

MIRELLE NAYANA DE SOUSA SANTOS

**AÇÃO DO EUGENOL E MENTOL NA SUPRESSÃO DA BROTAÇÃO  
DE TUBÉRCULOS DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.)**

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

Viçosa  
Minas Gerais – Brasil  
2017

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

T

S237a  
2017 Santos, Mirelle Nayana de Sousa, 1990-  
Ação do eugenol e mentol na supressão da brotação de  
tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) / Mirelle Nayana  
de Sousa Santos. – Viçosa, MG, 2017.  
ix, 41f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.

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

1. Essências e óleos essenciais - Batata. 2. Essências e óleos  
essenciais - Efeito fisiológico. 3. Alimentos - Armazenamento.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.  
Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal. II. Título.

CDD 22 ed. 547.71

MIRELLE NAYANA DE SOUSA SANTOS

**AÇÃO DO EUGENOL E MENTOL NA SUPRESSÃO DA BROTAÇÃO DE  
TUBÉRCULOS DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.)**

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

APROVADA: 16 de fevereiro de 2017.

---

Ana Maria Mapeli

---

Christiane de Fátima Martins França

---

Fernando Luiz Finger  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus e aos meus pais Vilmar e Doleny, por sempre me apoiarem.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Biologia Vegetal e ao programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, pela oportunidade da realização do mestrado. A CAPES e a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

A meu professor e orientador, Fernando Luiz Finger, pela paciência, orientação, ensinamentos, oportunidade, dedicação e amizade.

À professora Marília, e ao Laboratório de Anatomia, em especial, Matheus pela dedicação e apoio.

Aos funcionários da instituição, que de alguma forma me ajudaram no desenvolvimento dos trabalhos, mas principalmente a Geraldo e José Mauricio que atendeu a todos meus pedidos para a realização dos experimentos.

Aos colegas do Laboratório de Pós-Colheita, que não mediram esforços quando precisei para a execução dos experimentos, Lucas, Paulinha, Kharen, Jean, Dreicy e Luciana, meu muito obrigada. Agradecimento especial às amigas Fernanda, Mayana e Adriana, pela sincera amizade.

As amigas, mais conhecidas como “família basquete”, muito obrigada pelos momentos de descontração.

E aos amigos novos e velhos que perto ou longe ajudaram com palavras de incentivo para a conclusão de mais uma etapa, Lorena, Márcia, Ana Mapeli, Lucas Ferreira, Eduardo Segatto, Isa, Thaís, Fran, Amanda, Luana, Welington.

A todos vocês meus sinceros agradecimentos.

## **BIOGRAFIA**

Mirelle Nayana de Sousa Santos, filha de Vilmar de A. Santos e Doleny D. de Sousa Santos, nasceu no dia 09 de junho de 1990, em Barreiras-Bahia.

Em março de 2013, graduou-se em Ciências Biológicas – Licenciatura pela Universidade Federal da Bahia (UFBA-ICADS), e em 2014 em Ciências Biológicas – Bacharelado pela Universidade Federal do Oeste da Bahia, em Barreiras-BA.

Em março de 2015, iniciou o Curso de Mestrado em Fisiologia Vegetal na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, submetendo-se a defesa em 15 de fevereiro de 2017.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	5
2.1. Perda de Massa da matéria fresca relativa.....	6
2.2. Incidência e comprimento de brotos .....	6
2.3. Análise anatômica .....	6
2.4. Teores de açúcares solúveis totais e redutores .....	7
2.4.1. Extração.....	7
2.4.2. Quantificação de açúcares solúveis totais .....	7
2.4.3. Quantificação de açúcares redutores e não-redutores .....	7
2.5. Atividade da PPO e POD .....	8
2.6. Compostos Fenólicos .....	9
2.7. Coloração após a fritura .....	9
2.8. Delineamento experimental.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
3.1. Perda de massa fresca relativa.....	11
3.2. Incidência e comprimento de brotos .....	13
3.3. Análise anatômica .....	18
3.4. Metabolismo de carboidratos .....	22
3.4.1. Açúcares Solúveis Totais .....	22
3.4.2. Açúcares Redutores.....	24
3.4.3. Açúcares Não Redutores .....	25
3.5. Atividade da peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO).....	27
3.6. Compostos fenólicos .....	30

3.7. Coloração após a fritura .....	31
4. CONCLUSÕES.....	34
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

## RESUMO

SANTOS, Mirelle Nayana de Sousa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Ação do eugenol e mentol na supressão da brotação de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Orientador: Fernando Luiz Finger.

Embora habitualmente consumidos frescos, os tubérculos de batata podem ser direcionados para processamento de produtos congelados, fritos ou desidratados, entre outros derivados. Após o período de maturação do tubérculo, a dormência é quebrada espontaneamente, sendo que esse rompimento vem acompanhado pelo crescimento dos brotos e elevação da perda de água e respiração, sendo uma das principais causas de perdas de batatas armazenadas para a indústria. Portanto, uma gestão de armazenamento apropriado se faz necessária para manter os tubérculos comercializáveis. Diversas técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de aumentar o período de armazenamento dos tubérculos, incluindo a adição de produtos químicos em conjunto com a refrigeração. Pesquisas anteriores revelaram a eficácia de óleos de algumas ervas e especiarias em reduzir a brotação em tubérculos de batatas. Estes compostos voláteis derivados de plantas incluem óleo de hortelã, hortelã-pimenta e óleo de cravo, permitidos pelos padrões orgânicos federais, já que devido à elevada volatilidade deixa pouco ou nenhum resíduo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos fisiológicos, físico-químicos e anatômicos da aplicação dos compostos eugenol e mentol na supressão da brotação em tubérculos de batata, cultivar Asterix, durante o período de armazenamento a 8 °C. Os tubérculos foram expostos aos compostos por meio de vaporização. Para cada tratamento foram coletadas amostras em seis períodos distintos, antes da aplicação (dia 0) e 10, 20, 30, 40 e 50 dias após a aplicação, a fim de verificar possíveis diferenças entre os tratamentos. Avaliou-se a perda de massa fresca, incidência e comprimento dos brotos, anatomia do meristema apical e periderme, teores de açúcares solúveis totais, redutores e não redutores, atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), compostos fenólicos e padrão de coloração após a fritura. Observou-se diferença significativa na perda de massa fresca relativa entre os tratamentos. Os compostos supressores de brotação, eugenol e mentol, reduziram as taxas de crescimento e comprimento dos brotos durante o armazenamento refrigerado, pela necrose do meristema apical dos brotos. Houve redução no teor de açúcares redutores dos tubérculos tratados com os compostos eugenol e mentol, em relação ao controle, o que proporcionou menor escurecimento do produto frito, melhorando a qualidade do produto

final. As enzimas POD e a PPO apresentaram menor atividade enzimática nos tubérculos tratados com compostos supressores, com relação inversa da atividade das enzimas e valores dos compostos fenólicos. Os compostos eugenol e mentol foram eficientes em suprimir a brotação, prolongar o armazenamento e melhorar a qualidade dos tubérculos.

## ABSTRACT

SANTOS, Mirelle Nayana de Sousa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017. **Action of eugenol and menthol in the suppression of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber sprouting.** Adviser: Fernando Luiz Finger.

Although usually consumed fresh, the potato tubers may be directed to processed frozen products, fried or dehydrated products, among other uses. After the maturation period of the tuber, dormancy is spontaneously broken, and this rupture is accompanied by the growth of sprouts, elevation of water loss and respiration, being one of the main causes of losses of stored potatoes for the industry. Therefore, appropriate storage management is necessary to keep the tubers marketable. Several techniques have been used with the aim to increase the length of storage, including the addition of chemicals in conjunction with refrigeration. Previous researches have revealed the effectiveness of oils from some herbs and spices in reducing sprouting in potato tubers. These plant-derived volatile compounds include mint oil, peppermint and clove oil, allowed by federal organic standards, because due their high volatility, leave little or no residue. The aim of the present work was to evaluate the physiological, physico-chemical and anatomical effects of eugenol and menthol compounds applied for the suppression of sprouting in tubers of 'Asterix', during storage at 8 °C. The tubers were exposed to the compounds by vaporization. For each treatment, samples were collected in six different periods, before application (day 0) and 10, 20, 30, 40 and 50 days after the treatment, in order to verify possible differences between treatments. It was evaluated the loss of fresh mass, number of sprouts and their length, apical meristem anatomy and periderm, total soluble sugars, reducing and non-reducing sugars, activity of polyphenoloxidase (PPO) and peroxidase (POD) enzymes, phenolic compounds and color pattern after frying. There was significant difference in the relative fresh weight loss between the treatments. The sprouting suppressive compounds, eugenol and menthol, reduced the growth rates and sprout length during refrigerated storage by apical meristem necrosis of the sprouts. There was a reduction in the content of reducing sugars in the tubers treated with both compounds compared to the control, which provided less darkening of the fried product, improving the quality of the final product. The POD and PPO enzymes had lower enzymatic activity in the tubers treated with the suppressor compounds, with an inverse relation of

enzyme activity and phenolic compounds values. Eugenol and menthol oils were efficient in suppressing sprouting, prolonging the storage and improved the quality of the tubers.

## 1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é considerada uma das fontes alimentícias mais nutritivas para o homem, à frente do trigo, arroz, feijão e milho (ABBA, 2016), estando entre os alimentos mais consumidos no mundo (MULLER et al. 2013). De acordo com a FAOSTAT (2016), em 2014 a área plantada de batata no mundo foi de 19.098.328 hectares, com uma produção agrícola de 381.682.328 toneladas de batata, sendo que o Brasil corresponde a 132.058 hectares de área plantada e a 3.689.836 toneladas, estando entre os 20 países que mais produzem esse produto.

Embora habitualmente consumidos frescos, os tubérculos podem ser direcionados para processamento de produtos congelados, fritos ou desidratados, entre outros derivados. Com 200 milhões de habitantes, o mercado brasileiro de batatas processadas pré-fritas aumentou de cerca de 310.000 toneladas (1,55 kg per capita) para 380.000 toneladas (1,9 kg per capita) em apenas dois anos, sendo que em 2014, a produção de batata processada no Brasil foi de 3.569.750 toneladas (IBGE, 2014). Com esses dados, é fácil perceber que o Brasil é um mercado potencial e uma oportunidade para os exportadores.

Um importante fator a ser considerado no processamento de batata é a utilização de cultivares que atendam às exigências de qualidade de cada tipo de processamento. Dentre as cultivares produzidas no país para processamento, a cultivar Asterix, apresenta boa produtividade, sabor agradável e boas características tanto para cozimento quanto para fritas. Devido ao seu alto teor de matéria seca e seu formato oval-alongado que propicia um ótimo aproveitamento no corte em palitos, vem sendo utilizada industrialmente na fabricação de batata palito pré-frita congeladas. Essa variedade apresenta resistência a diversas doenças, ao crescimento secundário e a danos mecânicos, sendo de fácil cultivo e adequada para o armazenamento. Entretanto, os tubérculos de Asterix apresentam período de dormência curto no armazenamento, mesmo a frio, e conseqüentemente intensa brotação (ABBA, 2016).

Assim que colhidos, os tubérculos encontram-se dormentes. Essa dormência é definida como o período em que não ocorre o desenvolvimento dos brotos, mesmo quando em condições ambientais favoráveis ao crescimento (FINGER et al., 2005). Mantendo a dormência, os tubérculos podem permanecer adequados para o consumo ou processamento após longos períodos de armazenamento (CAMPBELL et al., 2008).

Normalmente, após o período de maturação do tubérculo, a dormência é quebrada espontaneamente. Esse rompimento vem acompanhado pela incidência de brotos que levam

ao aumento da taxa respiratória, resultando na perda de água e consequente, perda de massa fresca dos tubérculos (FINGER et al., 2005).

Uma gestão de armazenamento apropriado mantém os tubérculos comercializáveis, evitando a perda de peso, a deterioração e a brotação, mesmo que a qualidade da batata continue a mudar como resultado da atividade fisiológica (NOURIAN et al, 2003). Dessa forma, evitar grandes perdas pós-colheita se faz necessário.

Diversas técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de aumentar o período de armazenamento dos tubérculos, incluindo a adição de produtos químicos associado a refrigeração. O Clorprofam (CIPC) é um inibidor químico utilizado para reduzir, com apenas uma aplicação, o desenvolvimento dos brotos, o que permite o prolongamento do tempo de conservação e reduz a perda de peso dos tubérculos por desidratação (KLEINKOPF et al., 2003; FRAZIER et al., 2004). Entretanto, somente é registrado para uso em armazenamento de batatas em países da Europa e nos Estados Unidos, não sendo registrado para uso como inibidor de brotos em batatas no Brasil. Além disso, questões relativas à toxicologia e aos efeitos sobre o meio ambiente têm sido levantadas pelos órgãos de saúde e meio ambiente, o que vem ocasionando a redução significativa da aplicação de CIPC (GOMÉZ-CASTILHO et al., 2013).

Já o uso de câmaras frigoríficas se mostra eficiente na redução da brotação, entretanto, quando os tubérculos são mantidos em temperatura entre 3 e 5 °C, ocorre aumento de açúcares redutores decorrente da degradação do amido, o que promove escurecimento da batata após a fritura, reduzindo, assim, a sua qualidade comercial e nutritiva (BOOCK, 1957; ROSS e DAVIES, 1992).

Mudanças no metabolismo podem ser percebidas durante o processamento em altas temperaturas, podendo ocorrer o aparecimento de coloração escura durante a fritura. Segundo Low et al. (1989), o escurecimento não enzimático ou reação de Maillard é um problema para os produtos processados. Essa reação envolve uma série de eventos que se iniciam com a reação entre o grupamento carbonila ou cetona do açúcar redutor e o grupo amino de aminoácidos ou proteínas, produzindo melanoidinas, responsáveis em maior grau pela cor escura dos produtos alimentares, ocasionando depreciação do produto e impedindo a sua comercialização em alguns casos (RICHARDSON et al., 1990; ELBASHIR et al., 2014).

Outro problema é a significativa susceptibilidade ao escurecimento enzimático, que ocorre principalmente após danos causados aos tecidos durante os processos de colheita,

transporte, ou quando os tubérculos são cortados ou fatiados. Este procedimento é causado pela ação de enzimas, como peroxidases (PODs) e polifenoloxidasas (PPOs).

As PODs são glicoproteínas que possuem o grupo prostético heme como cofator, oxidam substratos orgânicos, fenóis, precursores da lignina e vários metabólitos secundários, e tem o peróxido de hidrogênio como molécula aceptora de elétrons (PASSARDI et al. 2007). Essas enzimas estão envolvidas em várias funções metabólicas como regulação do alongamento celular, ligação entre polissacarídeos da parede celular, lignificação, proteção contra patógenos, cicatrização de ferimentos, suberização e oxidação de fenol (LAGRIMINI, 1991).

As PPOs contém em sua estrutura o cobre como grupo prostético, possui o oxigênio molecular como co-substrato (VAUGHN e DUKE, 1984) e catalisa duas distintas reações: a hidroxilação de monofenóis para o-difenóis (ação da cresolase) e a oxidação de o-difenóis para o-quinonas (ação da catecolase), as quinonas são moléculas eletrofilicas altamente reativas que podem se polimerizar levando à formação de pigmentos de cor marrom ou preta, responsáveis pelo escurecimento dos tecidos (AYDEMIR, 2004).

A POD e PPPO existem em múltiplas formas que diferem em massa molecular, estabilidade térmica, pH e temperatura ótima, substrato específico, função fisiológica, ponto isoelétrico, composição de açúcares e aminoácidos (VEITCH, 2004), além disso ocorre variação no conteúdo da enzima entre espécies, cultivares, maturidade, idade e parte da planta (AMIOT et al. 1995).

Dessa forma busca-se a união de câmaras frias com supressores de brotos eficazes, que tenham impacto ambiental insignificante, para uma maior durabilidade do armazenamento. Pesquisas anteriores revelaram a eficácia de óleos de algumas ervas e especiarias em reduzir a brotação em tubérculos de batatas (HARTMANS et al., 1995; COLEMAN et al., 2001; ELBASHIR et al., 2014). Estes compostos voláteis derivados de plantas incluem óleo de hortelã, hortelã-pimenta e óleo de cravo, permitidos pelos padrões orgânicos federais (FRAZIER et al., 2004), já que devido à elevada volatilidade, os óleos essenciais deixam pouco ou nenhum resíduo.

Essas substâncias alternativas não são consideradas inibidores de broto, já que não interferem com a divisão celular como o inibidor químico CIPC. São então, corretamente chamados de supressores de broto, causando danos apenas à membrana celular, principalmente no meristema apical dos brotos (HARTMANS et al., 1995, FRAZIER et al. 2004, TEPER-BAMNOLKER et al. 2010).

Resultados positivos foram encontrados por Abbasi et al. (2015), que verificaram a eficiência do óleo de menta e cravo, quando aplicados em tubérculos não dormentes, na supressão do crescimento de brotos de batatas 'Lady Roseta'. Para Coleman et al. (2001), tubérculos da variedade 'Russet Burbank' tratados com mentona tiveram supressão completa do broto, sem afetar a porcentagem do conteúdo de glicose e sacarose quando armazenados por dois meses a 10°C. Além disso, outros resultados mostraram que alguns óleos ricos em compostos voláteis, tais como monoterpênicos carvacrol, citrionelol, geraniol, nerol e S -(+) - carvona, foram capazes de prevenir o crescimento de brotos e estender o período de armazenamento dos tubérculos de batata (BAYDAR e KARADOGAN, 2004).

Estudos fitoquímicos revelam que o óleo de cravo é composto por eugenol, em sua maior parte (83,6%), seguido do acetato de eugenila (11,6%) e cariofileno (4,2%) (COSTA et al., 2011). Resultados mostraram que o uso de óleo a base de eugenol, aplicado a cada 3 semanas, impediu a brotação em batata armazenadas por um longo período (KLEINKOPF e FRAZIER, 2002; AFIFY et al., 2012). Este composto também pode ser encontrado em óleos essenciais de louro, noz-moscada, poejo e outros (AZAMBUJA, 2015). Porém, não há no Brasil estudos prévios com o uso de óleos essenciais sobre o controle da brotação de tubérculos não dormentes, qualidade e fisiologia de batata armazenada em condições de refrigeração.

Portando a eficácia de compostos supressores da brotação sobre o comportamento no armazenamento de variedades comerciais de batatas cultivadas no Brasil, precisa ser explorado. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos fisiológicos, físico-químicos e anatômicos da aplicação dos compostos eugenol e mentol na supressão da brotação de tubérculos de batata, cultivar Asterix durante o período de armazenamento a 8°C.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de batata cultivar Asterix foram cultivadas na região de Araxá (19° 35' 34'' S 46° 56' 27'' O), onde todos os manejos culturais recomendados foram realizados até o ponto de colheita, totalizando um ciclo de 120 dias. Após o período de 3 meses de armazenamento a 8 °C, umidade relativa de 85-90%, em ausência de luz para que não ocorresse síntese de clorofila e solanina, os tubérculos livres de doenças e padronizados quanto ao tamanho (entre 150 – 200 g) foram transportados em caixas plásticas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas da UFV, em Viçosa-MG.

Após a quebra natural da dormência e início da brotação, os tubérculos foram tratados com dois diferentes compostos, eugenol e mentol à 50% cada, adquiridos da empresa Sigma-Aldrich/Vetec, sendo aplicados por meio de vaporização, de acordo com o método de Vaughn e Spencer (1991), com alterações.

- (i) T1, Controle (etanol 95%);
- (ii) T2, Eugenol (50%);
- (iii) T3, Mentol (50%).

Foram colocados 35 tubérculos em baldes de 65 L, juntamente com uma placa de petri contendo os compostos citados e, logo após, foram hermeticamente fechados. Em cada placa de petri, contendo papel filtro, foram vertidos 0,2 mL (100 ppm) do composto para cada 1kg de batata, de forma que o mesmo foi liberado gradativamente. Após 2 horas, os tubérculos foram retirados dos baldes e retornaram para a câmara fria.

Para cada tratamento foram coletadas amostras em seis períodos distintos, antes da aplicação (dia 0) e 10, 20, 30, 40 e 50 dias após a aplicação, a fim de verificar possíveis diferenças entre os tratamentos. Para cada intervalo de tempo avaliado, foram retirados 5 tubérculos de cada repetição por tratamento, para análises destrutivas.

## **2.1. Perda de Massa da matéria fresca relativa**

Ao longo do armazenamento em câmara fria, os tubérculos, foram pesados em balança analítica. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa fresca, como se segue:

$$PMF = ((PI-PF) \times 100/PI)$$

Em que:

PMF = perda de massa fresca (%);

PF = peso da material fresca final (g); e

PI = peso da material fresca inicial (g).

## **2.2. Incidência e comprimento de brotos**

Para mensurar a incidência e comprimento dos brotos, os mesmos foram contados manualmente, considerando o broto desde o aparecimento do “olho”, e medidos com auxílio de paquímetro (mm). Os valores para a incidência da brotação foram calculados considerando o maior número de brotos como 100%, e os demais proporcionalmente a este.

## **2.3. Análise anatômica**

Porções de tubérculos de batata na região da periderme e na região de brotos foram fixadas em FAA<sub>50</sub> durante 48 horas e mantidas em etanol 70% (JOHANSEN, 1940), com quatro repetições por tratamento. As amostras (0,25 x 0,25 x 0,25 mm) foram desidratadas em série etanólica e embebidas em metacrilato (Historesin, Leica, Heidelberg, Germany) de acordo com as recomendações do fabricante. O material foi seccionado com 5 µm de espessura em micrótomo rotativo (Spencer) e corado com azul de toluidina (O'BRIEN et al., 1964) para metacromasia e lugol (JOHANSEN, 1940) para detecção de amido.

As imagens foram obtidas em microscópio de luz (AX-70 TRF, Olympus Optical, Tóquio, Japão) acoplado a uma câmera digital (Zeiss AxioCam HRc, Göttinger, Alemanha) ao computador com o programa de captura de imagem Axion Vision.

## **2.4. Teores de açúcares solúveis totais e redutores**

### **2.4.1. Extração**

Foram retiradas aproximadamente 5 g de cada repetição para compor a amostra, e sobre elas vertidas etanol 80% (65°C). Para a extração as amostras foram trituradas em Politron até o tecido ficar homogêneo. Em seguida, o material foi centrifugado por 10 minutos a 2.000 rpm, este procedimento foi repetido 3x e o volume combinado das filtragens completado para o volume mais alto, em proveta. O extrato alcoólico foi armazenado, sob refrigeração, em vidros vedados, para quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores.

### **2.4.2. Quantificação de açúcares solúveis totais**

A quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) foi realizada segundo o método Fenol-sulfúrico (DUBOIS *et al.*, 1956). Inicialmente foi preparada a solução padrão de sacarose 1% para a realização da curva padrão. Sempre em duplicata, 250 µL das amostras foram pipetadas em tubo de ensaio com rosca, e adicionados 250 µL de Fenol 5%, seguidos de agitação em vortex. Nos tubos foram acrescentados de 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado e agitados novamente. Após banho-maria à temperatura de 30°C, por 20 minutos, os tubos foram novamente agitados e postos em temperatura ambiente por 30 minutos e realizado a leitura em  $\lambda = 490$  nm em espectrofotômetro. A partir da absorbância lida foram realizados os cálculos com as devidas correções das diluições e o resultado expresso em % AST.

### **2.4.3. Quantificação de açúcares redutores e não-redutores**

Para os açúcares redutores (AR) foi utilizada a metodologia do Ácido dinitrossalicílico (DNS) (GONÇALVES, *et al.* 2010). Primeiramente foi preparada a solução padrão de glicose 0,2% para a realização da curva padrão. Para o preparo do reagente foram utilizados 5 g de ácido dinitrossalicílico dissolvidos em 250 mL de água destilada a 80°C. Quando a solução atingiu a temperatura ambiente (24 °C), 100 mL de NaOH a 2 N e 150 g de tartarato de sódio e potássio 4-hidratado foi adicionado e o volume completado com água destilada até o volume de 500 mL. De acordo com o método, 500 µL de reagente e 500 µL da amostra foram adicionados aos tubos de ensaio, estes foram mergulhados em banho de água fervente e após

5 min, 4 mL de água destilada foram adicionados em cada tubo, resultando na mistura final da reação. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a  $\lambda = 540 \text{ nm}$ . A partir da absorbância lida foram realizados os cálculos com as devidas correções das diluições e o resultado expresso em % AR.

Os açúcares não redutores (ANR) foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais e expressos em % ANR.

## **2.5. Atividade da PPO e POD**

Para a realização das análises, as amostras foram coletadas e congeladas em nitrogênio. Para a extração da peroxidase (POD) e da polifenoloxidase (PPO), foram utilizados 5 g do material vegetal. O material foi homogeneizado em politron com 15 mL de tampão de extração (tampão fosfato 0,1 M, pH 6,5). Esse homogeneizado foi filtrado em uma camada de gaze e centrifugado a 17.000 g por 30 minutos, a 4°C.

Para a determinação da atividade enzimática da POD, uma alíquota de 100  $\mu\text{L}$  do extrato enzimático, foi adicionada ao meio de reação contendo 0,5 mL de guaiacol (1,68 %), 1,5 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 7,0) e 0,5 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1,8 %) e 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 30 °C, e expressa em UA/min/mg de proteína (NEVES, 2003). O extrato utilizado para a determinação da atividade enzimática também foi utilizado para a quantificação da proteína solúvel total pelo método de Bradford (1976), adotando-se albumina soro bovina como padrão.

Para a determinação da atividade enzimática da PPO, uma alíquota de 100  $\mu\text{L}$  do extrato enzimático, foi adicionada ao meio de reação contendo 1,5 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 7,0), acrescido de 0,5 mL de catecol (120 mM), completando-se o volume para 3,0 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 30°C e expressa em UA/min/mg de proteína (KAVRAYAN e AYDEMIR, 2001). O mesmo extrato utilizado para a determinação da atividade enzimática foi utilizado para a quantificação da proteína pelo método de Bradford (1976), utilizando albumina soro bovina como padrão.

## **2.6. Compostos Fenólicos**

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi avaliado pelo método de Fu et al. (2010). Para a extração, aproximadamente 5 g de cada amostra foram pesadas, e sobre elas vertido solução de metanol, ácido acético e água, 50:3,7:46,3 (v/v/v). Em seguida, as amostras foram trituradas em Politron até o tecido ficar homogêneo, e então centrifugadas por 15 minutos a 16.000 rpm.

Para a quantificação foi retirado uma alíquota de 0,5 mL e misturada com 2,5 ml do reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) e 0,8 mL de solução de carbonato de sódio ( $\text{NaCO}_3$ ) a 7,5%, em tubo de ensaio. Os respectivos tratamentos foram homogeneizados em vórtex, e permaneceram à temperatura de 25 °C por 30 minutos. Após este procedimento foi medida a absorbância das amostras em espectrofotômetro a 760 nm, com utilização de ácido gálico como padrão.

## **2.7. Coloração após a fritura**

Foi avaliada a coloração da batata após o processamento na forma de palitos. Para isso, quatro tubérculos de cada repetição foram utilizados para formar amostras de cada tratamento. A fritura foi realizada em óleo de soja refinado, durante 3 minutos, em fritadeira especializada com temperatura monitorada e mantida a 180°C. A quantidade de óleo foi suficiente para minimizar a queda da temperatura após as batatas serem imersas no óleo a 180°C. As notas foram atribuídas às parcelas subjetivamente, através de comparação com uma escala de cor (00, 0, 1, 2 e 3) para batatas fritas determinada pelo USDA (1967).

## **2.8. Delineamento experimental**

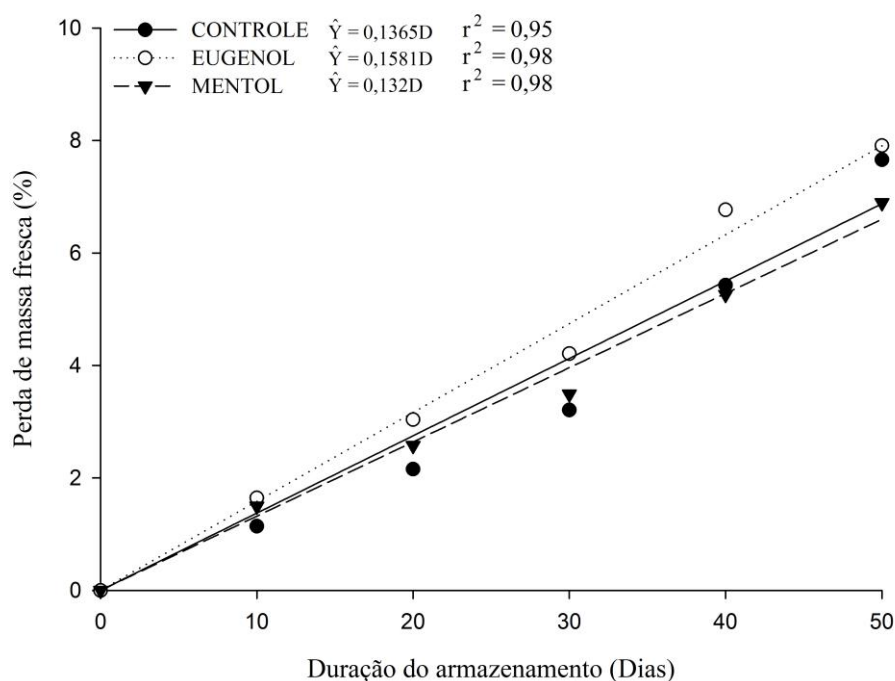
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas os compostos mentol e eugenol e nas subparcelas os 6 tempos de observação. O experimento foi composto de quatro repetições por tratamento e a unidade experimental constituída de 20 tubérculos de batata. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética (SAEG-UFV), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ou Dunnet, a 5% de

probabilidade. A escolha do modelo de regressão, foi baseado 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

#### 3.1. Perda de massa fresca relativa

A perda de massa fresca dos tubérculos, independentemente do tratamento (controle, eugenol e mentol) aumentou linearmente influenciada pela duração do armazenamento (Figura 1). Aos 50 dias de armazenamento, observaram-se perdas totais de massa fresca relativa de 6,82; 7,9 e 6,6%, respectivamente, para os tratamentos controle, eugenol e mentol, com maior taxa de perda diária de 0,16% para os tubérculos tratados com eugenol.



**Figura 1.** Perda de massa da matéria fresca relativa (%) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C.

O controle apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos eugenol e mentol, aos 10 dias de armazenamento, após a aplicação dos compostos. O tratamento com eugenol proporcionou perdas superiores aos demais tratamentos após 30 dias de armazenamento, porém, a perda de massa fresca entre os mesmos não foi acentuada, podendo ser justificada pela influência do armazenamento refrigerado, que proporcionou redução na respiração, e consequente perda de massa (Tabela 1).

**Tabela 1.** Perda de massa de matéria fresca (%) em tubérculos de batata cultivar Asterix em função dos tratamentos (controle, eugenol e mentol) e da duração de armazenamento (dias) a 8°C.

Tratamento	Perda de massa da matéria fresca (%)				
	Duração do Armazenamento (Dias)				
	10	20	30	40	50
controle	1,1409 b	2,1573 b	3,2087 b	5,4258 ab	7,6578 a
eugenol	1,6457 a	3,0392 a	4,2104 a	6,7677 a	7,9086 a
mentol	1,4960 a	2,5745 ab	3,4899 b	5,2600 b	6,8917 a

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

As temperaturas baixas são utilizadas para retardar as taxas respiratórias pós-colheita durante a estocagem de frutas e verduras. No caso, tubérculos de batata armazenados a temperaturas superiores a 10 °C, a respiração e as atividades metabólicas são suficientes para permitir brotação. Abaixo de 5 °C, as taxas respiratórias e a brotação são reduzidas na maioria dos tecidos, mas a degradação do amido armazenado e sua conversão a sacarose conferem uma doçura indesejável aos tubérculos. Dessa forma, as batatas são armazenadas entre 7 e 9 °C, impedindo assim, a quebra do amido e, ao mesmo tempo, minimizando a respiração e a brotação (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Quanto mais intensa é a respiração, maiores são as perdas de massa fresca devido à degradação de reservas e elevada perda de água por transpiração dos tubérculos (FINGER et al., 2005; PRANAITIENE et al., 2008). Portanto, a perda de massa da matéria fresca é uma variável importante que está diretamente associada com a senescência e inviabilidade comercial do produto.

Corroborando com os resultados, Elbashir et al. (2014), avaliaram o efeito da aplicação do óleo de hortelã que tem como composto o mentol, na perda de peso (%) nas variedades de batata ‘Diamant’ e ‘Sinora’ durante seis meses de armazenamento a 10 °C, e observaram perda significativa do peso fresco com o tempo de armazenamento. Coincidente, Sanli et al. (2010), notaram que o cominho que apresenta o eugenol como um dos compostos, reduziu a perda de matéria fresca, tubérculos de batata controle apresentaram perda de massa em torno de 5,19%, ao contrário dos tubérculos tratados com cominho macerado ou inteiro,

com 1,3 e 3,6% respectivamente, em condições de armazenamento a 8°C. Maiores diferenças da perda de massa fresca entre os tratamentos foram observados à temperatura de 15°C, e após a retomada da brotação, a perda de massa se tornou pronunciada.

### **3.2. Incidência e comprimento de brotos**

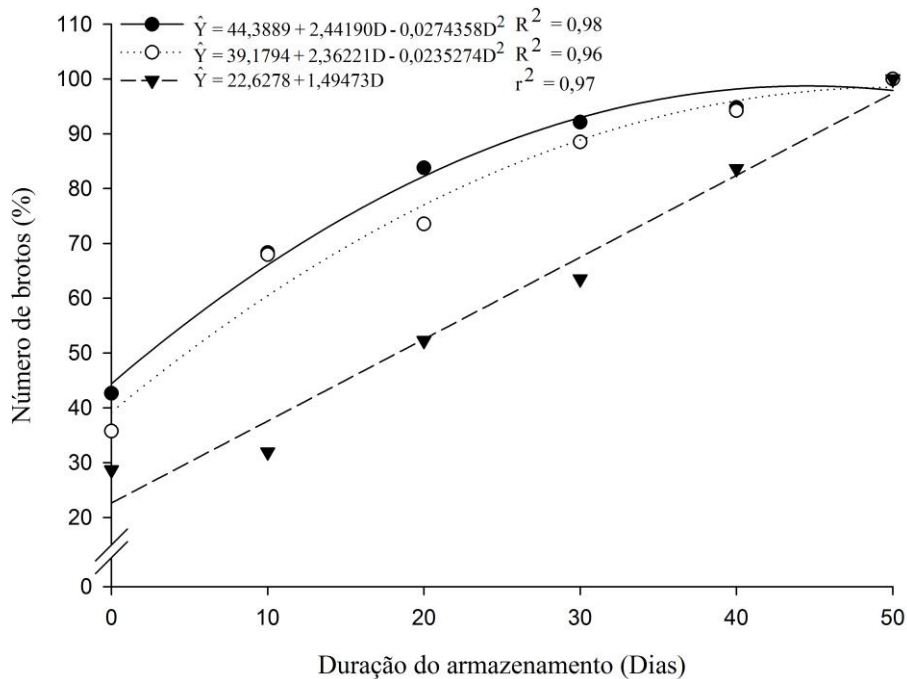
No presente estudo foi observado maior número de brotos, com maior comprimento nos tubérculos controle, ao contrário dos tubérculos tratados com eugenol e mentol que reduziram os brotos em quantidade e tamanho (Figura 2).

DIAS	CONTROLE	EUGENOL	MENTOL
0			
10			
20			
30			
40			
50			

**Figura 2.** Aparência dos tubérculos de batata da cultivar Asterix tratados com eugenol e mentol, durante o período de armazenamento (10, 20, 30, 40 e 50 dias) a 8°C.

Tubérculos de batata recém-colhidos apresentam os meristemas (gemas ou “olhos”) dormentes devido a fatores fisiológicos endógenos. O fim do período de dormência dos tubérculos é caracterizado pelo início da brotação, no qual se observa a dominância apical, caracterizada pelo crescimento da gema apical e inibição da brotação das gemas laterais. A remoção da gema apical ou a atenuação da dominância apical estimula a brotação das gemas laterais (SOUZA e SOUZA, 1999), o que justifica o aumento no número de brotos laterais por parte dos tratamentos com eugenol e mentol, já que os mesmos danificaram o broto apical, aumentando a incidência dos brotos axilares.

O tratamento com mentol resultou em menor porcentagem de brotação em relação ao controle e ao tratamento com eugenol, durante todo o armazenamento (Figura 3). Aos 10 dias da aplicação dos compostos, a brotação aumentou em 21,6; 21,2 e 10,3%, para o controle, eugenol e mentol. Mesmo com o aparecimento de brotos laterais, aos 40 dias de armazenamento, os tubérculos tratados com eugenol e mentol apresentaram menores porcentagens de brotação, em 88,8 e 67,4% respectivamente, quando comparado com o controle em 92,9%. O aumento do número de brotos ao fim do experimento evidencia a necessidade de outras aplicações dos compostos eugenol ou mentol durante o armazenamento, buscando manter os tubérculos comercializáveis.



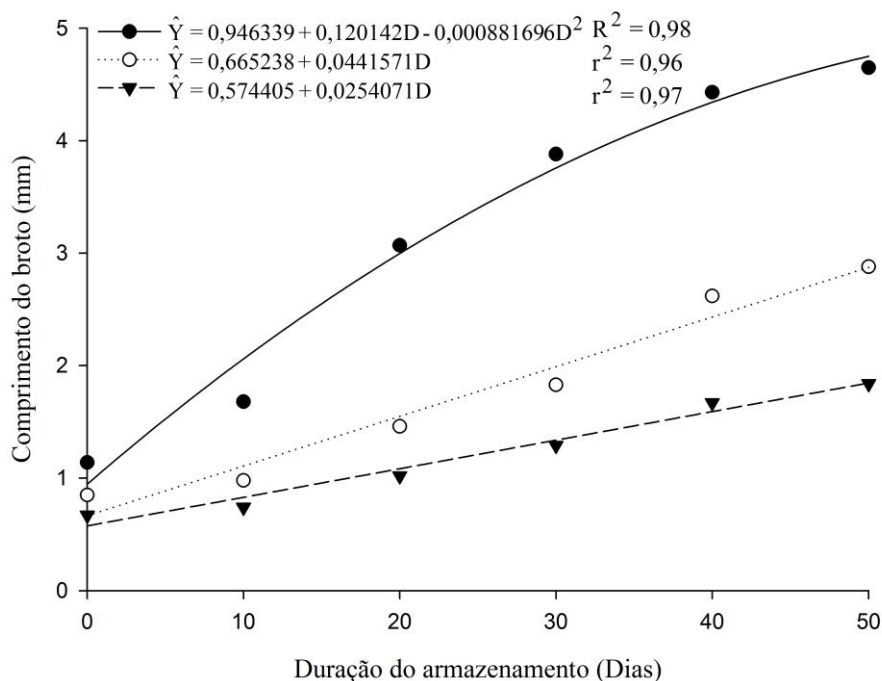
**Figura 3.** Número de brotos (%) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C. Controle (●), eugenol (○) e mentol (▼).

Os dados obtidos concordam com Gómez-Castilho et al. (2013), que após aplicar óleo essencial de hortelã-pimenta e coentro, obtiveram efeitos inibitórios da brotação em duas cultivares ‘Agria’ e ‘Kennebec’, com taxas de inibição entre 65 e 95% em relação ao controle. Da mesma forma, Coleman et al. (2001), observaram a eficácia de diversos compostos, como mentol, neomentol e linalol, em suprimir completamente a brotação em tubérculos de batata cultivar ‘AC Novachip’, ‘Russet Burbank’, ‘Shepody’ e ‘Snowden’ armazenadas a 10°C. O óleo de cravo também foi reconhecido por prolongar o período de dormência em tubérculos de batata (Frazier, 2004; Elbashir et al., 2014; Abbasi et al., 2015).

O comprimento do broto dos tubérculos aumentou com a duração do armazenamento para todos os tratamentos, entretanto, os tubérculos tratados com mentol apresentaram menor comprimento dos brotos em relação ao controle e ao tratamento com eugenol, durante todo o armazenamento (Figura 4).

Aos 10 dias da aplicação do eugenol e mentol, os tubérculos controle exibiram brotos com 2,05 mm de comprimento, enquanto batatas tratadas com os compostos eugenol e mentol apresentaram brotos com comprimento inferior ao controle em 0,95 e 1,23 mm, respectivamente. A efetividade dos compostos em reduzir a brotação pode ser confirmada, já

que ao fim do experimento (50 dias), o controle apresentou brotos com 4,74 mm, enquanto os tratamentos com eugenol e mentol obtiveram brotos com 2,8 e 1,8 mm.



**Figura 4.** Comprimento dos brotos (mm) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C. Controle (●), eugenol (○) e mentol (▼).

Semelhantemente, o uso de cominho macerado tendo o eugenol como componente, proporcionou redução no comprimento dos brotos, que mediram 3,3 mm em tubérculos tratados e 41,7 mm em tubérculos de batata controle (SANLI et al., 2010). Owolabi et al. (2013) também verificaram que óleos essenciais proporcionaram brotos de comprimentos menores, comparados ao controle. Estes resultados confirmam o fato que os supressores de brotos danificam fisicamente o broto, retardando o crescimento de mais brotos (FRAZIER et al., 2004).

Além de reduzir a brotação excessiva nos tubérculos de batata, os compostos utilizados apresentaram atividade antifúngica. O mesmo não ocorreu com os tubérculos controle (Figura 5), que exibiram infecção com o fungo *Penicilium* sp. Efeito similar foi confirmado também por Afify et al. (2012) e Gómez-Castilho et al. (2013). Esses autores observaram que os tubérculos se conservaram livres de qualquer dano fitopatogênico quando tratadas com óleos essenciais de hortelã-pimenta, menta e cravo.



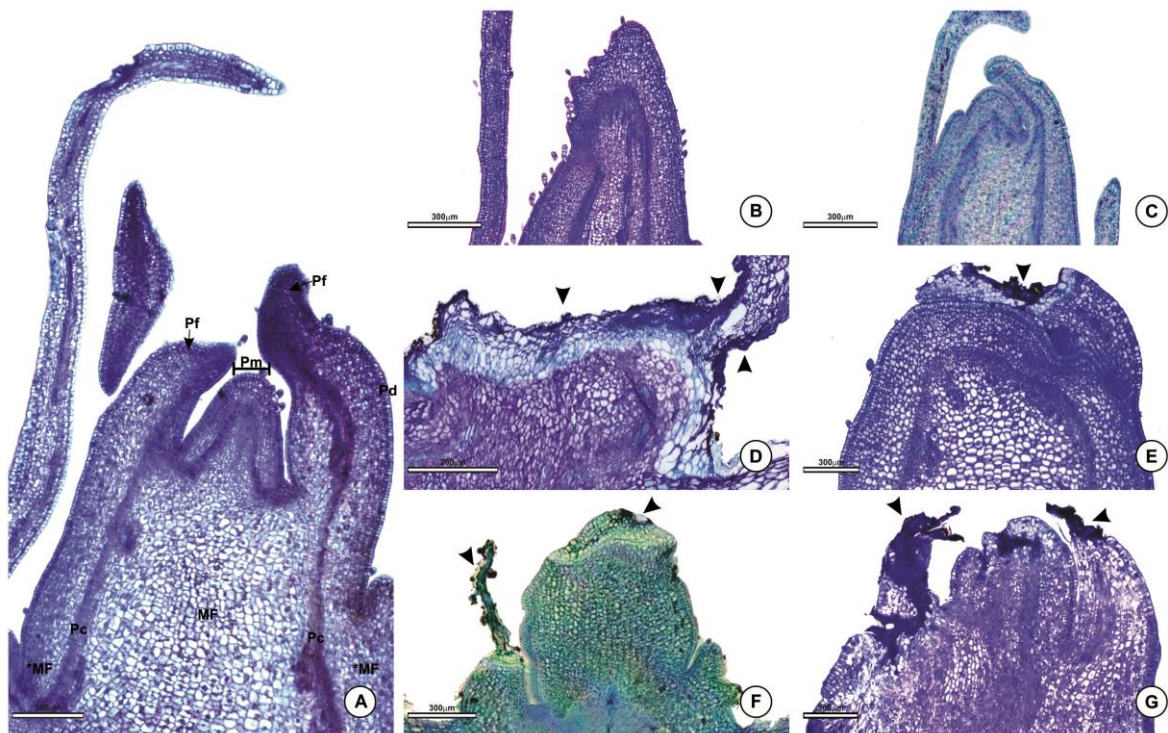
**Figura 5.** Presença do fungo *Penicillium* sp. em tubérculo de batata controle da cultivar Asterix, após 30 dias de armazenamento a 8°C.

### 3.3. Análise anatômica

A aplicação com os compostos supressores inibiu a brotação ao mesmo tempo em que causou sintomas necróticos no broto (Figura 6), sem danos visíveis na periderme do tubérculo (Figura 7).

A observação anatômica revelou que os tubérculos tratados com eugenol e mentol tiveram a brotação inibida por causar injúrias no meristema apical, levando a necrose dos brotos. Durante o armazenamento, os tubérculos controle permaneceram viáveis, não apresentando lesões externas (Figura 6B e 6C), ao contrário dos tubérculos tratados. Após 10 dias da aplicação dos compostos em estudo, o meristema apical do broto exibiu danos na protoderme e nos primórdios foliares nos brotos mais desenvolvidos, sinalizados por setas na figura, o que levou a necrose dos mesmos, devido aos danos causados no procâmbio, estrutura responsável pela formação dos feixes vasculares. Os resultados foram semelhantes para os tratamentos com eugenol (Figura 6D) e mentol (Figura 6F).

Com 50 dias de armazenamento e de aplicação o efeito inibitório dos compostos foi diminuindo e brotos axilares foram observados ao lado do broto necrótico, além da estimulação de brotos laterais. Os resultados observados aos 50 dias entre eugenol (Figura 6E) e mentol (Figura 6G), asseguram a necrose total do broto, já que mesmo com a diminuição da efetividade eles não retornaram o crescimento.



**Figura 6:** Seções longitudinais de brotos de tubérculos de batata da cultivar Asterix durante o armazenamento, coradas com azul de toluidina (fotomicrografias) em microscopia de luz. (A) tempo 0 do experimento, (B) controle com 10 dias de armazenamento, (C) controle com 50 dias de armazenamento, (D) 10 dias após a aplicação do eugenol, (E) 50 dias após a aplicação do eugenol, (F) 10 dias após a aplicação do mentol, (G) 50 dias após a aplicação do mentol. Cabeças de setas indicam regiões necróticas nos brotos. Pf, primórdios foliares; Pm, promeristema, Mf, meristema fundamental; Pc, procâmbio; Pd, protoderme. Barra = 300 μm.

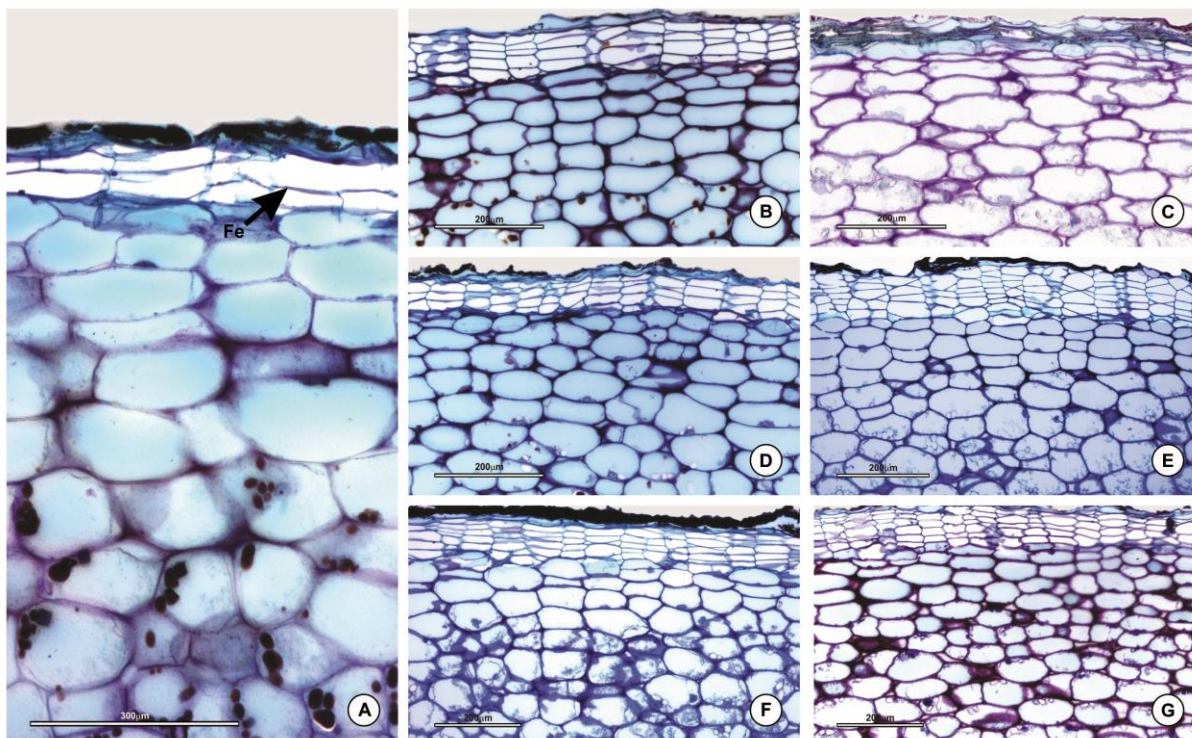
Igualmente, Teper-Bamnlker et al. (2010) evidenciaram através de observações histológicas do meristema apical do tubérculo em oito cultivares, que o tratamento com óleo essencial de menta causou danos ao tecido vascular na primeira fase do desenvolvimento, provavelmente levando à destruição total do broto. Após quatro semanas, o efeito inibitório do óleo também foi diminuindo e gemas axilares foram observadas.

Os resultados indicam que a aplicação de compostos supressores inibe a brotação por dano físico aos meristemas apicais, mas esse efeito pode ser perdido ao longo do tempo pelo desenvolvimento de gemas axilares, dessa forma a repetição da aplicação mensalmente se faz necessária, levando à inibição da brotação por tempo necessário para preservar a qualidade do tubérculo.

A periderme do tubérculo de batata, também denominada pele ou película, é formada pelo súber (felema), felogênio e feloderme (EVERT, 2006). Sua função é formar uma barreira efetiva ao redor do tubérculo, protegendo-o contra a ação de patógenos, desidratação e danos físicos, além de ser um componente importante da aparência externa de tubérculos (EVERT, 2006).

Durante o crescimento do tubérculo e o desenvolvimento da periderme, ocorrem divisões celulares anticlinais (perpendicular à superfície do tubérculo) e, principalmente, periclinais (paralelas a superfície do tubérculo) nas células do felogênio, o que resulta no aumento do número de camadas de células do súber para o exterior (SABBA e LULAI, 2002; LULAI e FREEMAN, 2001). Enquanto as células do felogênio mantêm sua atividade meristemática, suas paredes radiais são delgadas e frágeis, mas após o desenvolvimento completo do tubérculo e a perda da atividade meristemática das células do felogênio, suas paredes radiais tornam-se mais espessas e mais resistentes mecanicamente (LULAI e FREEMAN, 2001).

A atividade do felogênio determina a espessura do súber, dependendo do genótipo e do ambiente. As paredes das células do súber são impregnadas com biopolímeros de suberina, sendo essencial para a resistência da periderme (LULAI, 2007). Estas células, não se diferenciaram entre os tratamentos, e o aumento no número de camadas do súber foi relacionado com o desenvolvimento do tubérculo, já que no início do armazenamento os tubérculos apresentaram visualmente um menor número de camadas (Figura 7A), em comparação com 10 e 50 dias de armazenamento de todos os tratamentos. Além disso, não foram observados danos visíveis na periderme, tanto dos tubérculos controle, quanto naqueles tratados com os compostos supressores (Figura 7).



**Figura 7:** Secções transversais da periderme de tubérculos de batata da cultivar Asterix durante o armazenamento, coradas com azul de toluidina (fotomicrografias) em microscopia de luz. (A) tempo 0 do experimento, (B) controle com 10 dias de armazenamento, (C) controle com 50 dias de armazenamento, (D) 10 dias após a aplicação do eugenol, (E) 50 dias após a aplicação do eugenol, (F) 10 dias após a aplicação do mentol, (G) 50 dias após a aplicação do mentol. Fe, felema. Barra = 200  $\mu\text{m}$ .

Embora o controle (Figura 7B) tenha apresentado diferença significativa em relação ao tratamento com mentol (Figura 7F), aos 10 dias de armazenamento, e aos 50 dias com o tratamento com o eugenol (Figura 7E), a diferença no número de camadas entre os tratamentos não foi acentuada (Tabela 2). Dessa forma, os resultados indicam que os supressores de brotação não alteraram estruturalmente a periderme, e o aumento do número de camadas de súber ao longo do armazenamento está relacionada à atividade meristemática do felogênio nesse período.

**Tabela 2.** Número de camadas de felema na periderme de tubérculos de batata da cultivar Asterix em função dos tratamentos (controle, eugenol e mentol) e da duração de armazenamento (dias) a 8°C.

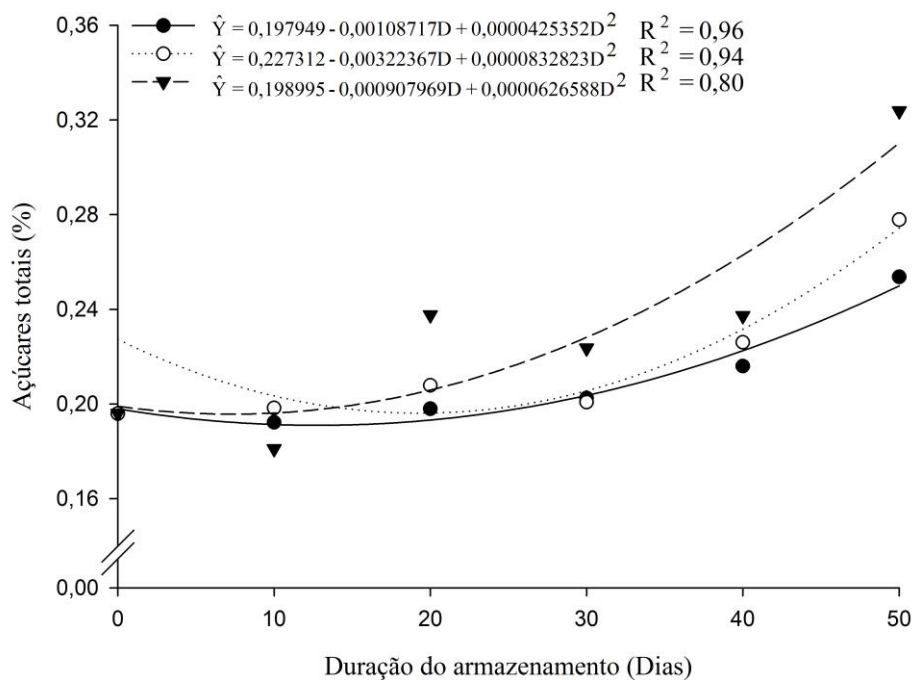
Tratamento	Número de camadas do Felema (Súber)	
	Duração do Armazenamento (Dias)	
	10	50
controle	4,17	4,97
eugenol	3,26*	4,86
mentol	3,66	4,30*

Médias apresentando (\*) diferem significativamente do controle na mesma coluna pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

### 3.4. Metabolismo de carboidratos

#### 3.4.1. Açúcares Solúveis Totais

Os valores estimados do teor de açúcares solúveis totais (%) dos tubérculos de batata durante o armazenamento podem ser observados na Figura 8. Os tratamentos tiveram teor médio de açúcares solúveis totais (%) dos tubérculos, de 0,21% no início do experimento. Aos 10 dias de armazenamento, o teor de AST reduziu em 3,34; 11,42 e 1,41% para o controle, eugenol e mentol respectivamente. Ao fim do armazenamento (50 dias), houve aumentos de 26,3; 20,7 e 55,9% de AST para o controle, eugenol e mentol, comparado ao início do experimento.



**Figura 8.** Teor de açúcares solúveis totais (%) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C. Controle (●) eugenol (○) mentol (▼)

O teor de açúcares solúveis totais apresentou redução no início dos tratamentos seguido de crescente aumento ao longo dos dias. Este fato pode ser justificado de acordo com Taiz e Zeiger (2013) pelo expressivo aumento na síntese de sacarose, pela ação da sacarose fosfato sintase (SPS), principal enzima responsável pela síntese desse dissacarídeo, sendo a atividade dessa enzima estimulada em condições de baixa temperatura. Este acúmulo pode estar também relacionado ao envelhecimento dos tubérculos, ou seja, aumento da demanda por carboidratos de reserva.

Entretanto, outros fatores, como a brotação, podem influenciar o teor de açúcares solúveis totais durante o armazenamento refrigerado em tubérculos de batata. Brotos em desenvolvimento demandam um aumento de sacarose levando a uma diminuição nos açúcares solúveis totais nas células de armazenamento (HAJIREZAE et al., 2003), fato observado nos tubérculos controle, que apresentaram maior incidência de brotação durante o armazenamento e menor porcentagem de AST.

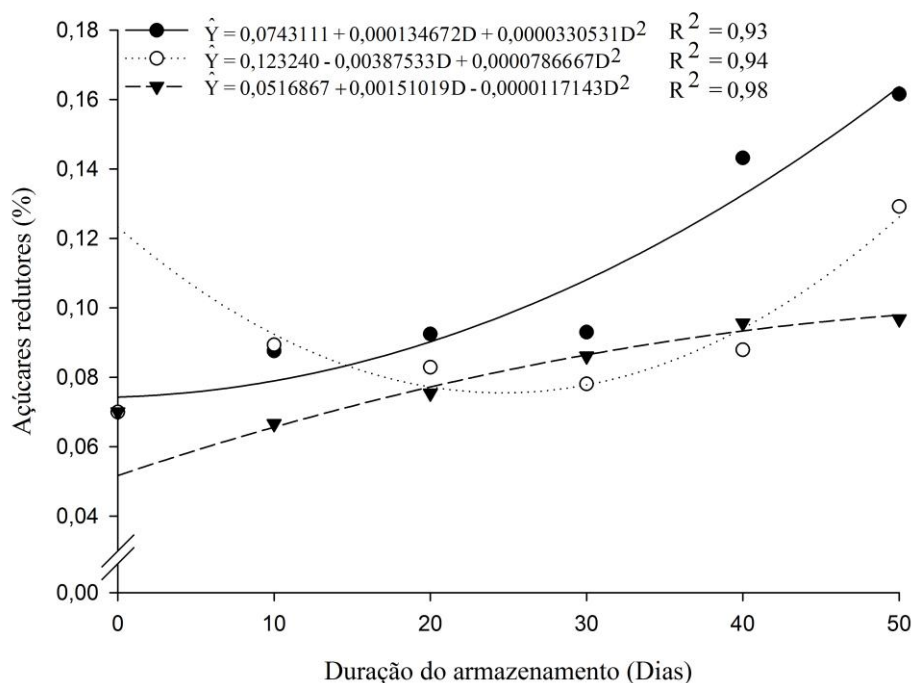
Atestando os resultados encontrados, em condições semelhantes de estudo, Abbasi et al. (2015) observaram uma tendência geral no aumento da concentração de açúcar total com a progressão do armazenamento, para cultivar ‘Lady Rosetta’.

### 3.4.2. Açúcares Redutores

A concentração de açúcares redutores nos tubérculos de batata apresentou padrões divergentes de declínio e aumento entre os tratamentos, sendo que a média estimada de AR no início do experimento foi de 0,083% (Figura 9). O tratamento controle e mentol apresentaram aumento progressivo durante todo o armazenamento, diferentemente do tratamento com eugenol, exibindo queda de 62,64% aos 20 dias de armazenamento.

Os resultados demonstram que mesmo com aumento dos teores de AR em tubérculos tratados, os mesmos obtiveram menores porcentagens durante o armazenamento em comparação ao controle. Ao fim do experimento (50 dias) os tratamentos controle, eugenol e mentol exibiram aumento de 120,35; 79,53 e 89,43%, no teor de AR respectivamente.

Sabendo-se que a quantidade de açúcares redutores acumulados em resposta ao frio varia com a cultivar e com a temperatura de armazenamento, Coelho et al. (1999) demonstraram que durante o armazenamento a 8°C, os níveis de açúcares redutores das cultivares em estudo tiveram aumento progressivo, o que justifica a efetividade dos compostos supressores em combinação com temperaturas mais baixas em manter os níveis de AR menores, ao contrário dos tubérculos não tratados.



**Figura 9.** Teor de açúcares redutores (%) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C. Controle (●) eugenol (○) mentol (▼)

De acordo com Hajirezaei et al. (2003), durante a brotação dos tubérculos de batata, o metabolismo celular desloca-se da síntese de compostos de reserva complexos para a degradação e utilização de compostos mais simples. Este acréscimo no teor de açúcares redutores pode ser devido à degradação da sacarose, principal açúcar na translocação, o qual foi transformado em glicose e frutose, que foram utilizados na respiração para produzir energia utilizada para formação de intermediários metabólicos (TAIZ e ZEIGER, 2013), direcionados ao desenvolvimento do broto.

O teor de açúcares redutores é uma característica importante para a indústria de processamento de batata pré-frita, uma vez que influencia a qualidade final do produto. Para obterem-se excelentes produtos de batata após a fritura, estas devem se enquadrar dentro de alguns parâmetros como, matéria seca maior do que 21% e teor de açúcares redutores inferior a 3% da matéria úmida, ou entre 0,1 e 0,3% da matéria seca. Teores elevados de açúcares redutores podem acarretar no escurecimento não enzimático modificando o sabor e a qualidade da batata, sendo responsável pelo escurecimento e amargor da batata frita. No entanto, explica apenas 65% das causas do escurecimento (VENDRUSCULO e ZORZELA, 2002).

Os resultados obtidos apresentaram teor de açúcares redutores inferiores ao padrão exigido, conseqüentemente os tubérculos são considerados apropriados para o processo de batata pré-frita. Além disso, foi observada uma associação equitativa entre o metabolismo do açúcar e a porcentagem de brotação durante o armazenamento. Tubérculos controle com alto nível de brotação mostraram um elevado teor de açúcares redutores, o que diferiu do encontrado em tubérculos tratados com os compostos supressores eugenol e mentol.

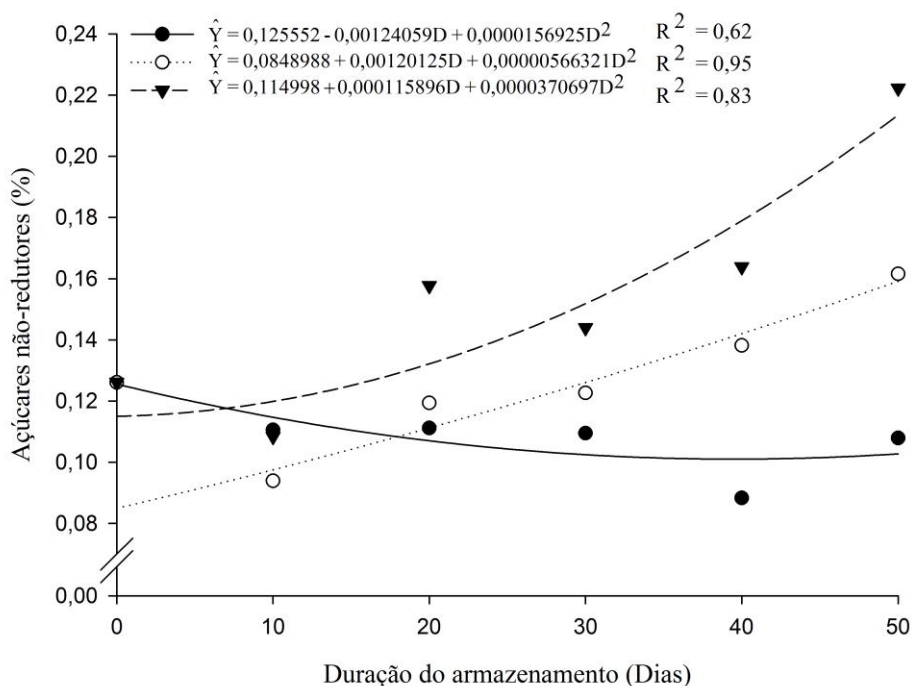
Semelhantemente, Elbashir et al. (2014) observaram que em tubérculos de batata das variedades ‘Diamant’ e ‘Sinora’ tratados com óleo de hortelã que possui o mentol como um dos compostos, armazenados sob refrigeração, obtiveram menor teor de açúcares redutores em relação ao controle, durante todo o armazenamento, sendo considerados adequados para a fabricação de batata fritas.

### **3.4.3. Açúcares Não Redutores**

Os teores de açúcares não redutores tiveram média estimada de 0,11% no início do experimento (Figura 10). Os tubérculos controle apresentaram declínio no teor de ANR

durante o armazenamento, ao contrário dos tubérculos tratados com eugenol e mentol com maiores porcentagens desse açúcar.

Ao longo de 50 dias de armazenamento o controle apresentou redução no teor de açúcares não redutores em cerca de 18%, ao contrário dos demais tratamentos com um aumento em torno de 87 e 85% para os tubérculos tratados com eugenol e mentol respectivamente.



**Figura 10.** Teor de açúcares não redutores (%) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C. Controle (●) eugenol (○) mentol (▼)

A clivagem da sacarose, principal açúcar da translocação, é catalisada pela sacarose sintase e pelas invertases, sendo a primeira uma enzima citosólica (KELLER et al., 1988) enquanto a invertase pode ser localizada na parede da célula, vacúolo, ou citosol (LEIGH, et al., 1979). Em tubérculos de batata, a sacarose é degradada predominantemente através da sacarose sintase, a qual tem sua atividade reduzida após a colheita. Já em tubérculos armazenados, predomina a atividade da invertase vacuolar (PRESSEY e SHAW, 1966). Conseqüentemente, a invertase contribui para a formação de hexoses durante o armazenamento refrigerado de tubérculos de batata (ZRENNER et al., 1996).

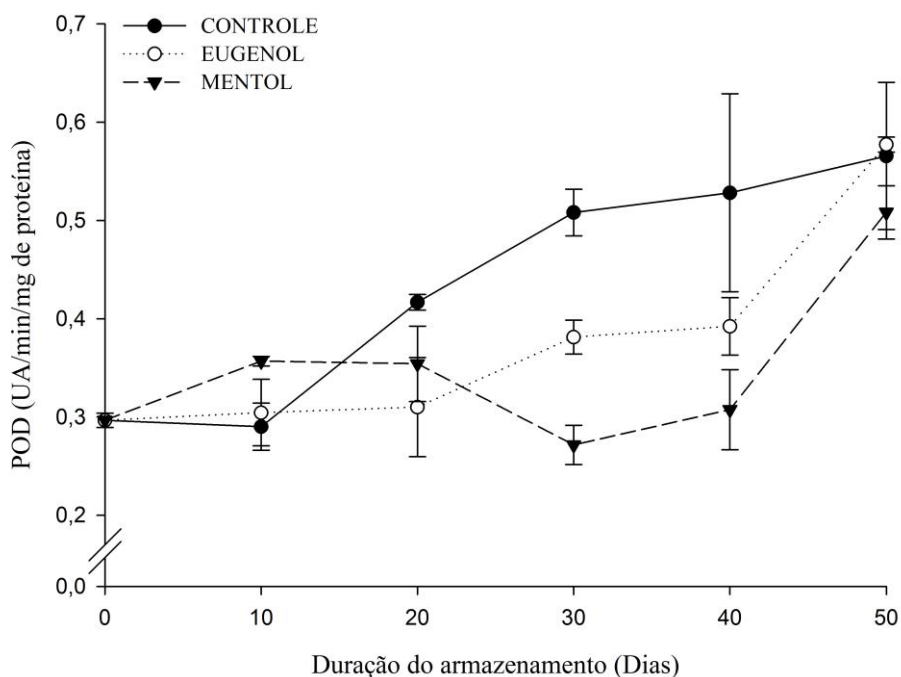
Desse modo, nos tubérculos controle, observou-se o catabolismo de sacarose como possível motivo do incremento no teor de açúcares redutores e conseqüente redução no teor

dos açúcares não redutores, sendo o contrário observado nos tubérculos tratados com os compostos supressores de brotação, justificada com a redução no teor dos açúcares redutores.

### **3.5. Atividade da peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO)**

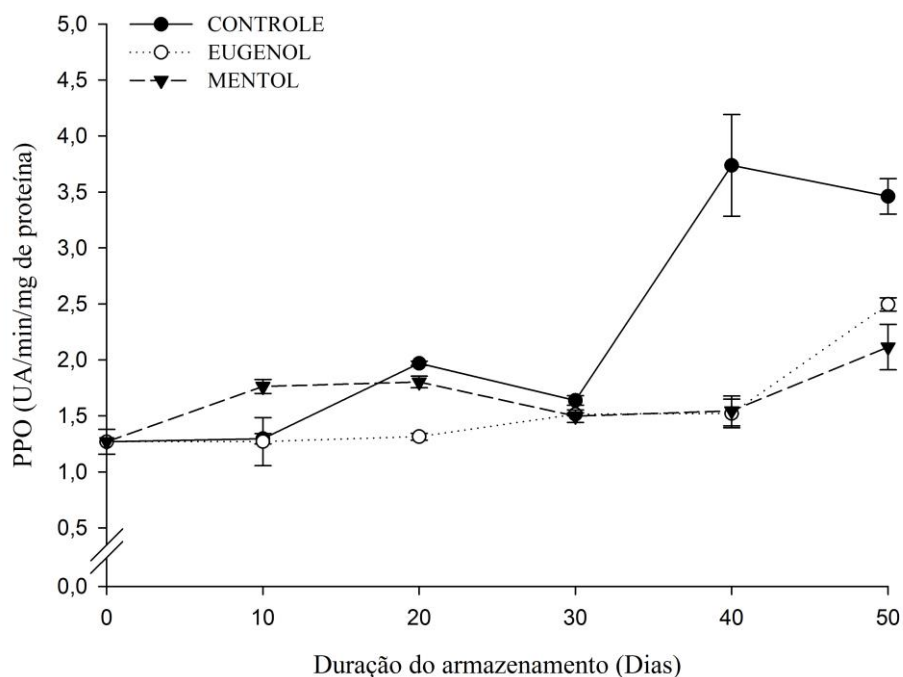
A atividade da peroxidase (POD) também está associada ao escurecimento enzimático devido à oxidação fenólica mediada pela degradação do peróxido de hidrogênio, causando, assim, degradação e perda na qualidade do produto. A atividade desta enzima é apresentada na Figura 11.

O efeito dos tratamentos foi expressivo para a atividade da POD. Houve aumento da atividade enzimática em todos os tratamentos, com valores máximos nos tubérculos controle. Nos primeiros 20 dias de armazenamento a atividade não foi acentuada entre os tratamentos, posteriormente, iniciou-se um aumento primeiramente nos tubérculos controle, seguido dos tratamentos com o eugenol e mentol. Com 40 dias após a aplicação dos compostos, a atividade da POD foi mais alta no controle em (0,52 UA/min/ mg de proteína), seguida do tratamento com eugenol (0,39 UA/min/ mg de proteína) e exibindo menor valor no tratamento com mentol (0,30 UA/min/ mg de proteína). Ao fim do armazenamento a atividade da POD se igualou entre os tratamentos numa média de (0,55 UA/min/ mg de proteína).



**Figura 11.** Atividade da enzima peroxidase (UA/min/mg de proteína) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Da mesma forma, a atividade da PPO nos tubérculos de batata manteve-se baixa entre os tratamentos com a progressão do armazenamento até os 30 dias. Contudo, após esse período, aos 40 dias de armazenamento, o controle apresentou maior atividade enzimática (3,73 UA/min/ mg de proteína) que as batatas tratadas com eugenol (1,52 UA/min/ mg de proteína) e mentol (1,54 UA/min/ mg de proteína), mantendo a superioridade até o fim do experimento (Figura 12).



**Figura 12.** Atividade da enzima polifenoloxidase (UA/min/mg de proteína) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C. As barras verticais representam o erro padrão da média.

De acordo com Abbasi et al. (2015) a baixa atividade da POD e PPO nos tubérculos tratados pode estar relacionada a diminuição da brotação. Igualmente, os autores observaram aumento da atividade da POD e da PPO em todos os tratamentos, mas com o máximo valor estimado nos tubérculos controle durante o armazenamento, contudo a aplicação com óleo de hortelã resultou em moderada atividade enzimática no final do período de armazenamento, assim como menor brotação.

Do mesmo modo, Afify et al. (2012) notaram menor atividade enzimática e porcentagem de brotação após a aplicação de óleos essenciais. Os resultados demonstram uma relação entre a atividade dessas enzimas com a brotação, ou seja, o aumento da atividade da PPO e POD em tubérculos pode ser atribuído ao aumento da sua atividade metabólica, a disponibilidade de substrato e conseqüente alta brotação.

Delaplace et al. (2008) relataram que a aplicação de óleo essencial protege a batata contra a incidência de doenças devido a características antivirais e antifúngicas, evitando assim condições de estresse que podem desencadear a atividade dessas enzimas. Achado semelhantes também foram relatados por Afify et al. (2012) que observaram menor atividade

enzimática em conjunto com a incidência de doença a após aplicação de óleo essencial. Resultado semelhante foi encontrado durante o experimento, devido ao efeito antifúngico dos compostos eugenol e mentol, podendo ter influenciado na atividade enzimática da POD e PPO.

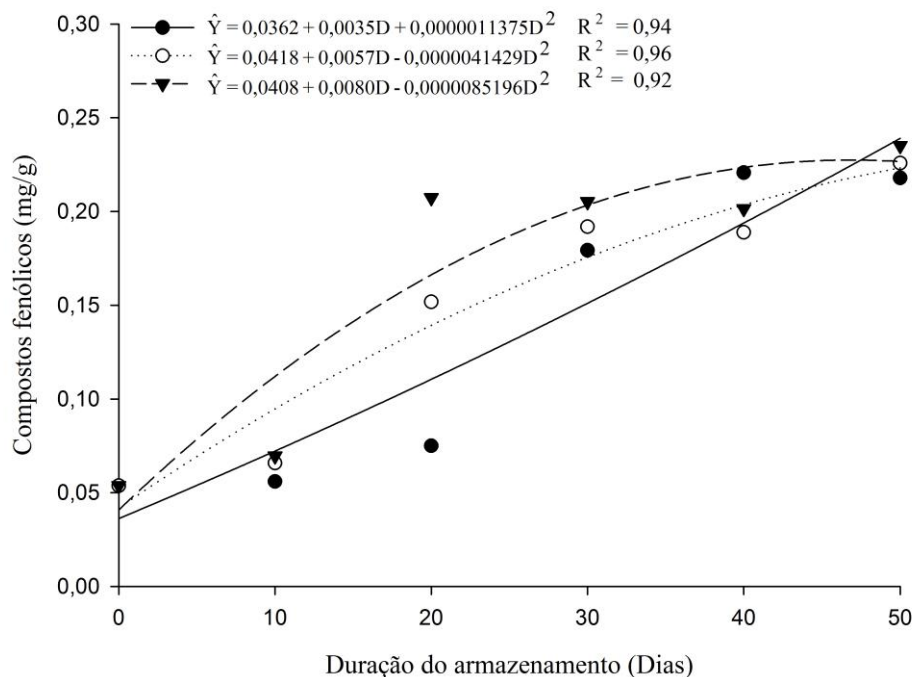
Como danos mecânicos também estão entre fatores que desencadeiam a atividade destas duas enzimas em batatas armazenadas (NOURIAN et al., 2003), as pequenas alterações associadas à atividade dessas enzimas podem estar relacionada a ausência desses danos no tecido dos tubérculos ao longo do experimento.

### **3.6. Compostos fenólicos**

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários que conferem atributos funcionais significativos para os vegetais, envolvidos em características de qualidade como sabor e aparência (ABBASI et al., 2015).

Em relação ao teor de compostos fenólicos totais dos tubérculos de batata da cultivar Asterix durante o armazenamento, os valores estimados podem ser observados na Figura 13, com ajuste da equação ao modelo quadrático, para todos os tratamentos. Os resultados permitiram verificar que os tratamentos tiveram teor médio estimado de compostos fenólicos totais em 0,0396 mg/g no início do experimento.

Os tubérculos controle apresentaram menor teor de compostos fenólicos totais durante o armazenamento, ao contrário dos tubérculos tratados com eugenol e mentol com maiores quantidades desse metabólito. Observa-se que aos 20 dias de armazenamento, o tratamento com mentol apresentou maior quantidade de compostos fenólicos totais em torno de 0,20 mg/g, em relação aos tubérculos controle (0,07 mg/g) e tratados com eugenol (0,15 mg/g), sendo que ao fim do armazenamento os tratamentos apresentaram uma média de 0,22 mg/g.



**Figura 13.** Teor de compostos fenólicos (mg/g) em tubérculos de batata da cultivar Asterix em função da duração do armazenamento (dias) a 8°C. Controle (●), eugenol (○) e mentol (▼).

Menor percentual de compostos fenólicos nos tubérculos controle em relação aos tratados pode estar relacionado com a taxa de brotação e a atividade das enzimas POD e PPO, já que os tratamentos com os compostos supressores obtiveram valores superiores de compostos fenólicos, associada com a baixa atividade das enzimas. Os valores próximos ao fim do armazenamento entre os tratamentos reforça a necessidade de mais aplicações dos agentes supressores.

Semelhantemente, Abassi et al. (2015), notaram que ao final do período de brotação, os compostos fenólicos estavam significativamente mais elevados em tubérculos tratados com óleo de hortelã e cravo, do que no controle, justificando que essa retenção dos compostos fenólicos em batatas tratadas foi associada com a baixa atividade da PPO, juntamente com a redução da brotação.

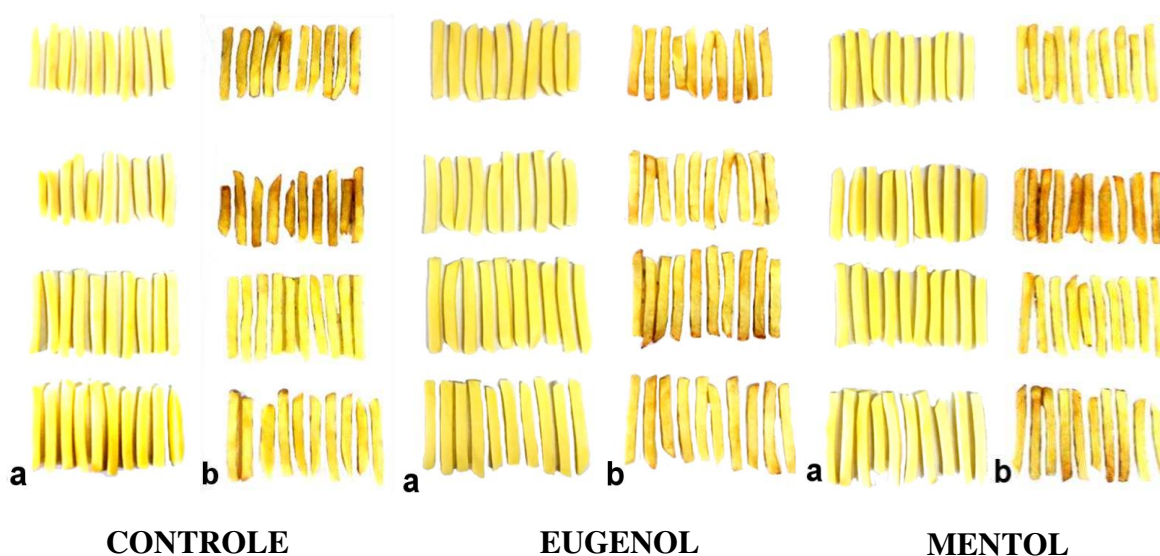
### 3.7. Coloração após a fritura

O mecanismo e pontos de controle do adoçamento da batata não são completamente elucidados, porém sabe-se que baixas temperaturas afetam a composição dos lipídeos das

membranas celulares e aumenta a atividade de enzimas do metabolismo dos carboidratos e aminoácidos (THOMASOW, 1990).

Durante o armazenamento, os tubérculos de batata mantêm o fluxo de carboidratos com a finalidade de manter a respiração. A conversão de amido para açúcares solúveis é de natureza reversível, porém em situações onde o consumo dos açúcares solúveis, pela respiração, é menor que a taxa de degradação do amido há por consequência acúmulo de mono e dissacarídeos. Devido ao acúmulo de açúcares redutores, ocorre a formação da coloração marrom ao se fritar a batata, devido à reação entre os açúcares e aminoácidos livres, chamada de reação de Maillard, ou escurecimento não enzimático (LOW, 1989).

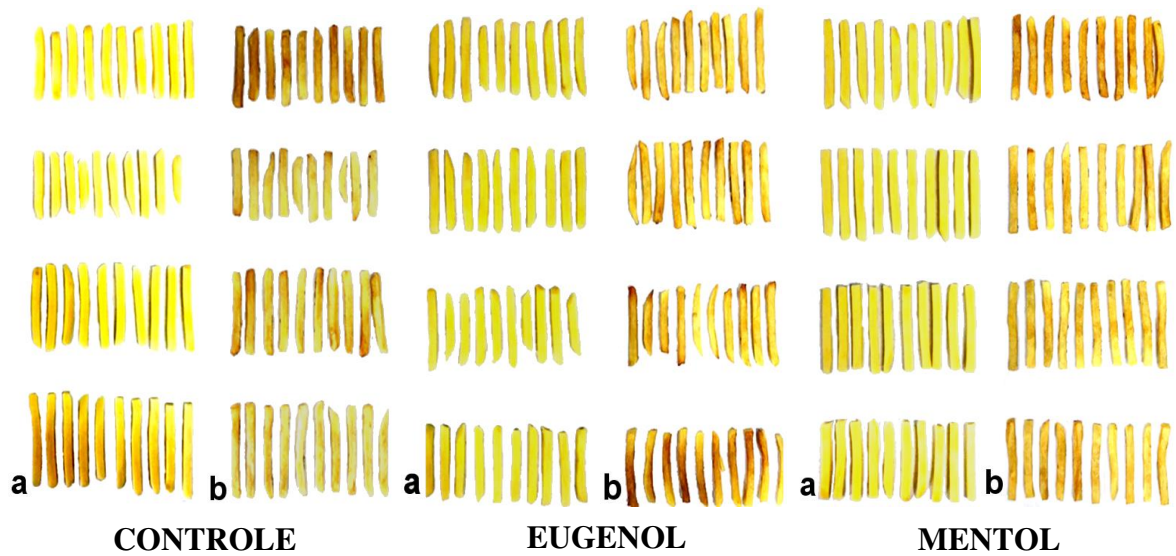
Após a fritura das batatas cortadas em palitos e a avaliação visual da cor desenvolvida, verificou-se que os tubérculos não tratados tiveram coloração escura durante todo o período de armazenamento, diferentemente dos tratamentos com eugenol e mentol, que mantiveram coloração nos valores 1 e 2 respectivamente, de acordo com as notas atribuídas a escala de cor para batatas fritas determinada pelo USDA (1967), como apresentado na figura 14.



**Figura 14.** Aparência dos palitos de batata frita da cultivar Asterix aos 20 dias após a aplicação do eugenol e mentol, durante o armazenamento refrigerado a 8°C: (a) antes da fritura, (b) após a fritura.

Aos 50 dias de armazenamento as batatas tratadas com os compostos eugenol e mentol mantiveram níveis de escurecimento com valor 2, ao contrário do controle sendo atribuído valor 3 de acordo com a escala de cores (Figura 15). O aumento do escurecimento em relação

ao início do armazenamento condiz com o aumento no teor de açúcares redutores nos tubérculos.



**Figura 15.** Aparência dos palitos de batata frita da cultivar Asterix aos 50 dias após a aplicação do eugenol e mentol, durante o armazenamento frigorificado a 8°C: (a) antes da fritura, (b) após a fritura.

#### **4. CONCLUSÕES**

A perda de massa fresca dos tubérculos, independente do tratamento aumentou linearmente, apresentando diferença significativa entre os mesmos.

Os compostos supressores de brotação, eugenol e mentol, reduziram as taxas de brotação e comprimento dos brotos durante o armazenamento refrigerado.

A aplicação desses compostos reduziu o teor de açúcares redutores dos tubérculos durante o armazenamento, resultando em menor escurecimento durante o processo de fritura, melhorando assim a qualidade do produto final.

A atividade enzimática da POD e PPO foi menor nos tubérculos tratados, ocasionando uma relação positiva com os valores dos compostos fenólicos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA, Associação Brasileira de Batata. Disponível em: <[http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id\\_BAT=3](http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id_BAT=3)>. Acesso em: 20 de julho, 2016.

ABBA, Associação Brasileira de Batata. **Revista Batata Show**, Disponível em: [http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista01\\_027.htm](http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista01_027.htm). Acesso em: 18 de dezembro, 2016.

ABBASI, K.S.; MASUD, T.; ALI, S.; KHAN, S.U.; MAHMOOD, T.; QAYYUM, A. Sugar-Starch metabolism and antioxidant potential in potato tubers in response to different antisprouting agents during storage. **Potato Research**, v.58, p.361-375, 2015.

AFIFY, A. E-M. M. R.; EL-BELTAGI, H. E.; ALY, A. A.; EL-ANSARY, A. The Impact of  $\gamma$ -Irradiation, Essential Oils and Iodine on Biochemical Components and Metabolism of Potato Tubers During Storage. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, v.40, p.129-139, 2012.

AMIOT, M.J.; TACCHINI, M.; AUBERT, S.Y.; OLESZEK, W. Influence of cultivar, maturity stage, and storage condition on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, p.1132-1137, 1995.

AYDEMIR, T. Partial purification and characterization of polyphenol oxidase from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. **Food Chemistry**, v. 87, p. 59-67, 2004.

AZAMBUJA, W. **Eugenol**. Disponível em: < <http://www.oleosessenciais.org/eugenol/>>. Acesso em 9 de agosto de 2015.

BAYDAR, H.; KARADOĞAN, T. The effects of volatile oils on in vitro potato sprout growth. **Potato Research**, v. 46, p. 1-8, 2004.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BOOCK, O.J. O uso de substâncias inibidora da brotação de tubérculos de batatinha. **Bragantia**, v.16, p.81-100, 1957.

COELHO, A.H.R.; VILELA, E.R.; CHAGAS, S.J. de R. Frying quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) as regards reducing sugar and starch levels during refrigerated and non refrigerated storage in modified atmosphere. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.899-910, 1999.

COLEMAN, W.K.; LONERGAN, G.; SILK, P. Potato Sprout Growth Suppression by Menthone and Neomenthol, Volatile Oil Components of *Minthostachys*, *Satureja*, *Bystropogon*, and *Mentha* Species. **American Journal of Potato Research**, v.78, p.345-354, 2001.

CAMPBELL, M.; SEGGEAR, E.; BEERS, L.; KNAUBER, D.; SUTTLE, J. Dormancy in potato tuber meristems: chemically induced cessation in dormancy matches the natural process based on transcript profiles. **Functional Integrative Genomics**, v.8, p.317–328, 2008.

COSTA, A.R.T.I; AMARAL, M.F.Z.J.I; MARTINS, P.M.II; PAULA, J.A.M.I; FIUZA, T.S.III; TRESVENZOL, L.M.F.I; PAULA, J.R.I; BARA, M.T.FI. Action of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry essential oil on the hyphae of some phytopathogenic fungi. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, 2011.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method form determination of sugars and related substaceas. **Nature**, v.28, p.350-356, 1956.

ELBASHIR, H.A.; AHMED, A.H.R.; YOUSIF, K.S. Efficacy of Different Applications of Spearmint Oil on Storability and Processing Quality of two Potato Varieties. **Journal of Agri-Food and Applied Sciences**, v.2, p.124-133, 2014.

EVERT, R.F. **Esau's Plant Anatomy, Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: their Structure, Function, and Development.** 3 edição, 2006.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT.** Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 18 de dezembro, 2016.

FINGER, F.L.; FONTES, P.C.R.; PUIATTI, M. Dormência e tuberização. In: FONTES P.C.R. **Olericultura teoria e prática**, Viçosa, p.31-38, 2005.

FRAZIER, M. J.; OLSEN, N.; KLEINKOPF, G. **Organic and alternative methods for potato sprout control is storage.** University of Idaho Extension. Disponível em: <<http://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/CIS/CIS1120.pdf>>, 2004.

FU, L.; XU, B.-T.; XU, X.-R. QIN, X.-S; GAN, R.-Y; LI, H.-B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 wild fruits from South China. **Molecules**, v.15, p.8602-8617, 2010.

GOMÉZ-CASTILHO, D.; CRUZ, E.; IGUAZ, A.; ARROQUI, C.; VÍRSEDA, P. Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v.82, p.15-21, 2013.

GONÇALVES, C.; RODRIGUES-JASSO, M.R.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J.A.; BELO, I. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods**, v.2, p.2046-2048, 2010.

HAJIREZAEI, M.R.; BORNKE, F.; PEISKER, M.; TAKAHATA, Y.; LERCH, J.; KIRAKOSYAN, A.; SONNEWALD, U. Decreased sucrose content triggers starch breakdown and respiration in stored potato tubers (*Solanum tuberosum*). **Journal of Experimental Botany**, v.382, p.477-488, 2003.

HARTMANS, K. J.; DIEPENHORST, P.; BAKKER, W.; GORRIS, L. G. M. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. **Industrial Crops and Products**, v.4, p.3-13, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

KAVRAYAN, D.; AYDEMIR, T. Partial purification and characterization of polyphenoloxidase from peppermint (*Mentha piperita*). **Food Chemistry**, v.74, p.146-154, 2001.

JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. McGraw-Hill, New York, p.423, 1940.

KLEINKOPF, G.E.; FRAZIER, M.J. **Alternative sprout suppressants for stored potatoes**. Presented at the Idaho Potato Conference on January 23, 2002.

KLEINKOPF, G.; OBERG, N.; OLSEN, N. Sprout Inhibition in Storage: Current St Industrial Crops and Products 4 (1995) 3-13atus, New Chemistries and Natural Compounds. **American Journal of Potato Research**, v.80, p.317-327, 2003.

KELLER, F.; FREHNER, M.; WIEMKEN, A. Sucrose synthase, a cytosolic enzyme in protoplasts of Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) **Plant Physiology**, v.88, p.239-241, 1988.

LAGRIMINI, L.M. Wound-induced deposition of polyphenols in transgenic plants over expressing peroxidase. **Plant Physiology**, v.96, p.577-583, 1991.

LEIGH, R.A.; REES, T.; FILLER, W.A.; BANFIELD, J. The location of acid invertase activity and sucrose in the vacuoles of storage roots of beetroot (*Beta vulgaris*). **Biochemical Journal**, v.178, p.539-547, 1979.

LOW, N.; JIANG, B.; DOKHANT, S. et al. Redution of glucose content in potatoes with glucose oxidase. **Journal of Food Science**, v.54, p.118-121, 1989.

LULAI, E.C.; FREEMAN, T.P. The importance of phellogen cells and their structural characteristics in susceptibility and resistance to excoriation in immature and mature potato tuber (*Solanum tuberosum* L.) periderm. **Annals of Botany**, v.88, p.555-561, 2001.

LULAI, E.C. The Canon of Potato Science: 43. Skin-set and Wound-healing/Suberization. **Potato Research**, v.50, p.387-390, 2007.

MULLER, D.R.; BISOGNIN, D. A.; ANDRIOLO, J. L.; JUNIOR, G. R. M.; OWOLABI, M. S.; OLOWU, R. A.; LAJIDE, L.; OLADIMEJI, M. O.; PADILHA-CAMBEROS, E.; FERNÁNDEZ, J. M. F. Inhibition of potato tuber sprouting during storage by the controlled release of essential oil using a wick application method. **Industrial Crops and Products**, v.45, p.83-87, 2013.

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

NOURIAN, F.; RAMASWAMY, H.S.; KUSHALAPPA, A.C. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v.36, p.49-65, 2003.

O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v.59, p.368-373, 1964.

OWOLABI, M. S.; OLOWU, R. A.; LAJIDE, L.; OLADIMEJI, M. O.; PADILHA-CAMBEROS, E.; FERNÁNDEZ, J. M. F. Inhibition of potato tuber sprouting during storage by the controlled release of essential oil using a wick application method. **Industrial Crops and Products**, v.45, p.83-87, 2013.

PASSARDI, F.; BAKALOVIC, N.; TEXEIRA, F.K.; MARGIS-PINHEIRO, M.; PENEL, C.; DUNAND, C. Prokaryotic origins of the non-animal peroxidase superfamily and organelle-mediated transmission to eukaryotes, **Genomics**. V.89, p.567-579, 2007.

PERSSEY, R.; SHAW, R. Effect of temperature on invertase, invertase inhibitor, and sugars in potato tubers. **Plant Physiology**, v.4, p.1657-1661, 1966.

PRANAITIENE, R.; DANILCENKO, H.; JARIENE, E.; DABKEVICIUS, Z. The effect of inhibitors on the changes of potato tuber quality during the storage period. **Journal of Food, Agriculture e Environment**, v.6, p.231-235, 2008.

PERSSEY, R.; SHAW, R. Effect of temperature on invertase, invertase inhibitor, and sugars in potato tubers. **Plant Physiology**, v.4, p.1657-1661, 1966.

RICHARDSON, D.L.; DAVIES, H.V.; ROSS, H.A.; MACKAY, G.R. Invertase activity and its relations to hexose accumulation in potato tubers. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.95- 99, 1990.

ROSS, H. A.; DAVIES, H. V. Sucrose metabolism in tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Physiology**, v.98, p.287-293, 1992.

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

SANLI, A.; KARADOĞAN, T.; TONGUÇ, M.; BAYDAR, H. Effects of caraway (*Carum carvi* L.) seed on sprouting of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers under diferente temperature conditions. **Turkish Journal of Field Crops**, v.15, p.54-58, 2010.

SOUZA, Z. da S.; SOUZA, N.F. Batata semente: cultivares, número de gemas, idade fisiológica, brotação e taxa de multiplicação. In: **Congresso Brasileiro de Olericultura**, v.39, 1999.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TEPER-BAMNOLKER, P.; DUDAI, N.; FISCHER, R.; BELAUSOV, E.; SHOSEYOV, H. O.; ESHEL, D. Mint essential oil can induce or inhibit potato sprouting by differential alteration of apical meristem. **Planta**, v.232, p.179-186, 2010.

THOMASHOW, M.F. Molecular genetics of cold acclimation in higher plants. **Genomic Responses to Environmental Stress**, v.28, p.99-131, 1990.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **United States Standards for Grades of Frozen French Fried Potato**. Baltimore, p.16, 1967.

VAUGHN, S. F.; SPENCER, G. F. Volatile monoterpenes inhibit potato tuber sprouting. **American Potato Journal**, v.68, p.821-831, 1991.

VAUGHN, K. C.; DUKE, S. O. Function of polyphenol oxidase in higher plants. **Plant Physiology**, v.60, p.106-112, 1984.

VEITCH, N.C. Horseradish peroxidase: a modern view of a classic enzyme. **Phytochemistry**, v.65, p.249-259, 2004.

VENDRUSCULO, J.L.S; ZORZELA, C.A. Processamento de Batata (*Solanum tuberosum* L.): Fritura. **EMBRAPA Clima Temperado**, 15p., 2002.

ZRENNER, R.; SCHILLER, K.; SONNEWALD, U. Soluble acid invertase determines the hexose-to-sucrose ratio in cold-stored potato tubers. **Planta**, v.198, p.246-252, 1996.