*Solanum tuberosum* L.) during periderm maturation. **Annals of Botany**, v. 88, p. 555-561.
- LULAI, E. C.; ORR, P. H. 1993. Determining the feasibility of measuring genotypic differences in skin-set. **American Potato Journal**. v. 70, p. 599-609.
- MAZZONI-VIVEIROS, S. C.; COSTA, C. G. 2006. Periderme. In: **Anatomia vegetal**. 2<sup>a</sup> Edição Atualizada. Ed. GLÓRIA, B. A. da; GUERREIRO, S. M. C. Editora UFV, p. 237-249.
- O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**. v. 59, n. 2, p.368-373.
- PÁDUA, J. G. de; MESQUITA, H. A. de; CARMO, E. L. do; ARAÚJO, T. H.; DUARTE, H. da S. S. 2012. Cultivares: a escolha correta faz a diferença. In: *Informe Agropecuário. Batata: Tecnologia e sustentabilidade da produção*. v. 33, n. 270.
- PEREIRA, A. da S.; SUINAGA, F. A. Introdução e importância econômica. In: *Sistema de Produção da Batata*. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 8 ISSN 1678-880x 8. 252 p. 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028425/1/SistemadeProducaodaBatata.pdf>>. Acesso em 24 de outubro de 2017.

PRINGLE, R.; BISHOP, C.; CLAYTON, R. 2009. Physiology. In: **Potatoes Postharvest**. p. 1-29, 2009.

RUZIN, S. E. 1999. Plant microtechnique and microscopy. New York: Oxford University Press. p. 322.

SABBA, R. P.; BUSSAN, A. J. 2012. Comparison of skin-set and periderm maturation in 'Red Norland' Potatoes grown in two soil types in Wisconsin. **American Journal of Potato Research**. v. 89, p. 508-511.

SABBA, R. P.; LULAI, E. C. 2002. Histological analysis of the maturation of native and wound periderme in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. **Annals of Botany**, v. 90, p. 1-10.

SABBA, R. P.; LULAI, E. C. 2005. Immunocytological analysis of potato tuber periderm and changes in pectin and extensin epitopes associated with periderm maturation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. v. 130, p. 936-942.

SAEG – Sistema para análises estatísticas, versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV – Viçosa. 2007.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. 2011. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v. 24, p. 895-904.

SILVA, G. O. da; CARVALHO, A. D. F. de. Industrialização. In: Sistema de Produção da Batata. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 8 ISSN 1678-880x 8. 252 p. 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028425/1/SistemadeProducaodaBatata.pdf>>. Acesso em 25 de outubro de 2017.

SILVA, G. O. da; PILON, L. 2015. Colheita e pós-colheita. In: Sistema de Produção da Batata. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 8 ISSN 1678-880x 8. 252 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028425/1/SistemadeProducaodaBatata.pdf>>. Acesso em 01 de dezembro de 2017.

SIMÕES, A. do; VENTRELLA, M. C.; MORETTI, C. L.; CARNELOSSI, M. A. G. PUSCHMANN, R. 2010. Anatomical and physiological evidence of White blush on baby carrot surfaces. **Postharvest Biology and Technology**. v. 55, p. 45-52.

USDA. 1967. United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes. USDA, Washington, 16p.

WANG, Q.; CAO, Y.; JIANG, C. Z.; FENG, Y. WEI, S. 2015. Effects of postharvest curing treatment on flesh colour and phenolic metabolism in fresh-cut potato products. **Food Chemistry**, v. 169, p. 246-254.

WANG-PRUSKI G; NOWAK J. 2004. Potato after-cooking darkening. **American Journal of Potato Research**. v. 81, p. 7-16.

ZOMMICK, D. H.; KNOWLES, L. O.; PAVEK, M. J. 2014. In-season heat stress compromises postharvest quality and low-temperature sweetening resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Planta**. v. 239, p.1243-1263.

ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L.; TREPTOW, R. O. 2003. Qualidade sensorial de “chips” de diferentes genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivos de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n. 1, p. 57-63.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os teores de açúcares, coloração dos palitos após a fritura e início do período de brotação são influenciados pelas temperaturas e tempos de armazenamento.

O armazenamento refrigerado à baixas temperaturas é capaz de promover mudanças fisiológicas nos tubérculos, porém nos tubérculos armazenados a 6 e 8 °C estas mudanças não comprometeram a qualidade dos palitos destinados à indústria de processamento para batata frita.

A atividade das enzimas POD e PPO para a cultivar Markies não foram influenciadas pelas temperaturas 4, 5, 6 e 8°C, nem pelo tempo de 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias de armazenamento.

Foi possível armazenar a cultivar Markies por 92,9 dias a 6,9 °C sem perda de qualidade para processamento industrial,

A taxa de perda de massa fresca foi superior nos tubérculos que sofreram danos.

Os maiores teores de AST, AR e ANR ocorreram durante a cura a 8 °C tanto para os tubérculos do controle quanto para os tubérculos que sofreram danos na cultivar Markies, e apenas nos tubérculos que sofreram danos para a cultivar Challenger. Entre as cultivares Markies e Challenger verificou-se valores médios de AST, AR e ANR superiores para a cultivar Markies a 8 °C.

A cura das cultivares Markies a 8, 14 e 20 °C causou modificações anatômicas conspícuas nos tubérculos com dano, sendo a melhor cura verificada a 14 °C.

As condições de armazenamento devem ser ajustadas para que as mudanças fisiológicas nos tubérculos sejam minimizadas e mantenham a qualidade.

## APÊNDICE A

**Tabela 1A.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para o teor de Açúcar solúvel total (AST), Açúcares redutores (AR) em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Markies armazenadas nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C (UR ± 90 %) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias.

FV	GL	Quadrados Médios (significâncias)	
		AST	AR
Temperatura	3	2,4806**	2,1204**
Erro (a)	20	0,0540	0,1679
Tempo	7	0,3665**	0,0711**
Tempo X Temperatura	21	0,1197**	0,0586**
Resíduos	140	0,0544	0,0134
CV (%)		48,28	39,00

\*\* e \* F significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

## APÊNDICE B

**Tabela 1B.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para o teor de Açúcar solúvel total (AST), Açúcares redutores (AR) e Açúcares não-redutores (ANR) em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Markies e Challenger após 14 dias de armazenamento a 8, 14 e 20 °C (UR  $\pm$  90 %).

FV	GL	Quadrados Médios (significâncias)		
		AST	AR	ANR
Variedade	1	0,1799**	0,0073*	0,1145**
Temperatura	2	0,6134**	0,1015**	0,2180**
Temperatura X Variedade	2	0,1732**	0,0027**	0,064**
Erro (a)	42	0,0065	0,0015	0,0042
Tratamento	1	0,1271**	0,0065	0,0758**
Tratamento X Variedade	1	0,0074	0,0007	0,0035
Tratamento X Temperatura	2	0,5483**	0,0078*	0,0213*
Tratamento X Temperatura X Variedade	2	0,0099	0,0016	0,0079
Resíduo	42	0,0048	0,0016	0,0046
CV (%)		30,545	55,346	44,522

\*\* e \* F significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.