

RENATA RANIELLY PEDROZA CRUZ

**ARMAZENAMENTO DE CULTIVARES DE BATATA DESTINADAS À
FRITURA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019

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

T

Cruz, Renata Ranielly Pedroza, 1994-
C955a Armazenamento de cultivares de batata destinadas à fritura /
2019 Renata Ranielly Pedroza Cruz. – Viçosa, MG, 2019.
viii, 36 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 27-36.

1. *Solanum tuberosum*. 2. Açucares. 3. Batata -
Processamento. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

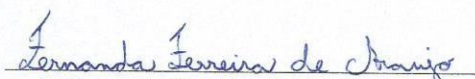
CDD 22. ed. 635.21

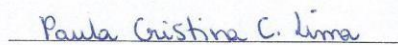
RENATA RANIELLY PEDROZA CRUZ


ARMAZENAMENTO DE CULTIVARES DE BATATA DESTINADAS À
FRITURA

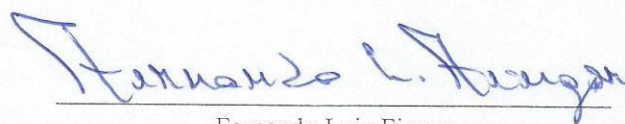
Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia,
para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2019.


Fernanda Ferreira de Araújo


Paula Cristina Carvalho Lima


Wellington Souto Ribeiro
(Coorientador)


Fernando Luiz Finger
(Orientador)

“Um dia, quando olhar para trás, os anos de luta lhes parecerão os mais bonitos.”

(Freud)

Dedico (*in memorium*)

À minha mãe,

Lucidalva Pedroza da Costa por todo amor e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por toda força e amparo concedidos a mim ao longo da minha jornada.

À minha mãe Lucidalva Pedroza que enquanto esteve fisicamente comigo me incentivou a ser uma pessoa cada dia melhor e que vai em busca de seus objetivos.

À minha tia Lúcia Pedroza por toda ajuda, amor, carinho, apoio e incentivo durante a minha graduação e agora no meu mestrado.

Ao meu irmão Renato Pedroza e minha cunhada Rafaela Santos por todo apoio e incentivo.

Ao professor Fernando Luiz Finger pela orientação, pela confiança, ensinamentos e contribuição na minha vida profissional.

Ao meu melhor amigo e coorientador Wellington Souto Ribeiro que sempre se faz presente na minha vida mesmo que distante, bem como, pelos conselhos e por acreditar em mim em todas as circunstâncias.

Ao professor Paulo Roberto Cecon pelas sugestões e suporte estatístico da minha dissertação.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa, bem como, o financiamento do projeto.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia por me acolherem nesta etapa da minha vida, pelo fornecimento da estrutura para condução de meu experimento e contribuição no engrandecimento da minha vida profissional.

As minhas amigas Ariana Mota e Ana Izabella, pela amizade sincera, pelo apoio na condução do meu experimento, bem como, durante as análises.

À Kharen Petrucci pelo carinho e paciência durante a execução do meu experimento, bem como, em outras etapas do meu mestrado.

À equipe do laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Hortaliças pelo apoio, em especial, Dreice Nascimento, Luciana Gomes, Abelardo, Maria Eduarda, Mário Veras e Nicolas.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução do meu experimento.

BIOGRAFIA

Renata Ranielly Pedroza Cruz, filha de José Marques Cruz Neto e Lucidalva Pedroza da Costa, nasceu no dia 05 de outubro de 1994, na cidade de Mamanguape – Paraíba.

Em março de 2012, ingressou no curso superior em agronomia. Durante a graduação desenvolveu atividades de pesquisa nas áreas de ecologia vegetal e pós-colheita, bem como, atividades de extensão na área de educação. Em julho de 2017, graduou-se como Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB.

Em agosto de 2017, iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), sob a orientação do professor Fernando Luiz Finger.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	4
3.1. Caracterização da área experimental	4
3.2. Perda de massa fresca.....	4
3.3 Teor de carboidratos (sólidos insolúveis em álcool, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e açúcares não redutores)	4
3.3.1 Extratos alcoólicos.....	4
3.3.2 Sólidos insolúveis em álcool	5
34 Atividade da polifenoloxidase (PPO)	6
35 Escurecimento enzimático e não-enzimático.....	6
36 Brotação.....	7
37 Análise de dados	7
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
5 CONCLUSÕES	26
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Painel de classificação da coloração da batata frita (USDA, 1967).....	07
Figura 2. Perda de massa fresca acumulada (%) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias	09
Figura 3. Sólidos Insolúveis em Álcool (%) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias	11
Figura 4. Açúcares solúveis totais (%) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias	12
Figura 5. Açúcares não redutores (%) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias	13
Figura 6. Açúcares redutores (%) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias	14
Figura 7. Atividade enzimática da polifenolxidase (PPO) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias.....	17
Figura 8. Palitos de batata cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart pós armazenamento antes da fritura	19
Figura 9. Coloração dos palitos fritos a 180 °C por 3 minutos nas cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart armazenadas por 180 dias a 6 °C	20
Figura 10. Coloração dos palitos fritos a 180 °C por 3 minutos nas cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart armazenadas por 180 dias a 8 °C	21
Figura 11. Brotação dos tubérculos armazenados a 6 (A) e 8 °C (B) por 180 dias	30

RESUMO

CRUZ, Renata Ranielly Pedroza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019. **Armazenamento de cultivares de batata destinadas à fritura**. Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientador: Wellington Souto Ribeiro.

A batata é o tubérculo mais importante do mundo. O armazenamento de tubérculos de batata em temperaturas menores que 8 °C acumula açúcares redutores que reagem com o aminoácido asparagina durante a fritura, escurecendo os produtos fritos. O objetivo foi determinar a temperatura e o período de armazenamento ideais de cultivares de batata destinadas à fritura. Tubérculos das cultivares comerciais Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart foram colhidas 120-130 dias após o plantio e armazenados a 6 e 8 °C a 85 e 90% UR, respectivamente. A perda de acumulada de massa (PMA), teor de carboidratos - sólidos insolúveis em álcool (SIA), açúcares solúveis totais (AST), açúcares não redutores (ANR), atividade da polifenoloxidase (PPO), coloração após a fritura e incidência da brotação foram avaliados aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias. Os tubérculos das cultivares Asterix e Lion Heart armazenados a 8 °C e Basin Russet, Cronos e Jurata a 6 °C perderam mais massa. Os teores de SIA foram menores nos tubérculos a 6 °C e os de AST, ANR e AR foram maiores naqueles armazenados a 6 °C. A atividade da PPO, em todas as cultivares, não diferiu com o período ou temperatura de armazenamento. A coloração dos palitos fritos das cultivares Asterix e Basin Russet, após armazenamento a 6 °C por 60 dias e os daqueles das Cronos, Jurata e Lion Heart após 90 dias de armazenamento foram mais escuros. As notas de coloração do palito fritos, após armazenamento dos tubérculos foi de 4 a 5 a 6 °C e de 2 a 3 a 8 °C por 150 dias, respectivamente. O armazenamento a 6 °C reduziu a brotação dos tubérculos. A temperatura e período de armazenamento ideais para as cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart para fritura 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.

ABSTRACT

CRUZ, Renata Ranielly Pedroza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **Storage of potato cultivars for frying.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-adviser: Wellington Souto Ribeiro.

The potato is the most important tuber in the world. Storage of potato tubers at temperatures below 8 °C accumulates reducing sugars that react with the amino acid asparagine during frying, darkening the fried products. The objective was to determine the ideal temperature and shelf life of potato cultivars for frying. Tubers of commercial cultivars Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata and Lion Heart were harvested 120-130 days after planting and stored at 6 and 8 °C at 85 and 90% RH, respectively. The loss of accumulated mass (LAM), carbohydrate content - insoluble solids in alcohol (AIS), total soluble sugars (TSS), reducing sugars (RS), non-reducing sugars (NRS), polyphenoloxidase activity (PPO) after frying and sprouting incidence were evaluated at 30, 60, 90, 120, 150 and 180 days. Tubers of Asterix and Lion Heart stored at 8 °C and Basin Russet, Cronos and Jurata at 6 °C lost more mass. SIA levels were lower in the tubers at 6 °C and AST, ANR and AR were higher in those stored at 6 °C. The PPO activity in all cultivars did not differ with storage period or temperature. The coloring of the fried sticks of the cultivars Asterix and Basin Russet after storage at 6 °C for 60 days and those of Cronos, Jurata and Lion Heart after 90 days of storage were darker. After the storage of the tubers, the frying stick was 4 to 5 to 6 °C and 2 to 3 to 8 °C for 150 days, respectively. Storage at a temperature of 6 °C reduced sprouting of tubers. The ideal temperature and shelf life for Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata and Lion Heart for frying was 8 °C for 120 days without non-enzymatic browning and therefore suitable for processing considering tooth color and incidence buds.

1. INTRODUÇÃO

A batata é o tubérculo mais importante do mundo (Zhang et al., 2019), com área plantada de 19.204.609 hectares e produção anual de 386 milhões de toneladas (Abba, 2018). A batata é um alimento completo com componentes nutricionais benéficos, como proteínas, fibras, vitaminas B e C, ácidos orgânicos e minerais (fósforo, magnésio e potássio) (Haase, 2008).

O consumo de alimentos processados é crescente, pela segurança, conveniência, palatabilidade e acessibilidade (Fiolet et al., 2018). As vendas de produtos alimentícios processados em supermercados dos Estados Unidos, Canadá, Nova Zelândia e Brasil representam 25-50% do consumo diário das populações desses países (Fiolet et al., 2018). O aumento no consumo de batata processada, principalmente chips deve a conveniência de preparo e consumo. Nos Estados Unidos, seu consumo foi de US\$ 21,3 bilhões, com aumento do plantio da batata para compensar o déficit na produção de 2017 e atender à demanda por batatas fritas (Chen et al., 2019)

A batata é colhida em regiões temperadas, principalmente, no outono (Jansky & Farjado, 2014) e pode ser cultivada em regiões tropicais durante todo o ano, mas sendo cultivada, apenas, na primavera em rotação de cultura (Jansky & Farjado, 2014). A colheita dos tubérculos da batata é feita em curto período e o armazenamento dos mesmos permite a oferta ao longo do ano (Bianchi et al., 2014). Tecnologias para o armazenamento de tubérculos de batatas fornecem um produto de qualidade estável durante a entressafra (Sotome et al., 2009).

Os tubérculos de batata, para processamento industrial, devem ter alto teor de matéria seca, baixos teores de açúcares e sem danos ou doenças (Carputo et al., 2005). O armazenamento em baixas temperaturas reduz as perdas por brotação, murchamento e doenças após a colheita (Xiao et al., 2018). No entanto, temperaturas menores que 8 °C no armazenamento induzem amilases e fosforilases (Malone et al., 2006) que reduzem o teor de amido e aumentam o de açúcares redutores (glicose e frutose), causando o adoçamento induzido pelo frio (Xiao et al., 2018; Hameed et al., 2018).

A degradação do amido e conversão em açúcares, principalmente, a sacarose também influencia a brotação dos tubérculos de batata. Na colheita, os tubérculos de batata não germinarão mesmo que haja condições favoráveis (Delaplace, 2008). O

início da brotação está fortemente associado aos ambientes pré e pós-colheita (Suttle, 2004) e difere entre as cultivares (Hay & Potter, 2006; Carli et al., 2010). O armazenamento em baixas temperaturas eleva os níveis de sacarose e reprime a expressão do gene BRANCHED1 (BRC1), o principal regulador transcricional responsável pela dormência dos tubérculos, resultando-se na rápida liberação dos brotos (Mani et al., 2017).

Tubérculos de batata adoçados são geralmente, rejeitados para a fritura (Sowokinos, 2001). Nos Estados Unidos, o maior consumidor de batata frita do mundo, 15% da produção anual de batatas são descartadas devido ao adoçamento induzido pelo frio (Bhaskar et al., 2010; Clasen et al., 2016), sendo um problema grave na produção e processamento de batata, necessitando da busca por cultivares tolerantes (Xiong et al., 2002; Hamernik et al., 2009). Todas cultivares de batata cultivadas no mundo podem ter o adoçamento induzido pelo frio, mas com diferentes graus e intensidade do escurecimento (Sowokinos, 2001). O controle da temperatura de armazenamento é a melhor estratégia para reduzir as perdas por adoçamento induzido pelo frio.

As cultivares comerciais Asterix, Basin Russet, Cronos, Lion Heart e Jurata são cultivares com tubérculos alongados, ciclo médio a longo (90 a 110 dias), com a cor da polpa dos tubérculos amarelo-clara e com alto potencial para o processamento de batata destinada à fritura, pois os tubérculos têm alto conteúdo de matéria seca e baixo conteúdo de açúcares redutores, ou seja, com baixo potencial de escurecimento durante e após a fritura (MAPA, 2018).

Desta forma, uma vez escolhida a cultivar, o controle da temperatura de armazenamento é a melhor estratégia para reduzir as perdas devido ao adoçamento induzido pelo frio e incidência de brotação.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo foi determinar a temperatura e o período de armazenamento ideais para as cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart destinadas à fritura.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar a influência da temperatura e período de armazenamento sobre o metabolismo do adoçamento das cultivares de batata para fritura;
- b) Constatar a influência da temperatura e período de armazenamento na brotação das cultivares;
- c) Avaliar a influência da temperatura e período de armazenamento na intensidade do escurecimento nos palitos antes e após a fritura provocados pelo escurecimento enzimático e não-enzimático;
- d) Avaliar a viabilidade comercial dos palitos fritos das cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart após o armazenamento em baixas temperaturas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

Tubérculos das cultivares comerciais Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart foram produzidos em Araxá, Minas Gerais, Brasil (19° 35' 36"S, 46° 56' 27" O) em período com média de 20 °C e precipitação média anual de 1626 mm. Os tubérculos foram colhidos após 120-130 dias do plantio, curados por quatro dias a 25 °C e transportados ao Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Os resíduos de solo dos tubérculos foram removidos sem lavagem e os mesmos armazenados a 6 e 8 °C a 85 e 90% UR, respectivamente. Os tubérculos foram avaliados após 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de armazenamento.

3.2. Perda de massa fresca

Os tubérculos foram pesados, mensalmente, em balança analítica e a perda acumulada de massa fresca calculada com a equação: $PMF = (MI - MF * 100) / MI$, em que: PMF= perda de massa fresca por dia (%); MF= massa fresca do material no dia da pesagem (g); MI= massa fresca do inicial material (g).

3.3 Teor de carboidratos (sólidos insolúveis em álcool, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e açúcares não redutores)

3.3.1 Extratos alcoólicos

Cinco gramas de massa fresca da polpa dos tubérculos foram pesados, imersos em etanol 80% a 65 °C, trituradas e homogeneizadas em polítron (Ultra turras IKA[®] T25 digital) e centrifugadas duas vezes por 10 minutos a 2000 g. A cada centrifugação, as amostras foram filtradas em papel filtro e o volume das filtragens combinado para o maior volume e completado para 20 mL, em proveta. O extrato alcoólico foi armazenado sob refrigeração (8 °C), em recipientes vedados, para quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores.

3.3.2 Sólidos insolúveis em álcool

Os *pellets* de batata foram secos em estufa de fluxo contínuo a 65 °C por 24 h até estabilidade na massa seca, macerados em cadinho e pesados em balança analítica (La Bonte et al., 2000). O teor de sólidos insolúveis em álcool foi determinado pelo resíduo proveniente da extração dos açúcares solúveis totais dos *pellets* de batata.

3.3.3 Açúcares Solúveis Totais

Os açúcares solúveis totais (AST) foram quantificados pelo método Fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956) com 250 µL dos extratos dos tubérculos de batata pipetados e a adição de 250 µL de solução de fenol 5% por tubo de ensaio de vidro vedado com capacidade de 10 mL e agitação em vortex. Após, 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado foi adicionado e a solução agitada novamente. Os tubos foram mantidos em banho termostático (30 °C) por 20 minutos e agitados, novamente, e deixados em temperatura ambiente por 30 minutos. As amostras de AST foram colocadas em espectrofotômetro (Genesys 10S UV-VIS) a $\lambda = 490$ nm, a curva padrão confeccionada com solução de sacarose 1% e os resultados de AST expressos e porcentagem.

3.3.4 Açúcares redutores e não redutores

A metodologia do ácido dinitrossalicílico (DNS) determinou o teor de açúcares redutores (Gonçalves et al., 2010). Um total de 500 µL de extrato alcoólico contendo material vegetal dos tubérculos foi pipetado por tubo de ensaio de vidro e 500 µL de DNS foram adicionados a cada um e colocados em banho termostático a 100 °C por 5 min. Após esfriarem, 4 mL de água destilada foram adicionados a cada tubo, resultando na mistura final da reação. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Genesys 10S UV-VIS) a $\lambda = 540$ nm, a curva padrão foi confeccionada com solução de frutose 0,2 % e os resultados de AR expressos em porcentagem. O teor de açúcares não-redutores (ANR) foi calculado pela diferença entre a concentração de açúcares solúveis totais e o daqueles redutores e os resultados de ANR expressos em porcentagem.

3.4 Atividade da polifenoloxidase (PPO)

Cinco gramas de massa fresca da polpa dos tubérculos de cada variedade de batata foram imersos em 15 mL de tampão de extração (tampão fosfato de potássio 0,1 M pH 6,5). Essa mistura foi triturada, filtrada em gaze e centrifugada a 17.000 g por 30 min, a 4 °C. A PPO foi determinada pela adição de uma alíquota de extrato enzimático (100 µL) ao meio de reação contendo 1,5 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 7,0), 0,5 mL de catecol (1,68 %) e 0,9 mL de água. A atividade da PPO foi determinada em espectrofotômetro (UV-1601) com variação na absorbância por 3 minutos em $\lambda = 420$ nm a 25 °C. Os resultados foram expressos em UE min⁻¹ mg⁻¹ de proteína (Kavrayan & Aydemir, 2001).

A proteína do extrato enzimático foi determinada com o método de Bradford (1976) utilizando-se BSA (albumina soro bovina) como padrão. A reação, para a determinação da proteína, foi realizada pela mistura de 100 µL de extrato e 1 mL do reagente de Bradford, e a proteína quantificada em espectrofotômetro (Genesys 10S UV-VIS) a $\lambda = 595$ nm a 25 °C. Os resultados foram expressos em mg de proteína no extrato enzimático.

3.5 Escurecimento enzimático e não-enzimático

Os tubérculos foram descascados, cortados longitudinalmente em palitos com espessura de 1 cm² com cortador manual, fritos em fritadeira elétrica com capacidade para 3L (Ford[®]) e imersos em óleo de soja por três minutos a 180 °C. O escurecimento enzimático ou não dos palitos foi avaliado, visualmente, antes da fritura. A quantidade de óleo utilizada para fritura foi suficiente para minimizar a queda da temperatura após a imersão dos palitos de batatas. O escurecimento não enzimático dos palitos fritos foi determinado visualmente, baseado no painel equivalente ao da *'United States Standards for Grades of Frozen French Fries Potatoes'* (USDA, 1967), utilizado pela indústria de processamento de batata. As notas de 1 a 3 correspondem a coloração aceitável e de 4 a 5 a coloração não aceitável pela indústria de processamento de batata (Figura 1).



Figura 1. Painel de classificação da coloração dos palitos de batata frita (USDA, 1967).

3.6 Brotação

A presença de brotação foi verificada, visualmente, pelo exame mensal dos tubérculos.

3.7 Análise de dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo as parcelas as temperaturas 6 e 8 °C, e nas subparcelas o período de armazenamento 30, 60, 90, 120, 150, 180 dias com cinco repetições, tendo cinco tubérculos por unidade experimental para perda de massa, AST, ANR, AR, PPO e brotação. A coloração de fritura foi realizada com cinco repetições cada uma com 10 palitos.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando o Sistema de Análises Estatísticas SAEG 9.1 (SAEG, 2007). A escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste t em nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \frac{SQ_{Reg}}{SQ_{trat}}$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A perda de massa fresca mensal foi de 2 a 3% maior nos tubérculos das cultivares Asterix e Lion Heart armazenadas a 8 °C e nos tubérculos das cultivares Basin Russet, Cronos e Jurata armazenados a 6 °C (Figura 2).

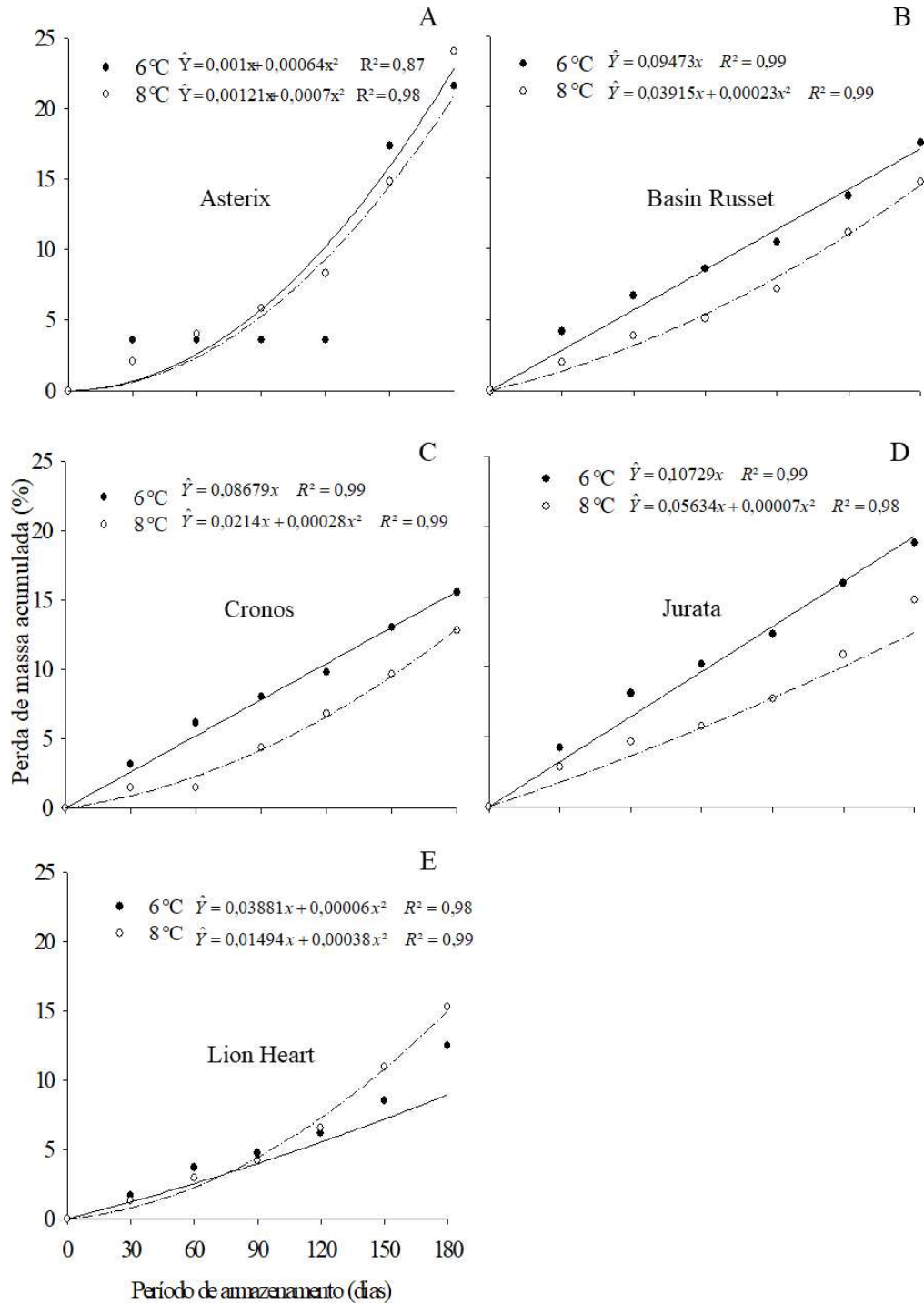


Figura 2. Perda acumulada de massa fresca (%) das cultivares de batata Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por até 180 dias.

A maior perda acumulada de massa fresca nos tubérculos das cultivares Basin Russet, Cronos, Jurata armazenados a 6 °C é explicada pela umidade relativa mais baixa (10% inferior) na câmara de armazenamento associada a menor espessura da periderme (MAPA, 2018). Temperaturas baixas reduzem o fluxo de vapor d'água no ambiente aumentando a diferença de pressão de vapor entre a superfície da batata e o ar, favorecendo a perda de massa fresca (Amoah et al., 2011). A redução na temperatura de armazenamento, teoricamente, reduz o gasto de energia metabólica e a perda de umidade em batatas (Amoah et al., 2011). Na prática, temperaturas mais baixas não resultam em menor perda de massa total se a umidade relativa não for alterada (Butchbaker et al., 1973).

Na cultivares Asterix e Lion Heart, a maior espessura da periderme (MAPA, 2018) reduziu o efeito da baixa umidade relativa a 6 °C e a maior perda acumulada de massa fresca ocorreu a 8 °C devido a maior atividade metabólica na conversão de polissacarídeos em açúcares, CO₂ e água relacionada com a brotação (Suttle et al., 2004) que consome as substâncias de reserva dos tubérculos (Finger et al., 2018). A brotação é induzida em tubérculos armazenados próximos aos 10 °C (Muller et al., 2010). Durante a brotação, há incrementos na taxa respiratória para suprir as necessidades metabólicas e energéticas, degradando as substâncias de reserva, translocando carboidratos e aumentando a perda de água por transpiração (Bisognin et al., 2008).

O teor de sólidos insolúveis em álcool (SIA) reduziu e diferiu nos tubérculos das cultivares Asterix, Basin, Cronos, Jurata e Lion Heart armazenados a 6 °C por 180, 120, 120, 150 e 180 dias, respectivamente (Figura 3). O teor de açúcares solúveis totais (AST) aumentou nos tubérculos de todas as cultivares durante o armazenamento a 6 °C. Os AST não diferiram entre a cultivar Cronos independente da temperatura de armazenamento (Figura 4). Os teores de açúcares não redutores (ANR) foram maiores nos tubérculos de todas as cultivares armazenados a 6 °C com pico aos 30 dias de armazenamento e posterior redução (Figura 5). Os teores de açúcares redutores (AR) aumentaram nos tubérculos de todas as cultivares armazenados a 6 °C aos 30 dias (Figura 6).

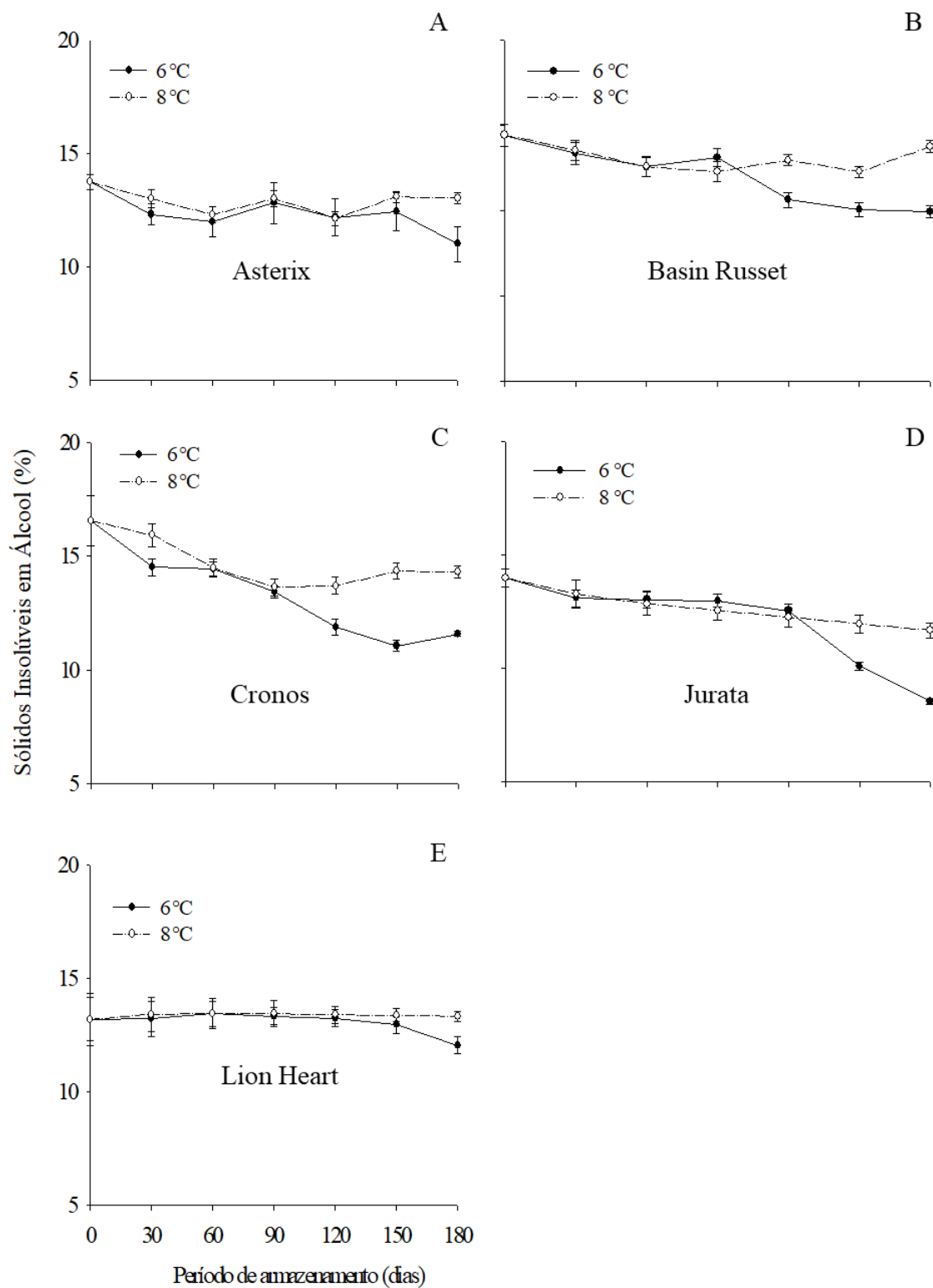


Figura 3. Sólidos insolúveis em álcool (%) das cultivares de batata Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias.

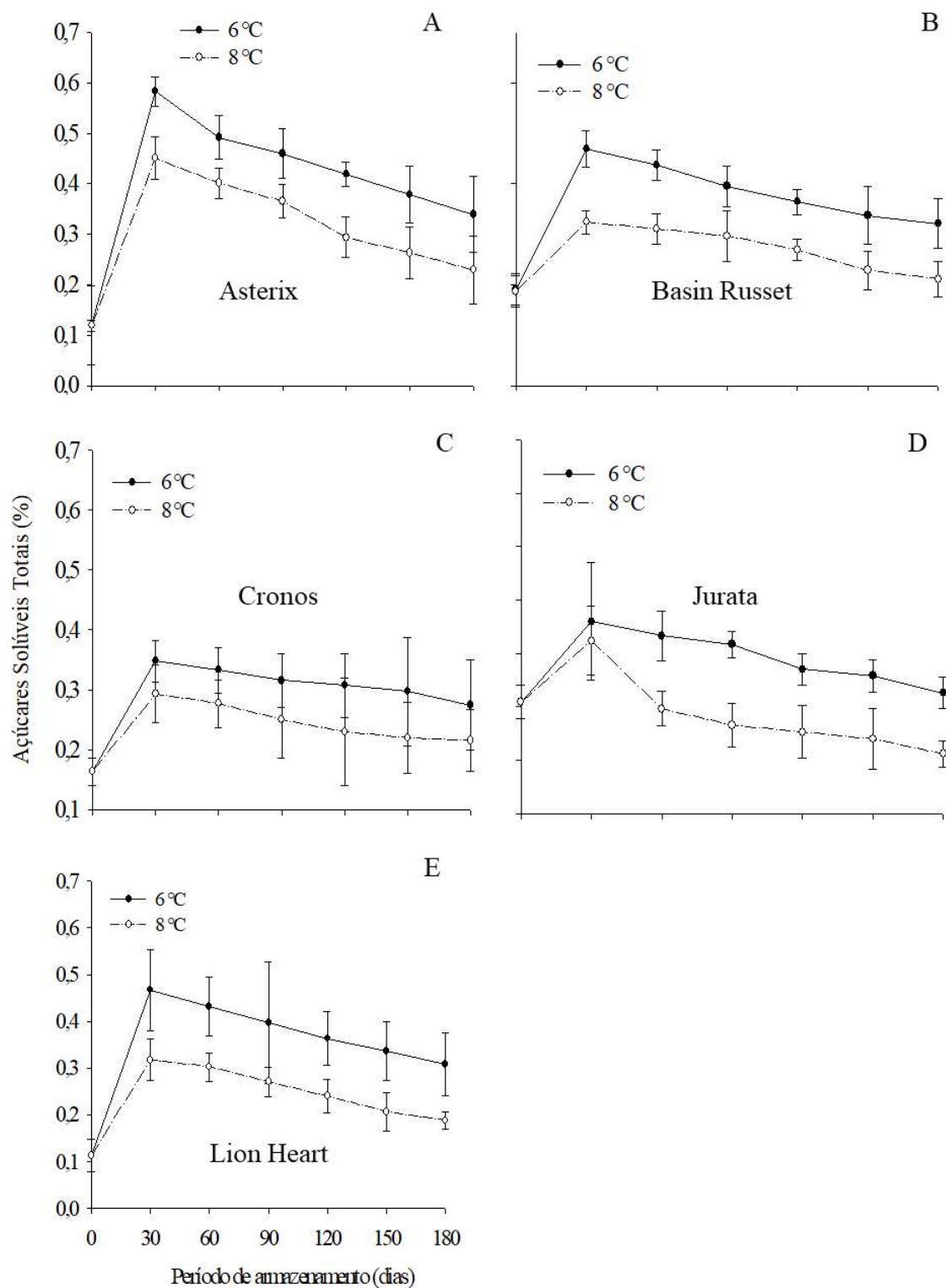


Figura 4. Açúcares solúveis totais (%) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias.

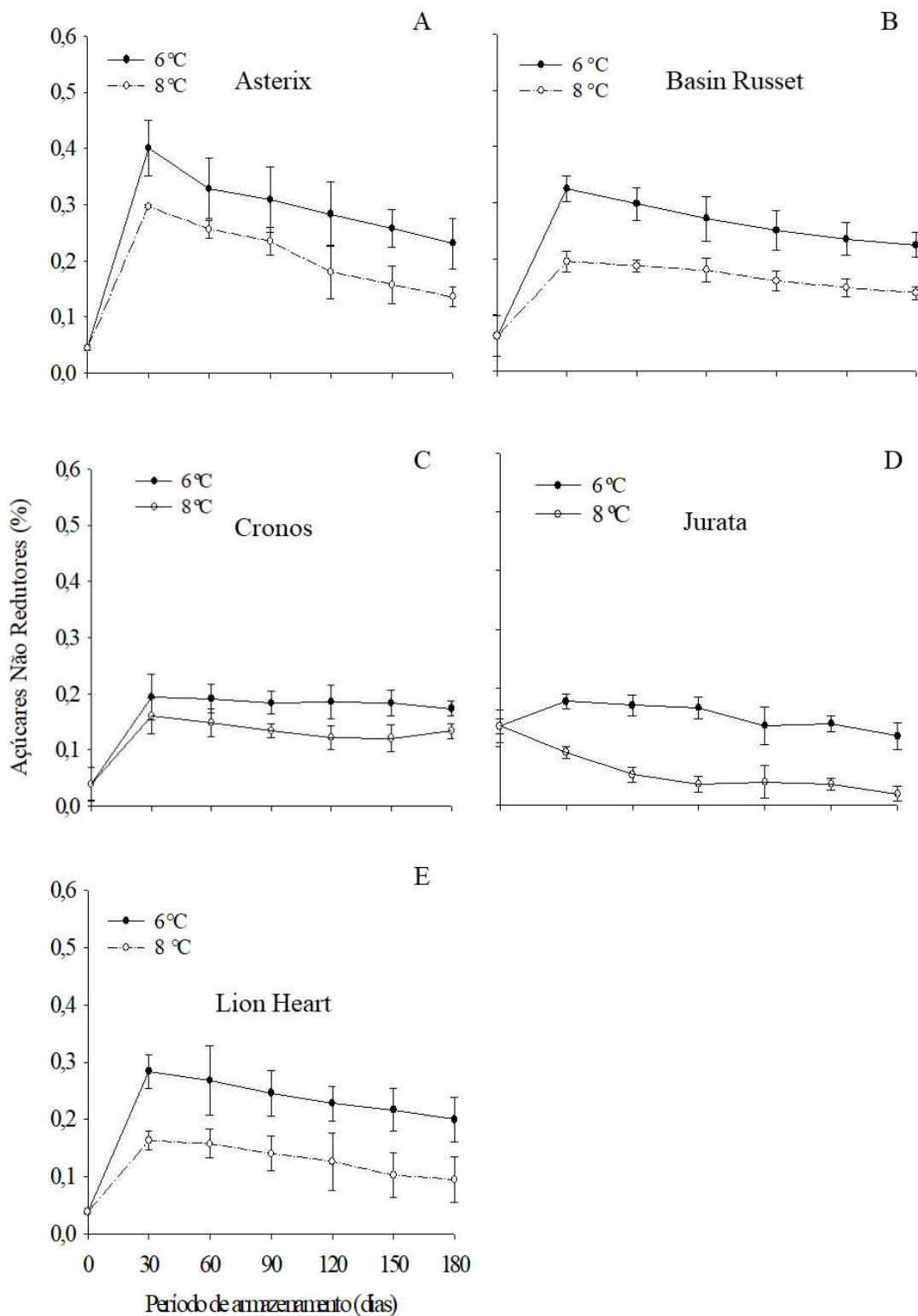


Figura 5. Açúcares não redutores (%) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias.

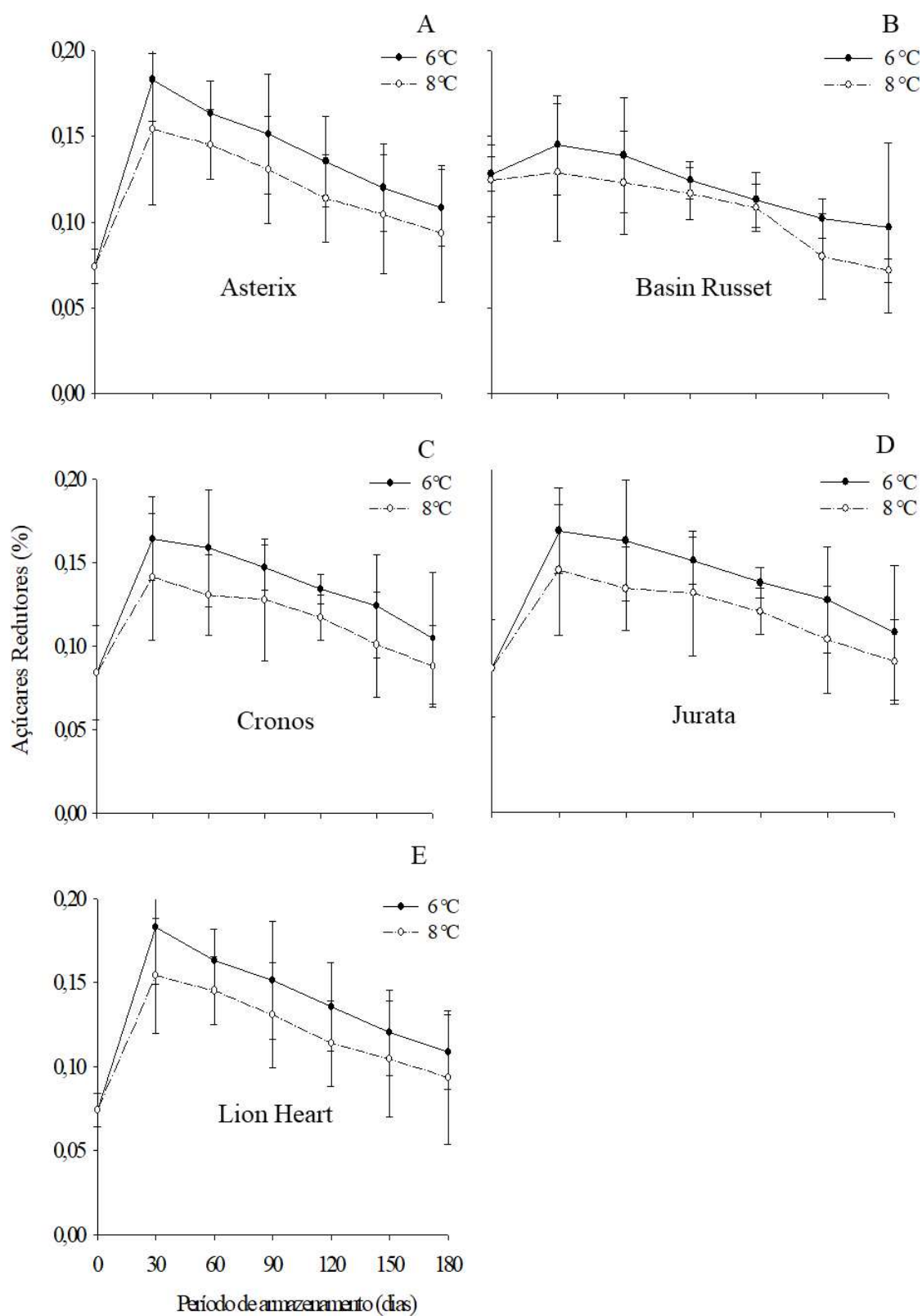


Figura 6. Açúcares redutores (%) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias.

A redução no teor de SIA e 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), ADP-glicose pirofosforilase (Li et al., 2011), sintase do amido ligada a grânulos de amido (Miao et al., 2014), α -amilase e β -amilase que convertem amido em açúcares e cuja ação é, relativamente, bem conhecida (Zhang et al., 2013).

No entanto, autores divergem sobre o efeito da temperatura de armazenamento na integridade da membrana amiloplástica. Ohad et al. (1971) sugeriram que as temperaturas de armazenamento abaixo de 6 °C podem danificar a membrana amiloplástica, tornando-a mais permeável às enzimas de hidrólise do amido. Já Isherwood (1976), afirma que a membrana amiloplástica permanece intacta durante o armazenamento em baixas temperaturas, sugerindo que, após a degradação do amido há o transporte de metabólitos para o citosol.

Independente da forma de transporte dos metabólitos, no citosol, as trioses-fosfato provenientes da clivagem do amido serviram como substrato para síntese da sacarose formada, predominantemente, via UDP-glicose pirofosforilase que catalisa a produção de UDP-glicose, substrato para a síntese de sacarose 6-fosfato pela sacarose-fosfato sintase (Isherwood, 1973; Verma et al., 2011) levando ao acúmulo de sacarose e explicando o aumento no teor de AST e ANR.

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) (Richardson et al., 1990; Chapper et al., 2002; Pádua et al., 2012; Silva et al., 2018). 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).

Em batata, as isoformas da invertase ácida são expressas por seis genes, quatro da invertase da parede celular e dois da invertase vacuolar (Liu et al., 2011) regulando o conteúdo de açúcares (Pressey & Shaw, 1966). O gene *StvacINVI* da invertase ácida vacuolar foi fortemente expresso em tubérculos de batata 'Russet Burbank' armazenados a 7 °C (Liu et al., 2011). A expressão do *StvacINVI* resultou em uma forte redução do

acúmulo dos AR indicando que a expressão deste gene é uma das principais causas do adoçamento pelo frio (Bhaskar et al., 2010; Liu et al., 2011). A atividade das invertases ácidas em batata 'Russet Burbank' tem correlação direta com a produção de hexoses após o frio (Sowokinos, 2001). A indução das invertases ácidas vacuolares pelo frio, degradando sacarose e convertendo-a em açúcares simples (glicose e frutose) também foi relatado para *Daucus carota* L. (Colombari et al., 2018) e *Allium cepa* (Chapper et al., 2002; Chapper et al., 2004; Aquino et al., 2006). Estas pesquisas sugerem que a regulação do adoçamento pelo frio em tubérculos de batata ocorre a nível de UDP-glicose pirofosforilase (Zrenner et al., 1996, Sowokinos 2001), da invertase ácida vacuolar (Pressey & Shaw 1966, Richardson et al., 1990, Zrenner et al., 1996), sacarose fosfato sintase (Hill et al., 1996, Reimholz et al., 1997) e β -amilase (Nielsen et al., 1997, Reimholz et al., 1997).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) não diferiu com o tempo ou temperatura de armazenamento para as cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos Jurata e Lion Heart (Figura 7). O escurecimento enzimático não ocorreu após o corte e processamento dos tubérculos em nenhum dos tempos de amostragem e temperatura de armazenamento, visto que não houve aparente escurecimento após o corte das batatas (Figura 8).

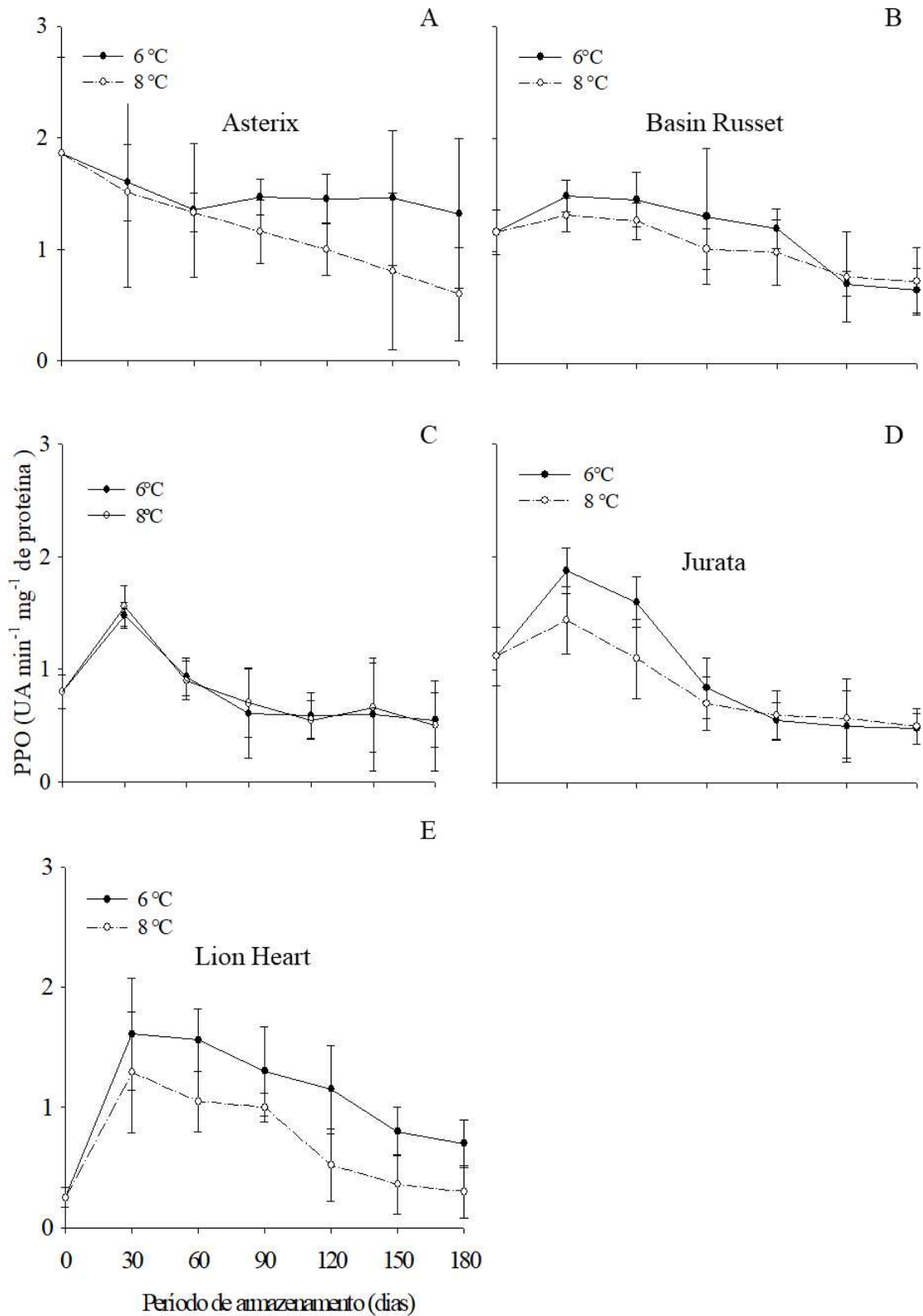


Figura 7. Atividade enzimática da polifenolxidase (PPO) das cultivares Asterix (A), Basin Russet (B), Cronos (C), Jurata (D) e Lion Heart (E) armazenadas a 6 e 8 °C por 180 dias.

A atividade da PPO semelhante das cultivares de batata entre as temperaturas de armazenamento se deve ao curto período entre o corte e a fritura (< 2 minutos) (Hou et al., 2014), pois o escurecimento, pela completa oxidação dos substratos pela PPO, se dá após 10 minutos do corte (Singh & Wadhwa, 2017). A redução do tempo de exposição das enzimas aos substratos fenólicos e ao O₂ diminui as chances de aumento da atividade da PPO (He & Luo, 2007). O tempo entre o corte e a fritura são essenciais para evitar o escurecimento enzimático.

O escurecimento não enzimático ocorreu principalmente nos tubérculos armazenados a 6 °C para as cultivares Asterix e Basin Russet por 60 dias e nas cultivares Cronos, Jurata e Lion Heart armazenados por 90 dias (Figura 9). Palitos fritos de tubérculos armazenados a 6 °C das cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos e Jurata receberam notas 4 e 5 a partir dos 150 dias. Os tubérculos armazenados a 8 °C tiveram notas 2 e 3 durante todo o período de armazenamento (Figura 10).

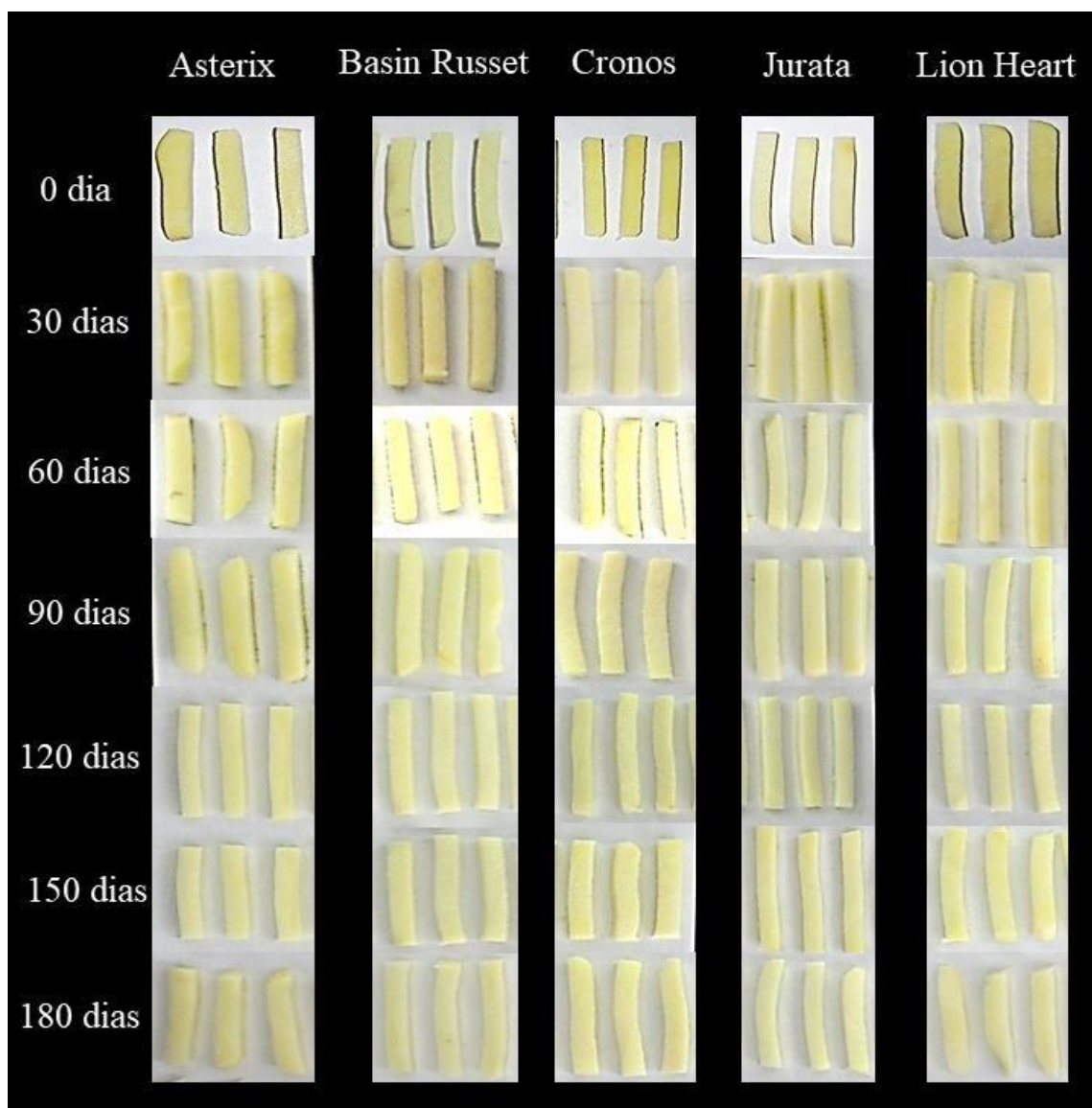


Figura 8. Palitos de batata cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart pós armazenamento antes da fritura.

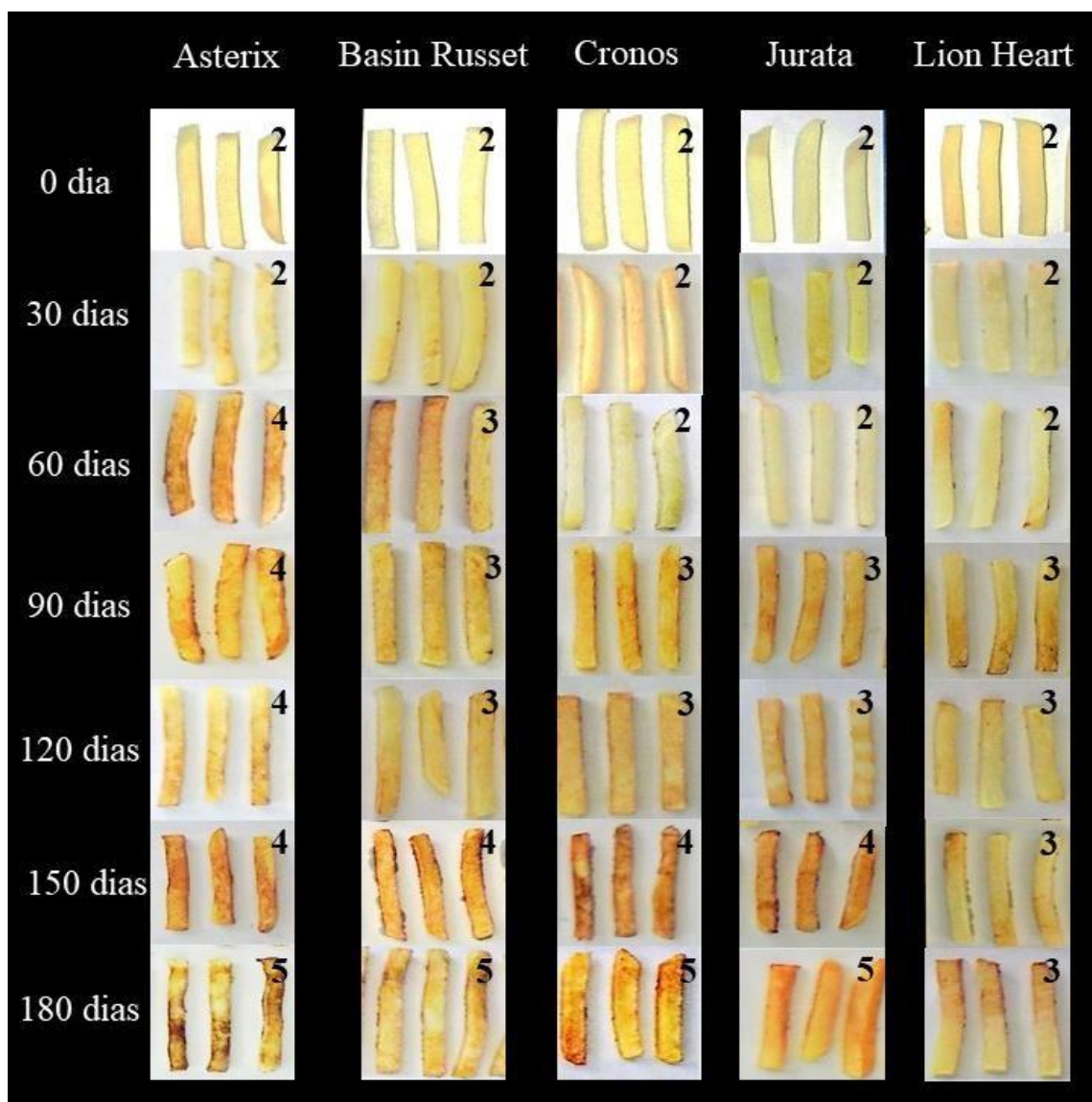


Figura 9. Coloração dos palitos fritos a 180 °C por 3 minutos nas cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart armazenados por 180 dias a 6 °C.

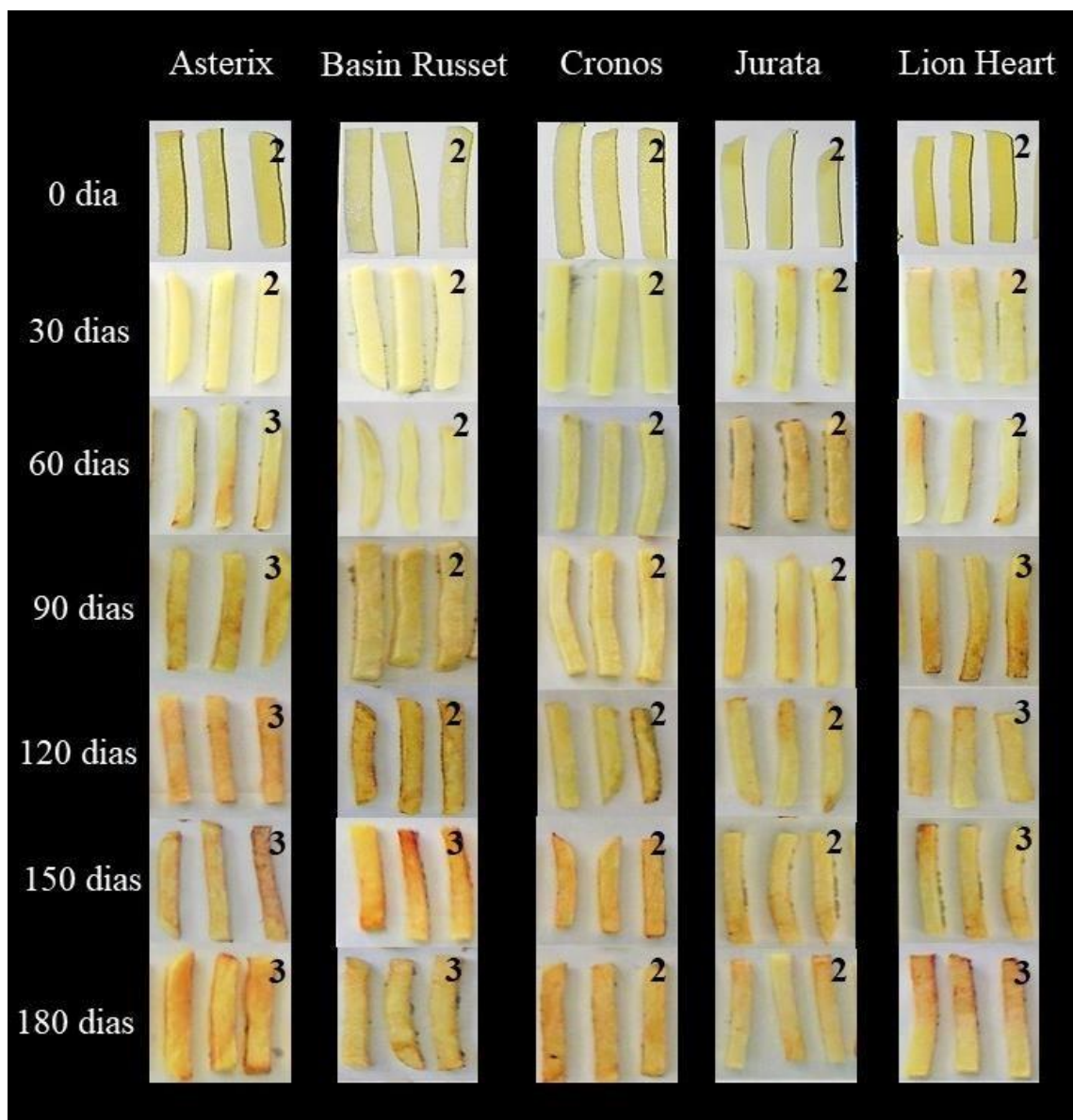


Figura 10. Coloração dos palitos fritos a 180 °C por 3 minutos nas cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart armazenadas por até 180 dias a 8 °C.

O escurecimento não enzimático dos palitos fritos dos tubérculos armazenados a 6 °C é explicado pelo aumento nos teores de AR, induzido pelo frio. Parte do amido presente nos tubérculos durante o armazenamento foi convertido a sacarose e posteriormente a glicose e frutose, o que explica o escurecimento mais intenso neste período. Os grupamentos aldeídos destes AR reagem com α -aminoácidos de compostos nitrogenados. A condensação inicial entre um composto amina e carbonil resulta em um Produto de Rearranjo Amadori (PRA) relativamente estável (Hemmler et al., 2018).

A subsequente decomposição do PRA é resultado de uma imensa e complexa rede de reações químicas produzindo, continuamente, novos intermediários que alimentam o *pool* da reação de *Maillard*. Muitos destes intermediários são altamente reativos aumentando exponencialmente a quimiodiversidade da reação de *Maillard*. Isso faz com que a reação de *Maillard* seja um “coletivo” de reação muito complexo, capaz de produzir milhares de compostos químicos distintos a partir de poucos precursores iniciais (Hemmler et al., 2018).

A acrilamida é um dos compostos formados durante a fritura ou desidratação em altas temperaturas de batata (Luvielmo et al., 2015; Krishnakumar & Visvanathan, 2018). A acrilamida, uma potente neurotoxina e carcinógeno do grupo 2A (Kumar et al., 2018), torna os palitos de batata frita amargos (Mottram et al., 2002; Jansky & Farjado, 2014). A acrilamida e outros produtos da reação não enzimática de *Maillard*, levam a modificações irreversíveis de proteínas, *in vivo*, associadas a uma ampla gama de doenças (Hellwig & Henle, 2014).

Portanto, a qualidade dos tubérculos destinados ao processamento industrial e a evitação do escurecimento é condicionada pelo acúmulo de açúcares (AST, ANR e AR), que dependem das condições de armazenamento (período e temperatura) (Salomani et al., 2000) e da cultivar. A escolha das cultivares para o processamento industrial é baseada nos teores de AR inferiores a 0,035%. A qualidade dos tubérculos destinados ao processamento é comprometida pelo escurecimento não-enzimático durante a fritura (Araújo et al., 2016).

A brotação foi reduzida nos tubérculos de todas as cultivares armazenadas a 6 °C (Figura 11). O início da brotação dos tubérculos das cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Lion Heart e Jurata ocorreu aos 90, 120, 120, 120 e 120 dias, respectivamente (Figura 11).

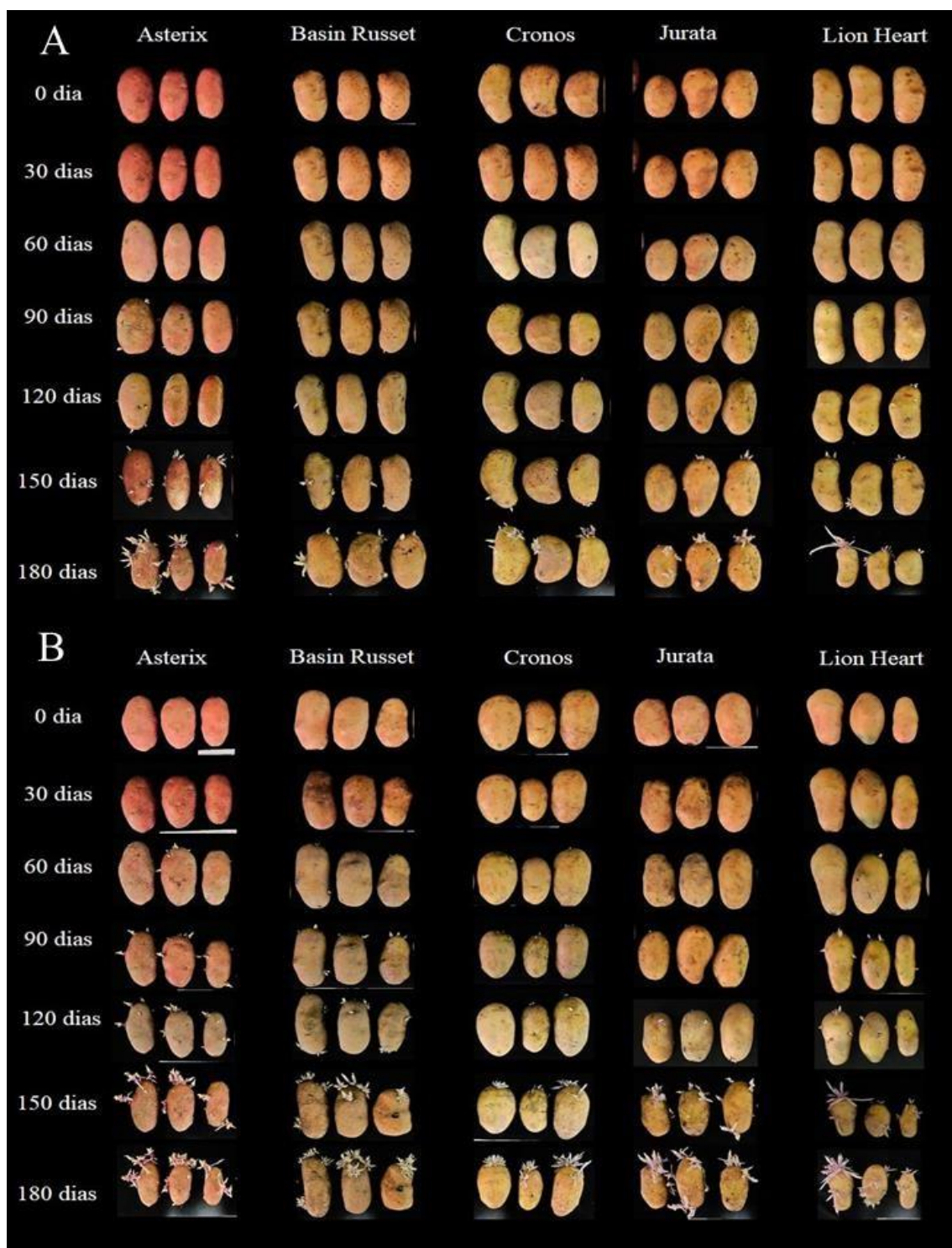


Figura 11. Brotação dos tubérculos armazenados a 6 (A) e 8 °C (B) por 180 dias.

A redução da brotação a 6 °C é explicada pela manutenção da dormência e idade fisiológica dos tubérculos em baixas temperaturas. O aumento da temperatura de armazenamento eleva a disponibilidade de sacarose induzindo o aumento da

porcentagem e comprimento dos brotos pela quebra da dormência (Bisognin et al., 2008; Bisognin et al., 2009).

Tubérculos de batata recém colhidos não brotam mesmo se colocados em condições adequadas (Delaplace et al., 2008) devido a dormência causada, além dos fatores hormonais, pela limitação de sacarose, que é nutriente e sinalizadora do processo. Sem sacarose, não há quebra de dormência das gemas e brotação (Mani et al., 2017).

O modo de ação da sacarose na quebra da dormência não é completamente conhecido, mas envolve redes de sinalização de trealose-6-fosfato e proteína quinase relacionada a SNF1 (SnRK1). A aplicação de trealose-6-fosfato influencia a duração do período de dormência. Isso explica o início da brotação dos tubérculos das cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Lion Heart e Jurata aos 90, 120, 120, 120 e 120 dias, respectivamente armazenados a 6 °C e aos 60, 60, 60, 90 e 60 dias, respectivamente, armazenados a 8 °C. Essas datas são posteriores ao início do acúmulo AST e ANR, ocorrido a partir do 30º dia de armazenamento, em ambas as temperaturas. A atividade da ADP-glicose pirofosforilase, que catalisa a produção de UDP-glicose, substrato para a síntese de sacarose 6-fosfato pela sacarose-fosfato sintase, aumentou antes do crescimento visível do broto em batata ` Bintje ` (Sergeeva et al., 2012).

Considerando apenas a disponibilidade de sacarose, a brotação precoce deveria ocorrer nos tubérculos armazenados a 6 °C, os quais tiveram maior teor de AST e ANR durante o armazenamento. Porém, a disponibilidade de sacarose é apenas um dos fatores que regulam a brotação. Os fitohormônios ácido abscísico (ABA) e etileno podem ter inibido a brotação dos tubérculos armazenados a 6 °C, considerando que estes são mais expressos em condições de estresse e o frio é um estresse. O ABA e etileno inibem a brotação em batata (Mani et al., 2017). No entanto, isto pode ser alterado pelo ambiente pré e pós-colheita (Suttle, 2004).

Em algumas cultivares, a germinação pode ser acelerada pelo armazenamento a altas temperaturas e em outras a brotação é mais rápida após o frio ou choque térmico durante o período de armazenamento inicial (Mani et al., 2017). Batatas ` Desirée ` armazenadas a 4 °C seguido de três semanas de aquecimento a 20 °C brotaram após duas semanas. O estágio de desenvolvimento do tubérculo (Struik & Wiersema, 1999) também influencia a velocidade de emergência do broto, número de brotos e padrão de crescimento das brotações (Christiansen et al., 2006). A determinação do padrão de brotação dos tubérculos de batata durante o armazenamento favorece o entendimento do

processo de envelhecimento fisiológico e pode ser usada para desenvolver estratégias adequadas de armazenamento (Oliveira et al., 2012).

A dormência é um período fisiológico em que há um equilíbrio hormonal entre promotores e inibidores de crescimento, impedindo o início da brotação mesmo que haja condições favoráveis, permitindo um prolongamento na conservação dos tubérculos. Baixas temperaturas tendem a promover um retardamento na brotação, pois a brotação é induzida em tubérculos armazenados próximos aos 10 °C (Muller et al., 2010).

A dormência é limitada pela temperatura de armazenamento, época de plantio, maturidade e idade fisiológica dos tubérculos (Muller et al., 2010). Temperaturas elevadas, no caso deste trabalho a 8 °C, promovem o aumento na idade fisiológica dos tubérculos com conseqüente início da brotação. Ao longo o crescimento dos brotos há incrementos na taxa respiratória para suprir as necessidades metabólicas e energéticas, degradando-se substâncias de reserva, transloucando carboidratos, perda de água por transpiração e perda de massa fresca dos tubérculos (Bisognin et al., 2008).

5 CONCLUSÕES

A perda de massa, os teores de açúcares totais, redutores e não redutores, coloração de fritura e brotação foram influenciados pela temperatura e período de armazenamento.

A atividade enzimática da polifenoloxidase não foi influenciada pela temperatura e período de armazenamento.

A qualidade de processamento das cultivares Asterix, Basin Russet, Cronos, Jurata e Lion Heart é mantida por 120 dias a 8 °C sem perder a qualidade pelo escurecimento não enzimático, estando aptas para processamento ao considerar coloração dos palitos e incidência de brotação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBA, Associação Brasileira de Batata. *Cultura da batata*. Disponível na Internet via: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id_BAT=3>. Acesso em 29 de julho de 2018.
- Amoah, R.S., Teye, E., Abano, E.E., Tetteh, J.P. The Storage performance of sweet potatoes with different pre-storage treatments in an evaporative cooling barn. *Asian Journal of Agricultural Research* 5(2): 137-145, 2011.
- Aquino, L.D., Puiatti, M., Pereira, P.R.; Ladeira, I.R.; Castro, M.R. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira* 24(2): 199-203, 2006.
- Araújo, T.H.; Pádua, J.G.; Spoto, M.H.F.; Ortiz, V.D.G.; Margossian, P.L; Melo, P.C. T. Produtividade de cultivares de batata e atributos de qualidade para processamento industrial como palha e chips. *Horticultura Brasileira*, 34(4): 50-57, 2016.
- Bhaskar, P.B.; Wu, L.; Busse, J.S.; Whitty, B.R.; Hamernik, A.J.; Jansky, S.H.; Buell, C.R.; Bethke, P.C.; Jiang, J.M. Suppression of the vacuolar invertase gene prevents cold-induced sweetening in potato. *Plant Physiology* 154: 939–948, 2010.
- Bianchi, G., Scalzo, R.L., Testini, A., Maestrelli, A. Non-destructive analysis to monitor potato quality during cold storage. *Journal of Food Quality* 37(1): 9-17, 2014.
- Bisognin, D.A.; Freitas, S.T.D.; Brackmann, A.; Andriolo, J.L.; Pereira, E.I.; Muller, D.R.; Bandinelli, M.G. Physiological aging of potato tubers produced during fall and spring growing seasons and stored under different temperature67(1): 59-65, 2008.

Bisognin, D.A.; Muller, D.R.; Streck, N.A.; Andriolo, J.L.; Sausen, D.

Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono.

Pesquisa Agropecuária Brasileira 43(6): 699-705, 2009.

Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram

quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical*

Biochemistry 72(2): 248-254, 1976.

Butchbaker, A.F.; Promersberger, W.J.; Nelson, D.C. Respiration and weight losses of

potatoes during storage. *Farm Research* 33-40, 1973.

Carli C.; Mihovilovich E.; Yuldashev F.; Khalikov D.; Kadian M. S. Assessment of

dormancy and sprouting behavior of cip elite and advanced clones under

different storage conditions in Uzbekistan. *Potato Research* 53(4): 313-323,

2010.

Carputo, D.; Aversano, R.; Frusciante, L. Breeding potato for quality traits: Meeting of

the physiology section of the European association for potato research. *Acta*

Horticulturae 684(1): 55-64, 2005.

Chapper, M.; Bacarin, M.A.; Pereira, A.D.S.; Terrible, L. Carboidratos não estruturais

em tubérculos de dois genótipos de batata armazenados em duas

temperaturas. *Horticultura Brasileira* 20(4), 583-588, 2002.

Chapper, M.; Loureiro, M.E.; Mosquim, P.R.; Araújo, W.L.; Pereira, A.; Finger, F.L.;

Simões, A.N. Mudanças metabólicas após acondicionamento a 15 °C de

tubérculos de batata armazenados a baixa temperatura. *Horticultura Brasileira*

22(4): 700-705, 2004.

Chen, L., McClements, D. J., Zhang, H., Zhang, Z., Jin, Z., Tian, Y. Impact of amylose

content on structural changes and oil absorption of fried maize starches. *Food*

Chemistry 287(1): 28-37, 2019.

- Christiansen, J.; Pedersen, H.; Feder, C. Variations in physiological age among seed potato lots. *Seed Potatos: Physiological age, diseases and variety testing in the Nordic countries 2*: 6-9, 2006.
- Clasen, B.M.; Stoddard, T.J.; Luo, S.; Demorest, Z.L.; Li, J.; Demorest, Z.L.; Li, J.; Cedrone, F.; Coffman, A. Improving cold storage and processing traits in potato through targeted gene knockout. *Plant Biotechnology Journal* 14(1): 169-176, 2016.
- Colombari, L.F.; Lanna, N.D.B.L.; Guimarães, L.R.P.; Martins, B.N.M.; Cardoso, A.I.I. Resposta da produção de matéria seca e remoção de nutrientes pela cenoura a diferentes fracionamentos e doses de azoto. *Revista de Ciências Agrárias* 41(1): 31-40, 2018.
- Delaplace, P.; Fauconnier, M.L.; Sergeant, K.; Dierick, J.F.; Oufir, M.; Van der Wall, F.; ... Du Jardin, P. Potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber ageing induces changes in the proteome and antioxidants associated with the sprouting pattern. *Journal of Experimental Botany* 60(4): 1273-1288, 2009.
- Dubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J.K.; Rebers, P.T.; Smith, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28(3): 350-356, 1956.
- Finger, F. L., Santos, M. M. D. S., Araujo, F. F., Lima, P. C. C., Costa, L. C. D., França, C. D. F. M., Queiroz, M. D. C. Action of essential oils on sprouting of non-dormant potato tubers. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 61(1): 1-10, 2018.

- Fiolet, T.; Srour, B.; Sellem, L.; Kesse-Guyot, E.; Allès, B.; Méjean, C.; Hercberg, S. Consumption of ultra-processed foods and cancer risk: results from NutriNet-Santé prospective cohort. *bmj* 360: k322, 2018.
- Gonçalves, C.; Rodriguez-Jasso, R.M.; Gomes, N.; Gomes, N.; Teixeira, J.A.; Belo, I. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. *Analytical Methods* 2(12): 2046-2048, 2010.
- Haase, N.U. Healthy aspects of potatoes as part of the human diet. *Potato Research* 51(4): 239-258, 2008.
- Hameed, A.; Zaidi, S.S.; Shakir, S.; Mansoor, S. Applications of new breeding technologies for potato improvement. *Frontiers in Plant Science* 9, e925, 2018.
- Hamernik, A.J.; Hanneman, Jr.R.E.; Jansky, S.H. Introgression of wild species germplasm with extreme resistance to cold sweetening into the cultivated potato. *Crop Science* 49(2): 529-542, 2009.
- Hay R.K.M.; Porter J.R., 2006. The Physiology of Crop Yield. Blackwell, Oxford. 314 pp.
- He, Q., Luo, Y. Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review* 3(6): 1-7, 2007.
- Hellwig, M.; Henle, T. Baking, ageing, diabetes: a short history of the *Maillard* reaction. *Angewandte Chemie International Edition* 53(39): 10316-10329, 2014.
- Hemmler, D.; Roullier-Gall, C.; Marshall, J.W.; Rychlik, M.; Taylor, A. J.; Schmitt-Kopplin, P. Insights into the Chemistry of Non-Enzymatic Browning Reactions in Different Ribose-Amino Acid Model Systems. *Scientific Reports* (8): 16879, 2018.
- Hill, L. M.; Reimholz, R.; Schoder, R.; Nielsen, T.H.; Stitt, M. The onset of sucrose accumulation in cold-stores potato tubers is caused by an increased rate of sucrose synthesis and coincides with low levels of hexose-phosphates, an activation of

- sucrose phosphatase synthase and the appearance of a new form of amylase. *Plant Cell & Environment* 19(11): 1223-1237, 1996.
- Hou, Z., Feng, Y., Wei, S., Wang, Q. Effects of curing treatment on browning of fresh-cut potatoes. *American Journal of Potato Research* 91(6): 665-662, 2014.
- Isherwood, F. A. Mechanism of starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry* 15(1): 33-41, 1976.
- Isherwood, F. A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry* 12(11): 2579-2591, 1973.
- Jansky, S.H.; Fajardo, D.A. Tuber starch amylose content is associated with cold-induced sweetening in potato. *Food Science & Nutrition* 2(6): 628-633, 2014.
- Kavrayan, D.; Aydemir, T. Partial purification and characterization of polyphenoloxidase from peppermint (*Mentha piperita*). *Food Chemistry* 74(2):146-154, 2001.
- Krishnakumar, T.; Visvanathan, R. Acrylamide in food products: a review. *Journal of Food Processing and Technology* 5: e344, 2014.
- Kumar, J.; Das, S.; Teoh, S.L. Dietary acrylamide and the risks of developing cancer: facts to ponder. *Frontiers in Nutrition* 5: e14, 2018
- La Bonte; Don R.; Picha, D.H.; Johnson, H.A. Carbohydrate-related changes in sweetpotato storage roots during development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125(2): 200-204, 2000.
- Li, N.; Zhang, S.; Zhao, Y.; Li, B.; Zhang, J. Over-expression of AGPase genes enhances seed weight and starch content in transgenic maize. *Planta* 233(2): 241-250, 2011.

- Lin, Y.; Liu, T.; Liu, J.; Liu, X.; Ou, Y.; Zhang, H.; ... ; Xie, C. Subtle regulation of potato acid invertase activity by a protein complex of invertase, invertase inhibitor, and sucrose nonfermenting1-related protein kinase. *Plant Physiology* 168(4): 1807-1819, 2015.
- Liu X.; Zhang C.; Ou Y.; Lin Y.; Song B.; Xie, C.; Liu J.; Li X.Q. Systematic analysis of potato acid invertase genes reveals that a cold-responsive member, StvacINV1, regulates cold-induced sweetening of tubers. *Molecular Genetics and Genomics* 286(2): 109-118, 2011.
- Luvielmo, M.M.; Borges, C.D.; Schiavon, M.V.; Armas, D.S.; Paiva, F.F.; Krolow, A. C.R.; Ferri, N.M.L Características físico-químicas e sensoriais de batata frita do cultivar BRS Ana branqueada e revestida com metilcelulose. *Brazilian Journal Food Technology* 18(3): 211-219, 2015.
- Malone, J.G., Mittova, V., Ratcliffe, R.G., Kruger, N.J. The response of carbohydrate metabolism in potato tubers to low temperature. *Plant and Cell Physiology* 47(9): 1309-1322, 2006.
- Mani, F.; Hannachi, C. Physiology of Potato Sprouting. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnonology* 17(2): 591-602, 2017.
- McKenzie, M.J.; Sowokinos, J.R.; Shea, I.M.; Gupta, S.K.; Lindlauf, R.R.; Anderson, J.A. Investigations on the role of acid invertase and UDP-glucose pyrophosphorylase in potato clones with varying resistance to cold-induced sweetening. *American Journal of Potato Research* 82(3): 231-239, 2005.
- MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de Cultivares. Disponível: <http://www.agricultura.gov.br/guia-de-servicos/registro-nacional-de-cultivares-rnc>. Acesso em 12 de maio de 2019.

- Miao, H.; Sun, P.; Liu, W.; Xu, B.; Jin, Z. Identification of genes encoding granule-bound starch synthase involved in amylose metabolism in banana fruit. *PLoS ONE* 9(2), e88077, 2014.
- Mottram, D.S.; Wedzicha, B.L.; Dodson, A.T. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419(6906): 448-449, 2002.
- Muller, D.R.; Bisognin, D.A.; Morin, G.R.; Gnocato, F.S. Dormência e dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculos de batata. *Ciência Rural* 40(12):1-6, 2010.
- Nielsen, T.H.; Deiting, U.; Stitt, M.A. [beta]-amylase in potato tubers induced by storage at low temperature. *Plant Physiology* 113(2): 503-510, 1997.
- Ohad, I.; Friedberg, I.; Ne'eman, Z.; Schramm, M. Biogenesis and degradation of starch. I. The fate of the amyloplast membranes during maturation and storage of potato tubers. *Plant Physiology* 47(4); 465-477, 1971.
- Oliveira, J.S.; Moot, D.; Brown, H.E.; Gash, A.; Sinton, S. Sprout development of seed potato tuber after different storage conditions. *Agronomy New Zealand* 42: 53-58, 2012
- Pádua, J.G.; Araújo, T.H.; Carmo, E.L. Cultivares de batata para o mercado segmentado. *Revista Raízes e Amidos Tropicais* 8(1): 36-46, 2012.
- Pressey, R.; Shaw, R. Effect of temperature on invertase, invertase inhibitor, and sugars in potato tubers. *Plant Physiology* 41(10); 1657-1661, 1966.
- Rathore, R.S.; Garg, N.; Garg, S.; Kumar, A. Starch phosphorylase: Role in starch metabolism and biotechnological applications. *Critical Reviews in Biotechnology* 29(3): 214-224, 2009.
- Reimholz, R.; Geiger, M.; Haake, V.; Deiting, U.; Krause, K.P.; Sonnewald, U.; Stitt, M. Potato plants contain multiple forms of sucrose phosphate synthase, which

- differ in their tissue distributions, their levels during development, and their responses to low temperature. *Plant, Cell & Environment*, 20(3): 291-305, 1997.
- Richardson, D.L.; H.V. Davies; H.A. Ross; G.R. Mackay. Invertase activity and its relation to hexose accumulation of potato tubers. *Journal of Experimental Botany*, 41(1): 95-99, 1990.
- SAEG – *Sistema para análises estatísticas, versão 9.1*: Fundação Arthur Bernardes – UFV –Viçosa. 2007.
- Salamoni, A.T.; Pereira, A.S.; Viégas, J.; Campos, Â.D.; Almeida Chalá, C.S. Variância genética de açúcares redutores e matéria seca e suas correlações com características agrônômicas em batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(7), 1441-1445, 2000.
- Sergeeva L.I.; Claassens M.M.J.; Jamar D.C.L.; Plas L.H.W.van der; Vreugdenhil, D. Starch-related Enzymes during potato tuber dormancy and sprouting. *Russian Journal of Plant Physiology* 59(4): 556-564, 2012.
- Silva, G.O.; Pereira, A.P., Azevedo, F.Q.; Carvalho, A.F. Seleção de clones canadenses de batata para produtividade de tubérculos e qualidade de fritura no sul do Brasil. *Revista Latino Americana de la Papa* 22(1): 67-75, 2018.
- Singh, A.; Wadhwa, N. Biochemical characterization and thermal inactivation of polyphenol oxidase from elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*). *Journal of Food Science and Technology* 54(7): 2085-2093, 2017.
- Sotome, I.; Takenaka, M.; Koseki, S.; Ogasawara, Y.; Nadachi, Y.; Okadome, H.; Isobe, S. Blanching of potato with superheated steam and hot water spray. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6): 1035-1040, 2009.
- Sowokinos, J.R. Biochemical and molecular control of cold-induced sweetening in potatoes. *American Journal of Potato Research* 78(3): 221-236, 2001.

- Struik, P.; Wiersema S.; *Seed potato technology*. CSIRO, Wageningen, The Netherlands. pp. 350-352, 1999.
- Suttle J. Physiological regulation of potato tuber dormancy. *American Journal of Potato Research* 81(4): 253-262, 2004.
- technologies for potato improvement. *Frontiers in Plant Science* 9, e925, 2018.
- USDA. 1967. *United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes*. USDA, Washington, 16p.
- Verma, A.K.; Upadhyay, S.K.; Verma, P.C.; Solomon, S.; Singh, S.B. Functional analysis of sucrose phosphate synthase (SPS) and sucrose synthase (SS) in sugarcane (*Saccharum*) cultivars. *Plant Biology* 13(2): 325-332, 2011.
- Xiao, G.; Huang, W.; Cao, H.; Tu, W.; Wang, H.; Zheng, X; Xie, C. 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* 9: E315, 2018.
- Xiong, X.; Tai, G.C.C.; Seabrook, J.E.A. Effectiveness of selection
- Xiong, X.; Tai, G.C.C.; Seabrook, J.E.A. Effectiveness of selection for quality traits during the early stage in the potato breeding population. *Plant Breeding* 121(5): 441-444, 2002.
- Zhang, H., Yao, Y., Chen, S., Hou, J., Yu, Y., Liu, T., Du, J., Song, B., Xie, C. SbRFP1 regulates cold-induced sweetening of potato tubers by inactivation of StBAM1. *Plant Physiology and Biochemistry* 136(1): 215-221, 2019.
- Zhang, H.; Liu, X.; Liu, J.; Ou, Y.; Lin, Y.; Li, M.; Song, B.; Xie, C. A novel RING finger gene, SbRFP1, increases resistance to cold-induced sweetening of potato tubers. *FEBS Letters* 587(6): 749-755, 2013.

Zrenner, R.; Schüler, K.; Sonnewald, U. Soluble acid invertase determines the hexose-to-sucrose ratio in cold-stored potato tubers. *Planta* 198(2): 246-252, 1996.