

DREICE NASCIMENTO GONÇALVES

**INFLUÊNCIA DO DANO MECÂNICO NO ESCURECIMENTO DA BATATA
'MARKIES' ARMAZENADA**

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
2018

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

T

G635i
2018
Gonçalves, Dreice Nascimento, 1993-
Influência do dano mecânico no escurecimento da batata
'Markies' armazenada / Dreice Nascimento Gonçalves. – Viçosa,
MG, 2018.
vii, 27f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 23-27.

1. *Solanum tuberosum* L. 2. Batata - Fisiologia pós-colheita.
3. Batata - Armazenamento. 4. Batata - Qualidade. 5. Açúcar.
6. Enzimas. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.21

DREICE NASCIMENTO GONÇALVES

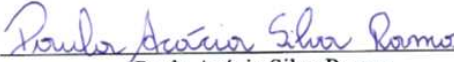
**INFLUÊNCIA DO DANO MECÂNICO NO ESCURECIMENTO DA BATATA
'MARKIES' ARMAZENADA**

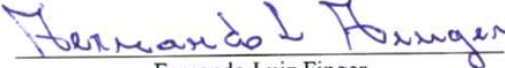
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte dos requisitos exigidos do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 23 de fevereiro de 2018.


Lucilene Silva de Oliveira


Fernanda Cristina Silva Ribeiro


Paula Acácia Silva Ramos
(Coorientadora)


Fernando Luiz Finger
(Orientador)

Aos meus pais Galdino e Maria
À minha avó Maria Senhora
Aos meus irmãos Daiane, Douglas e Daís
Ao meu Tintim Davi Felipe
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por me manter forte e segura durante toda a minha caminhada.

À minha mãezinha Nossa Senhora pela proteção e pela intercessão junto a Deus pai nas minhas orações.

Aos meus pais que são minha fonte de inspiração, por todo o amor, carinho, apoio e confiança.

À minha “vózinha” Maria por todas as orações a mim direcionadas e pelo amor de mãe que sempre me deu.

Aos meus irmãos Daiane, Douglas e Daís pelo carinho e por sempre acreditar em mim. Aos cunhados Felipe e Carla pelo apoio, e à luz da minha vida, meu pequeno Davi Felipe.

Ao professor Fernando Luiz Finger pela orientação, confiança, por todos os ensinamentos e pela contribuição para meu crescimento profissional.

À Paula Acácia pela orientação, puxões de orelha e acima de tudo por ser minha mãe/amiga.

Ao professor Paulo Roberto Cecon por todas as sugestões, contribuições e atenção dada para elaboração desse trabalho.

À Fernanda Silva e Lucilene Oliveira, pela importante colaboração para a finalização dessa pesquisa.

À CAPES, pelo apoio financeiro e a FAPEMIG pelo financiamento do projeto.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela estrutura para o desenvolvimento do trabalho, pela oportunidade de dar continuação aos meus estudos e pelo crescimento profissional.

A toda equipe do laboratório pelas risadas compartilhadas e apoio no desenvolvimento da pesquisa, em especial Luciana, Kharen, Maria Eduarda, Ariana, Abelardo, Ana Izabella e Jean.

Aos amigos Adênio, Guilherme, Andréa, Gabriela, Vanessa, Bruna, Gustavo, Samira e Maiara pelo apoio e momentos de descontração.

Aos amigos Lucas Rodrigues e André Felipe por mesmo de longe se fazer presente, compartilhando dos momentos de conquistas e dos momentos difíceis.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram, para realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

Dreice Nascimento Gonçalves, filha de Galdino Ferreira Gonçalves Neto e Maria das Neves Nascimento Gonçalves, nasceu no dia 12 de junho de 1993, em Teixeira de Freitas - Bahia.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) - Vitória da Conquista (BA), em fevereiro de 2016. Em março de 2016 iniciou o curso de mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	4
2.1 ENSAIO 1: EFEITO DO DANO MÊCANICO NA QUALIDADE DE BATATA ARMAZENADA POR 2 MESES	4
2.2 ENSAIO 2: QUALIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA MARKIES SUBEMTIDOS A INJÚRIAS MECÂNICA APÓS 4 MESES DE ARMAZENAMENTO	7
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1 ENSAIO 1: EFEITO DO DANO MÊCANICO NA QUALIDADE DE BATATA ARMAZENADA POR 2 MESES	9
3.2 ENSAIO 2: QUALIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA MARKIES SUBEMTIDOS A INJÚRIAS MECÂNICA APÓS 4 MESES DE ARMAZENAMENTO.....	14
4 CONCLUSÃO	21
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

RESUMO

GONÇALVES, Dreice Nascimento, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Influência do dano mecânico no escurecimento da batata ‘Markies’ armazenada.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadora: Paula Acácia Silva Ramos.

Durante as etapas de colheita e classificação da batata, os tubérculos estão sujeitos a danos mecânicos, responsáveis por alterações físico-químicas e pela perda de qualidade do produto processado. A qualidade da batata destinada ao processamento é dada principalmente pelo teor de massa seca e açúcares redutores (AR), que são responsáveis pela textura e coloração da batata após a fritura. O objetivo do trabalho foi avaliar como os danos mecânicos e as condições de armazenamento antes do processamento influenciam a perda de qualidade de tubérculos de batata em dois períodos de armazenamento. Para isso foram realizados dois experimentos, nos quais tubérculos de batata ‘Markies’, produzidos em Perdizes – MG, foram selecionados e armazenados em câmara climatizada a temperatura de 8°C (UR ± 90%). O experimento I foi constituído por tubérculos armazenados por 2 meses e o experimento II por tubérculos armazenados por 4 meses. Decorrido o período de armazenamento, foi realizada uma simulação das condições encontradas entre as etapas de armazenamento e processamento. Parte dos tubérculos foram submetidos a danos mecânicos e a outra parte constituiu o tratamento sem dano (controle). Em seguida, os tubérculos foram mantidos em temperatura ambiente por um período de 48 horas. Foram avaliadas a porcentagem de perda de massa fresca acumulada (PMF), teor de açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não-redutores (ANR) e a coloração após a fritura, realizadas as 0, 12, 24, 36 e 48 h após a aplicação dos tratamentos. No experimento II também foram realizadas avaliações da atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. A classificação da coloração dos palitos fritos foi determinada visualmente com base em escala de notas, de acordo com os padrões preconizados pela indústria de processamento de batata pré-frita. O dano mecânico resultou em perda de qualidade dos tubérculos através do aumento na perda de massa fresca, elevação nos teores de açúcares solúveis totais e não-redutores, bem como aumento na atividade das enzimas polifenoloxidase e da peroxidase. A aplicação do dano afeta a qualidade de processamento dos tubérculos da variedade ‘Markies’ pelo aumento no teor de açúcares redutores após 48 h, promovendo escurecimento dos palitos após a fritura. no conteúdo de açúcares redutores às 48 h.

ABSTRACT

GONÇALVES, Dreice Nascimento, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Influence of mechanical damage on browning of stored 'Markies' potato.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-adviser: Paula Acácia Silva Ramos.

During harvesting and handling of potato, the tubers are subject to mechanical damage, responsible for physical-chemical changes and loss of quality of the processed product. The quality of the potato destined to processing is given mainly by the content of dry mass and reducing sugars (AR), that are responsible for the texture and coloration of the potato after the frying. The objective of this work was to evaluate how mechanical damages and storage conditions before processing influence the quality loss of potato tubers in two storage periods. For this, two experiments were carried out, in which 'Markies' potato tubers, produced in Perdizes - MG, were selected and stored at 8 °C (RH \pm 90%). Experiment I was constituted by tubers stored for 2 months and experiment II by tubers stored for 4 months. After the storage period, a simulation of the conditions found between the storage and processing steps was performed. Part of the tubers were subjected to mechanical damage and the other part constituted the treatment without damage (control). Thereafter, the tubers were maintained at room temperature for a period of 48 hours. The percentage of accumulated fresh mass loss (FMP), total soluble sugars (AST), reducing sugars (RA), non-reducing sugars (ANR) and the coloring after frying, were evaluated at 0, 12, 24, 36 and 48 h after the application of the treatments. Experiment II also evaluated the activity of polyphenoloxidase and peroxidase enzymes. The color grade of the French fries was visually determined based on the scale of notes, according to the standards recommended by the pre-fried potato processing industry. Mechanical damage resulted in loss of tuber quality through increased fresh weight loss, increased total and non-reducing soluble sugars, as well as increased activity of the polyphenoloxidase and peroxidase enzymes. The wounds affect the processing quality of the 'Markies' tubers by increasing the reducing sugars content after 48 h, promoting darkening of the of the fried product.

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.), pertencente à família das solanáceas e ao gênero *Solanum*, é originária dos Andes da América do Sul, localizado entre o Peru e a Bolívia, regiões com elevadas altitudes e baixas temperaturas (Hawkes, 1994; ABAA, 2017).

A *Solanum tuberosum tuberosum* é a principal subespécie cultivada no Brasil. O cultivo é dividido em três safras, a 1ª no verão, a 2ª no outono e a 3ª safra no inverno, com uma produção anual de 3,9 milhões de toneladas. O estado de Minas Gerais é o principal produtor com 1,3 milhões de toneladas em 2017, que corresponde a 32,9% do volume total produzido no país (IBGE, 2017).

Considerada a quarta cultura mais importante e consumida no mundo, a batata é uma importante fonte de geração de emprego e renda no setor agrícola e demais setores da sua cadeia produtiva (EMBRAPA, 2015). O consumo crescente, principalmente na forma de batata pré-frita congelada, está associado a mudanças de hábitos alimentares, ao aumento das redes de fast food e pela necessidade de comidas semi-prontas. Assim, o abastecimento da cadeia de produção destinada ao processamento requer maiores produções de matéria-prima de qualidade.

Uma das formas de atender a demanda da indústria de processamento é a utilização do armazenamento refrigerado que possibilita a manutenção da qualidade das batatas, pela redução da respiração e inibição de brotação, sob baixas temperaturas. No entanto, durante o processo de descarregamento das câmaras frias e manuseio pós-colheita, os tubérculos estão sujeitos a ocorrência de danos mecânicos que reduzem a qualidade e quantidade do produto.

Os danos mecânicos podem ser classificados como externos ou internos (Storey e Davies, 1992). São definidos como deformações plásticas, rupturas superficiais e destruição dos tecidos vegetais provocados por forças externas (Mohsenin, 1986). O dano pode ser causado por impacto, compressão, vibração, cortes e rachaduras e, a depender do tipo de sintoma produzido, pode induzir uma série de respostas fisiológicas, alterações no metabolismo, sabor e aroma de produtos hortícolas, dentre eles a batata (Moretti; Sargent, 2000).

Além do estresse promovido pelo dano, entre as etapas de armazenamento e processamento mínimo, antes de serem direcionados para as salas de processamentos os tubérculos chegam a ficar cerca de 48 h em temperatura ambiente, o que também pode resultar em redução da qualidade e quantidade do produto.

Quando produtos de origem vegetal são armazenados em temperatura ambiente, há aumentos na perda de massa fresca em razão principalmente de dois processos, a transpiração e a respiração. A perda de massa é mais acentuada quando o órgão vegetativo sofre algum dano mecânico, o qual provoca o rompimento da parede celular e, por conseguinte, o aumento da transpiração devido a supressão de barreiras que dificultem a perda de água para o ambiente. Além disso, o dano estimula o processo respiratório que leva a perda de massa seca, pela liberação do CO₂.

Para a indústria de processamento, a qualidade do tubérculo está associada principalmente aos teores de matéria seca e açúcares redutores, responsáveis pelo rendimento do produto processado, pela textura, pela cor e pelo sabor após a fritura (Howard, 1974). Tais características são diretamente influenciados pela cultivar, época de plantio e manejo durante a colheita e pós-colheita (Keijbets, 2008).

A cultivar 'Markies', cultivada no Brasil, é destinada a indústria de processamento com aptidão culinária para cozimento e fritura. Possui alta qualidade para o mercado de batata pré-frita por apresentar alto teor de matéria seca, baixo teor de açúcar e níveis elevados de amido, obtendo-se um produto com sabor e coloração desejável após a fritura (Thompson; Morgan, 2017).

A coloração da batata frita é a primeira característica de qualidade observada nas indústrias de processamento e pelos consumidores. Esta é dependente do teor de açúcares redutores e da ação de enzimas oxidativas, principalmente a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD). O teor de açúcares redutores afeta a coloração através da reação de escurecimento não enzimático, conhecida como reação de Maillard. Nesta, os aminoácidos livres, principalmente a asparagina, reagem com os açúcares redutores, glicose e frutose, formando pigmentos melanóides, após o produto ser submetido a altas temperaturas (Roe et al., 1990; Eriksson, 2005). Paralelo a reação de formação das melanoidinas, em uma rota secundária, há a formação de acrilamida, substância considerada neurotóxica (Eriksson, 2005) e cancerígena com vários estudos comprovando uma associação positiva com câncer humano (Meulenaer et al., 2008; Vinci et al., 2012).

Já o escurecimento enzimático causado pela ação de enzimas oxidativas, ocorre devido a estresses físicos que podem induzir estresses oxidativos, alterar a atividade enzimática e, conseqüentemente, promover o aparecimento de machas escuras no tecido.

A indústria de alimento enfrenta desafios com a manipulação de frutas, tubérculos e outros vegetais devido a pigmentação escura indesejável nesses produtos durante o manuseio

(Bachem et al., 1994), uma das principais causas na perda de qualidade na pós-colheita. (Coetzer et al., 2001). O escurecimento enzimático é causado pela ação catalítica da polifenoloxidase (PPO) que, em células intactas de tubérculos de batata, encontra-se espacialmente separada dos substratos fenólicos. Tão logo as células são rompidas, a PPO passa a atuar na conversão de compostos fenólicos para quinonas que podem se polimerizar, reagir com aminoácidos e formar pigmentos insolúveis de cor marrom (Treptow et al., 2003), preto ou cinza (Stevens; Davellar, 1997).

A resposta de plantas a lesões envolve a liberação de peroxidases da superfície da célula para o apoplasto, onde podem exibir atividades oxidativas e peroxidativas (Minibayeva et al., 2015). As peroxidases atuam na conversão de fenóis, na redução do peróxido de hidrogênio, na defesa contra patógenos e na regulação da elongação celular (Gaspar et al., 1982; Kao, 2003).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as alterações metabólicas e fisiológicas que ocorrem durante a fase pós-colheita dos tubérculos de batata 'Markies' submetidos a danos mecânicos e as condições de armazenamento antes do processamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos em câmara refrigerada nos períodos de novembro de 2016 a janeiro de 2017 e novembro de 2016 a março de 2017, respectivamente. Em ambos os experimentos foram utilizados tubérculos da variedade 'Markies' provenientes da região produtora de Perdizes – MG, plantados em junho e colhidos em outubro de 2016 após a maturidade fisiológica. Em seguida procedeu-se a cura dos tubérculos, armazenando-os em câmara climatizada por 10 dias a 14 °C e umidade relativa (UR \pm 95 %). Decorrido esse período a temperatura foi reduzida 1 °C por dia até chegar a 8 °C. Após esse processo os tubérculos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, onde foram selecionadas 200 unidades experimentais, quanto ao tamanho e ausência de dano, e armazenados em câmara climatizada com temperatura de 8 °C e umidade relativa (UR \pm 90 %).

No experimento I os tubérculos ficaram armazenados por dois meses. Após esse período 100 tubérculos foram retirados da câmara fria, divididos em dois grupos para aplicação dos tratamentos. O grupo 1 compôs o tratamento controle, com tubérculos sem dano mecânico (Figura 1C) e o grupo 2 por tubérculos que foram submetidos a danos mecânicos, obtidos através do impacto e abrasão do tubérculo quando solto a 1 m de altura sobre uma rampa de superfície áspera (Figura 1B, 1C). Este processo foi repetido 10 vezes para cada tubérculo. Após aplicação dos tratamentos, os tubérculos foram mantidos em bancadas sob condições ambiente (28 °C e \pm 54 % UR).

As avaliações dos efeitos do dano mecânico, tiveram início duas horas após a aplicação dos tratamentos, considerando este o ponto zero, com intervalo de 12 h entre as avaliações, totalizando cinco tempos (0, 12, 24, 36 e 48 h). Foram realizadas análises de perda de massa fresca acumulada (PMF), açúcares solúveis totais, redutores e não-redutores e coloração dos palitos após a fritura. Para coleta do material os tubérculos foram lavados, descascados e cortados em palitos para compor as amostras destinadas as avaliações de fritura e quantificação de açúcares.

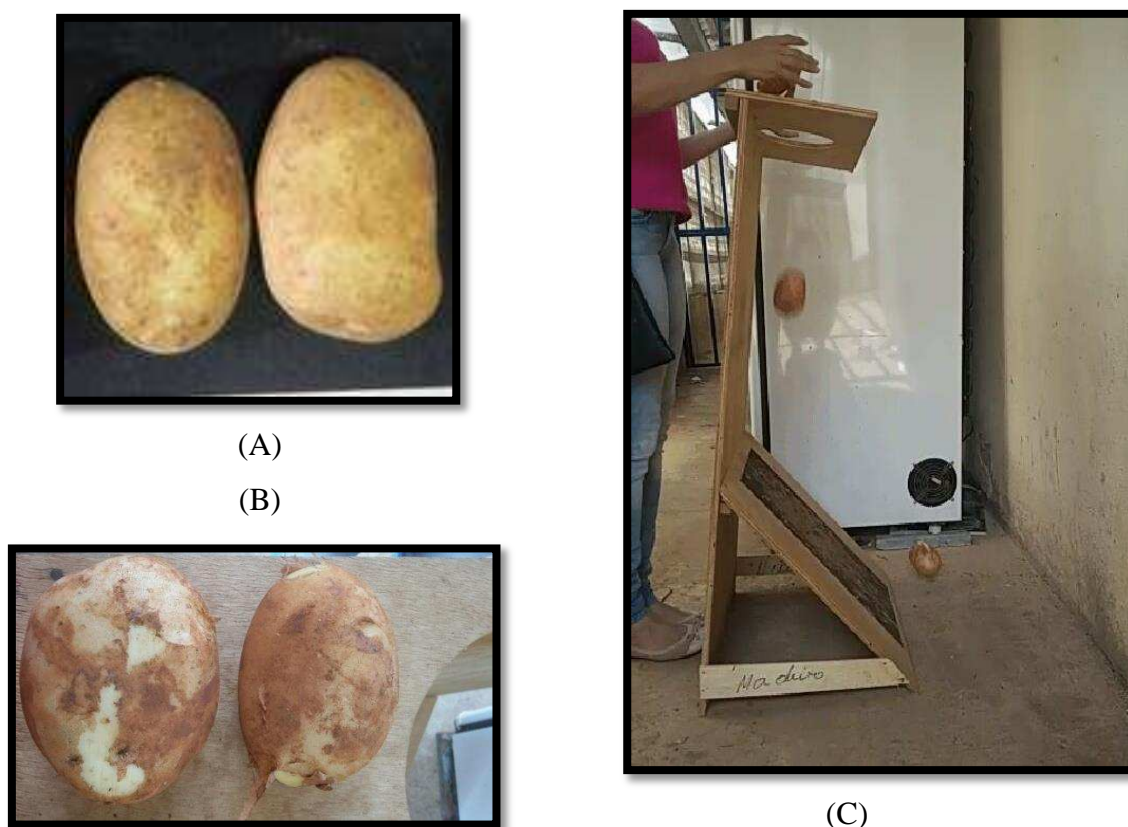


Figura 1. Tubérculos de batata sem dano mecânico (A) e com dano mecânico (B) Momento de queda dos tubérculos de batata cv. Markies sobre superfície áspera (C).

A massa fresca foi determinada em balança analítica, sendo a perda de massa estimada calculada em relação à massa inicial dos tubérculos e expressa em % de perda de massa fresca.

$$PMF = 100 - ((PF * 100) / PI)$$

Em que:

PMF = perda de massa fresca (%);

PF = peso do material fresco final no dia da análise; e

PI = peso do material fresco inicial (g) no dia da instalação do experimento.

Para quantificação dos açúcares, primeiramente foi realizada a extração alcoólica do material. Pesou-se 5 g de massa fresca dos tubérculos, e sobre essa amostra foi adicionado etanol 80 % a 70 °C. Após atingir temperatura ambiente, as amostras foram trituradas em

politron (Ultra – Turrax, IKA – T25) e centrifugadas por 10 minutos a uma rotação de 2.000 rpm, coletando-se o sobrenadante. Esse procedimento foi realizado por 3 vezes, seguido de filtragem em papel, e o volume do extrato completado para 25 ml (McCready et al., 1950).

A quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) seguiu o método Fenol-sulfúrico descrito por Dubois et al. (1956). Inicialmente foi preparada a solução padrão de sacarose 1 % para a confecção da curva padrão e realizada a diluição dos extratos em dez vezes. Sempre em triplicata, 250 µL das amostras diluídas foram pipetadas em tubo de ensaio, e adicionados 250 µL de Fenol 5 %, seguidos de agitação em vortex. Em seguida, os tubos foram acrescidos de 1,25 mL de ácido sulfúrico 95 % (H₂SO₄) e agitados novamente. Após banho-maria, por 20 min a temperatura de 30 °C, os tubos foram novamente agitados e postos em temperatura ambiente durante 30 min. A leitura foi realizada em $\lambda = 490$ nm em espectrofotômetro (Genesys- 10UV, sacannig).

Os açúcares redutores foram quantificados utilizando a metodologia do ácido dinitrossalicílico (DNS) descrita por Gonçalves et al. (2010). No preparo do reagente utilizou-se 5 g de ácido dinitrossalicílico, dissolvidos em 250 mL de água destilada a 80 °C. Após a solução atingir temperatura ambiente foram adicionados 100 mL de NaOH, 2 N e 150 g de tartarato de sódio e potássio 4-hidratado, o volume foi completado para 500 mL com água destilada. De acordo com o método, 500 µl de reagente e 500 µL da amostra foram adicionados aos tubos de ensaio, em seguida estes foram mergulhados em banho de água fervente e após 5 min, 4 mL de água destilada foram adicionados em cada tubo, resultando na mistura final da reação. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a $\lambda = 540$ nm.

O teor de açúcares não-redutores (ANR) foi calculado por diferença entre a concentração de açúcares solúveis totais e dos açúcares redutores e os resultados expressos em % ANR.

Para classificação da coloração das batatas fritas, os palitos foram submetidos à fritura, em fritadeira elétrica com capacidade para 3 L (Modelo: Ford[®]) por 3 min a temperatura de 180 °C. Cada repetição foi composta por 10 palitos. A quantidade de óleo foi suficiente para minimizar a queda da temperatura após as batatas serem imersas. A coloração das batatas fritas foi determinada visualmente com base em escala de notas que variam de 1 (extra claro) a 5 (marron) de acordo com os padrões preconizados pelo USDA, utilizando o painel ‘*United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potatoes*’ (USDA, 1967), usado pela indústria de processamento de batata brasileira (Figura 2).



Figura 2. Painel de classificação da coloração da batata frita (USDA, 1967).

No experimento II avaliou-se a influência do dano mecânico na perda de massa fresca e no escurecimento enzimático e não-enzimático de tubérculos armazenados por quatro meses. Decorrido esse período, os tubérculos foram retirados da câmara de refrigeração e divididos em dois grupos. O primeiro grupo foi composto por tubérculos sem dano mecânico (controle) e o segundo grupo por tubérculos que sofreram danos, quando submetidos a queda de 1 metro de altura sobre superfície áspera. Em seguida esses tubérculos foram dispostos em bandejas e deixados sob condições de temperatura ambiente por 48 horas.

A cada 12 h foram realizadas as avaliações de perda de massa fresca acumulada (PMF), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcar não-redutor (ANR), coloração dos palitos fritos e atividade enzimática da peroxidase e polifenoloxidase.

O material vegetal utilizado na determinação da atividade enzimática foi coletado, imediatamente congelado em nitrogênio líquido e armazenado em freezer sob temperatura de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para obtenção do extrato enzimático inicial foram utilizados 15 mL de tampão de extração (tampão fosfato de potássio 0,1 M pH 6,5), ao qual foram adicionadas as 5 g de material vegetal. Posteriormente esse material foi triturado, filtrado em gaze e centrifugado a 17.000 rpm por 30 min, a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. O sobrenadante obtido, foi utilizado para determinação e quantificação das proteínas, segundo metodologia proposta por Bradford (1976).

Para a determinação da atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO), uma alíquota de 100 μ L do extrato enzimático foi adicionada ao meio de reação contendo 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0), acrescido de 0,5 mL catecol, completando-se o volume para 3 mL com água destilada. A atividade enzimática foi analisada em espectrofotômetro, por meio da variação na absorbância em comprimento de onda de 420 nm, a 25 °C e expressa em UA/min/mg de proteína (Kavrayan; Aydemir, 2001).

Para a determinação da atividade enzimática da peroxidase (POD), foi adicionado uma alíquota de 200 μ L do extrato enzimático inicial ao meio de reação contendo 0,5 mL de guaiacol (1,68 %), 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0) e 0,5 mL de H₂O₂ (1,8 %), o volume completado para 3 mL com água destilada. A atividade enzimática foi analisada em espectrofotômetro, observando-se a variação na absorbância em comprimento de onda de 470 nm, a 25 °C, e expressa em UA/min/mg de proteína (Neves, 2003).

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foi inteiramente casualizado, no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos com e sem dano mecânico e nas subparcelas os tempos de observação 0, 12, 24, 36 e 48 h, com 5 repetições, sendo a unidade experimental composta por 2 tubérculos. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas SAEG 9.1. Para a escolha do modelo de regressão, baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQReg} / \text{SQtrat}$) e no comportamento biológico em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito combinado dos tratamentos e períodos foram estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$) para a variável perda de massa fresca, e obteve efeito individual do período para açúcares solúveis totais e açúcares não-redutores e dos tratamentos para açúcares redutores.

Para variável perda de massa fresca (PMF) o tratamento controle apresentou menores valores de perda quando comparado ao tratamento com dano em todos os períodos avaliados. A maior PMF foi alcançada as 48 h após os tratamentos, com maior magnitude de perda para os tubérculos com dano, obtendo uma perda acumulada de 3,7 %, contra 0,55 % para os tubérculos não danificados (Figura 3). Os tubérculos que sofreram injúria mecânica apresentaram uma PMF 6,5 vezes maior em relação ao controle quando mantidos sob mesmas condições pós-armazenamento.

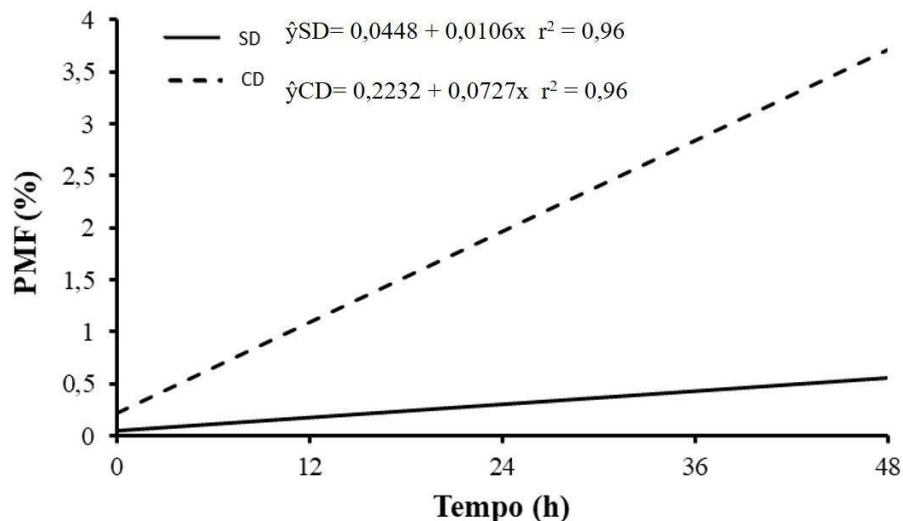


Figura 3. Perda de massa fresca (PMF) em tubérculos de batata cv. Markies sem dano e com dano mecânico aos 2 meses de armazenamento.

Maly et al. (2005) e Montero (2010) concordam que a injúria mecânica influencia na perda de massa, através do aumento na intensidade respiratória dos produtos. Esse aumento ocorre devido aos danos provocado nas células, os quais facilitam a saída de água do tecido para o ambiente.

Sabe-se que a perda de massa fresca é uma das principais causas da redução de qualidade dos produtos hortícolas. Segundo Finger e Vieira (2007), a perda de massa está

associada principalmente a perda de vapor d'água pelo processo de transpiração e em menores proporções pela atividade respiratória.

Strehmel et al. (2010) avaliaram como o dano mecânico influenciou a perda de massa fresca por respiração, e observaram que os tubérculos danificados tiveram um aumento 1,3 vezes maior na taxa respiratória dos tubérculos em comparação com os tubérculos não danificados (controle) mantidos a uma temperatura de 33 °C.

Na Figura 4 observa-se aumento nos níveis de açúcares solúveis totais (AST) dos tubérculos em função do tempo de avaliação.

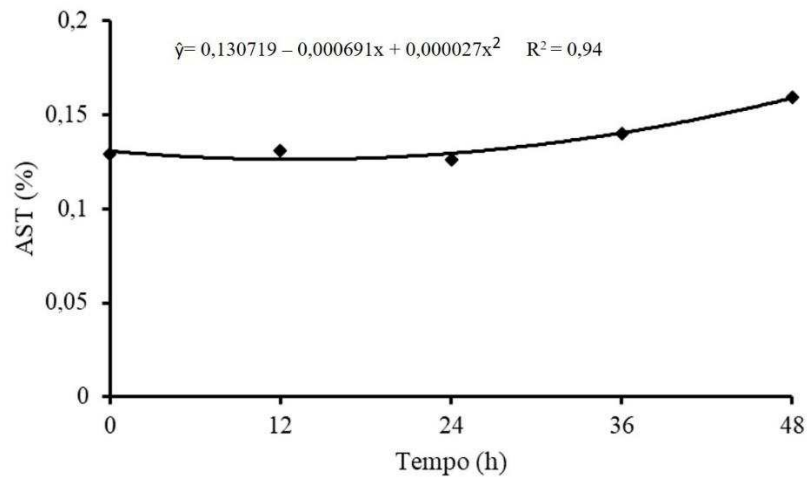


Figura 4. Média do teor de açúcares solúveis totais (AST) em tubérculos de batata cv. Markies com e sem dano mecânico aos 2 meses de armazenamento.

Esse resultado pode ser explicado pelo tempo de exposição dos tubérculos a uma temperatura de armazenamento mais elevada, uma vez que esta favorece o processo respiratório, onde ocorre a quebra das moléculas de amido em sacarose para geração de energia. Singh, Kaur (2016) afirmam que quando tubérculos de batata são colocados em condições de armazenamento com temperaturas acima de 15 °C ocorre um aumento acentuado da respiração, como visto no presente trabalho.

Esse comportamento também foi relatado por Bacarin et al. (2005) trabalhando com 4 genótipos de batata armazenados sob 3 condições de temperatura, que observaram pequenas alterações nos teores de açúcares nos tubérculos armazenados sob temperatura ambiente.

Não houve diferença entre os tratamentos para variável açúcares redutores (AR) nos tubérculos de batata. No entanto houve diferença entre os horários de avaliação dentro de cada tratamento (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de Açúcares Redutores (AR) em tubérculos de batata cv. Markies sem dano e com dano aos 2 meses de armazenamento.

Horários	AR	
	Sem dano	Com dano
0	0,013 b	0,013 b
12	0,020 a	0,025 a
24	0,011 b	0,012 b
36	0,009 b	0,016 ab
48	0,012 b	0,022 a

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve efeito dos tratamentos para o teor de açúcares não-redutores (ANR) dos tubérculos. Entretanto com o aumento do período de avaliação, houve incremento no teor desses açúcares, alcançando valores de 0,14 % após 48 h (Figura 5).

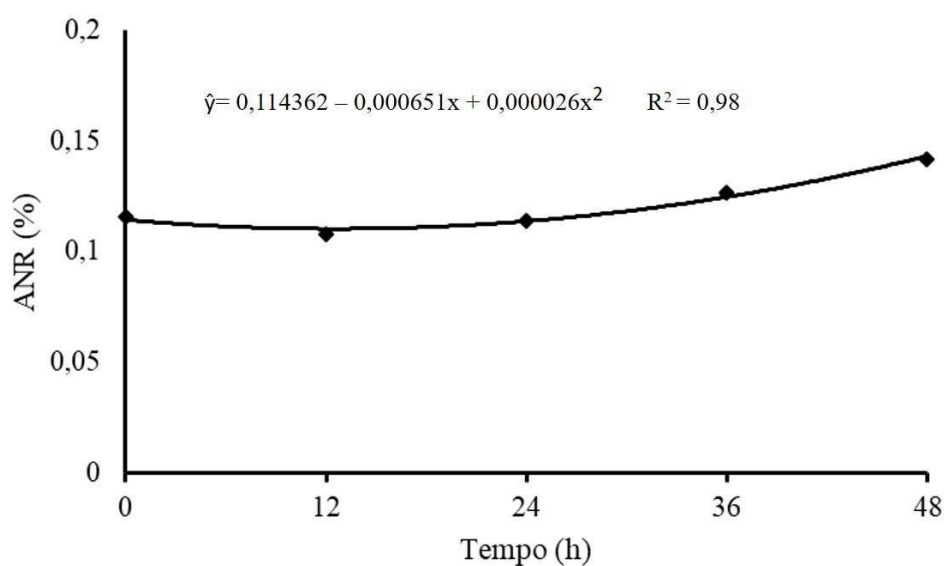


Figura 5. Média do teor de açúcares não redutores (ANR) em tubérculos de batata cv. Markies com e sem dano mecânico aos 2 meses de armazenamento.

A atividade das amilases é a principal fonte de variação para o teor de sacarose nos tubérculos de batata. Em estudo realizado por Chapper et al. (2004) observou-se que a atividade amidolítica foi a principal responsável pela degradação do amido e que a atividade

aumentou quando os tubérculos foram expostos a baixas temperaturas, mantendo-se praticamente constante nos tubérculos armazenados a temperatura ambiente.

Os palitos dos tubérculos de batata não escureceram após serem submetidos a temperatura de fritura (180 °C) nas primeiras 36 h, mas às 48 h pode-se observar pontas escurecidas em 40 % dos palitos de batata que sofreram dano. Este escurecimento não enzimático está relacionado aos teores de açúcares, que segundo a literatura é encontrado em baixa quantidade na cultivar Markies (Thompson; Morgan, 2015), o que justifica o não escurecimento observado até às 36 h e mostra a influência do dano nessa característica.

O teor de açúcares redutores aceitável para indústria de processamento de batata pré-frita deve ser abaixo de 0,12 % de massa fresca, para obtenção de um produto de qualidade (Stark *et al.*, 2003), com uma coloração amarelo claro e uniforme, isenta de manchas escuras. Assim, a Markies pode ser classificada como uma cultivar com qualidade para processamento industrial mesmo após as injúrias mecânicas.

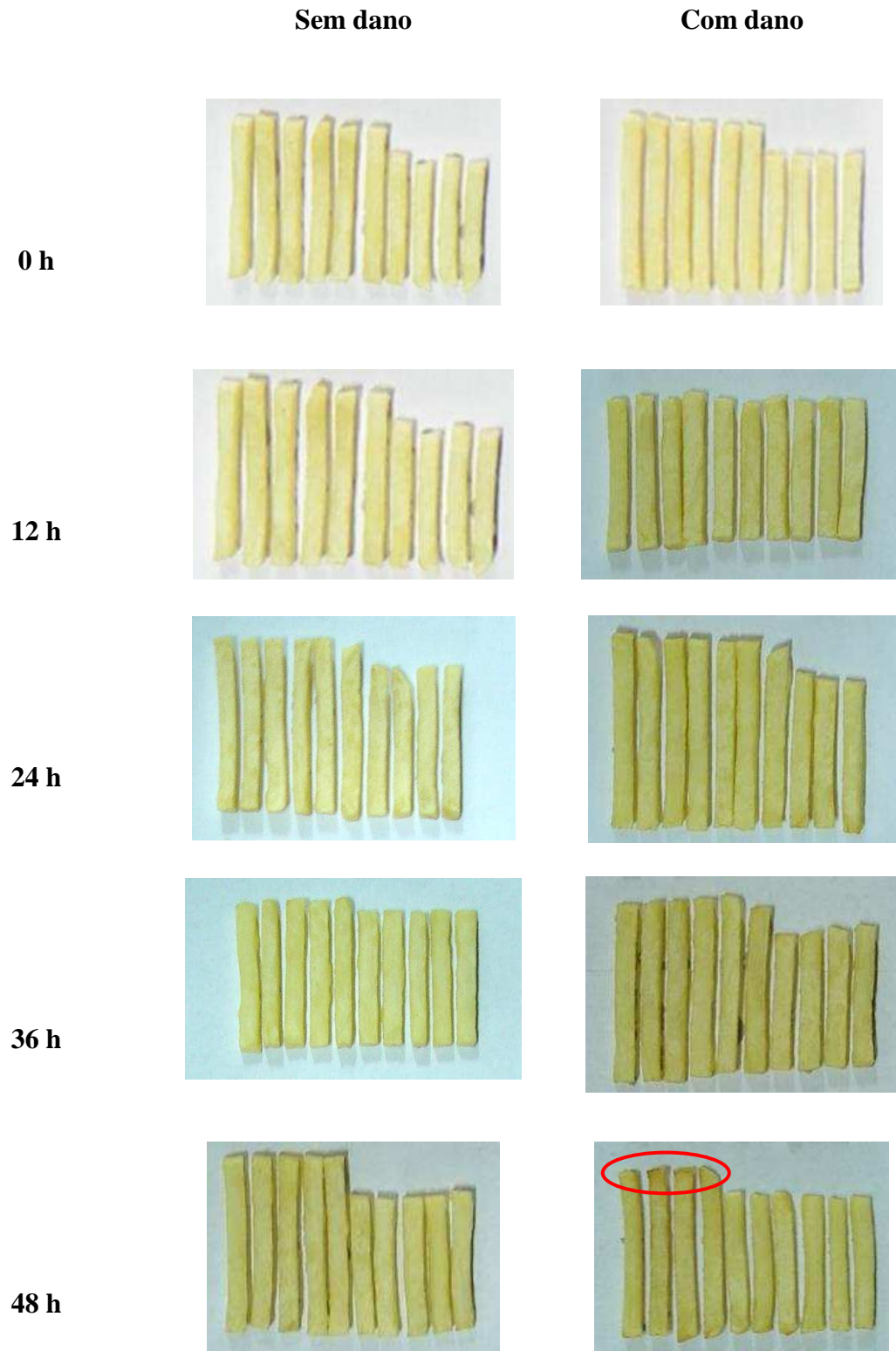


Figura 6. Palitos de batata cv Markies submetido ou não a dano mecânico no período pós armazenamento, avaliados em função do escurecimento não enzimático causado pelo processo de fritura.

Apesar do aparecimento de pontas escurecidas nos palitos do tratamento com dano às 48 h, foi atribuída nota 2 a todos os palitos fritos de acordo o painel de classificação da coloração dos palitos utilizado pela indústria brasileira de processamento de batata. Isso porque a avaliação da coloração é feita observando o palito como um todo, porém após 48 h do dano, houve escurecimento das extremidades do produto frito (Tabela 2 e Figura 6).

Fernandes et al. (2010) avaliando a qualidade físico-química e de fritura de cinco cultivares, atribuiu a cultivar Markies uma coloração amarela intensa dos palitos e chips após a fritura. Segundo estes autores a cultivar apresenta boa qualidade para o preparo de fritas.

Tabela 2. Classificação de coloração dos palitos de batata após fritura por 3 minutos a 180°C.

Horários	Coloração	
	Sem dano	Com dano
0	2	2
12	2	2
24	2	2
36	2	2
48	2	2 *

***Presença de escurecimento não enzimático nas extremidades dos palitos fritos.**

Para tubérculos armazenados por 4 meses, observou-se diferenças significativas pelo teste F, com interação entre os período e tratamentos para todas as variáveis analisadas, exceto para porcentagem de açúcares redutores, que obteve influencia apenas do tratamento.

Na Figura 7 pode ser observado um comportamento linear crescente para a perda de massa fresca (PMF) acumulada de tubérculos de batata para o tratamento sem dano mecânico e uma função quadrática para o tratamento com dano mecânico ao longo dos períodos de avaliação.

Os tubérculos danificados apresentaram maior percentual de perda de massa acumulada (5,2 %), quando comparado ao tratamento controle (0,6 %) que obteve menor percentual, com uma diferença de 8,6 % na PMF.

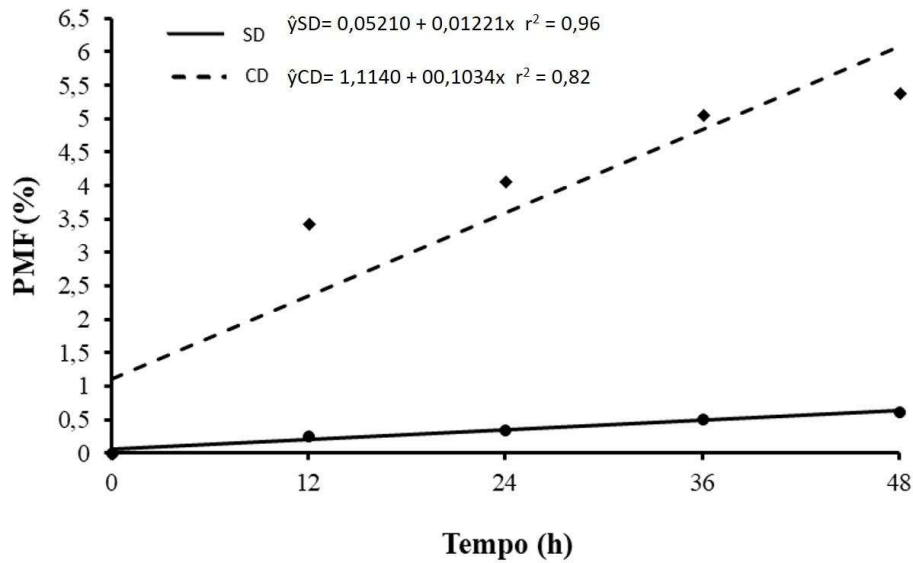


Figura 7. Perda de massa fresca (PMF) em tubérculos de batata cv. Markies sem dano (SD) e com dano mecânico (CD) aos 4 meses de armazenamento.

Os tubérculos submetidos ao impacto e abrasão se apresentaram mais amolecidos principalmente no local da injúria e no decorrer do período de avaliação estes se tornaram mais murchos que os tubérculos controle.

Daniel-Lake et al. (2014) avaliando a PMF de tubérculos com diferentes tipos de danos, verificou que os tubérculos com lesões simuladas perderam peso mais rapidamente do que os tubérculos intactos sob as mesmas condições de armazenamento. Os tubérculos danificados por dano abrasivo apresentaram uma PMF de 1,7 % em relação ao controle sob condições de armazenamento a 13 °C e 95 % UR.

Segundo Steffens et al. (2008), o dano mecânico pode induzir a formação de novos receptores de etileno. Sendo o etileno o hormônio envolvido com a respiração e senescência, o dano mecânico aplicado aos tubérculos pode promover aumento nesses processos e reduzir a vida pós-colheita dos produtos.

A aplicação dos danos nos tubérculos resultou em maior conteúdo de AST, quando comparado ao tratamento controle, com um aumento de 0,14 % nas primeiras 35 h e subsequente queda no conteúdo desses açúcares. Já o tratamento controle apresentou comportamento contrário, onde inicialmente é possível observar um decréscimo (0,04 %) no conteúdo de AST (Figura 8).

Os maiores valores de AST para o tratamento com dano em função do período de avaliação utilizado foram obtidos às 35 h com um acúmulo de 0,29 %. No tratamento controle o menor conteúdo de AST foi de 0,14 % 30 h após a aplicação dos tratamentos.

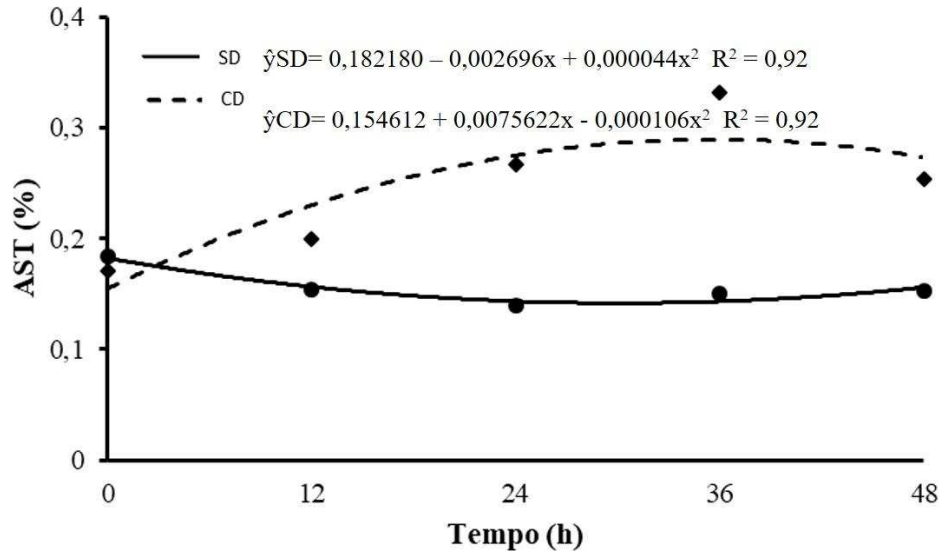


Figura 8. Teor de açúcares solúveis totais (AST) em tubérculos de batata cv. Markies sem dano (SD) e com dano (CD) aos 4 meses de armazenamento.

O conteúdo de AST é composto de açúcares redutores e não-redutores, e o aumento desses açúcares promove aumento nos conteúdos de AST.

Kumar et al. (2004) afirmam que os danos mecânicos e as condições de armazenamento são importantes fatores a se considerar na alteração dos teores de açúcares em tubérculos de batata na fase pós-colheita. Segundo Maia et al. (2011) o dano mecânico acelera a conversão de amido para açúcares solúveis totais, por estes serem substratos do processo respiratório.

Para a variável açúcares redutores foi observada diferença entre os tratamentos, obtendo maior acúmulo desses açúcares nos tubérculos submetidos ao dano 0,035% contra 0,025% nos tubérculos intactos, indicando a influência do dano sobre essa característica.

O dano promoveu o aumento na taxa respiratória dos tubérculos, que por sua vez induz a atividade de enzimas de degradação do amido, produzindo maiores quantidade de sacarose e glicose nos tubérculos, como comprovado no presente estudo.

A Figura 9 mostra que com o decorrer do tempo de avaliação, os tratamentos tiveram comportamentos contrário, com uma elevação inicial nos teores de ANR nos tubérculos que sofreram dano mecânico e redução desses açúcares no tratamento controle. O ponto máximo

de concentração de ANR (0,247 %) foi atingido às 34 h, com redução após esse horário nos tubérculos danificados. No tratamento controle os níveis de ANR decresceram (0,117 %) até às 27 h, com posterior incremento em seus teores de açúcares.

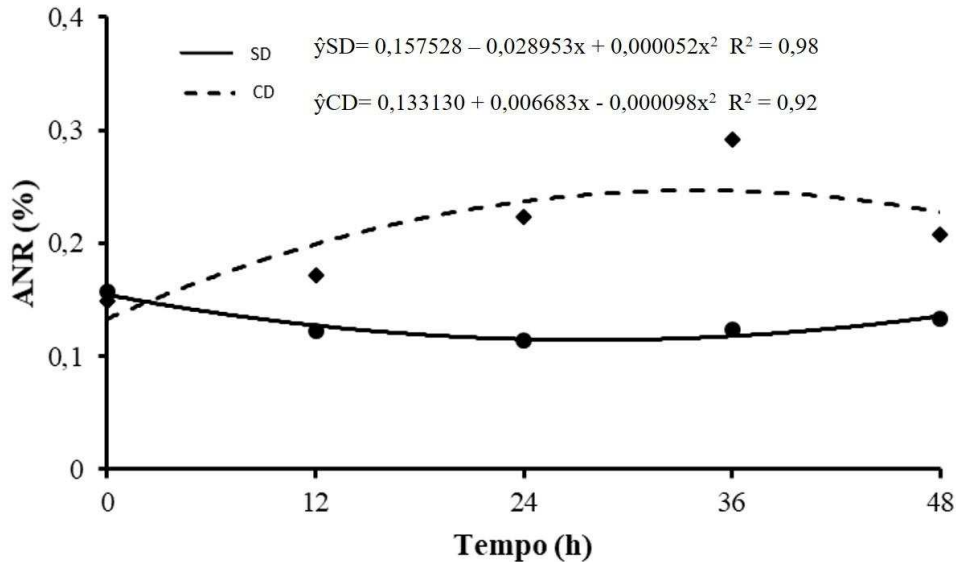


Figura 9. Teor de açúcares não-redutores (ANR) em tubérculos de batata cv. Markies sem dano (SD) e com dano (CD) aos 4 meses de armazenamento.

O comportamento observado pelos tubérculos sem dano pode ser associado a utilização da sacarose no processo respiratório, já que este é considerado o principal substrato da respiração vegetal (Taiz; Zeiger, 2017). Entretanto os tubérculos com dano apresentaram aumento no conteúdo desse açúcar, estando este associado a hidrólise do amido.

Danos mecânicos estimulam processo respiratório e biossíntese de etileno, que tem como consequência o aumento da atividade de enzimas e degradação do amido pela α -amilase, β -amilase e glucosidases, que por sua vez aumenta a quantidade de sacarose e glicose (Taiz; Zeiger, 2017).

Estes resultados estão de acordo com estudos realizados por Sowokinos et al. (1987), que observaram acúmulo progressivo de sacarose em tubérculos de batata que sofrem danos associados ao manuseio mecânico, ao longo do período de avaliação e por Strehmel et al. (2010) que relataram alterações no metabolismo primário de duas cultivares de batata submetidas a danos mecânicos, onde a sacarose apresentou variação significativa em relação ao tempo, ocorrendo aumento persistente entre 24-48 h.

O aumento nas concentrações desses açúcares em ambos os tratamentos no final do período de avaliação, evidencia a importância do processamento mínimo antecipado, uma vez

que os tubérculos não acumularam açúcares redutores, que provocam a alteração da cor e do sabor do produto.

Para atividade das enzimas oxidativas, observa-se nos tratamentos um aumento progressivo na atividade da polifenoloxidase (PPO), com menor atividade ($1,41 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína) nos tubérculos controle, comparados aos tubérculos danificados ($2,33 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína) (Figura 10 A). No entanto, para atividade da peroxidase (POD) foi definido o modelo linear para o tratamento controle, com maior atividade às 48 h ($0,52 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína) e um modelo quadrático para o tratamento com dano, que apresentou incremento inicial, com atividade máxima às 22 h ($0,69 \text{ UA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína), seguida de decréscimo (Figura 10 B).

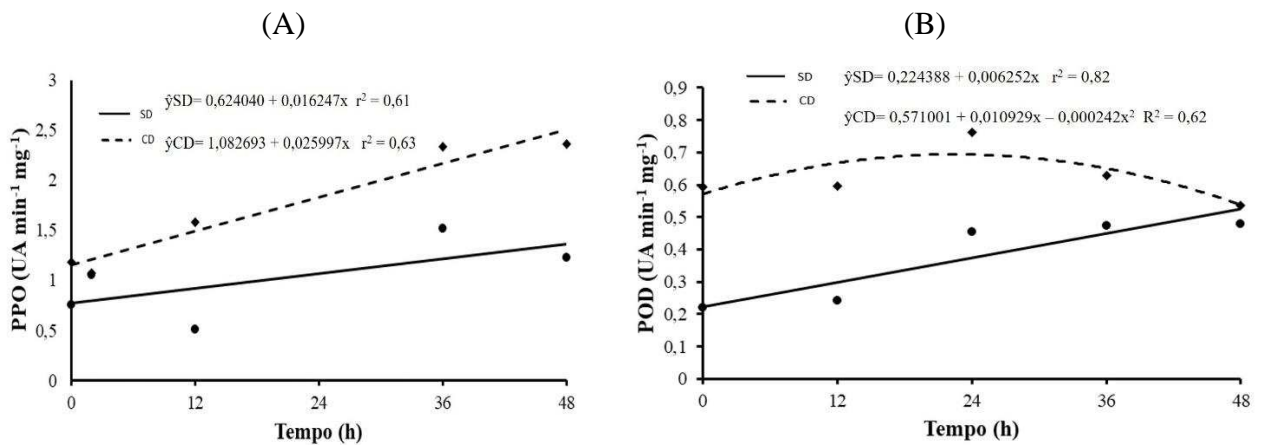


Figura 10. Atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) (10A) e da peroxidase (POD) (10B) em tubérculos de batata cv. Markies sem dano (SD) e com dano (CD) aos 4 meses de armazenamento.

O aumento da atividade dessas enzimas é resultado da resposta do vegetal a situações de estresses, uma vez que esta enzima está relacionada com o sistema de proteção das plantas contra estresses oxidativos. Quando o vegetal passa por alguma situação estressante, ocorre a formação de compostos químicos tóxicos, as espécies reativas de oxigênio (EROs). Essas moléculas são também subprodutos de processos metabólicos normais, como a respiração e fotossíntese (Taiz e e Zeiger 2017). Assim, o aumento nesses processos, induz também um aumento no sistema de defesa do vegetal para neutralização dessas moléculas.

Em tubérculos de batata, a peroxidase também atua nos processos de cicatrização, com formação de novas células e deposição de suberina e lipídeos (Bernards et al., 2010), bem

como a oxidação de compostos fenólicos (Pascholati et al., 2008). No entanto a participação da PPO e POD nas reações de oxidação de compostos fenólicos, leva a formação de coloração amarronzada nos tecidos (Terefe et al., 2014), sendo esse escurecimento enzimático responsável por perdas na qualidade do produto e redução da aceitação pelo consumidor.

A cor final do produto, está diretamente ligada ao conteúdo de açúcares redutores e a atividade enzimática. A Figura 8 mostra a presença de pontuações escurecidas nos palitos de batata a partir de 36 h após a aplicação dos tratamentos. No entanto às 48 h é possível identificar uma maior proporção dessas pontas escurecidas nos palitos, sendo observado em 100 % dos palitos de batata danificados e em 50 % dos palitos do tratamento controle.

A ocorrência dessas manchas pode ser explicada pelo conteúdo de açúcares redutores, no qual foi observado maior conteúdo desses açúcares no tratamento com dano mecânico, bem como pela ação das enzimas PPO e POD que tiveram sua atividade elevada ao decorrer do período de avaliação em ambos os tratamentos.

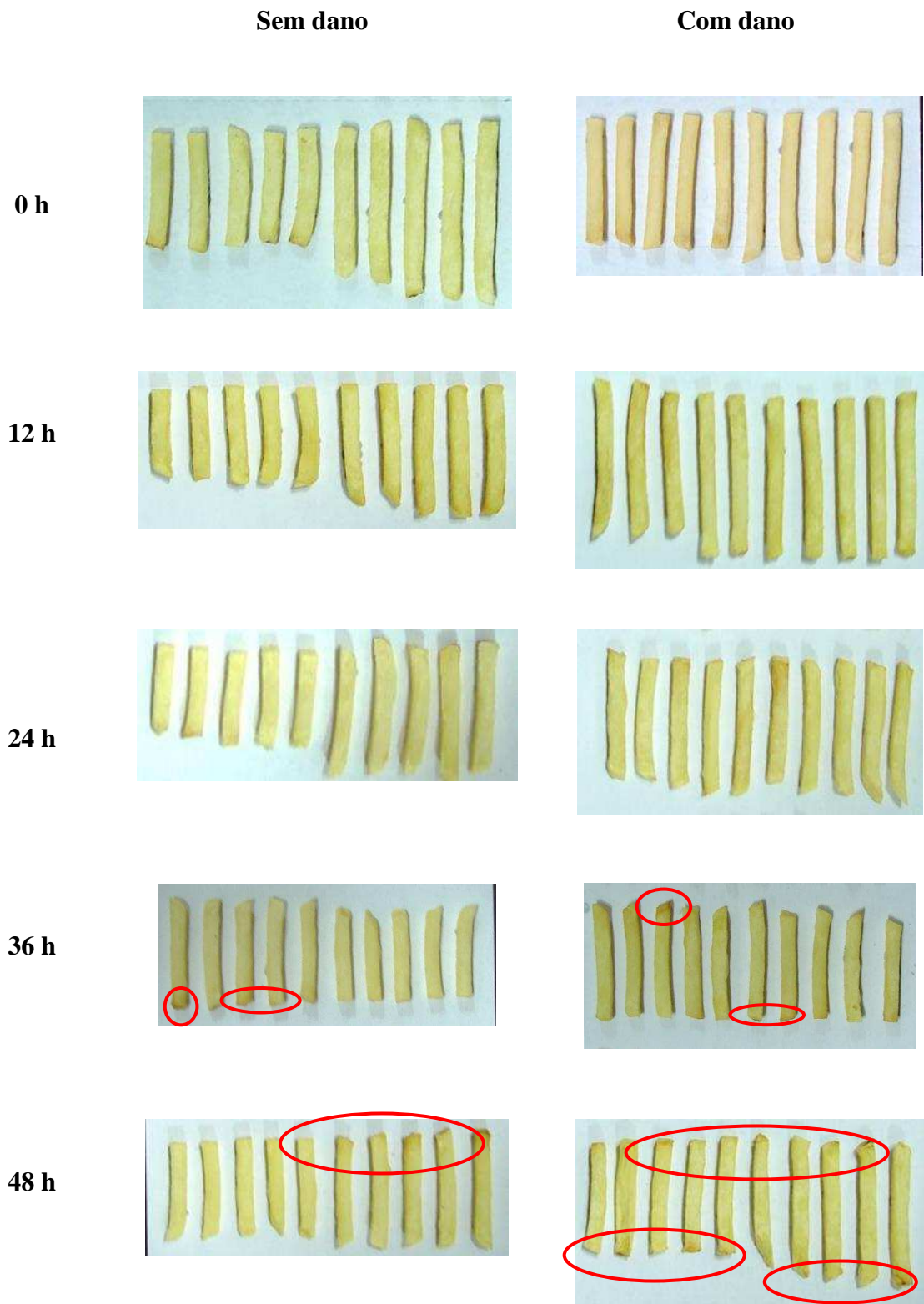


Figura 11. Palitos de batata cv Markies submetido ou não a dano mecânico no período pós armazenamento, avaliados em função do escurecimento não enzimático causado pelo processo de fritura.

A cor desejável para batata frita é um amarelo claro com ausência de pontos ou manchas escurecidas que são correspondentes a classificação 1, 2 na tabela da USDA. A cor da batata está diretamente ligada ao conteúdo de açúcares redutores, que não devem ultrapassar valores 0,12 % de massa fresca (Stark *et al.*, 2003).

Tabela 3. Classificação de coloração dos palitos de batata após fritura por 3 minutos a 180°C.

Horários	Coloração	
	Sem dano	Com dano
0	2	2
12	2	2
24	2	2
36	2	2
48	2	2*

***Presença de escurecimento não enzimático nas extremidades dos palitos fritos.**

Foram atribuídas aos palitos de batata após a fritura nota 2 em todos os períodos de avaliação em ambos os tratamentos, apesar do aparecimento de manchas marrons no ultimo horário de avaliação, evidenciando o acúmulo de açúcares redutores nas extremidades dos palitos com conseqüente escurecimento (Tabela 3 e Figura 11).

Araújo *et al.* (2016) avaliando a eficiência produtiva e parâmetros de qualidade de batata destinada ao processamento na forma de batata-palha e chips de nove cultivares de batata, encontrou valores de açúcares redutores 0,0077 % para batatas ‘Markies’ e uma coloração amarelo claro após a fritura, fazendo desta cultivar uma boa recomendação para o processamento industrial, já que o menor teor de açúcares redutores permitirá uma coloração mais clara e um sabor mais agradável ao produto final.

4. CONCLUSÃO

Tubérculos de batata ‘Markies’ armazenados por 2 e 4 meses submetidos a danos mecânicos associado ao período pós armazenamento refrigerado apresentam maior perda de massa fresca, culminando em menor produção.

O dano mecânico promove o aparecimento de pontas escuras nos palitos de batata ‘Markies’ reduzindo a qualidade desses produtos, através do aumento dos conteúdos de açúcares.

Os tubérculos danificados apresentaram maior atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, que também são responsáveis pelo aparecimento de pontas escurecidas nos palitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA, Associação Brasileira de Batata. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id_BAT=3>. Acesso em: 20 set. 2017.

ARAÚJO, T. H. et al. Productivity and quality of potato cultivars for processing as shoestrings and chips. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 554-560, 2016.

BACARIN, Marcos Antonio et al. Carboidratos não estruturais em tubérculos de batata recondicionados após o armazenamento sob diferentes temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 799-804, 2005.

BACHEM, C. W. B et al. Antisense expression of polyphenol oxidase genes inhibits enzymatic browning in potato tubers. **Nature Biotechnology**, v. 12, n. 11, p. 1101-1105, 1994.

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**, v. 72, p. 248-254. 1976.

CHAPPER, M. et al. Atividade amidolítica e de invertase ácida solúvel em tubérculos de batata armazenados sob duas condições de temperatura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 597-601, 2004.

COETZER, C. et al. Control of enzymatic browning in potato (*Solanum tuberosum L.*) by sense and antisense RNA from tomato polyphenol oxidase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 652-657, 2001.

DANIELS-LAKE, B. et al. Effects of simulated harvest injury and relative humidity during the first week post-harvest on potato (*Solanum tuberosum L.*) tuber weight loss during subsequent storage. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 89, n. 2, p. 167-172, 2014.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356. 1956.

EMBRAPA. Batata. **Sistema de produção de batata**. Versão eletrônica. 2ª Ed. 252p. 2015. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132923/1/Sistema-de-Producao-da-Batata.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2017.

ERIKSSON; S. **Acrylamide in food products**: Identification, formation and analytical methodology. Doctoral thesis, Department of Environmental Chemistry, Stockholm University, Sweden. 2005.

GASPAR, T. H. et al. **Peroxidases**: a survey of their biochemical and physiological roles in higher plants. Genève: Université de Genève, p. 324, 1982

GONÇALVES, C. et al. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods**, v. 2, p. 2046-2048. 2010.

HAWKES, J. G. Origins of cultivated potatoes and species relationships. In: BRADSHAW, J.E.; **Potatoes genetics**. Wallingford: CAB. Internacional, 1994. p.3-42.

FERNANDES, A. M. et al. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, p. 299-304, 2010.

FINGER, F. L; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos minimamente processados**. Viçosa: UFV, 1997. 29p.

GONÇALVES, C. et al. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods**, v. 2, p. 2046-2048, 2010.

HOWARD, H. W. Factors influencing the quality of ware potatoes. 1. The genotype. **Potato Research**, v. 17, n. 4, p. 490-511, 1974.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro. 2017. 81p.

KAO, C. H. Differential effect of sorbitol nad polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, v.39, p.83-89, 2003.

- KAVRAYAN, D.; AYDEMIR, T. Partial purification and characterization of polyphenoloxidase from peppermint (*Mentha piperita*). **Food Chemistry**, v. 74, p. 146-154, 2001.
- KEIJBETS, M. J. H. Potato processing for the consumers: developments and future challenges. **Potato Res.**, v. 51, p. 271-281, 2008.
- KUMAR, D.; SINGH, B. P.; KUMAR, P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 145, n. 3, p. 247-256, 2004.
- LÆRKE, P. E.; BRIERLEY, E. R.; COBB, A. H. Impact- induced blackspots and membrane deterioration in potato (*Solanum tuberosum* L) tubers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 9, p. 1332-1338, 2000.
- MALY, P.; HOFFMANN, T.; FUR, Ch. **Gentle harvest of potatoes in storage boxes**. 2005.
- MCCREADY, R. M. et al. Determination of starch and amylose in vegetables. **J. Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.
- MEULENAER, B. et al. Comparison of potato varieties between seasons and their potential for acrylamide formation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 2, p. 313-318, 2008.
- MINIBAYEVA, F.; BECKETT, R. P.; KRANNER, I. Roles of apoplastic peroxidases in plant response to wounding. **Phytochemistry**, v. 112, p. 122-129, 2015.
- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. **Scientia Agrícola**, v. 57, p. 385-388, 2000.
- MOHSENIN, N. N. et al. **Physical properties of plant and animal materials**. v. 1. Structure, physical characteristics and mechanical properties. 1986.
- MONTERO, C. R. S. **Alterações fisiológicas e anatômicas causadas por danos mecânicos durante o beneficiamento de maçãs e frutos cítricos**. 2010.

NEVES, L. L. M. **Envolvimento de enzimas oxidativas no escurecimento do quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]**. 72p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2003.

PASCHOLATI, S. F. et al. **Interação plantapatógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular**. Piracicaba, SP: FEALQ, 627 p. 2008.

ROE, M. A.; FAULKS, R. M.; BELSTEN, J. L. Role of reducing sugars and amino acids in fry colour of chips from potatoes grown under different nitrogen regimes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 52, n. 2, p. 207-214, 1990.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SCHREIBER, L.; FRANKE, R.; HARTMANN, K. Wax and suberin development of native and wound periderm of potato (*Solanum tuberosum* L.) and its relation to peridermal transpiration. **Planta**, v. 220, n. 4, p. 520-530, 2005.

SINGH, J.; KAUR, L. **Advances in potato chemistry and technology**. 2^a ed. Academic press. 2016.

SOWOKINOS, J. R. et al. Influence of potato storage and handling stress on sugars, chip quality and integrity of the starch (amyloplast) membrane. **American Potato Journal**, v. 64, n. 5, p. 213-226, 1987.

STARK, J. C., OLSEN, N., KLEINK, O. P., GE, F., LOVE, S. L. Tuber quality. In: STARK, J. C., LOVE, S. L (eds). *Potato production systems*. Aberdeen: University of Idaho. p. 329-343. 2003.

STEFFENS, Cristiano André et al. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs" Gala. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, 2008.

STEVENS, L. H.; DAVELAAR, E. Biochemical potential of potato tubers to synthesize blackspot pigments in relation to their actual blackspot susceptibility. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 11, p. 4221-4226, 1997.

STOREY, R. M. J.; DAVIES, H. V. Tuber quality. In: **The potato crop**. Springer Netherlands, p. 507-569, 1992.

STREHMEL, N. et al. Time course effects on primary metabolism of potato (*Solanum tuberosum*) tuber tissue after mechanical impact. **Postharvest biology and technology**, v. 56, n. 2, p. 109-116, 2010. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6 ed. Trad. Santarém, E.R., et al. Porto Alegre: Artmed. 888p. 2017.

TEREFE, N. S.; BUCKOW, R.; VERSTEEG, C.. Quality-related enzymes in fruit and vegetable products: effects of novel food processing technologies, part 1: high-pressure processing. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 54, n. 1, p. 24-63, 2014.

THOMPSON; MORGAN. **Potato 'Markies' (Early Maincrop) *Solanum tuberosum***. Disponível em: <<http://www.thompson-morgan.com/vegetables/potatoes/maincrop/potato-markies/t17927TM#additional-links>>. Acesso em: 30 set. 2017.

THYGESEN, P. W.; DRY, I. B.; ROBINSON, S. P. Polyphenol oxidase in potato (a multigene family that exhibits differential expression patterns). **Plant Physiology**, v. 109, n. 2, p. 525-531, 1995.

TREPTOW, R. O.; ZORZELLA, C.; VENDRUSCOLO, J. Qualidade sensorial de “chips” de diferentes genótipos de batatas (*Solanum tuberosum* L.), cultivos de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 1, 2003.

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

VINCI, R. M.; MESTDAGH, F.; MEULENAER, B. Acrylamide formation in fried potato products—Present and future, a critical review on mitigation strategies. **Food Chemistry**, v. 133, n. 4, p. 1138-1154, 2012.