

ANTONIA GORETE DA SILVA GALDINO

**QUALIDADE DE DIFERENTES CULTIVARES DE BATATAS DESTINADAS À
INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO**

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*.

Orientador: Fernando Luiz Finger

Coorientadora: Ariana Mota Pereira

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

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

T

G149q
2023

Galdino, Antonia Gorete da Silva, 1993-

Qualidade de diferentes cultivares de batatas destinadas à indústria de processamento: / Antonia Gorete da Silva Galdino. - Viçosa, MG, 2023.

1 tese eletrônica (48 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Fernando Luiz Finger

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.704>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Batata - Processamento; 2. Batata - Variedades; 3. Branqueamento; I. Finger, Fernando Luiz II. Universidade Federal de Viçosa.. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia III. Título

CDD 22. ed. 664.02

Bibliotecário(a) responsável: EUZEBIO LUIZ PINTO CRB-6/3317


ANTONIA GORETE DA SILVA GALDINO

**QUALIDADE DE DIFERENTES CULTIVARES DE BATATAS DESTINADAS À
INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO**


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: 18 de setembro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIA GORETE DA SILVA GALDINO**
Data: 10/11/2023 16:04:02-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Antonia Gorete da Silva Galdino
Autora

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDO LUIZ FINGER**
Data: 14/11/2023 20:07:11-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Fernando Luiz Finger
Orientador

A Deus por sua infinita bondade em cada detalhe.

A minha mãe por todo apoio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me conceder o dom da vida e me permitir viver experiências incríveis, iluminando e guiando sempre meus caminhos, por estar comigo em todos os momentos, pois chegar onde estou sem a sua luz divina jamais seria possível.

Agradeço a minha mãe Maria Gorete da Silva por estar sempre disposta a ajudar na realização dos meus sonhos, sendo um deles este doutorado.

Agradeço ao meu esposo Higor Teixeira Dias por todo apoio na finalização dessa jornada.

Agradeço aos meus orientadores Profa. D. Sc. Ariana Mota Pereira e ao Prof. D. Sc. Fernando Luiz Finger, pelos ensinamentos e constante incentivo, além da confiança depositada neste trabalho de tese.

À minha coorientadora Ariana Mota Pereira, por ter se dedicado tanto durante todo processo de desenvolvimento deste trabalho. Levarei você para sempre comigo no meu coração. Você é uma pessoa incrível e que nunca deixou faltar com o seu profissionalismo.

Agradeço também a Maria Eduarda pela amizade, por todo empenho e dedicação, você é uma pessoa maravilhosa que sempre esteve disposta a colaborar.

Ao meu amigo Nicolas Araújo que me ajudou com todas as análises de laboratório e com os programas estatísticos para que assim fosse possível realizar esse trabalho.

A todos os professores do Programa da Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, em especial aos que cursei suas disciplinas, pois foi um momento de grande aprendizado. A todos os profissionais técnicos e servidores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa pelas suas contribuições na minha formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado e apoio financeiro.

À equipe do Laboratório de Pós - Colheita pelo apoio e amizade.

Aos demais amigos que aqui não foram citados, mas nem por isso são menos importantes. Cada um de vocês exerceu e exerce um papel importante na história da minha vida. A todos o meu muito obrigada!

“Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu.”

(Sarah Westphal)

RESUMO

GALDINO, A. G. S., D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2023. **Qualidade de diferentes cultivares de batatas destinadas à indústria de processamento.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadora: Ariana Mota Pereira.

O estudo de novas cultivares de batata (*Solanum Tuberosum* L.) é de grande importância para indústria de processamento, tendo em vista a busca por variedades que atendam as principais exigências impostas pelas indústrias de processamento, apresentando: formato, tamanho, ausência de distúrbios fisiológicos e boa produtividade. Diante disso, este estudo visa: avaliar o potencial de 10 cultivares na indústria de processamento de batata pré-frita e avaliar a efetividade do branqueamento no escurecimento enzimático de 10 cultivares de batata. Os tubérculos das cultivares foram obtidos da área de produção comercial de Perdizes, Minas Gerais, Brasil. A cultivar Basin Russet apresentou menores valores de perda de massa acumulada (PMA), enquanto as cultivares Innovator e Umatilla Russet iniciaram a brotação mais tardiamente. No artigo I todas as cultivares visualmente foram classificadas na categoria 2 ou 3 (USDA), tendo a 'Innovator' mantida na categoria 2 durante os 180 dias de armazenamento. Já no artigo II as cultivares pertencentes ao grupo 3 e 4 não apresentaram escurecimento enzimático, observou-se coloração mais clara dos palitos o que corrobora com a baixa atividade da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) e maior L*. No artigo II o uso do branqueamento foi mais efetivo nos grupos 1 e 2 onde observou-se uma melhora da coloração dos palitos. Dessa forma, as principais cultivares indicadas para a indústria de processamento de batata são: Innovator, Alverstone Russet e Basin Russet, pois, tanto no artigo I quanto no II apresentaram resultados relevantes para indústria de processamento.

Palavras-chave: Branqueamento. Brotação. Coloração. Açúcares. Peroxidase. Polifenoloxidase.

ABSTRACT

GALDINO, A. G. S., D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September 2023. **Quality of different potato cultivars intended for the processing industry.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-adviser: Ariana Mota Pereira.

The study of new potato cultivars (*Solanum Tuberosum* L.) is of great importance for the processing industry, in view of the search for varieties that meet the main requirements imposed by the processing industries, presenting: shape, size, absence of physiological disorders and good productivity. Therefore, this study aims to: evaluate the potential of 10 cultivars in the pre-fried potato processing industry and evaluate the effectiveness of blanching in the enzymatic browning of 10 potato cultivars. The tubers of the cultivars were obtained from the commercial production area of Perdizes, Minas Gerais, Brazil. The Basin Russet cultivar showed lower accumulated mass loss (PMA) values, while the Innovator and Umatilla Russet cultivars started sprouting later. In article I, all cultivars were visually classified in category 2 or 3 (USDA), with 'Innovator' remaining in category 2 during the 180 days of storage. In article II, the cultivars belonging to groups 3 and 4 did not show enzymatic darkening, a lighter color of the sticks was observed, which corroborates the low activity of polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) and higher L*. In article II, the use of bleaching was more effective in groups 1 and 2 where an improvement in the color of the sticks was observed. Therefore, the main cultivars recommended for the potato processing industry are: Innovator, Alverstone Russet and Basin Russet, as both articles I and II presented relevant results for the processing industry.

Keywords: Whitening. Sprouting. Coloring. Sugars. Peroxidase. Polyphenoloxidase.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	9
2. REFERÊNCIAS	12
3. ARTIGO I - RESPOSTA DIFERENCIAL DE CULTIVARES DE BATATA DESTINADAS A INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO	15
RESUMO	15
ABSTRACT	16
3.1 INTRODUÇÃO	17
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
3.4 CONCLUSÃO	28
3.5 REFERÊNCIAS	29
4. ARTIGO II - EFEITO DO MÉTODO DE BRANQUEAMENTO NA QUALIDADE DE DIFERENTES CULTIVARES DE BATATAS	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
4.1 INTRODUÇÃO	34
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	35
4.2.1 Preparação de materiais	35
4.2.2 Branqueamento com água quente e exposição dos palitos por 2 horas	35
4.2.3 Extração de enzimas e ensaio de atividade	36
4.2.4 Cor dos palitos	36
4.2.5 Compostos Fenólicos Totais	36
4.2.6 Análise estatística	37
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.3.1 Análise de POD, PPO, L* e b* com branqueamento	37
4.3.2 Cor da superfície dos palitos sem e com branqueamento	41
4.3.3 Análise de correlação das variáveis sem branqueamento e com branqueamento ...	44
4.4 CONCLUSÃO	46
4.5 REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum L.*) é umas das hortaliças mais consumidas no mundo, tendo sua produção um crescimento anual de 4,58% (Tsikrika, O'Brien, & Rai, 2019), Sendo parte da sua produção destinada à indústria de processamento, como a produção de batatas pré-fritas (Pereira et al., 2022).

Além do valor como alimento substancialmente nutritivo, a batata gera mais 30 mil postos de trabalho diretos e indiretos e apresenta um PIB entre 4-5 bilhões de reais. No entanto, os desafios até chegar à mesa do consumidor com qualidade são grandes. Para isso, todo o processo produtivo, desde a escolha da batata semente até a colheita e lavagem, são críticos para o sucesso da operação. Especificamente, o principal arquétipo da produção para qualquer cultura tem sido a elevação da produtividade por unidade de área. Não obstante, recentemente, frente à acirrada competição imposta pelo processo de globalização dos mercados, a ótima qualidade vem sendo o principal critério de agregação de valor ao produto (Abba, 2020).

No Brasil, as principais limitações ao crescimento das indústrias processadoras são a baixa disponibilidade de cultivares. Nesse sentido, faz-se necessário o uso de novas pesquisas relacionadas com a escolha de novas cultivares com formato, tamanho, ausência de distúrbios fisiológicos, elevado teor de sólidos solúveis, massa seca e coloração clara antes e após a fritura (Araújo et al., 2016).

A busca por cultivares que atendam às expectativas do mercado consumidor permite promover a autonomia das indústrias de processamento. Dessa forma, as dez cultivares avaliadas possuem padrão para a indústria que podem ser exploradas no Brasil, visto que, já são produzidas em solo americano e apresentam potencial para serem cultivadas também em solo brasileiro. A batata frita é considerada um alimento bastante apreciado pelos consumidores devido às características sensoriais, sendo algumas delas adquiridas principalmente durante a fritura e através do branqueamento (Resosemito et al., 2023).

O branqueamento é visto como um tratamento térmico brando, que utiliza temperaturas entre 70 e 100°C, por alguns minutos, com posterior resfriamento para evitar que o produto permaneça por mais tempo na temperatura elevada. É de fundamental importância o binômio tempo-temperatura que depende do tipo de produto que será submetido ao tratamento térmico, seu tamanho, geometria e o método de branqueamento a ser utilizado (imersão em água quente, exposição ao vapor, etc.) (Xiao et al., 2018), para garantir a inativação enzimática (Oliveira, 2018)

O branqueamento por água quente é um processo simples e de reduzido custo, responsável por desnaturar as enzimas do escurecimento devido à mudança conformacional do sítio ativo (Oliveira, 2018).

Adicionalmente, as indústrias de batatas pré-frita requerem cultivares que após o descascamento e fatiamento mantenham a qualidade com ausência de escurecimento enzimático, causado pelas enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO), e não enzimático, causado pelo aumento dos açúcares redutores (AR) após a fritura. Visando a inativação dessas enzimas, no pré-processamento, realiza-se o branqueamento com água quente (Monteiro et al., 2019). As cultivares apresentam quantidades distintas das enzimas POD e PPO e AR, com isso, respondem de forma variada ao procedimento de branqueamento, principalmente quando se avalia diferentes cultivares com suas diferentes características. (Vasconcelos 2014).

O escurecimento enzimático pós-colheita é um sério problema que diminui a qualidade da batata e suas características nutricionais. As reações oxidativas deste processo, independentemente de sua causa (amassamento, corte, descascamento, fermento e ação de microrganismo, etc.), envolve o contato entre as enzimas oxidativas e vários compostos fenólicos (Resosemito et al., 2023).

Dessa forma, a peroxidase (POD) é uma das enzimas envolvidas na defesa celular contra os danos de radicais livres, utilizando o peróxido de hidrogênio como substrato e um doador de elétrons (fenólicos, ascorbato, aminas) em suas reações (Vitti et al., 2019)

Enquanto, a polifenoloxidase (PPO) é a principal enzima responsável pelo escurecimento enzimático dos tecidos, utilizando fenólicos como substratos para suas reações e o O₂ como cofator, sendo gerados subprodutos de coloração amarronzada, as quinonas. O escurecimento resulta não somente numa indesejável formação de cor, mas também pode resultar na perda da qualidade nutricional e proporcionar modificações no sabor (Resosemito et al., 2023).

Os fatores mais importantes no aumento do escurecimento provocado pelas enzimas são as concentrações de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido (Coutinho et al., al 2018). Além disso, fenólicos e flavonoides são compostos antioxidantes de defesa celular sintetizados pelo metabolismo secundário (Akyol et al., 2016).

O uso do branqueamento é de fundamental importância para inativar ou diminuir a atividade das enzimas (POD e PPO) e diminuir os teores de açúcares redutores (AR), pois, essas variáveis em tubérculos, causam reações de deterioração, off-flavor e alterações indesejáveis

na cor e na textura responsáveis pelo escurecimento enzimático e escurecimento não enzimático (Xiao et al., 2018).

O escurecimento não enzimático é um dos principais parâmetros de qualidade avaliados pela indústria e ocorre devido à reação de Maillard, na qual açúcares redutores reagem com asparagina, formando melanoidinas, pigmentos de cor escura que depreciam o produto durante a fritura (Francisquini et al., 2017). Além disso, na reação de Maillard, forma-se um subproduto chamado acrilamida, que é considerada uma substância cancerígena (Paul et al. 2016).

A formação de melanoidinas e acrilamida está diretamente relacionada ao aumento da concentração de açúcares nos tubérculos (Paul et al. 2016), havendo grande variação na quantidade de açúcares entre os genótipos de batata (Halford et al., 2012).

Além disso, o armazenamento refrigerado, em temperaturas abaixo de 8 °C, realizado pelas indústrias antes do processamento, promove alterações no metabolismo de carboidratos dos tubérculos, promovendo o acúmulo de açúcares em alguns genótipos (Duarte et al., 2016), o que é indesejável, fazendo com que nem todas as cultivares sejam aptas para o processamento.

Cultivares com polpa clara, como as Russets (Ivory Russet, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Alverstone Russet e Basin Russet) e outras com a coloração da polpa amarela (Innovator, Challenger, Cronos e Yona) apresentam potencial para produção de batata pré-frita, no entanto, é necessário a realização de estudos que avaliem a resposta desses materiais ao branqueamento.

Diante disso, este estudo visa: : avaliar o potencial de 10 cultivares na indústria de processamento de batata pré-frita e avaliar a efetividade do branqueamento no escurecimento enzimático de 10 cultivares de batata.

2. REFERÊNCIAS

ABBA. Associação brasileira da batata. Novas variedades da HZPC no Brasil. Disponível em : <http://www.abbatatabrasileira.com.br/revista18_015.htm> Acessado em: 15 agosto 2023.

AKYOL, H., RICIPUTI, Y., CAPANOGLU, E., CABONI, M. F., & VERARDO, V. (2016). Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts: An Overview. **International journal of molecular sciences**, 17(6), 835. <https://doi.org/10.3390/ijms17060835>

COUTINHO, CF, ESTEVAM, LE, JANGUAS, LM, NOVAIS, MO, & SANTOS, TD. (2018). Tempo de tratamento térmico na inibição do escurecimento enzimático de batatas. <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/ueadsl/article/view/14404>.

CRUZ, RENATA RANIELLY PEDROZA. (2019). Armazenamento de cultivares de batata destinadas à fritura. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/27025>.

DE ARAÚJO, N. O.; VÉRAS, M.L.M.; SANTOS. M.N.; DE ARAÚJO, F.F.; TELLO, J.P.J.; FINGER, F.L. (2019). Sucrose degradation pathways in cold-induced sweetening and its impact on the non-enzymatic darkening in sweet potato root. **Food Chem.** doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125904.

DUARTE, D.; ÑÚSTEZ-LÓPEZ, C. E.; NARVÁEZ-CUENCA, C. E.; RESTREPO-SÁNCHEZ, L. P.; MELO, S., SARMIENTO, F.; KUSHALAPPAD, A.C.; MOSQUERA-VÁSQUEZ, T. (2016). Natural variation of sucrose, glucose and fructose contents in Colombian genotypes of *Solanum tuberosum* Group Phureja at harvest. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. doi 10.1002/jsfa.7783.

DUARTE-DELGADO, D.; ÑÚSTEZ-LÓPEZ, C. E.; NARVÁEZ-CUENCA, C. E.; RESTREPO-SÁNCHEZ, L. P.; MELO, S., SARMIENTO, F.; KUSHALAPPAD, A.C.; MOSQUERA-VÁSQUEZ, T. Natural variation of sucrose, glucose and fructose contents in Colombian genotypes of *Solanum tuberosum* Group Phureja at harvest. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96: p. 4288–4294, 2016. DOI 10.1002/jsfa.7783.

FRANCISQUINI, J. A.; MARTINS, E.; SILVA, P. H. F.; SCHUCK, P.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F. (2017). Reação de Maillard: uma revisão. **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**. doi: <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v72i1.541>

HALFORD NIGEL G., NIRA MUTTUCUMARU, STEPHEN J. POWERS, PETER N. GILLATT, LEE HARTLEY, J. STEPHEN ELMORE E DONALD S. MOTTRAM. (2012). **Jornal de Química Agrícola e Alimentar**. doi: 10.1021/jf3037566

KEIJBETS, M. J. H. (2008). Potato processing for the consumers: developments and future challenges. **Potato Research**. doi:<https://doi.org/10.1007/s11540-008-9104-3>

OLIVEIRA, C., C. T. A. (2018). Métodos tradicionais e emergentes para evitar o escurecimento enzimático de vegetais. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26738>.

PAUL, V.; EZEKIEL, R.; PANDEY, R. (2016). Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. **Journal of Food Science and Technology**. doi: 10.1007/s13197-015-1980-3.

PEREIRA, A. M., GOMES, M. DE P., GUIMARÃES, M. E. DA S., CRUZ, R. R. P., GALDINO, A. G. DA S., FREIRE, A. I., RIBEIRO, W. S., & FINGER, F. L. (2022). Suitability of Donata and BRS F 132 cultivar for the potato processing industry. **Food Science and Technology**, 42, e65820. <https://doi.org/10.1590/fst.65820>.

RESOSEMITO, F. S.; SCHMID, G.; MELO, A. V.; DA SILVA, W. J. R.; LEAL, E. H. F.; DE ARAÚJO, M. L. S. P. (2023). Controle de escurecimento enzimático por polifenoxidase em abacate, batata inglesa e berinjela. **Studies in environmental and animal sciences**, 4(1), 106–116. <https://doi.org/10.54020/seasv4n1-008>.

TSIKRIKA, K., O'BRIEN, N. AND RAI, D. K. (2019) 'The Effect of High Pressure Processing on Polyphenol Oxidase Activity, Phytochemicals and Proximate Composition of Irish **Potato Cultivars**', **Foods**, 8(10), 517. (9pp.) doi: 10.3390/foods8100517

VASCONCELOS, N. C. M. D. (2014). Influência do tratamento térmico sobre as características físicas, sensoriais e digestibilidade de batatas (*Solanum tuberosum* L.) fritas.

VITTI, M.C.; PRECZENHAK, A.P.; CALABONI, C.; KLUGE, R.A. (2019). Atividade enzimática e conteúdo fenólico em batatas minimamente processadas influenciados pela aplicação de antioxidantes.

XIAO, G., HUANG, W., CAO, H., TU, W., WANG, H., ZHENG, X, XIE, C. (2018). Genetic loci conferring reducing sugar accumulation and conversion of cold-stored potato tubers revealed by QTL analysis in a diploid population. **Frontiers in Plant Science**. doi: 10.3389/fpls.2018.00315.

ARTIGO I - DIFFERENTIAL RESPONSE OF POTATO CULTIVARS INTENDED FOR THE PROCESSING INDUSTRY

Artigo publicado na Revista Food Science and Technology

(Com ajustes após considerações da banca de avaliação)

Galdino, A. G. Da S., Pereira, A. M., Araújo, N. O. De, Amorim, F. F. V. R. De, Finger, F. L., & Gomes, M. De P. (2023). Differential response of potato cultivars intended for the processing industry. *Food Science and Technology*, 43. <https://doi.org/10.5327/fst.10223>.

3. ARTIGO I - RESPOSTA DIFERENCIAL DE CULTIVARES DE BATATA DESTINADAS A INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO

RESUMO

A escolha da cultivar tem sido a principal limitação para a indústria de processamento de batatas, tendo baixa disponibilidade de genótipos com formato e tamanho adequados ao fatiamento, ausência de escurecimento não enzimático após a fritura e bom potencial de armazenamento, avaliado principalmente pela incidência de brotações. Objetivou-se com este estudo avaliar o potencial das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet para a indústria de processamento de batatas, no período de 180 dias de armazenamento a 8 °C. Foram realizadas as análises de perda de massa acumulada (PMA), brotação, sólidos insolúveis em álcool (SIA), açúcares solúveis totais (AST), açúcares não redutores (ANR), açúcares redutores (AR) e coloração visual e com colorímetro (L^* e b^*) após a fritura. A cultivar Basin Russet apresentou os menores valores de PMA, enquanto as cultivares Innovator e Umatilla Russet iniciaram a brotação mais tardiamente. Os teores de SIA não se correlacionaram com a brotação e acúmulo de açúcares. Os AST e ANR variaram entre as cultivares e os teores de AR ficaram na faixa de 0,005 a 0,206 %, sendo que Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet e Yona apresentaram valores acima de 0,12%, considerados elevados quando comparado às demais cultivares. Todas as cultivares visualmente foram classificadas na categoria 2 ou 3 referente aos padrões de cor do USDA, tendo a ‘Innovator’ mantida na categoria 2 durante os 180 dias de armazenamento. No entanto, através do parâmetro L^* , as cultivares Alverstone Russet e Basin Russet apresentaram palitos com coloração mais clara e a ‘Challenger’ com tonalidade mais amarelada, sendo indicado para as cultivares avaliadas valores de L^* acima de 64,1 e de b^* acima de 50,3. Conclui-se que dentre as cultivares avaliadas os melhores parâmetros para a indústria de processamento de batata pré-frita foram obtidos nas cultivares Innovator, Alverstone Russet e Basin Russet.

Palavras-chave: açúcares redutores, brotação, reação de Maillard, colorímetro

DIFFERENTIAL RESPONSE OF POTATO CULTIVARS INTENDED FOR THE PROCESSING INDUSTRY

ABSTRACT

The choice of a cultivar has been the main limitation for the potato processing industry, with low availability of genotypes with adequate shape and size for slicing, absence of non-enzymatic browning after frying and good storage potential, which is evaluated mainly by the incidence of sprouts. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potential of cultivars Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet and Basin Russet in the pre-fried potato processing industry, in period of up to 180 days of storage at 8 °C. Analyzes of accumulated mass loss (AMP), sprouting, alcohol insoluble solids (SIA), total soluble sugars (AST), non-reducing sugars (ANR), reducing sugars (AR) and visual and colorimeter (L^* and b^*) after frying. The cultivar Basin Russet showed the lowest values for PMA. The cvs. Innovator and Umatilla Russet were the cultivars that showed later sprouting, and at 180 days Umatilla Russet had shorter sprouts. The SIA levels did not correlate with sprouting and sugar content. The AST and ANR varied among the cultivars and the AR contents were in the range of 0.005 to 0.206 %, with Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet and Yona showing values above 0.12%, considered high when compared to the other cultivars. All cultivars were visually classified in category 2 or 3 during the 180 days of storage for the USDA fry color chart. However, through the L parameter, the cultivars Alverstone Russet and Basin Russet presented sticks with a lighter color and the 'Challenger' with a more yellowish hue. L^* values above 64.1 and b^* 50.3 are indicated for the evaluated cultivars. It is concluded that among the evaluated cultivars, the best parameters for the pre-fried potato processing industry were obtained in the Innovator, Alverstone Russet and Basin Russet cultivars.

Keywords: reducing sugars, sprouting, Maillard reaction, colorimeter

3.1 INTRODUÇÃO

As indústrias de processamento de batata pré-frita vem crescendo cerca de 4,58 % ao ano (Wise Guy Reports, 2017), sendo 40% a 50% da produção de batata americana e 75% da holandesa destinada à industrialização (Nass-Usda, 2013).

A escolha da cultivar tem sido a principal limitação para a indústria de processamento, tendo baixa disponibilidade de genótipos com formato e tamanho adequados ao fatiamento, ausência de escurecimento não enzimático após a fritura (Araújo et al., 2016) e bom potencial de armazenamento, que é avaliado principalmente pela incidência de brotações.

O escurecimento não enzimático é um dos principais parâmetros de qualidade avaliado pela indústria, e ocorre em função da reação de Maillard, no qual os açúcares redutores reagem com asparagina, formando melanoidinas, que são pigmentos de coloração escurecida que depreciam o produto durante a fritura, e está diretamente relacionado com a produção de acrilamina, potencial carcinogênico (Francisquini et al., 2017).

Entretanto, a ocorrência da reação de Maillard se intensifica em batatas previamente armazenadas em temperaturas inferiores a 8°C (Duarte-Delgado et al., 2016), pois, eleva a concentração de açúcares nos tubérculos, principal fator para a formação de acrilamida e o escurecimento (Paul et al., 2016).

No entanto, existe elevada variação de concentrações de açúcares entre os genótipos de batata (Halford et al., 2012), fazendo com que nem todas as cultivares sejam aptas ao processamento após o armazenamento refrigerado, em função da adaptação do metabolismo de carboidratos a baixas temperaturas.

Objetivou-se com este estudo avaliar o potencial das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet para a indústria de processamento de batatas pré-fritas, no período de 180 dias de armazenamento a 8 °C.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os tubérculos das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet foram obtidos da área de produção comercial de Perdizes, Minas Gerais, Brasil, com latitude de 19° 35' 36" S, longitude: 46° 56' 27" W e altitude de 997 m em período com média de 20 a 25 °C e precipitação de 1626 mm anual.

Os tratos culturais pertinentes à cultura, como amontoa e tratamentos fitossanitários, foram realizados de acordo com a necessidade da cultura e cronograma da fazenda. Os tubérculos foram colhidos aos 120 dias após o plantio, curados por 4 dias a 25 °C e transportados ao laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Universidade Federal de Viçosa (UFV) seguido de armazenamento a 8 °C e UR de 90 % ± 2.

Foram realizadas mensalmente as análises de perda de massa acumulada (PMA), brotação, sólidos insolúveis em álcool (SIA), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), coloração visual e com colorímetro (L^* e b^*) após a fritura durante 180 dias.

A PMA foi determinada pela pesagem dos tubérculos mensalmente e expresso em porcentagem em relação ao peso inicial. O início da brotação e o tamanho dos brotos foram determinados visualmente.

Para a extração dos AST e AR retirou-se 5 g de massa fresca dos tubérculos, ao qual foi adicionado etanol 80 % fervente. A mistura foi triturada e centrifugada três vezes por 10 min a 1500 g. A cada centrifugação as amostras foram filtradas e o volume final combinado das filtragens foi padronizado e utilizado para a quantificação dos AST e AR (Dubois et al., 1956).

Os AST foram quantificados pelo método Fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956), utilizando sacarose 1 % para a confecção da curva padrão. A reação foi composta de 250 µL do extrato, 250 µL de fenol 5 % e 1,25 mL de ácido sulfúrico. Posteriormente, a reação foi colocada em banho-termostático por 20 min a 30 °C. A leitura realizada em espectrofotômetro (Genesys-10UV, sacannig) a 490 nm e expresso em porcentagem.

Os AR foram determinados pela metodologia do ácido dinitrossalicílico (DNS) descrito por Gonçalves et al. (2010) com adaptações. Utilizou-se frutose a 0,2 % para a composição da curva. A reação foi composta por 500 µL de DNS, 500 µL da amostra e 4 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Genesys- 10UV, sacannig) a 540 nm e expresso em %.

Os ANR foram calculados pela diferença entre os AST e AR e expressos em porcentagem.

Para avaliação da coloração pós-fritura, os tubérculos foram cortados em palitos, com cortador manual e fritos em fritadeira elétrica, com capacidade para 3 L (Modelo: Ford[®]) por 4 min a 180 °C, seguindo as recomendações das indústrias e de acordo com estudos anteriores em que determinam redução no acúmulo de acrilamida nesta temperatura e intervalo de tempo (Pelucchi et al., 2011).

O SIA foi determinado após a extração dos AST, no qual, o pellet resultante foi seco a 65 °C em estufa de fluxo contínuo por 72 h até estabilidade na massa seca, macerados em cadinho e pesados em balança analítica (La Bonte et al., 2000).

A coloração das batatas pós-fritura foi determinada visualmente com base na indústria de processamento de batata em categorias que variam de 1 (coloração mais clara) a 5 (coloração mais escura), baseada na escala de notas preconizadas pela ‘United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes’ (USDA, 1967). Também foi utilizado colorímetro Color Reader CR-10, Minolta, sendo o parâmetro L * usado para a determinação do escurecimento dos palitos (valores mais próximos de 100, indicativo de escurecimento) e o componente b * para a coloração amarela dos palitos (valores maiores, amarelo mais intenso) (Minolta Corp., 1994).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo cada repetição constituído por dois tubérculos em arranjo de parcela subdividida, sendo a parcela as cultivares (Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet) e a subparcela os tempos de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias).

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F ($p \leq 0,05$), e a diferença mínima significativa (DMS) determinada pelo teste de Tukey a 5 % usando o software R versão 3.4.3 (R Development Core Team, 2017).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A perda de massa acumulada (PMA) das cultivares Yona (1,5 a 2,4%), Alverstone Russet (1,4 a 2,2%) e Basin Russet (1,2 a 1,8%) foram menores do que da Innovator (4,9 a 5,5%) aos 60 e 90 dias de armazenamento (Figura 1). Aos 120 dias, a ‘Basin Russet’ (2,9%) manteve-se com PMA menor que a ‘Innovator’ (6,2%), indicando que a cultivar Basin Russet apresentou a melhor conservação em relação a PMA durante o armazenamento (Figura 1). As demais cultivares avaliadas apresentaram PMA similares.

A PMA ocorre como resultado dos carboidratos consumidos ao longo do armazenamento pelo processo respiratório e pela perda de água por transpiração (LIMA et al., 2018). A câmara de armazenamento a 8 °C com umidade relativa de 90 % \pm 2, proporcionou uma PMA considerável em todas as cultivares, que variou de 5 a 8,4% aos 180 dias (Figura 1), esses resultados corroboram com Pereira et al., (2019) onde aos 150 dias observou PMA de 8,1% analisando a cultivar Innovator.

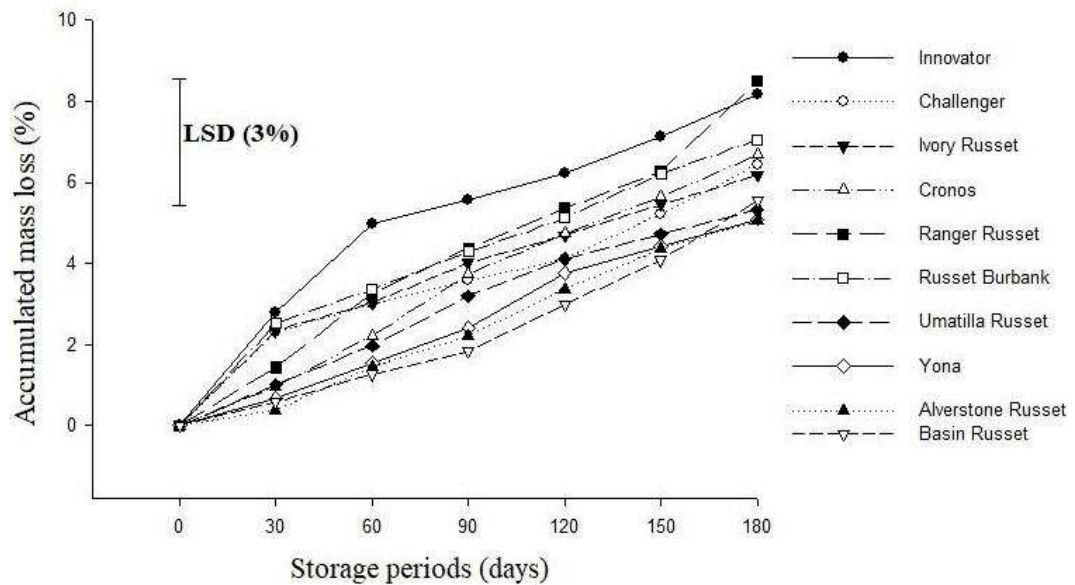


Figura 1: Perda de massa acumulada (PMA) (%) de tubérculos de batata das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet armazenadas a 8 °C por 180 dias. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As cultivares Innovator e Umatilla Russet, visualmente iniciaram a brotação aos 120 dias de armazenamento, enquanto na ‘Russet Burbank’, ‘Yona’, ‘Ranger Russet’ e ‘Ivory Russet’ as brotações começaram aos 90 dias, sendo que nas demais cultivares aos 60 dias de armazenamento já se observava incidência de brotos (Figura 2). Aos 180 dias, as cultivares Alverstone Russet, Cronos, Umatilla Russet e Ivory Russet apresentaram visualmente os brotos com menor incidência comparado às demais cultivares (Figura 2). Resultados divergentes foram encontrados por Cruz (2019) avaliando o armazenamento das cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart para fritura, observou-se que o armazenamento a 6 °C reduziu a brotação dos tubérculos. A temperatura e período de armazenamento ideais para as cultivares foi a de 8 °C por 120 dias sem escurecimento não enzimático e, portanto, aptas para processamento considerando a coloração dos palitos e a incidência de brotação.

A cultivar Innovator no presente estudo apresentou comportamento semelhante aos resultados encontrados por Pereira et al., (2020), pois, a 8 °C a brotação ocorreu aos 120 dias de armazenamento. O aceleramento da brotação nas temperaturas de armazenamento mais elevadas, se deve ao efeito da temperatura nos processos fisiológicos de envelhecimento dos tubérculos que reduzem o período de dormência (Muthoni et al., 2014).

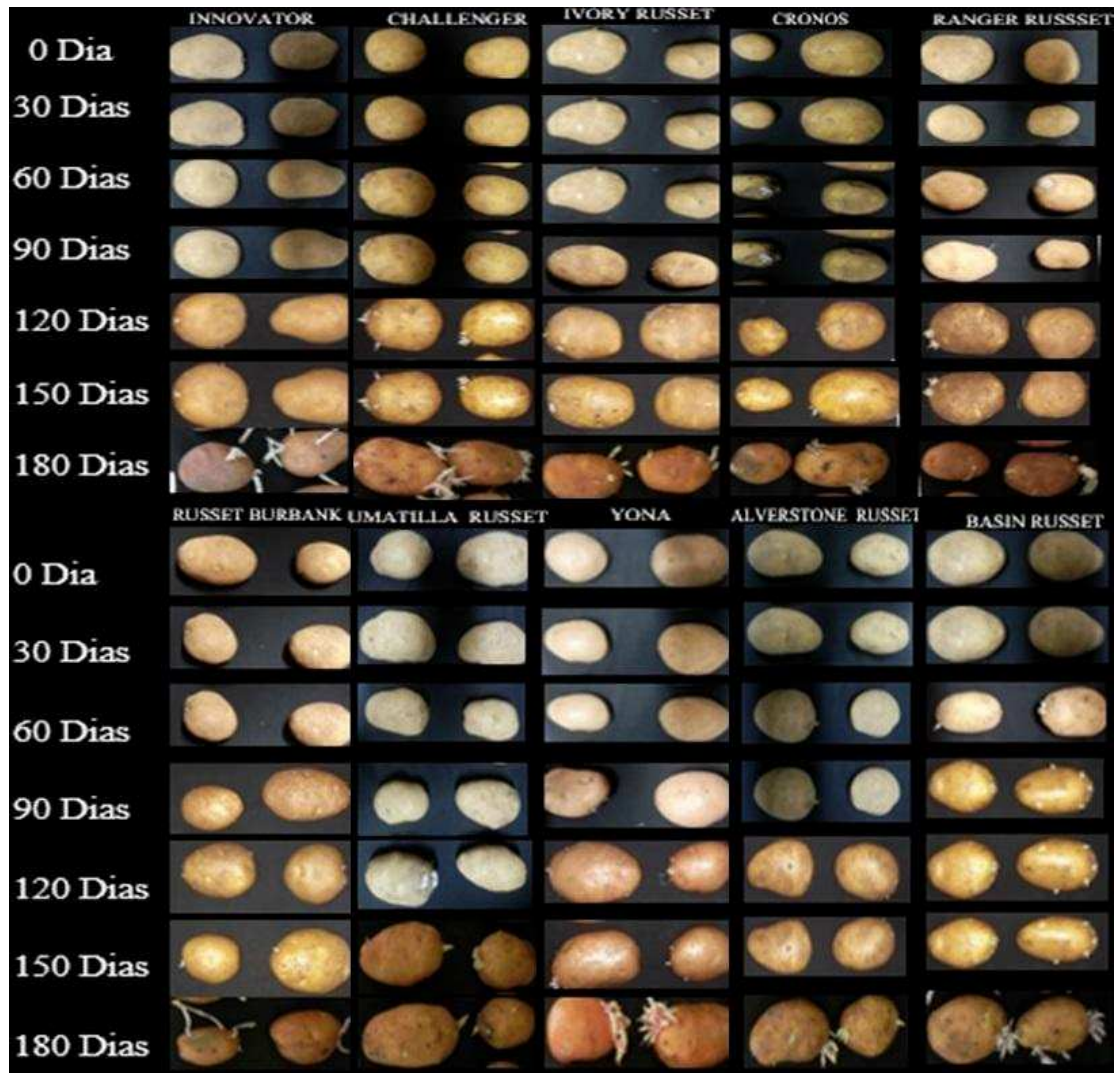


Figura 2. Brotação dos tubérculos de batata das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet armazenados a 8 °C por 180 dias.

Os teores de sólidos insolúveis em álcool (SIA) foram menores na cultivar Cronos diferindo da Umatilla Russet e Basin Russet aos 120, 150 e 180 dias (Figura 3). O SIA em tubérculo de batata representa o teor de amido e concentrações de celulose, hemicelulose e outros compostos (Miao et al., 2014), podendo sua redução relacionar com a brotação em função da clivagem do amido para a produção de sacarose, devido ao maior requerimento em energia para o crescimento dos brotos (Zhang et al., 2013), no entanto, essa correlação não foi verificada no presente estudo (Figura 2 e 3).

O SIA reduziu ao longo do período de 60 a 90 dias para todas as cultivares e logo após houve um aumento em algumas cultivares, tendo um declínio maior no período de 90 a 120

dias o que não se relacionou com a brotação nem com os teores de açúcares (Figura 2, 3, 4, 5 e 6). Cruz et al., (2019) trabalho com as cultivares Asterix , Basin Russet , Cronos , Jurata e Lion Heart armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias também observou-se uma redução no teor de SIA . Porém, nesse caso houve o aumento dos AST (glicose, frutose e sacarose) nos tubérculos armazenados a 6 °C se deve, provavelmente, a uma alteração no equilíbrio entre a degradação do amido pelas amilases, fosforilases e a labilidade de enzimas da glicólise causada pelo frio. Os efeitos do armazenamento de tubérculos de batata em baixas temperaturas sobre a qualidade do produto processado concentra-se na alteração das atividade da amido fosforilase (Rathore et al., 2009).

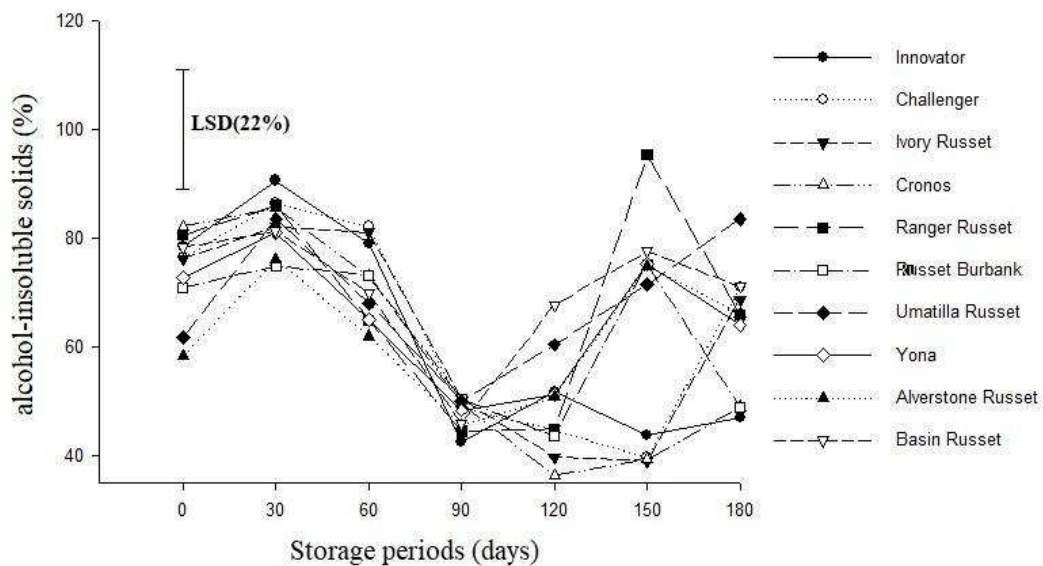


Figura 3. Sólidos insolúveis em álcool (SIA) (%) dos tubérculos de batata das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet Basin Russet armazenadas a 8 °C por 180 dias. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Houve maior teor de açúcar solúvel total (AST) na cultivar Russet Burbank (0,67%) do que na ‘Innovator’ (0,11%) aos 30 dias (Figura 4). A ‘Basin Russet’ (0,69 a 0,99%) apresentou maior AST comparado à ‘Alverstone Russet’(0,05%) aos 120 dias e a ‘Innovator’(0,31%) e ‘Ivory Russet’(0,30%) aos 150 dias (Figura 4).

Enquanto aos 180 dias, as maiores concentrações de AST foram obtidos nos tubérculos das cultivares Ivory Russet (0,99%), Russet Burbank (0,95%), Umatilla Russet (0,72%) e Alverstone Russet (0,69%) comparado a ‘Innovator’ (0,22%), ‘Challenger’(0,30%), ‘Yona’(0,19%) e ‘Basin Russet’(0,12%) (Figura 4).

Essas diferenças entre as cultivares podem ser devidas à menor hidrólise do amido e maior síntese ou acúmulo de sacarose, a partir de UDP-glicose e frutose-6-fosfato, associadas à maior síntese da enzima sacarose-fosfato sintase (Stein & Granot, 2019). Corroborando com o presente estudo, resultados semelhantes foram encontrados por Cruz et al., (2019) avaliando as cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias, onde, o teor de açúcares solúveis totais (AST) aumentou nos tubérculos de todas as cultivares os AST não diferiram entre a cultivar Cronos, os teores de açúcares não redutores (ANR) foram maiores nos tubérculos de todas as cultivares quando armazenadas a a 6 °C, os teores de açúcares redutores (AR) aumentaram nos tubérculos de todas as cultivares.

No entanto, a redução dos ANR nos tubérculos armazenados a 6 °C após o 30º dia se deve, provavelmente, a indução e aumento da atividade das invertases, principalmente a vacuolar, clivando irreversivelmente sacarose a frutose e glicose (AR) (Cruz et al., 2019). As invertases ácidas, localizadas na parede celular ou no vacúolo, são mais relevantes no adoçamento pelo frio em tubérculos de batata do que as invertases neutras/alcalinas localizadas no citoplasma (Zrenner et al., 1996; McKenzie et al., 2005; Lin et al., 2015).

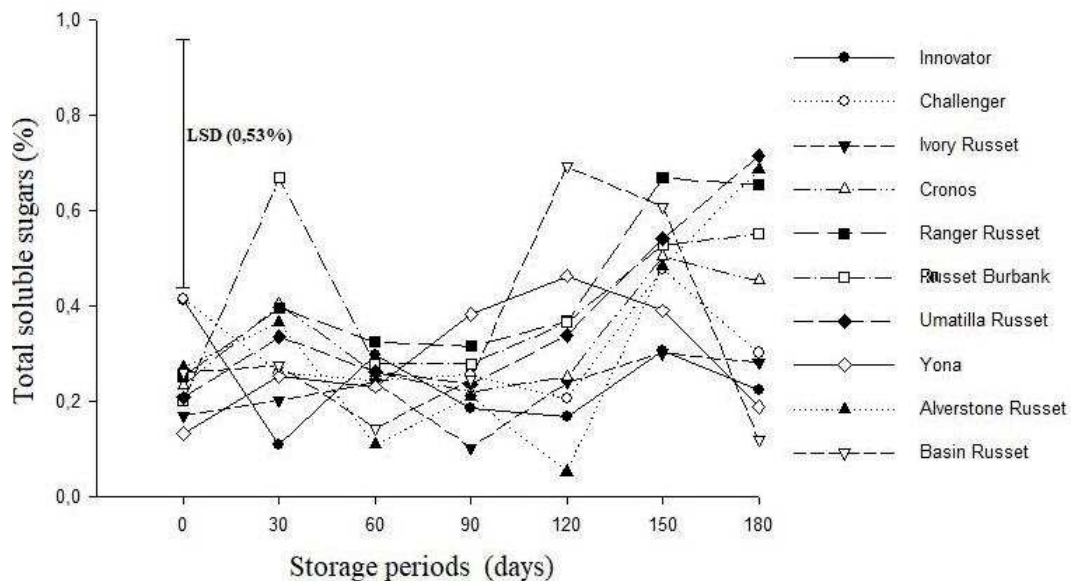


Figura 4. Açúcares solúveis totais (AST) (%) dos tubérculos de batata das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet armazenadas a 8 °C por 180 dias. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os açúcares não redutores (ANR) apresentaram-se mais elevados nas cultivares Ivory Russet (0,93%), Russet Burbank (0,85%), Yona (0,94%) e Basin Russet (0,84%) diferindo da ‘Innovator’ (0,12%) e ‘Challenger’ (0,18%) aos 180 dias de armazenamento a 8 °C (Figura 5).

Os AST e ANR variaram entre as cultivares em função da adaptação do metabolismo de carboidratos a condição de refrigeração a 8 °C. Cada cultivar alterou seu metabolismo de uma forma (Wiberley-Bradford et al., 2016), demonstrando a importância das análises dos açúcares para a compreensão dos genótipos que se aclimatizam melhor em baixas temperaturas.

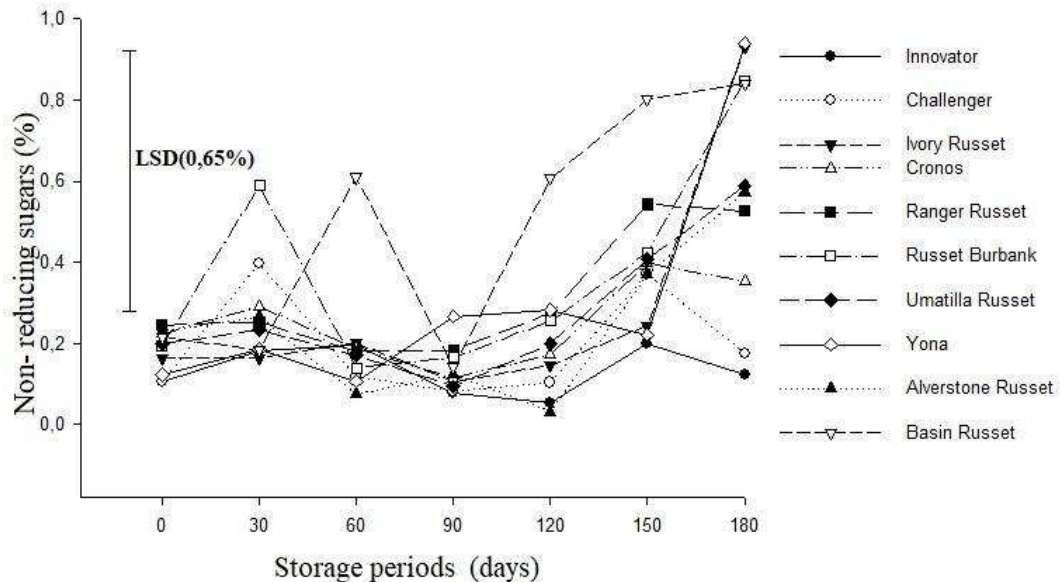


Figura 5. Açúcares não redutores (ANR) (%) dos tubérculos de batata das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet armazenadas a 8 °C por 180 dias. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As cultivares Challenger (0,21%) e Ranger Russet (0,18%) apresentaram maiores teores de açúcares redutores (AR) do que as demais cultivares aos 30 dias de armazenamento (Figura 6), sendo classificadas nas categorias 2 e 3 quanto ao escurecimento, respectivamente (Figura 8).

Aos 60 e 90 dias, a cultivar Challenger manteve teor de AR maior, média de 0,17% comparado a ‘Ivory Russet’ com 0,05% (Figura 6), sendo ambas as cultivares classificadas com nota 3 em relação ao escurecimento (Figura 8). Enquanto, aos 120, 150 e 180 dias a cultivar Yona, apresentou teor médio de AR de 0,18% (categoria 3) diferindo da ‘Ivory Russet’ com 0,05% (categoria 3).

Os teores de AR das cultivares avaliadas ficaram na faixa de 0,005 a 0,206 %, sendo que Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet e Yona apresentaram valores acima de 0,12% dos 30 aos 180 dias (Figura 6), que é indicado como valor máximo para a indústria de

processamento de batata frita (Stark et al., 2003). Essas cultivares foram classificadas na categoria 3 durante quase todo o período de armazenamento (Figura 8).

A cultivar Ivory Russet se destacou com os menores valores de AR, 0,006 a 0,07 % dos 30 a 180 dias, respectivamente, no entanto, os menores teores dos AR não refletiu na coloração dos palitos, que também foram categorizados com nota 3 a partir dos 60 dias de armazenamento (Figura 8).

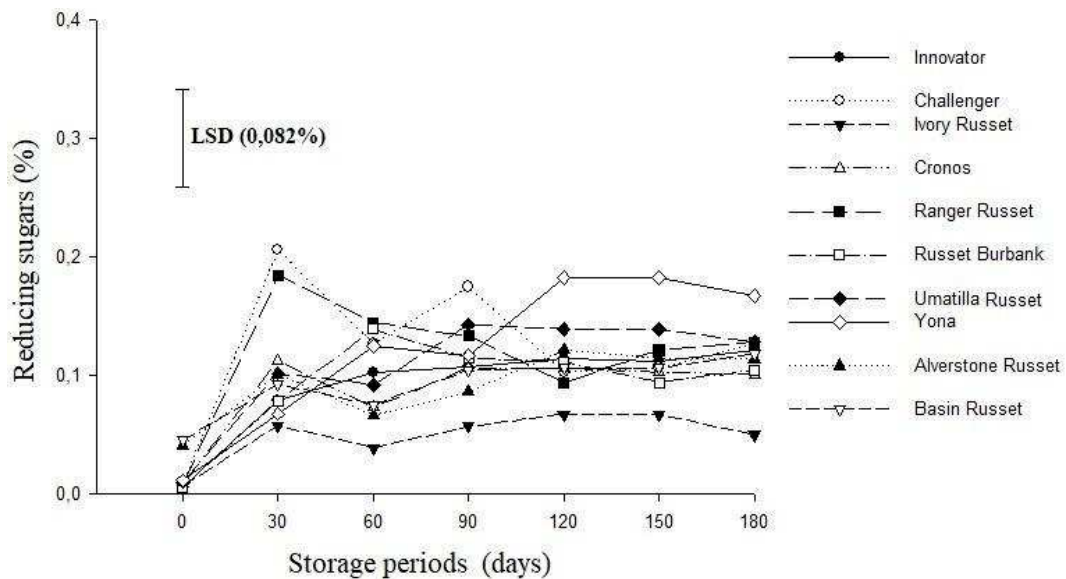


Figura 6. Açúcares redutores (AR) (%) dos tubérculos de batata das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet armazenadas a 8 °C por 180 dias. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As cultivares Alverstone Russet (64,16) e Basin Russet (64,12) apresentaram valores médios de L^* superior à ‘Ranger Russet’ (47,26), ‘Russet Burbank’ (47,16) e Yona (49,9) na maioria dos dias avaliados (Figura 7A), indicando maior escurecimento dos palitos, que não foi detectado visualmente, uma vez que todas as cultivares foram categorizadas como escurecimento nota 3 durante quase todo o armazenamento (Figura 8).

A cultivar Challenger, apresentou b^* de 48,7; 49,8 e 50,3 aos 60, 150 e 180 dias, respectivamente, sendo superior ao valor de b^* da ‘Ranger Russet’ (38,4), ‘Russet Burbank’ (37,6), ‘Umatilla Russet’ (40,5) e ‘Yona (37,1) aos 60 dias, e das cultivares Cronos (41,5 e 41,3), Russet Burbank (31,2 e 41,8) e Yona (39,1 e 41,7) aos 150 e 180 dias (Figura 7B) sendo, portanto a ‘Challenger’ a cultivar que apresentou os palitos de coloração mais amarelada, um indicativo de qualidade para a indústria.

Para o mercado, a cor é fundamental na análise de qualidade. Os consumidores estão cada vez mais exigentes e tem como parâmetro palitos que apresentam coloração dourada clara, com ausência de pontos ou traços escuros. A análise visual apesar de predominar nas indústrias, tem baixa precisão em função de ser subjetiva. Neste estudo ao avaliar a coloração visual, todas as cultivares foram categorizadas com notas 2 e 3, que são aceitas pela indústria de processamento de batata pré-frita, com destaque para a cultivar Innovator, que permaneceu por 180 dias na nota 2 (Figura 8).

No entanto, através do parâmetro L^* , as cultivares Alverstone Russet e Basin Russet apresentaram palitos com coloração mais clara e a 'Challenger' com tonalidade mais amarelada (Figura 7).

Em estudo com as cultivares Asterix, Corsica, Edison, Lionheart e Markies os palitos apresentaram coloração adequada com L^* acima de 45 e b^* maior que 40 (Pereira et al., 2020a). Nos genótipos Alibaba, Arsenal, Antártica e Babylon foram considerados adequados valores de L^* acima de 49,32 e de b^* maior que 48,3 (Pereira et al., 2020b), enquanto nas cultivares Donato e BRS F 132, L^* acima de 55,8 e b^* maior que 44,5 (Pereira et al. 2022).

Esses resultados evidenciam a importância dos estudos com colorímetro e mostram que os valores de referência são específicos para cada cultivar, sendo no presente estudo indicado valor de L^* acima de 64,1 e de b^* acima de 50,3.

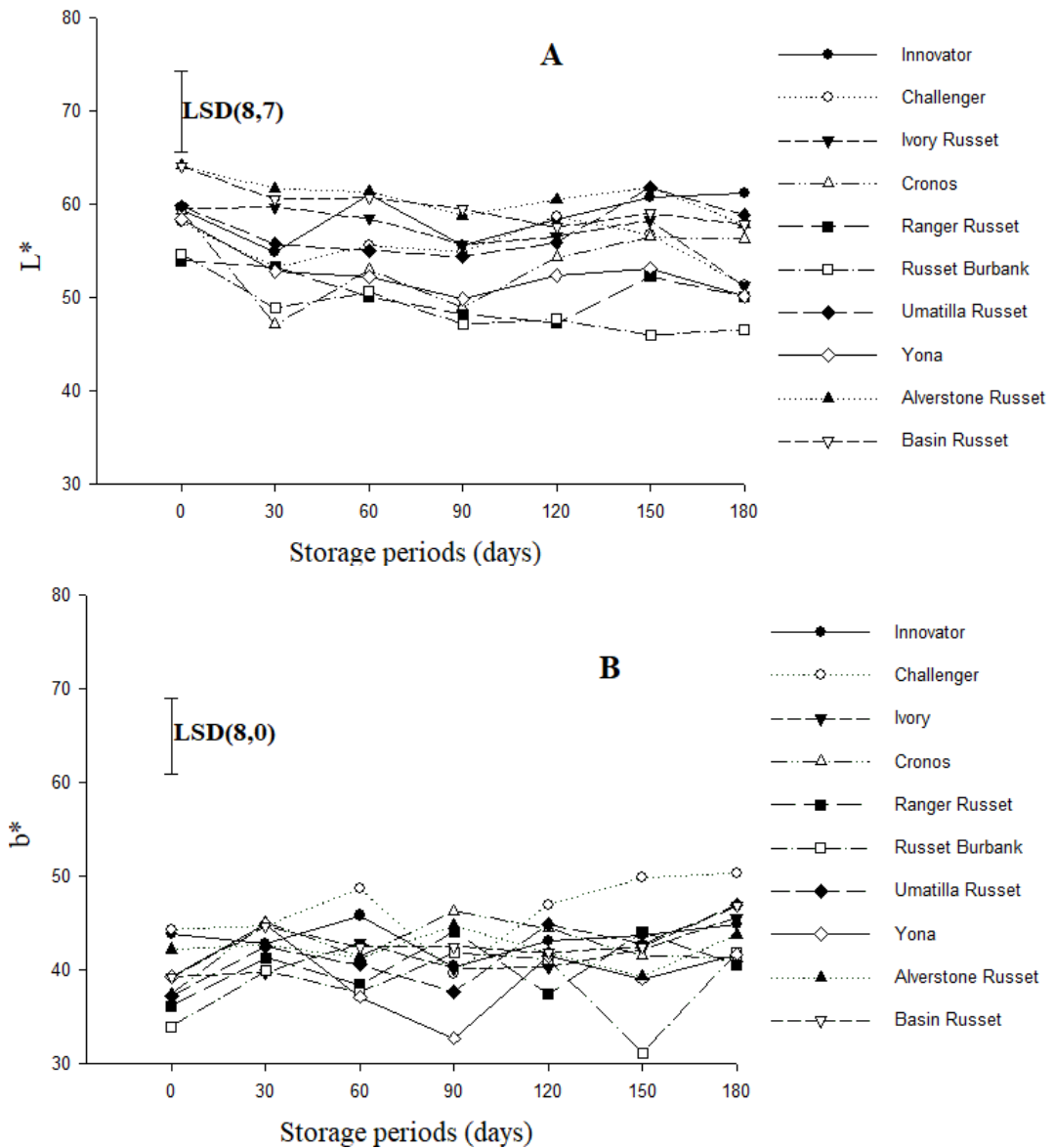


Figura 7: Parâmetro L^* (A) e b^* (B) dos palitos de batata após a fritura a $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 minutos das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet armazenadas a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 180 dias. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

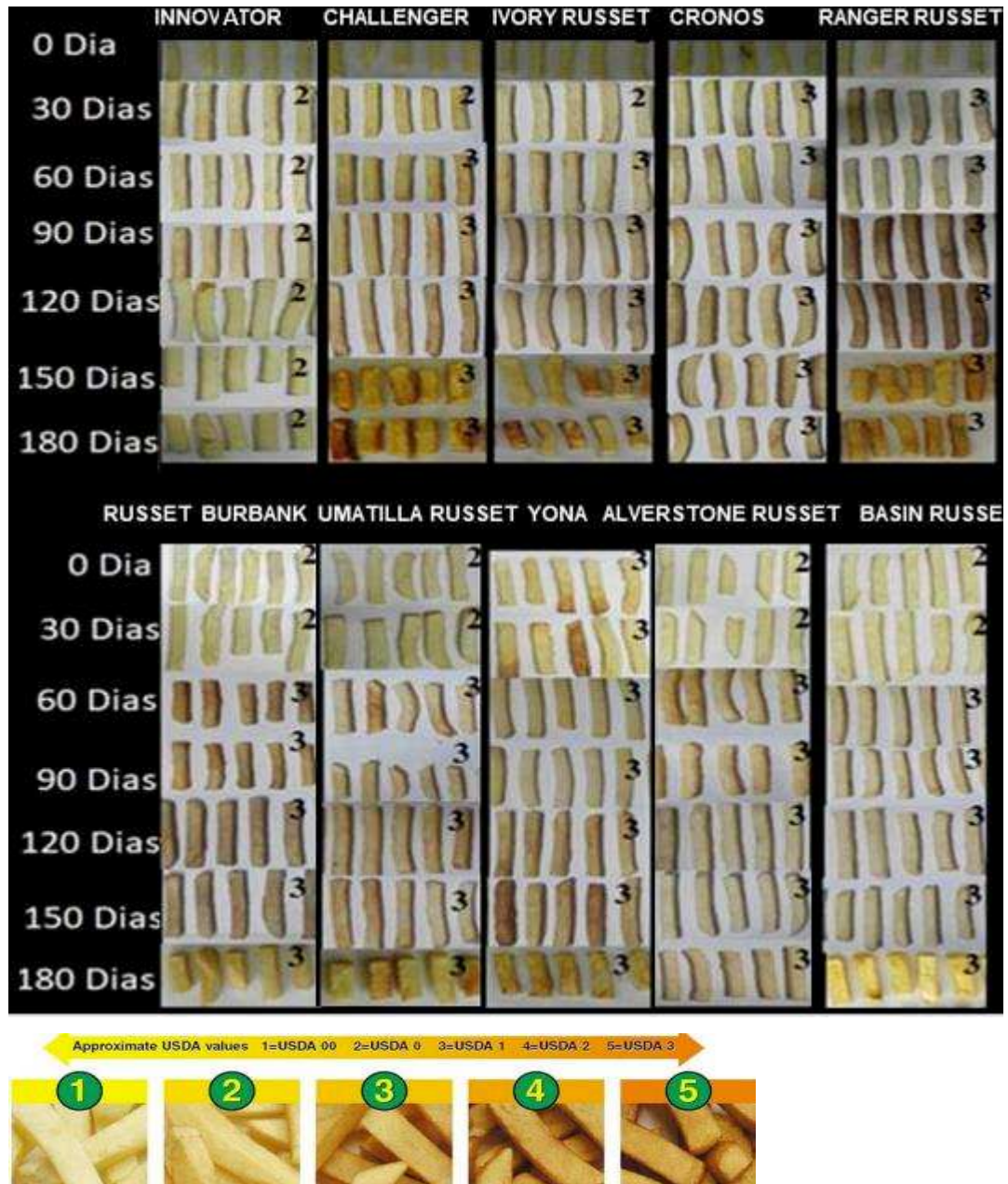


Figura 8: Coloração dos palitos de batata após a fritura a 180 °C por 4 minutos das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet armazenadas por até 180 dias a 8 °C.

3.4 CONCLUSÃO

Dentre as cultivares avaliadas, os melhores parâmetros para a indústria de processamento de batata pré-frita foram obtidos nas cultivares Innovator, através do L* e b* Alverstone Russet por meio da coloração visual e Basin Russet com menor PMA.

3.5 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, T.H.; PÁDUA, J.G.; SPOTO, M.H.F.; ORTIZ, V.D.G.; MARGOSSIAN, P.L; MELO, P.C. , T. (2016). Produtividade de cultivares de batata e atributos de qualidade para processamento industrial como palha e chips. **Horticultura Brasileira**, 34(4): 50- 57. doi: 0.11606/d.11.2014.tde-19032014-110640.
- DUARTE-DELGADO, D.; ÑÚSTEZ-LÓPEZ, C. E. NARVÁEZ-CUENCA, C., E. RESTREPO-SÁNCHEZ, L. P.; MELO, S., SARMIENTO, F.KUSHALAPPA, A.C. MOSQUERA-VÁSQUEZ, T. (2016). Natural variation of sucrose, glucose and fructose contents in Colombian genotypes of *Solanum tuberosum* Group Phureja at harvest. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 96: 4288–4294, 2016. doi 10.1002/jsfa.7783
- DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. A., SMITH, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, 28(3), 350–356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- FRANCISQUINI, J. A. et al. (2017). Reação de Maillard: uma revisão. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 72, n. 1, p. 48-57, jan/mar. doi: 10.14295/2238-6416.v72i1.541.
- GONÇALVES, C.; RODRIGUES-JASSO, M. R.; GOMES, N.TEIXEIRA, J. A.; BELO, I. (2010). Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods**, 2: 2046-2048.
- HALFORD, N. L. G et al. (2012). Concentrations of free amino acids and sugars in nine potato varieties: effects of storage and relationship with acrylamide formation. **Journal of agricultural and food chemistry**. doi: 10.1021/jf3037566.
- Bonte, D. R. et al. (200). Carbohydrate-related changes in sweetpotato storage roots during development. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. doi: 10.21273/jashs.125.2.200.
- LIMA, P. C. C. Avaliação da deterioração pós-colheita de batata-doce in natura e processada. 2018. 116 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MIAO, H.; SUN, P.; LIU, W.; XU, B.; JIN, Z. (2014) Identification of genes encoding granulebound starch synthase involved in amylose metabolism in banana fruit. **Plos one** 9(2), e88077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088077>.
- MINOLTA CORP. (1994). Precise color communication: color control from feeling to instrumentation. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division. 49p.
- MUTHONI, J.; KABIRA, J.; SHIMELIS, H.; MELIS, R.(2014). Regulation of potato tuber dormancy: A review. **Australian Journal crop Science**, v. 8, n. 5, p. 754-759.
- NASS/USDA. (2013). Noncitrus Fruits and Nuts: National Agricultural Statistic Service, United States Department of Agriculture, Washington, D.C. (2014). Summary, 1948-2698.

PAUL, V.; EZEKIEL, R.; PANDEY, R. (2016). Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 1-18. DOI: 10.1007/s13197-015-1980-3.

PELUCCHI, C.; VECCHIA, C.; BOSETTI, C.; BOYLE, P.; BOFFETTA, P. (2011). Exposure to acrylamide and human cancer-a review and metanalysis of epidemiologic studies. **Annals of Oncology**, v. 22, p. 1487 – 1499.

PEREIRA, A. M.; GUIMARÃES, M. E. DA SILVA.; GALDINO, A. G. S.; FREIRE, A. I.; GOMES, DE PAULA.; CRUZ, R. R. P.; RIBEIRO, F. C. S.; RIBEIRO, W. S.; FINGER, F. L. (2020a). Potato cultivars evaluation for processing industry. **Research, Society and Development**, v. 9, n.12,e7291210803. doi: 10.33448/rsd-v9i12.108031.

PEREIRA, A. M.; GUIMARÃES, M. E. DA SILVA.; GOMES, DE PAULA.; CRUZ, R. R. P.; GALDINO, A. G. S.; FREIRE, A. I.; GONÇALVES, D. N.; FINGER, F. L. (2020b). Potential of Use of Potato Genotypes by the Industry. **Journal of Experimental Agriculture International** 41(11): 28-34.doi: 10.9734/jeai/2020/v42i1130620.

PEREIRA, A. M.; GOMES, DE PAULA.; GUIMARÃES, M. E. DA SILVA.; CRUZ, R. R. P.; GALDINO, A. G. S.; FREIRE, A. I.; RIBEIRO, W. S.; FINGER, F. L.(2022). Suitability of donata and BRS F 132 cultivar for the potato processing industry. **Journal of Food Science and Technology**. Campinas, v42, e65820. <https://doi.org/10.1590/fst.65820>.

RATHORE, R.S.; GARG, N.; GARG, S.; KUMAR, A. (2009). Starch phosphorylase: Role in starch metabolism and biotechnological applications. **Critical Reviews in Biotechnology** 29(3): 214-224. doi: 10.1080/07388550902926063.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

STARK, J. C.; OLSEN, N.; KLEINKOPF, G. E.; LOVE, S. L. (2003). Tuber Quality. In: Stark Jc; Love Sl (Eds). Potato production systems. Aberdeen: University of Idaho. p. 329-343.

STARK, JC, LOVE, SL, KNOWLES, NR (2020). Qualidade do tubérculo. In: Stark, J., Thornton, M., Nolte, P. (eds) Sistemas de Produção de Batata. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_15.

STEIN, O., & GRANOT, D. (2019). An overview of sucrose synthase in plants. **Frontiers in Plant Science**, 10(95), 1–31. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00095>.

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

WIBERLEY-BRADFORD AE, BUSSE JS, JIANG J, BETHKE PC. (2016), Sugar metabolism, chip color, invertase activity, and gene expression. during long-term cold storage of potato (*Solanum tuberosum*) tubers from wild-type and vacuolar invertase silencing lines of Katahdin. **BMC Res Notes**. doi:10.1186/1756-0500-7-801.

WISE GUY REPORTS. Global Potato Chips Market (2021).

https://www.wiseguyreports.com/report-info.pdf?report_id=2284907.

ZHANG, H.; LIU, X.; LIU, J.; OU, Y.; LIN, Y.; LI, M.; SONG, B.; XIE, C. A.(2019) Novel Ring Finger Gene, *Sbrfp1*, Increases Resistance To Cold-Induced Sweetening Of Potato Tubers. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.01.019>.

4. ARTIGO II - EFEITO DO MÉTODO DE BRANQUEAMENTO NA QUALIDADE DE DIFERENTES CULTIVARES DE BATATAS

RESUMO

O branqueamento dos tubérculos permite uma melhora na textura, e nas qualidades organolépticas dos palitos. Portanto é essencial a utilização de métodos de conservação adequados de modo que se possa manter as características sensoriais naturais. Diante disso, o objetivo deste estudo foi : avaliar a efetividade do branqueamento no escurecimento enzimático de 10 cultivares de batata. Realizou-se às análises de coloração antes e após 2h de branqueamento atividade da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), L* e b* sem branqueamento e com branqueamento e os compostos fenólicos (FN). No grupo representado pela cultivar Russet Burbank antes do branqueamento observou-se rápido escurecimento dos palitos, que se intensificaram com a exposição por 2 horas ao ar, corroborando com alto teor de PPO e POD (e baixos valores de L* e b*). A enzima PPO nas análises com branqueamento se correlacionou negativamente com o L* Indicando que o aumento da atividade enzimática promove palitos mais escuros. O branqueamento melhorou a textura e as qualidades organolépticas dos palitos das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet. A atividade de POD e PPO diminuíram com o uso do branqueamento. A avaliação do L* e o b* foi importante para mostrar que esses parâmetros de qualidade são indispensáveis na indústria de processamento, pois a aparência dos palitos melhorou após o branqueamento. Dessa forma, as cultivares do presente estudo são indicadas para a indústria de processamento de batata.

Palavras-chave: Coloração, polifenoloxidase, peroxidase.

ABSTRACT

Blanching the tubers improves the texture and organoleptic qualities of the sticks. Therefore, it is essential to use appropriate conservation methods so that the natural sensory characteristics can be maintained. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effectiveness of blanching in the enzymatic browning of 10 potato cultivars. Color analysis was carried out before and after 2h of bleaching, polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (PPO), L* and b* without bleaching and with bleaching and phenolic compounds (FN). In the group represented by the Russet Burbank cultivar, before bleaching, rapid darkening of the sticks was observed, which intensified with exposure for 2 hours to air, corroborating the high content of PPO and POD (and low values of L* and b*. The enzyme PPO in analyzes with bleaching, it was negatively correlated with L*, indicating that increased enzymatic activity promotes darker sticks. Bleaching improved the texture and organoleptic qualities of sticks from the cultivars Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank , Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet and Basin Russet. POD and PPO activity decreased with the use of bleaching. The evaluation of L* and b* was important to show that these quality parameters are indispensable in the processing industry, as the appearance of the sticks improved after blanching, meaning that the cultivars in the present study are recommended for the potato processing industry.

Keywords: Coloring, polyphenoloxidase. peroxidase.

4.1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum L.*) é a terceira cultura alimentar mais importante no mundo, e a primeira commodity não grão, sendo estimado que mais de um bilhão de pessoas consomem batata diariamente (Abba, 2020). Sua produção mundial anual supera 330 milhões de toneladas em uma área de 18 milhões de hectares (Tsikrika et al., 2021), sendo parte da produção destinada à indústria de processamento, como a produção de batatas pré-fritas (Cruz et al., 2019).

As indústrias de batatas pré-frita apresentam como limitação cultivares que após o descascamento e fatiamento mantenham a qualidade com ausência de escurecimento enzimático, causado pelas enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) (Resosemito et al., 2023).

Estudos sobre escurecimento enzimático pós-colheita são de fundamental importância para que possam ocorrer avanços nesse meio, pois sabe-se que, tal processo diminui a qualidade da batata e suas características nutricionais. Nesse sentido, as reações oxidativas deste processo, independentemente de sua causa (amassamento, corte, descascamento, ferimento etc.), envolve o contato entre as enzimas oxidativas e vários compostos fenólicos (Resosemito et al., 2023).

A polifenoloxidase (PPO) é a principal enzima envolvida neste processo, utilizando o oxigênio molecular na catálise de o-hidroxilação de monofenol para o-difenóis (atividade da monofenolase) e, posteriormente, a oxidação do difenol (atividade de difenolase) em o-quinona. As o-quinonas se polimerizam e reagem com aminoácidos endógenos e proteínas formando pigmentos marrons.

Enquanto, a peroxidase (POD) é uma das enzimas envolvidas na defesa celular contra os danos de radicais livres, utilizando o peróxido de hidrogênio como substrato e um doador de elétrons (fenólicos, ascorbato, aminas) em suas reações (Vitti et al., 2019). Como consequências o escurecimento causa uma indesejável coloração dos palitos, perda da qualidade nutricional e modificações no sabor, que se intensifica com a exposição ao ar antes dos palitos serem embalados.

Visando a inativação dessas enzimas, no pré-processamento é realizado o branqueamento com água quente (Monteiro et al., 2019). Sendo que as cultivares apresentam quantidades distintas dessas enzimas e respondem de forma variada ao procedimento de branqueamento (Vasconcelos, 2014). A redução enzimática da POD e PPO em 90% da atividade é considerado como o ponto final do tratamento (Oliveira 2018).

Muitas cultivares com polpa clara, como as Russetes (Ivory Russet, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Alverstone Russet e Basin Russet) e outras com a coloração da polpa mais amarela (Innovator, Challenger, Cronos e Yona) apresentam potencial para produção de batata pré-frita, no entanto, é necessário a realização de estudos que avaliem a resposta desses materiais ao branqueamento.

Considerando-se a importância da batata na alimentação humana, a busca por cultivares que atendam as expectativas do mercado consumidor e a sensibilidade desses tubérculos ao escurecimento devem ser avaliados. Dessa forma presente trabalho objetivou : : avaliar a efetividade do branqueamento no escurecimento enzimático de 10 cultivares de batata.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Preparação de materiais

Os tubérculos das cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet foram obtidos da área de produção comercial de Perdizes, Minas Gerais, Brasil, com latitude de 19° 35' 36" S, longitude: 46° 56' 27" W e altitude de 997 m em período com média de 25 °C e precipitação de 1626 mm anual.

Os tratos culturais pertinentes à cultura, como a amontoa e tratamentos fitossanitários, foram realizados de acordo com a necessidade da cultura e cronograma da fazenda. Os tubérculos foram colhidos aos 120 dias após o plantio, curados por 4 dias a 25 °C e transportados ao laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Universidade Federal de Viçosa (UFV) seguido de armazenamento a 8 °C e UR de 90 % ± 2 por até 180 dias.

4.2.2 Branqueamento com água quente e exposição dos palitos por 2 horas

Os palitos das cultivares de batatas foram descascados e fatiados com cortador manual e posteriormente imersos em água quente (90 °C) usando um banho de água controlado termostaticamente (Banho Maria Digital 40 Litros 220V Solidsteel, Marca: Solidsteel, Modelo: Banho Maria Digital, Referência: SSD40L220V).

O tempo de branqueamento foi de 5 min de acordo com testes preliminares. Após o branqueamento com água quente, o excesso de água na superfície dos palitos das batatas foi

retirado com papel filtro. Posteriormente, os palitos das cultivares ficaram expostos por 2h para novas análises. O controle consistiu dos palitos sem branqueamento.

4.2.3 Extração de enzimas e ensaio de atividade

Os extratos enzimáticos da POD, PPO e proteínas foram obtidos a partir de 5 g de material vegetal e 15 mL de tampão de extração (tampão fosfato de potássio 0,1M a pH 6,5). O material foi triturado, filtrado em gaze e centrifugado a 17.000 g por 30 min a 4 °C (Lagrimini et al., 1997).

Para determinação da atividade enzimática da POD, 100 µL do extrato foram adicionados ao meio de reação contendo 0,5 mL de guaiacol (1,7 %), 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 mol L⁻¹ (pH 7,0) e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio (1,8 %), sendo a leitura realizada em espectrofotômetro a 470 nm e os dados expressos em unidades de absorbância (UA) min⁻¹ mg⁻¹ de proteína (Lagrimini et al., 1997).

Para a determinação da atividade enzimática da PPO, o meio de reação foi composto por 100 µL de extrato enzimático, 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 mol L⁻¹ (pH 7,0), 0,5 mL catecol e 0,9 mL de água destilada. A leitura foi realizada a 420 nm e expressa em UA min⁻¹ mg⁻¹ de proteína (Kavrayan And Aydemir, 2001).

A proteína total foi determinada pelo método de Bradford (1976), utilizando albumina de soro bovino (BSA) como padrão.

4.2.4 Cor dos palitos

A cor das batatas fritas foi determinada pelo uso do colorímetro Color Reader CR-10, Minolta, que possui os componentes L*, a*, b*, c* (croma) e o ângulo H, sendo que para os tubérculos de batata foram utilizados o parâmetro L* que se refere ao grau de brilho da amostra, variando de claro (valores próximos a 100) a escuro (valores próximos a 0) e o componente b* que varia de azul (valores negativos) a amarelo (valores positivos) (Minolta Corp., 1994).

4.2.5 Compostos Fenólicos Totais

Para avaliar o conteúdo de compostos fenólicos totais foi utilizado o método de Fu et al. (2010). Nas avaliações dos tempos de armazenamento, foram coletados 5 g de polpa de

batata, depositados em frascos com álcool 80% a 65 °C e armazenadas a uma temperatura de 4 °C. As amostras foram trituradas com auxílio de um politron a 14.000 g e vertidas em tubo falcon para centrifugação a 2.000 g durante 10 minutos, sendo repetido duas vezes e completando-se o volume final do extrato alcoólico para 25 ml. Para a quantificação foi retirada uma alíquota de 0,5 ml e misturada com 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) e 0,8 mL de solução de carbonato de sódio (NaCO₃) a 7,5%, em tubo de ensaio. A solução foi homogeneizada em vórtex e permaneceu à temperatura de 25 °C por 30 minutos. Após essa etapa, foi medida a absorvância das amostras em espectrofotômetro a 760 nm, com utilização de ácido gálico como padrão e os resultados expressos em mg por 100 g de massa fresca.

4.2.6 Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas com cinco repetições, cada repetição composta por dois tubérculos. A parcela foi composta por 10 cultivares (Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet), enquanto a subparcela foi representada pelos tempos de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias). Os dados foram submetidos à análise de variância, comparados pelo teste F ($p \leq 0,05$), usando o software R versão 3.4.3 (R Development Core Team, 2017).

Para a complementação da avaliação das cultivares, foi realizada a análise de agrupamento que tem por objetivo criar subgrupos distintos e homogêneos a partir de um dado conjunto de indivíduos tomados em p medidas (Franzén, 2008). O método de Ward (Ward, 1963) foi utilizado no agrupamento das 10 cultivares de batata avaliadas, com base na matriz de dissimilaridade, obtida pela média da distância euclidiana padronizada quadrática das médias das características avaliadas por 180 dias. Para visualizar os agrupamentos foi confeccionado um dendograma. A análise de agrupamento e a estimativa do ajuste de correlação do coeficiente cofenético entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma foram realizadas no programa R.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.3.1 Análise de POD, PPO, L* e b* com branqueamento

No grupo representado pela cultivar Russet Burbank (Figura 1) antes do branqueamento, observou-se rápido escurecimento dos palitos, que se intensificaram com a exposição por 2 horas ao ar (Figura 2), corroborando com alto teor de PPO ($0.21 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$) e POD ($12.77 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$) e baixos valores de L^* ($L= 51.07$) e b^* ($b= 33.99$).

Isso ocorre porque as enzimas POD e PPO são responsáveis pelo escurecimento, sendo que quanto maior a sua atividade, maior será a atividade de radicais livres e processos de oxidação, caracterizando um efeito fisiológico visível, o escurecimento dos palitos (Resosemito et al., 2023).

A peroxidase (PPO) é a principal enzima responsável pelo escurecimento enzimático dos tecidos, utilizando fenólicos como substratos para suas reações e o O_2 como cofator, sendo gerados subprodutos de coloração amarronzada (Vitti et al., 2019).

A enzima POD se correlacionou positivamente com a PPO ($r = 0,91$), indicando que à medida que a POD aumenta a PPO também aumenta (Figura 4).

No entanto, a POD e PPO não se correlacionaram com os compostos fenólicos (Figura 4), o que pode estar relacionado com o uso de outros substratos como ascorbato ou aminas durante as reações ou com a quantidade de fenóis nas cultivares testadas (Resosemito et al., 2023).

Baixos níveis de fenólicos acarreta na redução do escurecimento dos tecidos, pois pode indicar menor taxa de produção de pigmentos escuros de alto peso molecular, como as quinonas. Logo, baixos teores de fenólicos em batatas minimamente processadas são benéficos para a manutenção da qualidade do produto

No entanto, alguns autores observaram que não há correlação ou há correlação negativa entre o teor de polifenóis e a atividade antioxidante da PPO, assim como encontrado no presente estudo (Souza et al., 2018; Arnosso et al., 2019; Rasera et al., 2020).

Após o branqueamento, os palitos de Russet Burbank apresentam coloração mais clara, mesmo após 2h de exposição ao ar, a PPO reduziu 21% e a POD aumentou 78,5%, isso se deve provavelmente ao fato de que a PPO é a enzima envolvida diretamente com o escurecimento, então, com o branqueamento diminuiu e reduziu o escurecimento. Já a POD além de está relacionada com escurecimento enzimático também é uma enzima do metabolismo antioxidante, ou seja, aumenta a sua atividade para reduzir as espécies reativas de oxigênio (ROS) formadas em condições de estresse. Por outro lado, o desequilíbrio dos componentes do estresse oxidativo sobre os sistemas de eliminação de ROS na cultivar Russet Burbank antes do armazenamento podem ser uma indicação de sua sensibilidade a altas temperaturas durante o

branqueamento. (Figura 3), A correlação entre as enzimas foram positivas ($r = 0,61$), indicando que as enzimas não foram totalmente inativadas pela temperatura durante o método de branqueamento, porém suas quantidades diminuem causando uma menor correlação, pois, os valor inicial foi de ($r = 0,91$) (Figura 4).

No entanto, mesmo não ocorrendo a inativação total das enzimas, o procedimento de branqueamento foi efetivo em reduzir o escurecimento e manter a coloração adequada dos palitos para o processamento nesta cultivar (Figura 3). Em estudo realizado com o branqueamento de cabaça amarga (Nalawade et al., 2018) e batata-doce (Wang et al., 2023) verificou-se que a técnica de infravermelho (IR) requer maior tempo de processamento para a inativação de 90 % da POD, quando comparado com branqueamento e aquecimento por microondas e água quente, resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, onde a POD aumentou com o branqueamento em até 78,5 %.

Grande parte das enzimas PPO e POD são destruída por aquecimento entre 70 e 80°C, durante um intervalo de tempo que varia de dois a cinco minutos (Resosemito et al., 2023), porém , não aconteceu com a POD no presente estudo, a mesma aumentou com o branqueamento, sendo que no primeiro grupo aumentou em 78,5%, no segundo em 98% no terceiro aumentou em 28% e no quarto grupo teve um aumento de 44%.

Em relação a sua função catalítica, a PPO não pertence as enzimas estáveis ao calor, por isso, quando expostas a temperatura de 70 a 90°C por um curto período de tempo são destruídas parcial ou total (Souza, 2012), corroborando com o presente trabalho, pois, houve uma redução da atividade da PPO em todos os grupos avaliados (78,5%, no segundo em 98% no terceiro aumentou em 28% e no quarto grupo teve um aumento de 44%).), como verificado em alho, quando utilizado branqueamento em água quente nas temperaturas de 80 e 90 °C e em vapor a 100 °C nos tempos de 1, 2, 4, 6, 8 e 10 minutos, que provocou a diminuição da atividade enzimática da POD e PPO, porém teve modificações indesejáveis na textura do alho nos tempos maiores que quatro minutos (Fante et al., 2011).

Nesse estudo, possivelmente, a inativação completa da enzima seria obtida com um período maior de tratamento térmico, o que não se tornaria viável, pois modificaria a estrutura do alimento dando uma aparência de cozido, mais amolecido.

No grupo representado pelas cultivares Ranger Russet, Umatilla Russet e Yona (Figura 1) observou-se rápido escurecimento dos palitos, apenas na cultivar Ranger Russet que se intensificou com a exposição por 2 horas ao ar (Figura 2), corroborando com alto teor de PPO (0.25 UA min⁻¹ mg⁻¹) e POD (7.39 UA min⁻¹ mg⁻¹) e baixos valores de L* ($\Delta L = 53.93$) e b*

($\Delta b = 34.85$). Isso ocorre porque as enzimas POD e PPO são responsáveis pelo escurecimento, sendo que quanto maior a sua atividade, maior será o escurecimento, como o observado na cultivar Russet Burbank.

Apesar da ausência de escurecimento nas cultivares Umatilla Russet e Yona (Figura 2), observou-se nas três cultivares melhor aparência com a realização do branqueamento mesmo após 2h, indicando efetividade do método para essas cultivares, pois, a PPO reduziu em 30% e a POD aumentou em 98%.

As cultivares Ivory Russet, Alverstone Russet, Basin Russet representam outro grupo (Figura 1), no qual, não se observou escurecimento dos palitos e a PPO reduziu em 8% e a POD aumentou em 28% (Figura 2), corroborando com baixo teor de PPO ($0.09 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$) e POD ($6.40 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$) e alto e alto e alto valores de L^* ($\Delta L = 57.57$) e b^* ($\Delta b = 34.61$). O mesmo ocorreu com o grupo representado pelas cultivares Cronos, Innovator e Challenger (Figura 1 e 2) que também apresentaram baixo teor de PPO ($0.11 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$) e POD ($4.80 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$) e alto valores de L^* ($\Delta L = 54.04$) e b^* ($\Delta b = 40.20$).

A PPO reduziu 16% e a POD aumentou em 44% corroborando com os valores de L^* ($\Delta L = 54.04$) e b^* ($\Delta b = 40.20$) e com a coloração dos palitos.

O L^* ($r = -0,5$) e b^* ($r = -0,13$) apresentaram correlação negativa com as duas enzimas, ou seja, os resultados do L^* e b^* são inversamente proporcionais a POD e PPO no presente estudo (Figura 4). Indicando que a maior atividade enzimática, leva ao escurecimento dos palitos, demonstrado pelo menor valor de L^*

O branqueamento foi eficiente no terceiro grupo tendo um L^* (0,25%) reduziu e b^* (102%) aumentou e no quarto grupo o L^* (,99%) reduziu e b^* (20%) aumentou nesses dois grupos, do ponto de vista que seus principais objetivos foram obtidos inativar enzimas, manter a consistência firme, e as propriedades organolépticas, onde possível observar que os palitos mantiveram uma boa aparência com o branqueamento mesmo após duas horas (Figura 3).

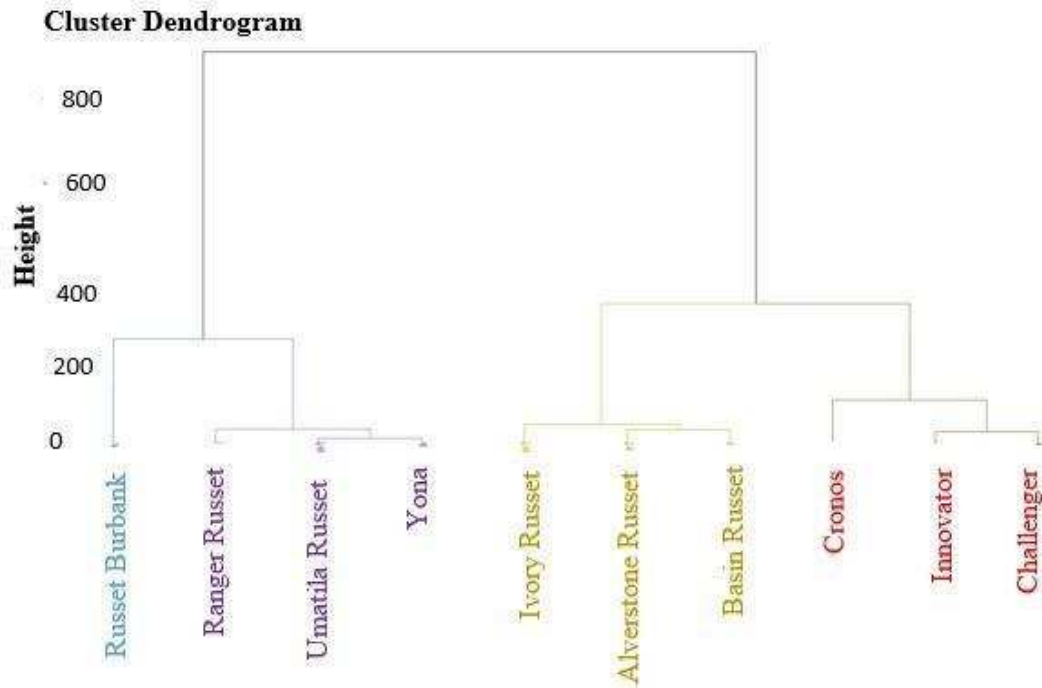


Figura 1: Análise de agrupamento hierárquico de batata com branqueamento (C.B) cvs. Russet Burbank, Ranger Russet, Umatilla Russet, Yona, Ivory Russet, Alverstone Russet, Basin Russet, Cronos, Innovator e Challenger armazenadas a 8 °C por 180 dias. Coeficiente de correlação cofenética igual a 0,60.

4.3.2 Cor da superfície dos palitos sem e com branqueamento

Parâmetro L^* dos palitos sem branqueamento apresentou valores entre 51.07 a 58.11 durante os 180 dias de armazenamento nas cultivares do presente estudo (Tabela 1). Os menores valores de L^* pertenceram a cultivares Russet Burbank (51.07) e Ranger Russet (53,93) que apresentaram escurecimento dos palitos. Já as demais cultivares, não apresentaram escurecimento, com valor de L^* superior a 54.04.

O L^* e o b^* apresentaram correlação positiva baixa sem ($r = 0,31$) e com branqueamento ($r = 0,55$) (Figura 4). Indicando que a coloração amarelada está pouco relacionada com o escurecimento, estando possivelmente mais associada com a coloração da polpa dos tubérculos. O parâmetro b^* antes do branqueamento apresentou valores entre 33.48 e 42.07 ao longo do tempo de armazenamento nas cultivares avaliadas (Tabela 1), sendo que o grupo representado pelas cultivares Crono, Innovator e Challenger obtiveram maior valor médio de b 40,65, apresentando polpa de cor mais amarelada. (Tabela 1).

Em estudo com as cultivares Asterix, Corsica, Edison, Lionheart e Markies os palitos apresentaram coloração adequada com L* acima de 45 e b* maior que 40 (Pereira et al., 2020a). Nos genótipos Alibaba, Arsenal, Antártica e Babylon foram considerados adequados valores de L* acima de 49,32 e de b* maior que 48,3 (Pereira et al., 2020b), enquanto nas cultivares Donato e BRS F 132, L* acima de 55,8 e b* maior que 44,5 (Pereira et al. 2022).

Após o branqueamento observou-se uma coloração mais clara dos palitos, mostrando assim a melhora na qualidade dos palitos com o uso dessa técnica. São resultados satisfatórios para a indústria de processamento de tubérculos, visto que a coloração clara dos palitos é um indicativo de qualidade, pois, o primeiro grupo houve um aumento do L* de 338% após o branqueamento e do b* de 220%., para o segundo grupo o L* aumentou 274% e o b* 280%, no terceiro grupo o L* aumentou -25% e o b* 102%, finalizando com o quarto grupo onde o L* foi de -99% e o b de 20%, assim observou-se que o L* não apresentou um aumento positivo após o branqueamento tanto no terceiro grupo quanto no quarto grupo, isso se deve provavelmente pelo fato dos tubérculos avaliados já apresentarem cor da polpa clara antes mesmo do branqueamento.

Tabela 1: Valores médios dos parâmetros L* e b* da superfície dos palitos de batatas cvs. Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet sem e com branqueamento armazenados a 8 °C por 180 dias.

Cultivares	Sem branqueamento		Com branqueamento	
	L*	b*	L*	b*
Innovator	56.51	39.68	56.79	39.86
Challenger	55.86	42.07	55.61	41.33
Ivory Russet	57.57	34.61	58.16	34.73
Cronos	54.04	40.20	54.74	40.56
Ranger Russet	53.93	34.85	52.52	33.48
Russet Burbank	51.07	33.99	47.70	31.79
Umatilla Russet	54.04	33.48	53.38	32.60
Yona	54.78	35.22	50.83	33.56
Alverstone Russet	58.11	36.29	58.29	36.05
Basin Russet	55.56	36.35	56.24	36.17

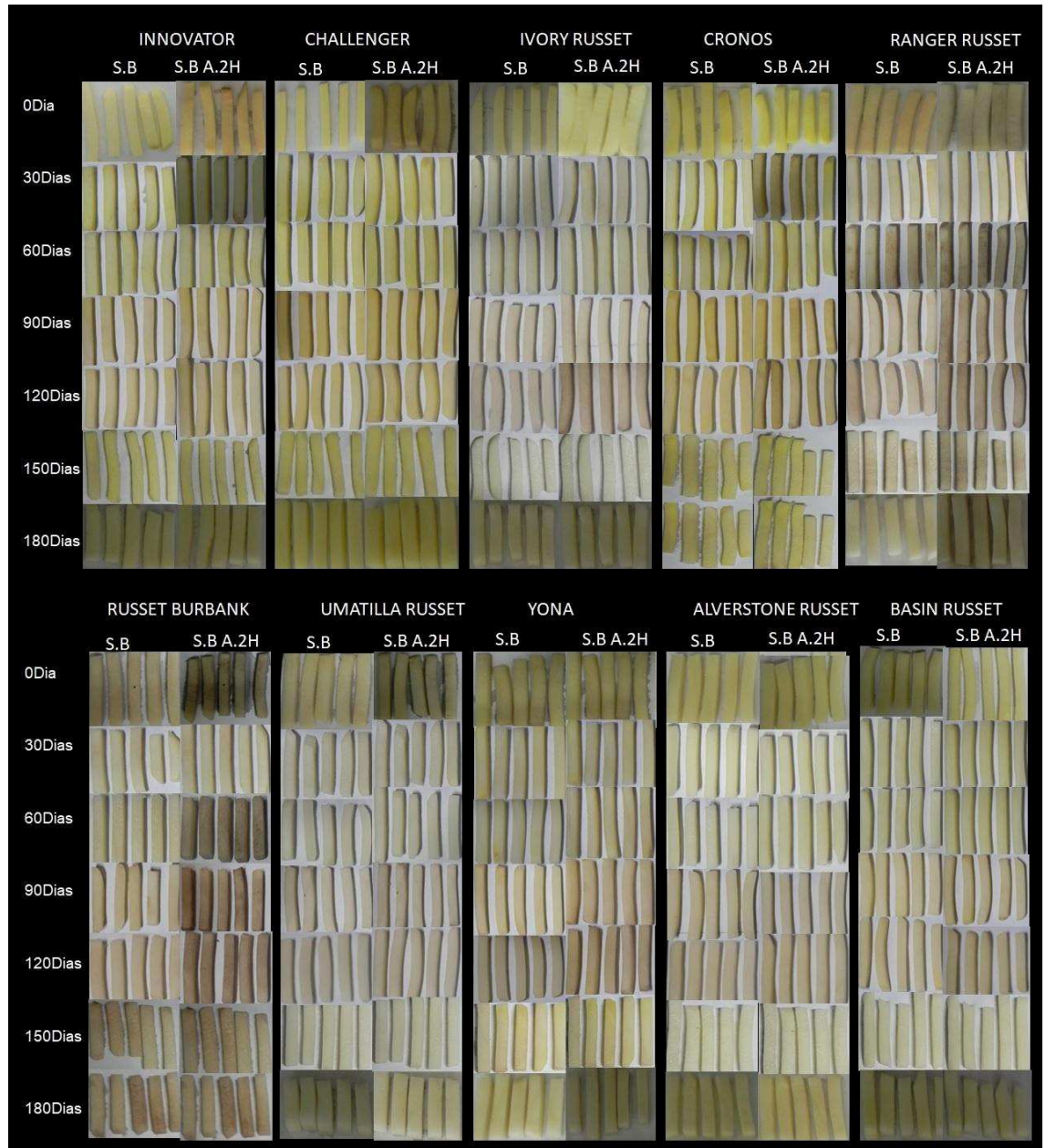


Figura 2: Coloração dos palitos de batata das cvs. Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet sem branqueamento (S.B) e sem branqueamento após 2 horas (S.B.A.2H) armazenadas a 8 °C por 180 dias.

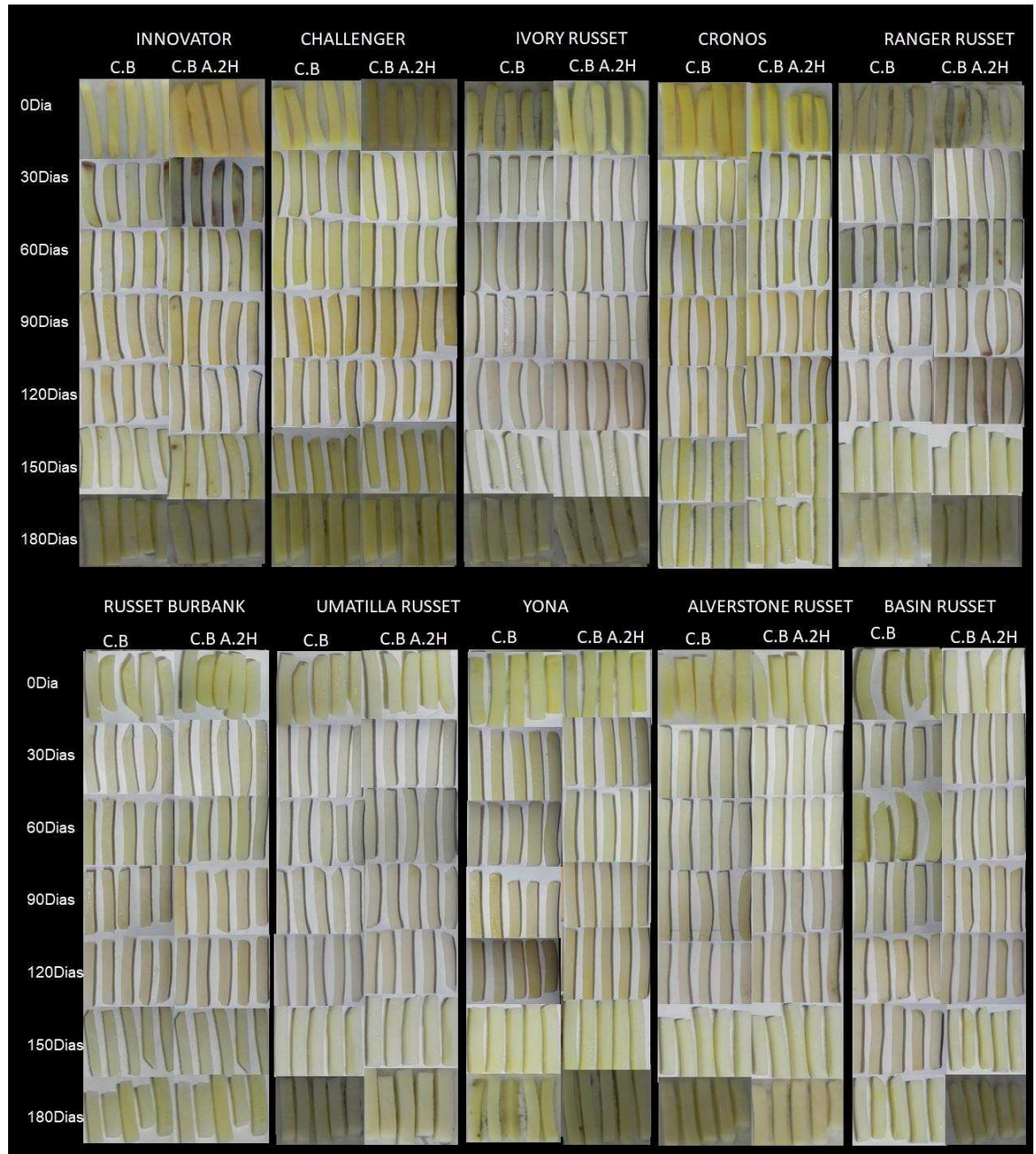


Figura 3: Coloração dos palitos de batata das cvs. Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet com branqueamento (C.B) e com branqueamento após 2 horas (C.B.A.2H) armazenadas a 8 °C por 180 dias.

4.3.3 Análise de correlação das variáveis sem branqueamento e com branqueamento

Observando as análises sem branqueamento os compostos fenólicos não correlacionaram com as demais variáveis (Figura 4). Provavelmente, porque as enzimas utilizaram outros substratos para as reações serem concluídas. A enzima POD se correlacionou

positivamente com a PPO ($r = 0,91$), o que pode ser devido as enzimas se apresentarem de forma proporcional, ou seja, à medida que a POD aumenta a PPO também aumenta e o alto teor dessas enzimas resulta diretamente no escurecimento dos palitos (Figura 4).

Mesmo após o branqueamento a correção entre as enzimas foram positivas ($r = 0,61$), indicando que as enzimas não foram totalmente inativadas devido a temperatura durante o método de branqueamento, porém suas quantidades diminuem causando essa menor correlação (Figuras 4).

Antes e após o branqueamento, o L^* e b^* apresentaram uma correlação negativa com as duas enzimas, ou seja, os resultados do L^* e b^* são inversamente proporcionais a POD e PPO do presente estudo, e o L^* e o b^* apresentaram correlação positiva baixa sem ($r = 0,31$) e com branqueamento ($r = 0,55$) (Figura 4). Indicando que a maior atividade enzimática, leva ao escurecimento dos palitos, demonstrado pelo menor valor de L e que a coloração amarelada está pouco relacionada com o escurecimento, estando possivelmente mais associada com a coloração da polpa dos tubérculos.

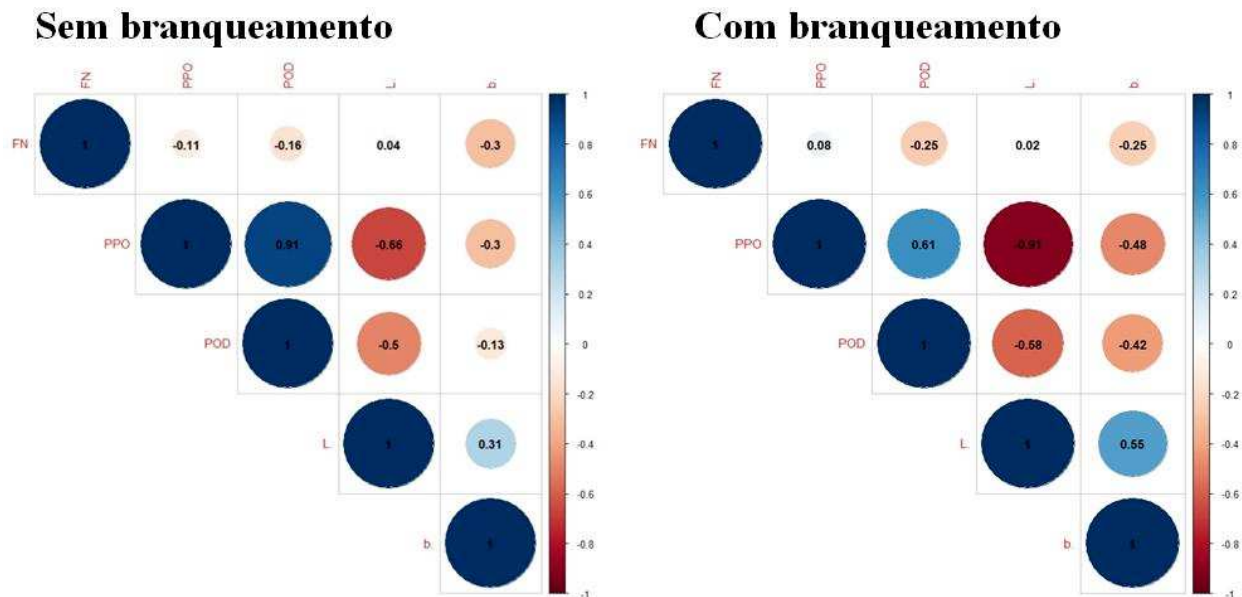


Figura 4: Correlação de Pearson entre os compostos fenólicos (FN) enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO), Colorímetro L^* e b^* sem branqueamento e com branqueamento. As cores das barras indicam a natureza da correlação, onde 1 significa uma correlação perfeitamente positiva (azul escuro) e -1 significa uma correlação perfeitamente negativa

(vermelho escuro). Correlações fortes são indicadas por círculos grandes, enquanto correlações fracas são indicadas por círculos pequenos. Os números dentro do círculo são os valores de r (0.9598717) sem branqueamento e r (0.6042381) com branqueamento.

4.4 CONCLUSÃO

De forma geral, as cultivares Innovator, Challenger, Ivory Russet, Cronos, Ranger Russet, Russet Burbank, Umatilla Russet, Yona, Alverstone Russet e Basin Russet, podem ser melhor exploradas no cultivo em solo brasileiro, pois, as características de qualidades buscadas nas mesmas durante o presente estudo foram encontradas, sendo assim indicadas para a indústria de processamento de batata pré-frita.

4.5 REFERÊNCIAS

ABBA. Associação brasileira da batata. Novas variedades da HZPC no Brasil. Disponível em : <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista18_015.htm> Acessado em: 15 agosto 2023.

ARNOSO, B.J. DE M.; DA COSTA, G. F., & SCHMIDT, B. Biodisponibilidade e classificação de compostos fenólicos. **Nutrição Brasil**, 2019. <https://doi.org/10.33233/nb.v18i1.1432>.

BOATENG ID. Recent processing of fruits and vegetables using emerging thermal and non-thermal technologies. A critical review of their potentialities and limitations on bioactives, structure, and drying performance. *Crit Rev Food Sci Nutr*;1-35. 2022 Oct 31. Epub ahead of print. PMID: 36315036. doi: 10.1080/10408398.2022.2140121.

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. 0500-7-801. PMid: 25399251.

CHARRAD, M., GHAZZALI, N., BOITEAU, V., & NIKNAFS, A. (2014). NbClust: Um pacote R para determinar o número relevante de clusters em um conjunto de dados. **Journal of Statistical Software**, 61 , 1-36.

CRUZ, R. R. P. Armazenamento de cultivares de batata destinadas à fritura. 2019. 36 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

DE SOUZA, AV; DA SILVA, V. M.R; PUTTI, F.F. (2018). Correlações Entre Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante Em Casca e Polpa de Variedades de Uva de Mesa. **Braz. J. Food Technol**. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.10317>.

FANTE, L., & NOREÑA, CP (2012). Cinética de inativação enzimática e alterações de cor em alho (*Allium sativum* L.) branqueado sob diferentes condições. **Jornal de Engenharia de Alimentos**, 108, 436-443. doi: 10.1016/J.JFOODENG.2011.08.024.

LAGRIMINI, LM; GINGAS, V; FINGER, FL; ROTHSTEIN, S; LIU, TTY. (1997). Characterization of antisense transformed plants deficient in the tobacco anionic peroxidase. **Plant Physiology**, v. 114, p. 1187-1196. doi: 10.1104/pp.114.4.1187.

MINOLTA CORP. (1994). *Precise color communication: color control from feeling to instrumentation* (49 p.). Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division.

OLIVEIRA, C., C. T. A. (2018). Métodos tradicionais e emergentes para evitar o escurecimento enzimático de vegetais. Disponível em <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26738>.

NALAWADE, S.A.; SINHA, A.; HEBBAR, H.U. Branqueamento a seco com base em infravermelho e secagem híbrida de fatias de cabaço amargo: Avaliação da eficiência do processo. **j.eng.de processo alimentar**. 2018, 41(4), e12672. doi: 10.1111/jfpe.12672.

PEREIRA, A. M; GUIMARÃES, M.E DA S.; GALDINO, A.G. DA S.; GOMES, M. DE P.; CRUZ, R.R.P.; RIBEIRO, FCS.; RIBEIRO, W.S.; FINGER, F.L. (2020a) Potato cultivars evaluation for processing industry. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 12, p. e7291210803. doi: 10.33448/rsd-v9i12.10803.

PEREIRA, A. M., GOMES, M. DE P., GUIMARÃES, M. E. DA S., CRUZ, R. R. P., GALDINO, A. G. DA S., FREIRE, A. I., RIBEIRO, W. S., FINGER, F. L. (2022). Suitability of donata and BRS F 132 cultivar for the potato processing industry. **Food Science and Technology**, 42, e65820. <https://doi.org/10.1590/fst.65820>.

PEREIRA, AM, GUIMARÃES, ME, GOMES, MD, CRUZ, RR, GALDINO, A., FREIRE, AI, GONÇALVES, DN, & FINGER, FL. (2020b). Potencial de Uso de Genótipos de Batata pela Indústria. **Journal of Experimental Agriculture International**, 42 (11), 28–34. <https://doi.org/10.9734/jeai/2020/v42i1130620>.

RASERA, G. B., & DE CASTRO, R. J. S. (2020). Germinação de grãos: uma revisão sistemática de como os processos bioquímicos envolvidos afetam o conteúdo e o perfil de compostos fenólicos e suas propriedades antioxidantes. **Brazilian Journal of Natural Sciences**, 3(1), 287. <https://doi.org/10.31415/bjns.v3i1.90>.

RESOSEMITO, F. S. SCHMID, G.; MELO, A. V.; DA SILVA, W. J. R.; LEAL, E. H. F. DE ARAÚJO, M. L. S. P. (2023). Controle de escurecimento enzimático por polifenoloxidase em abacate, batata inglesa e berinjela. **Studies in environmental and animal sciences**, 4(1), 106–116. <https://doi.org/10.54020/seasv4n1-008>.

SOUZA, A. F. .; LEÃO, M. . Análises Dos Métodos Mais Eficientes Na Inibição Do Escurecimento Enzimático Em Frutas E Hortaliças . *Enciclopedia Biosfera*, [S.l.],v.8,n.15,2012.Disponívelem:<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3585>. Acesso em: 23 ago. 2023.

TSIKRIKA, K.; MULDOON, A.O'BRIEN, N.M.; RAI, D.K. (2021). Processamento sob Alta Pressão em Batatas Inteiras e Descascadas: Influência na Polifenol Oxidase, **Antioxidantes e Índices Glicêmicos. Alimentos**, 10. <https://doi.org/10.3390/foods10102425>.

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

1967.

VASCONCELOS, N. C. M. D. (2014). Influência do tratamento térmico sobre as características físicas, sensoriais e digestibilidade de batatas (*Solanum tuberosum* L.) fritas.

VITTI, M.C.; PRECZENHAK, A.P. CALABONI, C.KLUGE, R.A. (2019). Atividade enzimática e conteúdo fenólico em batatas minimamente processadas influenciados pela aplicação de antioxidantes.

WANG. Y; ZHANG. L; YU. X; ZHOU. C; YAGOUB. A. E. A; LI. D. (2023). A Catalytic Infrared System as a Hot Water Replacement Strategy: A Future Approach for Blanching Fruits and Vegetables to Save Energy and Water. **Food Reviews International**. doi: 10.1080/87559129.2023.2187060.