

**KAROLINY FERREIRA MOREIRA**

**ALTERAÇÕES FÍSICAS E BIOQUÍMICAS EM TUBÉRCULOS DE BATATA  
TRATADOS COM INIBIDORES DE BROTAÇÃO**

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

Orientador: Fernando Luiz Finger

Coorientadora: Fernanda Ferreira de Araújo

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2020**

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

T

M838a  
2020  
Moreira, Karoliny Ferreira, 1994-  
Alterações físicas e bioquímicas em tubérculos de batata  
tratados com inibidores de brotação / Karoliny Ferreira Moreira.  
– Viçosa, MG, 2020.  
41 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. *Solanum tuberosum* L. 2. Brotação. 3. Batata -  
Processamento. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em  
Fisiologia Vegetal. II. Título.

CDD 22 ed. 583.952

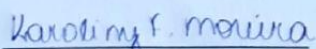
**KAROLINY FERREIRA MOREIRA**

**ALTERAÇÕES FÍSICAS E BIOQUÍMICAS EM TUBÉRCULOS DE BATATA  
TRATADOS COM INIBIDORES DE BROTAÇÃO**

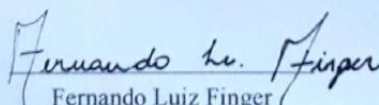
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 05 de março de 2020.

Assentimento:



Karoliny Ferreira Moreira  
Autora



Fernando Luiz Finger  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Aos meus pais Regina e José Maria pelo esforço de toda uma vida por terem sempre priorizado os estudos em minha vida e de minhas irmãs e ao apoio incondicional nos momentos difíceis.

Ao meu noivo Wallace por estar ao meu lado há nove anos sempre me auxiliando, apoiando, e dando o amor que sempre almejei.

Aos meus cachorros, presentes e *in memorian*, gatos, por sempre transmitir o amor e conseguir me elevar a estágio de alegria e calma quando nas suas presenças.

Às minhas irmãs, Kamily e Kariny, em especial a última, por me ajudar a revisar, criticar, aconselhar, essa dissertação.

Aos meus colegas de trabalho do Laboratório de Fisiologia Pós Colheita, Marcelo, Jean, Mirelle, Nicolas, Mário, Paula, Marília e André, pela ajuda no desenvolvimento das análises, outros trabalhos e momentos de descontração e em especial á Fernanda, minha coorientora, por todo tempo despendido para explicações, análises de resultados, conselhos, agradeço imensamente toda sua dedicação .

Ao professor Fernando Luiz Finger pela orientação, aconselhamentos, pela carga de conhecimento, contribuindo para que essa dissertação fosse possível de se acontecer.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fisiologia Vegetal e o Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal pela estrutura e oportunidade da realização do curso de mestrado, em especial a Luciene, secretária da Fisiologia, por sempre me ajudar em questões relacionadas á pós graduação.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## **BIOGRAFIA**

KAROLINY FERREIRA MOREIRA, filha de Regina Célia Ferreira Moreira e José Maria Moreira, nascida em 21 de outubro de 1994 em Viçosa, Minas Gerais.

Graduou-se pela Universidade Federal de Viçosa no curso de Agronomia em 2017.

Ingressou em março de 2018 na pós graduação em Fisiologia Vegetal, pela mesma universidade, obtendo seu título de mestre em março de 2020.

## RESUMO

MOREIRA, Karoliny Ferreira M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2020. **Alterações físicas e bioquímicas em tubérculos de batata tratados com inibidores de brotação.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadora: Fernanda Ferreira de Araújo.

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma hortaliça que se destaca em âmbito mundial sendo que durante o armazenamento apresenta acentuada brotação. Objetivou-se nesse trabalho definir quais os comportamentos do inibidor de brotação 1,4-dimetilnaftaleno (DMN) comparado ao isopropil N(3-clorofenil) carbamato (CIPC), em relação ao número, comprimento e incidência das brotações, enzimas do escurecimento enzimático e ao metabolismo de carboidratos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida, sendo os tratamentos: o armazenamento constou do controle, da aplicação de 1,4-DMN (20 mg.kg<sup>-1</sup>) e do CIPC (30 mg.kg<sup>-1</sup>) com quatro repetições cada e com subparcelas compostas pelo tempo de armazenamento: 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a aplicação. As aplicações foram realizadas pelo processo de fumigação nos tubérculos durante o tempo decorrido de duas horas em ambiente fechado. A partir disso realizou-se as seguintes análises: perda de massa fresca acumulada; número e comprimento de brotos; atividade das enzimas peroxidase (POD) e polifenolxidase (PPO); compostos fenólicos; incidência de brotação; amido; açúcares solúveis totais, redutores e não redutores e coloração após fritura. Os tubérculos submetidos aos tratamentos com os inibidores DMN e CIPC apresentaram menor perda de massa, número e comprimento dos brotos, teor de açúcares redutores e maior teor de amido em relação ao tratamento controle, sendo assim, esses tubérculos continham características suficientes e necessárias para o processamento de fritura mantendo a qualidade final dos palitos pré-fritos.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum* L.. Brotação. Processamento.

## ABSTRACT

MOREIRA, Karoliny Ferreira M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2020. **Physical and biochemical changes in potato tubers treated with sprout inhibitors.** Advisor: Fernando Luiz Finger. Co-advisor: Fernanda Ferreira de Araújo.

The potato (*Solanum tuberosum* L.) is a vegetable that stands out worldwide, and during storage, the biggest problem is related to sprout control. The objective of this work was to define the behavior of the budding inhibitor 1,4-dimethylnaphthalene (DMN) compared to isopropyl N (3-chlorophenyl) carbamate, (CIPC) in relation to the number, length and incidence of sprouts, enzymes of enzymatic browning and carbohydrate metabolism. The experimental design used was completely randomized in a split plot scheme, with the following treatments: Control (ethanol), 1,4-DMN (20 mg.Kg<sup>-1</sup>) and CIPC (30 mg.Kg<sup>-1</sup>) with four replicates each and the subplots composed by the storage time: 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days after application. The fumigation process was carried out on the tubers for the elapsed time of two hours in a closed environment. From that, the following analyzes were carried out: loss of accumulated fresh mass; number and length of shoots; activity of the enzymes peroxidase (POD) and polyphenoloxidase (PPO); phenolic compounds; sprouting incidence; starch; total soluble, reducing and non-reducing sugars and coloring after frying. Tubers submitted to treatments with DMN and CIPC inhibitors showed less loss of mass, number and length of sprouts, content of reducing sugars and higher content of starch in relation to the control treatment, therefore, these tubers contained sufficient and necessary characteristics for the frying processing maintaining the final quality of the pre-fried French fries.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L.. Sprouting. Processing.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>8</b>
<b>2 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>10</b>
<b>3 ARTIGO I: CONTROLE DA BROTAÇÃO EM TUBÉRCULOS DE BATATA SUBMETIDOS AO CPIC E 1,4-DMN .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 RESUMO.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>3.7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>
<b>4 ARTIGO II: METABOLISMO DE CARBOIDRATOS EM TUBÉRCULOS DE BATATA TRATADOS COM CPIC E 1,4-DMN.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 RESUMO.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 ABSTRACT.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>4.4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>4.6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>
<b>5 CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>41</b>



## INTRODUÇÃO GERAL

A batata é uma hortaliça que se destaca em âmbito mundial por ser o quarto alimento mais consumido no mundo, sendo suplantada somente pelo arroz, trigo e milho, segundo a FAO (2017). O tubérculo possui alto valor nutricional composto por proteína, vitamina C, vitaminas do complexo B e minerais, sendo ainda produzida em larga escala associada com elevadas taxas de produtividade (EVANGELISTA et al., 2011).

O consumo da batata *in natura* vem diminuindo ao longo dos anos, pois a procura de alimentos minimamente processados, reduzindo o tempo de preparo, como as batatas pré-fritas vêm tomando importância no hábito de consumo brasileiro, aumentando cerca de 310 mil toneladas (1,55 kg per capita) para 380 mil toneladas (1,9 kg per capita) em um período de dois anos (SILVEIRA et al., 2013; IBGE, 2014). Para garantir a qualidade das batatas processadas, existem duas características que são importantes serem avaliadas: os teores de matéria seca (MS) e os de açúcares redutores (AR). A MS tem que estar preferencialmente entre 20 a 24%, assim há uma menor absorção da gordura durante a fritura segundo Zorzella (2003) e os níveis de AR entre 10 a 15 mg.g<sup>-1</sup> de MS, para evitar o escurecimento dos palitos durante a fritura o que compromete o aspecto visual e palatável das batatas (RODRIGUES e DA SILVA PEREIRA, 2003; DA SILVA SOUZA, 2011).

A cultivar Asterix é uma das mais produzidas no território brasileiro e apresenta teor de MS entre, 20,1 a 23,3 % garantindo a qualidade para fins de industrialização e fritura, podendo ainda ser utilizada também na forma *in natura* (DA SILVA, 2014; HZPC, 2019; AHDB, 2019). Além disso, a Asterix possui elevada produtividade, se caracteriza por apresentar pele avermelhada, tubérculos ovais-alongados de médio a grande, porém seu período de dormência é pequeno (ABBA, 2019).

Após a quebra da dormência dos tubérculos ocorre o aparecimento dos brotos e consumo das reservas bioquímicas pelos brotos visando o crescimento, e como consequência há aumento da taxa respiratória, nos teores de açúcares, perda de peso e murchamento dos tubérculos (FINGER, 2005).

A utilização de baixas temperaturas é uma das alternativas para inibir a quebra da dormência, durante o armazenamento aumentando o período comercialização (BISOGNIN et al., 2008). A diminuição do metabolismo do tubérculo gerado pelo armazenamento refrigerado pode levar ao acúmulo dos açúcares redutores, sendo que quanto menor a temperatura maior será o acúmulo. Ao serem processados na fritura, os palitos apresentam tonalidades escurecidas devido á reação de Maillard, uma reação não enzimática onde

grupamento amino da asparagina reage com grupo carbonila dos açúcares redutores (DAVIDS, 2004) depreciando o produto para fins de comercialização (DEUNER et al., 2005) (TALBURT et al., 1975). Vários estudos e técnicas têm sido utilizados visando prolongamento do armazenamento dos tubérculos, garantindo a qualidade dos mesmos, como a adição de produtos químicos inibidores da brotação em conjunto com a refrigeração.

O isopropil N (3-clorofenil) carbamato, CIPC, é um herbicida que inibi o fuso mitótico da divisão celular (VAUGHN & LEHNEN, 1991), que começou a ser utilizado em meados de 1951 e a partir de 1962 na inibição das brotações em batatas armazenadas nos países europeus e norte americano (VIJAY et al., 2018). Com o passar dos anos, com avanços nos estudos e indústrias houve uma maior compreensão do uso desse inibidor, do grau de resíduo deixado nos tubérculos e da toxicidade ao ser humano (VIJAY et al., 2016). Devido esses riscos, a Comissão Européia não renovou a licença para uso do CIPC em 17 de julho de 2019 e assim, o mesmo será estritamente proibido nos países europeus, a partir de 8 de janeiro de 2020 (JOUE, 2019).

O, 1,4- dimetilnaftaleno, DMN, é uma das alternativas para substituir o CIPC utilizadas para controle das brotações, sendo encontrado naturalmente nas cascas das batatas (BEVERIDGE, 1981; CAMPBELL et al., 2010), evitando os problemas com toxidez aos aplicadores. Essas características têm aumentado o interesse nas pesquisas e uso do DMN para aplicação do mesmo como inibidor das brotações e o aumento do tempo de armazenamento das batatas (KLEINKOPF et al., 2003).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivos comparar o comportamento do DMN ao CIPC, em relação ao número, comprimento e incidência das brotações, atividade das enzimas do escurecimento enzimático e ao metabolismo de carboidratos durante o armazenamento frigorificado.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BATATA - ABBA, 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: 14 nov. 2019.
- BEVERIDGE, J. L.; DALZIEL, J.; DUNCAN, H. J. Dimethylnaphthalene as a sprout suppressant for seed and ware potatoes. **Potato Research**, v. 24, n. 1, p. 77-88, 1981.
- BISOGNIN, D. A.; FREITAS, S. T. D.; BRACKMANN, A.; ANDRIOLO, J. L.; PEREIRA, E. I. P.; MULLER, D. R.; BANDINELLI, M. G. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, v.67, n.1, p. 59-65, 2008.
- CAMPBELL, M. A.; GLEICHNER, A.; ALSBURY, R. HORVATH, D.; SUTTLE, J. .The sprout inhibitors chlorpropham and 1, 4-dimethylnaphthalene elicit different transcriptional profiles and do not suppress growth through a prolongation of the dormant state. **Plant Molecular Biology**, v. 73, n. 1-2, p. 181-189, 2010.
- SOUZA, Z. D. S.; BISOGNIN, D. A.; MORIN JUNIOR, G. R.; GNOCATO, F. S. Seleção de clones de batata para processamento industrial em condições de clima subtropical e temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1503-1512, 2012.
- SILVA, G. O. D.; BORTOLETTO, A. C.; PONIJALEKI, R.; MOGOR, A. F.; PEREIRA, A. D. S. Desempenho de cultivares nacionais de batata para produtividade de tubérculos. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, 2014.
- DEUNER, S.; FERREIRA, L.; BACARIN, M.; BERVALD, C.; ZANATTA, E. Caracterização parcial da invertase ácida solúvel em tubérculos de batata: energia de ativação e efeito de inibidores. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 1, 2005.
- EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I.; FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Qualidade nutricional e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 953-960, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA,. Sistema de Produção Embrapa. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 26 dez. 2019.
- 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.
- HZPC. Disponível em: <[https://www.hzpc.com/potatoes-markets/potatoes/asterix?variety\\_id=246](https://www.hzpc.com/potatoes-markets/potatoes/asterix?variety_id=246)>. Acesso em: 26 dez. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento sistemático da produção. Rio de Janeiro. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa\\_pesq\\_2017\\_jun.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa_pesq_2017_jun.pdf) Acesso em: 26 dez. 2019.

JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPÉIA – JOUE Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0989&from=EN>. Acesso em: 05 de dez. 2019.

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.

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

POTATO VARIETY DATA BASE - AHDB. Disponível em: <<http://varieties.ahdb.org.uk/varieties/view/ASTERIX>>. Acesso em: 25 dez. 2019.

RODRIGUES, A; DA SILVA PEREIRA, A. Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor de chips, matéria seca e produção em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 599-604, 2003.

SILVEIRA, J.; GALESKAS, H.; TAPETTI, R.; LOURENCINI, I. . Quem é o consumidor brasileiro de frutas e hortaliças? **Hortifruti Brasil**, p.8-23, 2011. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/103/mat\\_capa.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/103/mat_capa.pdf)>. Acesso em: 22 dez, 2019.

SONNEWALD, U. Control of potato tuber sprouting. **Trends in Plant Science**, v. 6, n. 8, p. 333-335, 2001.

TALBURT W. F.; SCHWIMMER S.; BURR H. K. Structure and chemical composition of the potato tuber. In: TALBURT WF; SMITH O (eds). **Potato Processing**. Westport: The AVI Publishing. p. 11-42, 1975.

VIJAY, P.; EZEKIEL, R.; PANDEY, R. Use of CIPC as a potato sprout suppressant: health and environmental concerns and future options. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, v. 10, n. 1, p. 17-24, 2018.

VAUGHN, K. C.; LEHNEN, L. P. Mitotic disrupter herbicides. **Weed Science**, v. 39, n. 3, p. 450-457, 1991.

ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; TREPTOW, R. O.; ALMEIDA, T. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma de chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.1, p.15-24, 2003.

**ARTIGO 1:****CONTROLE DA BROTAÇÃO EM TUBÉRCULOS DE BATATA SUBMETIDOS AO CIPC E 1,4-DMN****RESUMO**

Para garantir matéria-prima suficiente para manter a produção de batata pré-frita, é necessário o uso de ferramentas que inibam a brotação dos tubérculos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do inibidor DMN comparando-o com o CIPC, visando minimizar o surgimento de brotações em tubérculos de batatas sob armazenamento refrigerado a 8 °C. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida, sendo os tratamentos na parcela os inibidores de brotação 1,4-DMN e CIPC com quatro repetições cada tratamento e as subparcelas compostas pelo tempo de armazenamento: 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a aplicação dos inibidores. A aplicação dos tratamentos foi realizado através do processo de fumigação dos produtos nos tubérculos e feitas análises de perda de massa fresca acumulada; número e comprimento de brotos; atividade das enzimas peroxidase (POD) e polifenolxidase (PPO) e compostos fenólicos. Os tubérculos submetidos aos tratamentos com DMN e CIPC tiveram menor perda de massa fresca acumulada, número e comprimento dos brotos quando comparados ao controle. O DMN se comportou de forma similar ao CIPC, sob o armazenamento refrigerado, mostrando-se efetivo na manutenção da qualidade dos tubérculos ao fim do experimento.

**Palavras-chave:** Pós-colheita. Inibidores de brotação. Atividade enzimática.

## **CONTROL OF SPROTING IN POTATO TUBERCES SUBMITTED TO CIPC AND 1,4-DMN**

### **ABSTRACT**

To guarantee enough raw material to maintain the production of pre-fried potatoes throughout the year, it is necessary to use tools that inhibit the sprouting of the tubers. The present study aimed to evaluate the behavior of the DMN inhibitor by comparing it with the CIPC, in order to minimize the appearance of sprouts in potato tubers under cold storage at 8 °C. The design used was completely randomized in a split-plot scheme, with the treatments in the plot being the sprouting inhibitors: control, 1,4-DMN and CIPC with four replicates each treatment and the subplots composed by the storage time: 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days after the application of the inhibitors. The treatments were applied through the fumigation process of the products in the tubers and analyzes of accumulated fresh weight loss; number and length of shoots; activity of peroxidase (POD) and polyphenoloxidase (PPO) enzymes and phenolic compounds. The tubers submitted to the treatments, DMN and CIPC, had less loss of fresh weight, number and length of the shoots when compared to the control. DMN behaved in a similar way to CIPC, under refrigerated storage, proving effective in maintaining the quality of the tubers at the end of the experiment.

**Keywords:** Post-harvest. Sprouting inhibitors. Enzyme activity.

## INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é o quarto alimento mais consumido do mundo, com produção mundial estimada em 2017 de 388 milhões de toneladas seguido do arroz, trigo e milho (FAO, 2019). O processamento da batata a fim de produzir *chips* e batata pré-frita teve início no começo dos anos 50 (KEIJBETS, 2008) e o seu consumo continua crescendo, uma vez que a população está a procura por alimentos de rápido e fácil preparo (NASCIMENTO, 2017).

A fim de garantir matéria-prima suficiente para manter a produção de batata pré-frita no ano todo, é necessário o uso de ferramentas que aumentem a vida útil e a qualidade de processamento (BIANCHI et al., 2014), principalmente pelo surgimento de brotações após a quebra de dormência (BURTON, 1978).

Uma alternativa para inibir esse problema é o armazenamento a frio, pois esse diminui o metabolismo do tubérculo prolongando sua integridade. Porém, quando o procedimento é realizado com temperaturas inferiores a tolerada pela cultivar, geralmente abaixo de 8 °C, há consequências como perda na qualidade da batata pré-frita, pelo acúmulo de açúcares redutores, e rejeição do produto pelo consumidor, devido ao comprometimento visual e palatáveis dos palitos após a fritura (CLASEN, 2016). De forma sinérgica, vem se utilizando o armazenamento a frio associado a aplicação de inibidores de brotações para garantir a qualidade do tubérculo ao fim do armazenamento (FINGER et al., 2018).

O isopropil N(3-clorofenil) carbamato (CIPC) é um herbicida que foi utilizado a primeira vez como inibidor de brotação em tubérculos de batata por Marth e Schultz (1952). Desde então, o seu uso foi amplamente desfrutado pelas indústria em boa parte do mundo uma vez que é um inibidor de alta eficácia contudo, vários estudos começaram a relatar sobre seu alto nível de toxidez para humanos e meio ambiente, além de permanecer resíduos do composto nas batatas (SING & EZEKIEL, 2010). Atualmente, vários países já proibiram como os da Europa (JOEU, 2019).

O 1,4-dimetilnaftaleno (DMN) é uma das alternativas a ser utilizada como inibidor de brotação sendo esse um composto natural encontrado na casca da batata de ação reversível (BEVERIDGE et al., 1981). Porém ainda não se conhece sobre completo modo de ação desse inibidor, sabe-se que o CIPC inibe a fase mitótica do ciclo celular o DMN reprime as células na fase S antes da replicação do DNA (CAMPBELL, et al., 2010).

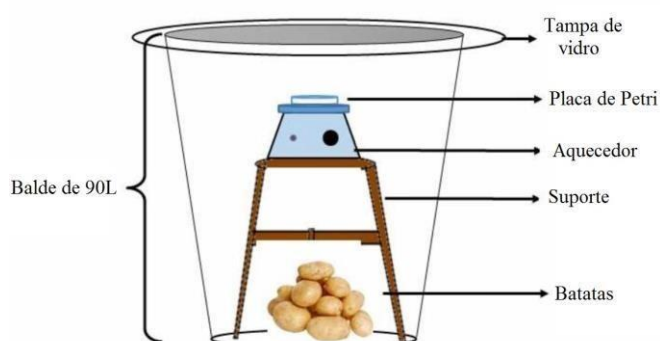
O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do inibidor DMN comparando-o com o CIPC, visando minimizar problemas correlacionados com o surgimento de brotações em tubérculos de batatas sob armazenamento refrigerado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal

As plantas de batata cultivar Asterix foram cultivadas na região de Perdizes-MG, situada a altitude de 1000 metros, latitude 19° 21' 10'' sul e longitude 47° 17' 34' oeste, onde todos os manejos culturais recomendados foram realizados até o ponto de colheita, totalizando um ciclo de 120 dias. Os tubérculos livres de doenças e padronizados quanto ao peso (entre 100 – 200 g) foram transportados em caixas plásticas ao Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Os tubérculos foram tratados com dois diferentes compostos: 1,4-DMN e CIPC, sendo aplicados por meio de fumigação (Figura 1), de acordo com o método de Vaughn e Spencer (1991). Foram colocados os 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 5 mL de etanol com 20 mg.kg<sup>-1</sup> e 30 mg.kg<sup>-1</sup> do DMN e CIPC, respectivamente de forma que os mesmos foram liberados gradativamente. Após 2 horas, os tubérculos foram retirados dos baldes e retornaram para a câmara fria. Para cada tratamento foram coletadas amostras em oito períodos distintos, antes da aplicação dia 0 e 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a aplicação, a fim de verificar possíveis diferenças entre os tratamentos. Para cada intervalo de tempo avaliado, foram retirados 2 tubérculos de cada repetição por tratamento, para análises destrutivas.



**Figura 1:** Protótipo do processo de fumigação

## **Avaliações**

### **Perda de massa fresca**

Durante o armazenamento foram efetuadas as pesagens dos tubérculos 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 do material fresco final (g); e PI = peso do material fresco inicial (g).

### **Quantificação e comprimento dos brotos**

A quantificação dos brotos foi realizada manualmente através da contagem dos mesmos, após o aparecimento do “olho”. Para verificação do comprimento, utilizou-se o paquímetro manual após os brotos terem atingido tamanho igual ou maior ( $\geq$ ) 3mm.

### **Peroxidase (POD) e Polifenolxidase (PPO)**

Em cada tempo de armazenamento foram coletadas 3 g de polpa de batata e congeladas em nitrogênio líquido e posteriormente armazenadas congeladas. As amostras foram trituradas utilizando-se 1 mL de solução tampão de extração, composta por fosfato de sódio 0,1 M, pH 6,5, polivinilpirrolidona (PVP-40) 1% e Triton X a 1%. Em seguida foram centrifugados a 17.000xg, durante 30 minutos a 4°C (LAGRIMINI et al., 1997). O sobrenadante foi utilizado para quantificação da atividade enzimática.

Para a determinação da atividade enzimática da POD, uma alíquota de 500  $\mu$ L do extrato enzimático foi adicionada ao meio de reação (0,5 mL de guaiacol (1,68 %), 1,5 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 7,0) e 0,5 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (1,8 %)), completando-se com água destilada o volume para 3 mL. A atividade enzimática foi analisada em espectrofotômetro, observando-se a variação na absorbância em comprimento de onda de 470 nm, a 30 °C por 3 minutos e expressa em UA/min/mg de proteína (LAGRIMINI et al., 1997).

Para a determinação da atividade enzimática da PPO, uma alíquota de 100  $\mu$ 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 por 3 minutos e expressa em UA/min/mg de proteína (KAVRAYAN & AYDEMIR, 2001).

A atividade das enzimas oxidativas foi realizada com base na quantidade de proteína presente no extrato. A proteína solúvel total do extrato foi quantificada pelo método de Bradford (1976), adotando-se albumina soro bovina como padrão.

### **Compostos fenólicos**

Para avaliar os compostos fenólicos foi utilizado o método de Fu et al. (2010). Uma alíquota de 200 µL do extrato alcoólico será adicionada em 1,0 mL de Folin-Ciocalteu (1:10), mantendo essa mistura temperatura ambiente durante 10 min. Passado esse tempo, acrescentou-se 0,8 mL de solução de carbonato de sódio (NaCO<sub>3</sub>) a 7,5% no tubo de ensaio coberto com papel alumínio (necessidade de ambiente escuro). Em seguida, as amostras foram homogeneizadas em vórtex e mantidas em temperatura ambiente por 30 min. Após essa etapa, as amostras foram lidas em espectrofotômetro a 760 nm, com utilização de ácido gálico como padrão.

### **Delineamento experimental e análise estatística**

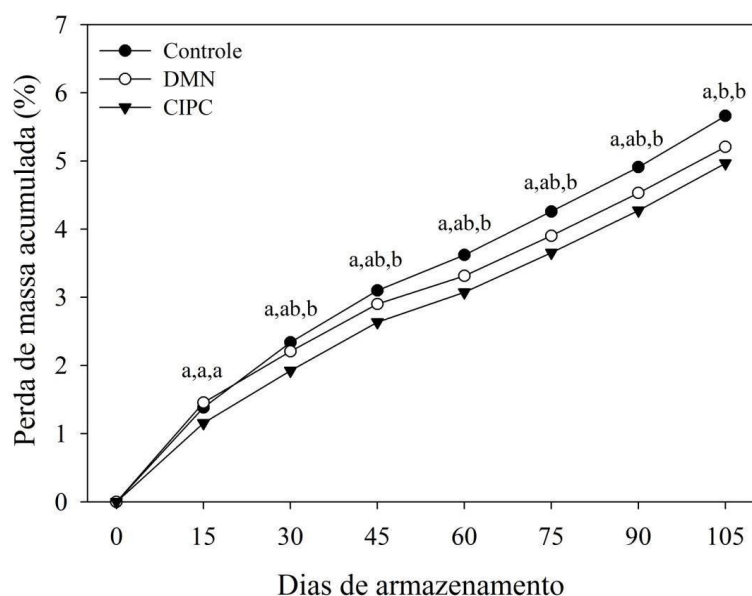
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas os compostos DMN e CIPC e nas subparcelas os 8 tempos de observação. O experimento foi composto de quatro repetições por tratamento e os dados foram submetidos á análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa R Core Team versão 3.4.4 adotando-se um  $\alpha$  de até 0,05 (R CORE TEAM, 2018).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os tubérculos tratados com o inibidor DMN aos 105° dias de armazenamento refrigerado apresentaram perda de massa estatisticamente igual aos tratados com CIPC com perdas de massa de 8,13 e 12,5%, respectivamente, significativamente menores ( $p < 0,05$ ) em relação ao controle (Figura 2). A perda de peso tem como consequência à diminuição da qualidade dos tubérculos para processamento devido ao murchamento ocasionado pela perda de água pelos processos metabólicos da transpiração e respiração (EZEKIEL, 2004).

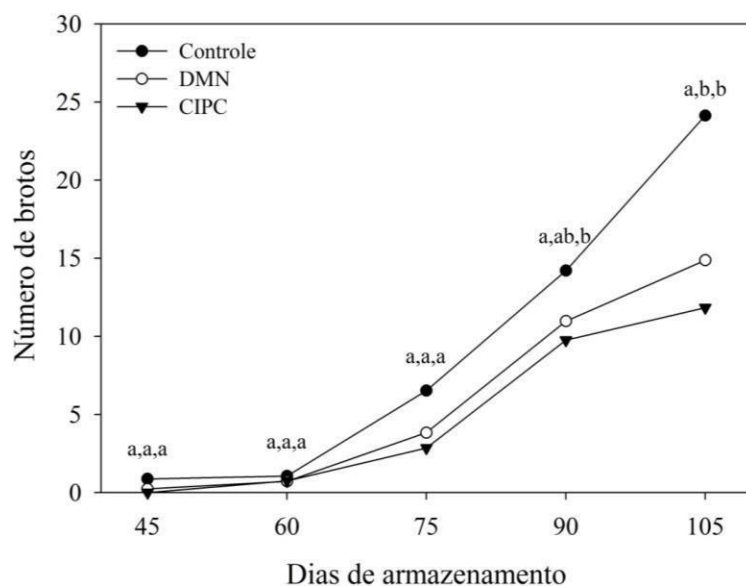
Blenkinsop et al. (2002) demonstraram que o CIPC reduziu significativamente a perda de massa dos tubérculos comparados aos não tratados e, Nyankanga et al. (2018) também obtiveram resultados similares, onde observaram a menor queda da perda de massa nos tubérculos tratados com CIPC e DMN, em relação ao controle, mantendo a qualidade do

produto após 24 semanas de armazenamento. A perda de massa fresca, pode ser agravada com a quebra da dormência, e o aparecimento e sucessivo dos brotos (NYANKANGA, 2018).



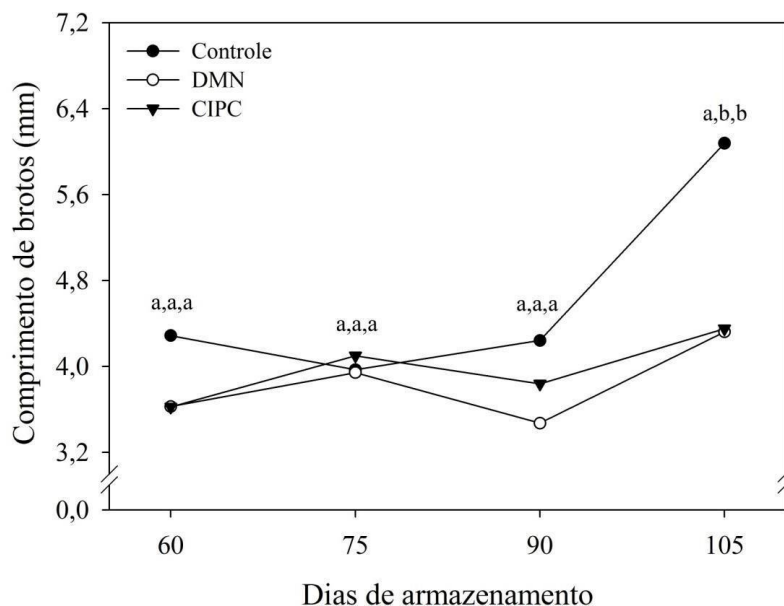
**Figura 2.** Perda de massa fresca acumulada de tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.

O número de brotos foi analisado a partir do 45° dia, período em que começaram a surgir as primeiras brotações. O número de brotos do 45° dia até o 75° não diferiram dentre os três tratamentos avaliados. Com 105 dias de avaliação, os tubérculos tratados com o DMN apresentaram o número de brotos estatisticamente semelhantes aos tratados com CIPC, de 38,4% e 49,0%, respectivamente, inferiores aos do tratamento controle ( $p < 0,05$ ) (Figura 3). O tratamento com DMN e o CIPC são eficientes no controle de brotações em batatas, aumentando o período de dormência (KLEINKOPF et al., 2003; CAMPBELL et al., 2012; CAMPBELL et al., 2019), uma vez que o CIPC inibe o fuso mitótico dos brotos e o DMN prolonga o estado dormente do tubérculo (CAMPBELL et al., 2010). Além disso, Araújo et al. (2012) confirmaram a quebra da dormência ao 45° dia após aplicação do CIPC, demonstrando que os tubérculos encontravam-se aptos a brotar mesmo com a presença do antibrotante, nas cultivares ‘Monte bonito’ e ‘Baronesa’. De Weerd et al. (2010) e Knowles et al. (2005) demonstraram que DMN inibiu a formação e o desenvolvimento dos brotos em batatas sob condições adequadas de temperatura e umidade, em relação ao tratamento controle, semelhante ao presente estudo.

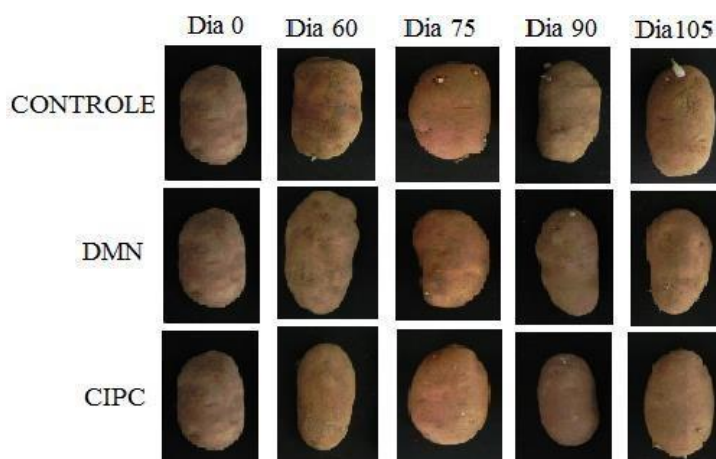


**Figura 3.** Número de brotos de tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.

O comprimento dos brotos do 60° ao 90° dia de armazenamento não mostrou diferenças significativas entre os três tratamentos avaliados. No 105° dia, os tubérculos do tratamento com DMN mantiveram a variável comprimento do broto semelhante ao CIPC com tamanhos de 28,84% e 28,34% menores que o controle ( $p < 0,05$ ) (Figura 4). Tal fato pode ser confirmado na Figura 5, sendo que o comprimento dos brotos variou com o tempo de armazenamento, e no 105° dia o DMN mostrou-se similar ao CIPC, além do controle estar com broto mais evidente que os demais tratamentos. Em estudos análogos, uma única aplicação de DMN nas doses de 10 e 20  $\text{mg.kg}^{-1}$ , e CIPC em 22  $\text{mg.kg}^{-1}$  em tubérculos da cultivar Russet Burbank, diminuíram o comprimento de brotos em relação aos tubérculos não tratados, durante 144 dias de armazenamento a 7,2°C (LEWIS et al., 1997).

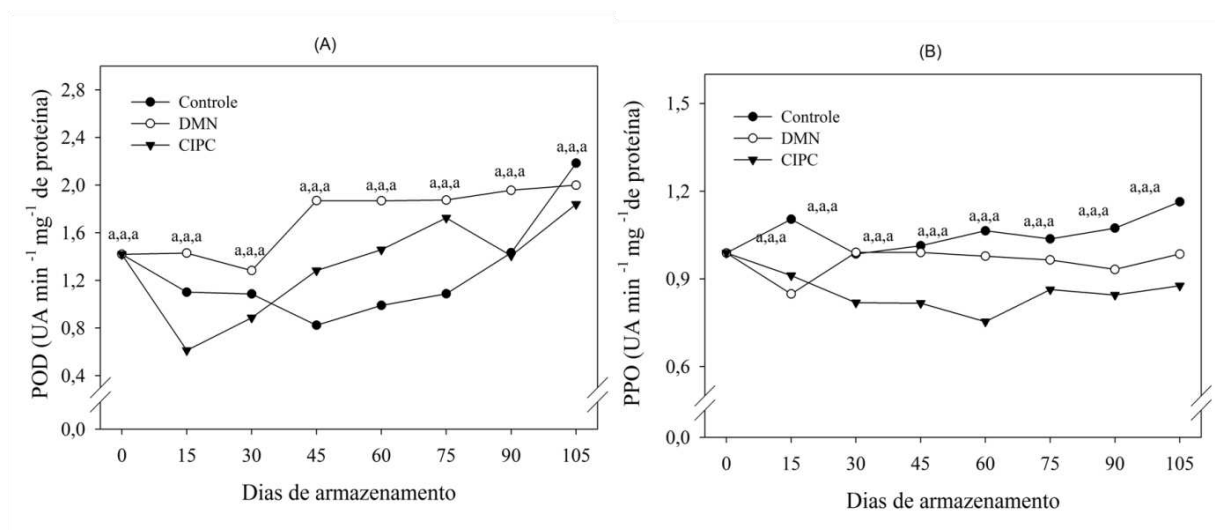


**Figura 4.** Comprimento de brotos de tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.



**Figura 5.** Aspecto visual dos tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C.

A atividade das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) não demonstraram nenhuma diferença ao longo dos dias avaliados para todos os tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Figura 6). POD e PPO são constituintes do grupo de enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático que ocorre em frutas e hortaliças, devido a oxidação compostos fenólicos á quinonas, na presença de oxigênio molecular, tendo como conseqüências alterações desfavoráveis em cor, sabor e aroma (DEGL'INNOCENTI et al., 2007;



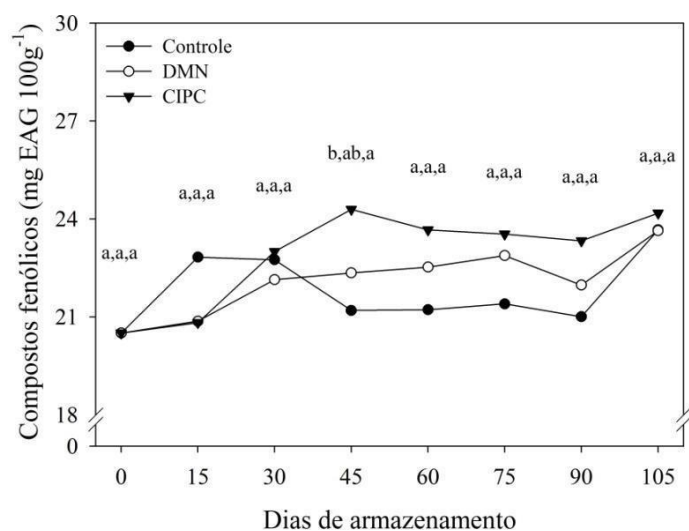
**Figura 6.** Atividade da peroxidase (POD) (A) e polifenoloxidase (PPO) (B) de tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.

A enzima POD é de extrema importância para controle no estresse oxidativo uma vez que, alta taxa de sua atividade pode estar correlacionado a reparos por danos mecânicos, lesões e outros (SUN et al., 2012; YINGSANGA et al., 2008). A atividade da PPO pode estar relacionado como o mecanismo de defesa do tubérculo ao longo do surgimento e crescimento dos brotos (AFIFY, 2012).

Os compostos fenólicos, substratos da POD e PPO, aos 45 dias mostraram-se em quantidades maiores no tratamento com CIPC, 8,01% em relação ao controle e o DMN, os quais foram estatisticamente iguais. Nos demais períodos de armazenamento, o conteúdo de compostos fenólicos não diferiram entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Figura 7).

Os compostos fenólicos são importantes na manutenção da qualidade organoléptica e nutricional de vegetais, além de ser fundamental na defesa de patógenos, escurecimento enzimático e outras condições de estresse (TUCK & HAYBALL, 2002). Quantidades menores desses compostos no tratamento controle no 45º dia pode ser explicado pelo surgimento dos brotos ocorrido em torno do mesmo período. A oxidação dos compostos fenólicos por essa enzima forma coloração mais escura dos palitos pós corte, causando depreciação do produto final pré processado.

Abbasi et al. (2015) tiveram resultados semelhantes, cujo, tubérculos tratados com CIPC continham quantidade maior de compostos fenólicos em relação ao controle devido a sua capacidade de inibir o aparecimento e crescimento dos brotos.



**Figura 7.** Compostos fenólicos totais de tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% probabilidade.

## CONCLUSÃO

O DMN foi efetivo em reduzir a perda de massa, número e crescimento dos brotos em tubérculos de batatas da cultivar Asterix armazenados a 8 °C por 105 dias, semelhante ao inibidor CIPC.

## REFERÊNCIAS

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 anti sprouting agents during storage. **Potato Research**, v. 58, n. 4, p. 361-375, 2015.

AFIFY, A. E. M. M.; EL-BELTAGI, H. S.; ALY, A. A.; EL-ANSARY, A. E. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation as biomarker for potato tuber stored by two essential oils from Caraway and Clove and its main component carvone and eugenol. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 2, p. S772-S780, 2012.

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.

BEVERIDGE, J. L.; DALZIEL, J.; DUNCAN, H. J. Dimethylnaphthalene as a sprout suppressant for seed and ware potatoes. **Potato Research**, v. 24, n. 1, p. 77-88, 1981.

BIANCHI G.; SCALZO RL.; TESTONI A.; MAESTRELLI A. Nondestructive analysis to monitor potato quality during cold storage. **Journal of Food Quality**, v.37, n.1, p. 9-17, 2014.

BURTON WG. The physics and physiology of storage. In *The potato crop 1978* (pp. 545-606). **Springer**, Boston, MA, 1978.

CAMPBELL, M.; ADAMS, R.; DOBRY, E.; DOBSON, K.; STEFANICK, V.; TILL, J. The Sprout Regulating Compound 1, 4-dimethylnaphthalene Exhibits Fungistatic Activity. **Journal of Agronomy Research**, v.1, n.3, p.27, 2019.

CAMPBELL, M. A.; GLEICHNER, A.; HILLDORFER, L. HORVATH, D.; SUTTLE, J. The sprout inhibitor 1, 4-dimethylnaphthalene induces the expression of the cell cycle inhibitors KRP1 and KRP2 in potatoes. **Functional & Integrative Genomics**, v.12, n.3, p. 533-541, 2012.

CAMPBELL, M. A.; GLEICHNER, A.; ALSBURY, R.; HORVATH, D.; SUTTLE, J. The sprout inhibitors chlorpropham and 1,4-dimethylnaphthalene elicit different transcriptional profiles and do not suppress growth through a prolongation of the dormant state. **Plant Molecular Biology**, v. 73, n. 1-2, p. 181-189, 2010

CLASEN M.; STODDARD, T. J.; LUO, S.; DEMOREST, Z. L.; LI, J.; CEDRONE, F.; COFFMAN, A. Improving cold storage and processing traits in potato through targeted gene knockout. **Plant Biotechnology Journal**, v. 14, n. 1, p. 169-176, 2016.

ARAÚJO, P. J.; JIMÉNS, L.; BILHALVA, A.. Efeito do antibrotante cipc no armazenamento de batatas (*Solanum tuberosum*L.). **Current Agricultural Science and Technology**, v. 4, n. 2, 2012.

DEGL'INNOCENTI, E.; PARDOSSI, A.; TOGNONI, F.; GUIDI, L. . Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in 'lettuce', 'escarole 'and 'rocket salad' when stored as fresh-cut products. **Food Chemistry**, v. 104, n. 1, p. 209-215, 2007.

DE WEERD, J. W.; THORNTON, M. K.; SHAFII, B. Sprout suppressing residue levels of 1, 4-dimethylnaphthalene (1,4-DMN) in potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, v. 87, n. 5, p. 434-445, 2010.

EZEKIEL, R.; SINGH, B.; SHARMA, M. L.; GARG, I. D.; KHURANA, S. P. Relationship between weight loss and periderm thickness in potatoes stored at different temperatures. **Potato Journal**, v. 31, p. 135-140, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION -FAO. Crop production data. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: 24 dez. 2019.

FINGER, F. L.; SANTOS, M. M. D. S.; ARAUJO, F. F.; LIMA, P. C. C.; COSTA, L. C. D., FRANÇA, C. D. F. M.; QUEIROZ, M. D. C. Action of Essential Oils on Sprouting of Non-Dormant Potato Tubers. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.61, 2018.

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.

JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPÉIA - JOUE <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0989&from=EN>. Acesso em: 25 de dez. 2019.

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 consumer: developments and future challenges. **Potato Research**, v. 51, n. 3-4, p. 271-281, 2008.

KLEINKOPF, GALE E.; OBERG, NATHAN A.; OLSEN, NORA L. Sprout inhibition in storage: current status, new chemistries and natural compounds. **American Journal of Potato Research**, v. 80, n. 5, p. 317, 2003.

KNOWLES, N. RICHARD; KNOWLES, LISA O.; HAINES, MARGO M. 1, 4-Dimethylnaphthalene treatment of seed potatoes affects tuber size distribution. **American Journal of Potato Research**, v. 82, n. 3, p. 179-190, 2005.

LAGRIMINI, L. M.; GINGAS, V.; FINGER, F. L.; ROTHSTEIN, S.; LIU, T. T. Y. Characterization of antisense transformed plants deficient in the tobacco anionic peroxidase. **Plant Physiology**, v. 114, n. 4, p. 1187-1196, 1997.

LEWIS, M. D.; KLEINKOPF, G. E.; SHETTY, K. K. Dimethylnaphthalene and diisopropylnaphthalene for potato sprout control in storage: 1. Application methodology and efficacy. **American Potato Journal**, v. 74, n. 3, p. 183-197, 1997.

MANEENUAM, T.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. High oxygen levels promote peel spotting in banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 1, p. 128-132, 2007.

MARTH, P. C.; SCHULTZ, E. S. A new sprout inhibitor for potato tubers. **American Journal of Potato Research**, v. 29, n. 11, p. 268-272, 1952.

NASCIMENTO, I. Qualidade e Quantidade são Sinônimos da Bem Brasil Alimentos. **Revista Batata Show**, v,48, n.48, p.23-28, 2017.

NYANKANGA, R. O.; MURIGI, W. W.; SHIBAIRO, S. I.; OLANYA, O. M.; LARKIN, R. P. Effects of foliar and tuber sprout suppressants on storage of ware potatoes under tropical conditions. **American Journal of Potato Research**, v. 95, n. 5, p. 539-548, 2018.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018.

SINGH B; EZEKIEL R. Isopropyl n-(3-chlorophenyl) carbamate (CIPC) residues in potatoes stored in commercial cold stores in India. **Potato research**. Jun 1 v.53, n.2 p.111-20, 2010.

SUN, J.; LI, C.; N. K. PRASAD; YOU, X.; LI, L.; LIAO, F.; PENG, H.; HE. X.; LI, Z.; ZHANG, Y. Membrane deterioration, enzymatic browning and oxidative stress in fresh fruits of three litchi cultivars during six-day storage. **Scientia Horticulturae**, v. 148, p. 97-103, 2012.

TUCK, K. L.; HAYBALL, P. J. Major phenolics compounds in olive oil: metabolism and health effects. **J. The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.13, p. 636-644, 2002.

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

YINGSANGA, P.; SRILAONG, V.; KANLAYANARAT, S.; NOICHINDA, S.; MCGLASSON, W. B. Relationship between browning and related enzymes (PAL, PPO and POD) in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* Linn.) cvs. Rongrien and See-Chompoo. **Postharvest Biology and Technology**, v.50 n.2-3, p. 164-168, 2008.

**ARTIGO 2:****METABOLISMO DE CARBOIDRATOS EM TUBÉRCULOS DE BATATA TRATADOS COM CIPC E 1,4-DMN****RESUMO**

O surgimento de brotos nos tubérculos de batata leva a alterações no metabolismo dos carboidratos e qualidade do produto processado. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as características comportamentais do DMN em relação ao CIPC, no controle das brotações, metabolismo de carboidratos e qualidade da batata cultivar Asterix após a fritura, simulando o processamento industrial na produção de palitos pré-fritos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida, sendo a parcela constituída pelos inibidores de brotação: controle, 1,4-DMN e CIPC e as subparcelas compostas pelo tempo de armazenamento: 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a aplicação dos inibidores, com quatro repetições. O processo de fumigação foi utilizado para aplicação dos tratamentos nos tubérculos e após armazenagem foram realizadas as seguintes análises: incidência de brotação; amido; açúcares solúveis totais, redutores e não redutores e coloração após fritura. O DMN e CIPC mantiveram-se com quantidades de brotos e teores dos açúcares redutores inferiores e com teor de amido e de açúcares não redutores superiores ao controle. Os tubérculos tratados com DMN reduziram a incidência de brotação, a taxa de degradação do amido e obtiveram menores teores de açúcares redutores nos tubérculos da cultivar Asterix, mantendo-os dentro da faixa necessária para o processamento e com respostas semelhantes aos tratados com CIPC.

**Palavras-chave:** Açúcares redutores. Amido. *Solanum tuberosum* L.

## **CARBOHYDRATE METABOLISM IN POTATO TUBERS TREATED WITH CIPC AND 1,4-DMN**

### **ABSTRACT**

The growth of sprouts in potato tubers leads to changes in carbohydrate metabolism, this problem is prevented by the application of sprouting inhibitors. The present work aims to evaluate the behavioral characteristics of DMN in relation to CIPC, in the control of sprouts, carbohydrate metabolism and quality of potato cultivar Asterix after frying, simulating industrial processing in the production of pre-fried sticks. The experimental design used was completely randomized in a split plot scheme, with the plot consisting of sprouting inhibitors: control, 1,4-DMN and CIPC and the subplots composed by the storage time: 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days after the application of the inhibitors, with four repetitions. The fumigation process was used to apply the treatments to the tubers and after storing them, the following analyzes were performed: sprout incidence; starch; total soluble, reducing and non-reducing sugars and coloring after frying. The DMN and CIPC were maintained with lower sprout amounts and lower reducing sugars and higher starch and non-reducing sugars than the control. Tubers treated with DMN reduced the incidence of sprouting, the rate of starch degradation and obtained lower levels of reducing sugars in the tubers of the Asterix cultivar, keeping them within the range required for processing and with responses similar to the tubers treated with CIPC.

**Keywords:** Reducing sugars. Starch. *Solanum tuberosum* L.

## INTRODUÇÃO

O processamento de batatas no Brasil vem aumentando com o passar dos anos, já que está cada vez maior a procura por alimentos de fácil preparo (SILVEIRA et al., 2013). A cultivar Asterix é a mais utilizada no Brasil para processamento em palitos pré-fritos, pois apresenta ótimos teores de matéria seca, qualidade desejada em batatas destinadas á indústrias, entretanto esta cultivar sofre desvantagem na rápida quebra de dormência e consequentemente o surgimento de brotações (BRAUN, 2007).

O surgimento de brotos nos tubérculos de batata leva a alterações no metabolismo como a remobilização do amido e proteínas, perda de água e formação de glicoalcalóides, sendo essas substâncias tóxicas ao organismo humano que são sintetizadas pelos brotos (BÖRNKE et al., 2007; FUKUDA et al., 2019).

O armazenamento a frio é uma das técnicas utilizadas para inibir o crescimento dos brotos, porém pode gerar outro problema conhecido como adoçamento induzido pelo frio, responsável pelo acúmulo de açúcares redutores como glicose e frutose (ZHANG et al., 2014). Esses açúcares podem reagir com aminoácidos livres, durante o processo de fritura dos palitos, e produzir melanoidinas e acrilamida, por uma reação não enzimática chamada reação de Maillard (BOBO-GARCIA et al., 2019). Os subprodutos da reação afetam a qualidade visual e de sabor, levando a rejeição do produto pelos consumidores (ELLIS et al., 2019).

Os inibidores de brotação têm sido utilizados juntamente como a técnica de armazenamento a frio, promovendo de forma sinérgica, maior vida de prateleira as batatas armazenadas para fins de processamento industrial. O isopropenil N(3-clorofenil carbamato) foi o inibidor mais utilizado dentro de quatro décadas seguidas (SORCE et al., 2005), porém está caindo em desuso pelo alto grau de toxidez ao meio ambiente (MOHAMMED et al., 2015) e ao ser humano (ZABRODSKII, 2018). O 1,4- dimetilnaftaleno, DMN, é uma das alternativas que se pode utilizar para substituir o CIPC, sendo este um composto natural e não tóxico (CAMPBELL et al., 2019), porém necessita-se mais estudos para avaliar a forma de atuação do mesmo nos tubérculos.

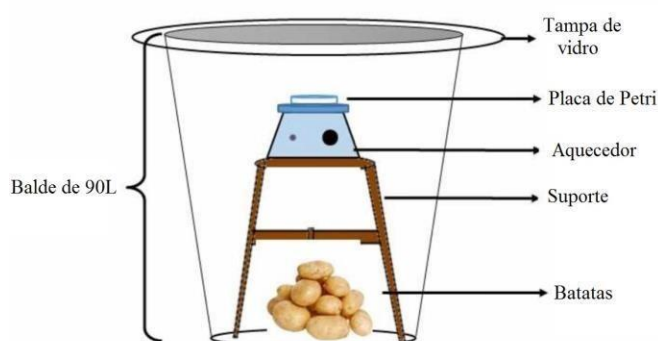
O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características de qualidade dos tubérculos tratados com DMN comparado com CIPC, e sua efetividade no controle das brotações, metabolismo de carboidratos e qualidade visual da batata cultivar Asterix após a fritura, simulando o processamento industrial na produção de palitos pré-fritos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal

As plantas de batata cultivar Asterix foram cultivadas na região de Perdizes-MG, situada a altitude de 1000 metros, latitude 19° 21' 10'' sul e longitude 47° 17' 34' oeste, onde todos os manejos culturais recomendados foram realizados até o ponto de colheita, totalizando um ciclo de 120 dias. Os tubérculos livres de doenças e padronizados quanto ao peso (entre 100 – 200 g) foram transportados em caixas plásticas ao Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Os tubérculos foram tratados com dois diferentes compostos, o 1,4-DMN e CIPC, sendo aplicados por meio de fumigação (Figura 1), de acordo com o método de Vaughn e Spencer (1991). Foram colocados os 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 5 mL de etanol com 20 mg.kg<sup>-1</sup> e 30 mg.kg<sup>-1</sup> do DMN e CIPC, respectivamente de forma que os mesmos foram liberados gradativamente. Após 2 horas, os tubérculos foram retirados dos baldes e retornaram para a câmara fria. Para cada tratamento foram coletadas amostras em oito períodos distintos, antes da aplicação dia 0 e 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a aplicação. Para cada intervalo de tempo avaliado, foram retirados 2 tubérculos de cada repetição por tratamento, para análises destrutivas.



**Figura 1:** Protótipo do processo de fumigação

## **Avaliações**

### **Incidência de brotação**

Em cada unidade experimental foram selecionados e identificados dez tubérculos. Nos tempos de armazenamento foi verificada a presença de brotação, sendo considerados como tubérculos brotados aqueles que apresentavam broto de aproximadamente 3 mm de comprimento.

### **Determinação dos carboidratos**

Nas avaliações dos tempos de armazenamento, foram coletados 5 g de polpa de batata e depositados em frascos com álcool 80% a 65 °C. As amostras foram trituradas com auxílio de um Polítron e vertidas em tubo falcon para centrifugação a 2.000 xg durante 10 minutos, sendo repetido duas vezes e completando-se o volume final do extrato alcoólico para 25 ml. O extrato alcoólico foi armazenado em frascos vedados a uma temperatura de 4 °C para quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores. Por sua vez, o pellet formado durante a centrifugação foi seco em estufa a 70 °C até atingir peso constante e, através da metodologia descrita por Bonte, Picha & Johnson (2000), foram determinados os sólidos insolúveis em álcool (SIA), sendo os resultados expressos em porcentagem.

Para quantificação de açúcares solúveis totais (AST) utilizou-se o método fenolsulfúrico (DUBOIS et al., 1956). A etapa inicial foi determinar a curva padrão utilizando-se uma solução de sacarose a 1%. De cada amostra foram pipetados 250 µL do extrato alcoólico em tubo de ensaio, e adicionados 250 µL de fenol 5%, seguido de agitação em vórtex. Na sequência, foi adicionado 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado, agitando-se novamente e levado a banho-maria durante 20 minutos a 30 °C. Após essa etapa, as amostras foram lidas em espectrofotômetro 490 nm, e os resultados expressos em porcentagem de massa fresca.

Os açúcares redutores (AR) foram quantificados utilizando-se a metodologia do ácido dinitrossalicílico (DNS) (GONÇALVES et al., 2010). A primeira etapa foi a determinação da curva padrão, através da solução padrão de frutose 0,2%. Após o preparo do DNS, foram pipetados no tubo de ensaio 500 µL de reagente e 500 µL do extrato alcoólico, e mergulhados em banho de água fervente e adicionados 4 mL de água destilada em cada tubo, completando-se assim o processo. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados expressos em porcentagem de massa fresca.

Os açúcares não redutores (ANR) foram estimados por uma medida indireta

subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais e expressos em porcentagem de ANR.

### Teor de amido

O resíduo seco a 70°C em estufa foi pesado em balança analítica e macerado até completa homogeneização com almofariz. Desse material retirou-se 100 mg da matéria seca, acrescentando 4ml de HCl a 4%, de cada amostra seguido de incubação a 100°C, por 1 hora. A quantificação foi feita com espectrofotômetro pelo método de DNS (CHAVAN, SAXENA, TIGOTE, 2015).

### Coloração após fritura

Dois tubérculos de cada repetição foram descascados, cortados e selecionados 10 palitos serem fritos em fritadeira elétrica com capacidade para 3 L (Modelo: Ford®) por 3 minutos a 180 °C, utilizando óleo de soja refinado. As notas serão baseadas numa escala de cor para batatas fritas determinada pelo USDA, na qual nota 0 determina colorações mais claras e nota 3 mais escuras (Figura 2).



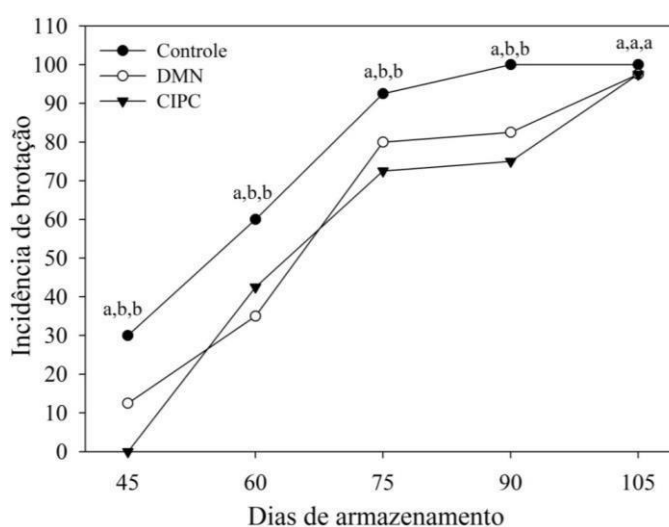
**Figura 2.** Escala de cor (00, 0, 1, 2 e 3) para batatas fritas determinada pelo USDA.

### Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas os compostos DMN e CIPC e nas subparcelas os 8 tempos de observação. O experimento foi composto de quatro repetições por tratamento e os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa R Core Team versão 3.4.4 adotando-se um  $\alpha$  de até 0,05 (R CORE TEAM, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incidência de brotações nos tubérculos submetidos ao tratamento com inibidor DMN foi menor que nos tubérculos do tratamento controle em 41,67%, 41,67%, 13,52% e 17,5% aos 45, 60, 75 e 90, respectivamente, após aplicação do produto. O DMN teve comportamento estatisticamente igual ao CIPC entre os 45 e 90 dias de armazenamento ( $p < 0,05$ ) (Figura 3). No 105º dia, os tratamentos não diferiram entre si no quesito incidência de brotações dos tubérculos, indicando o fim da dormência natural dos tubérculos.



**Figura 3.** Incidência de brotação em tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.

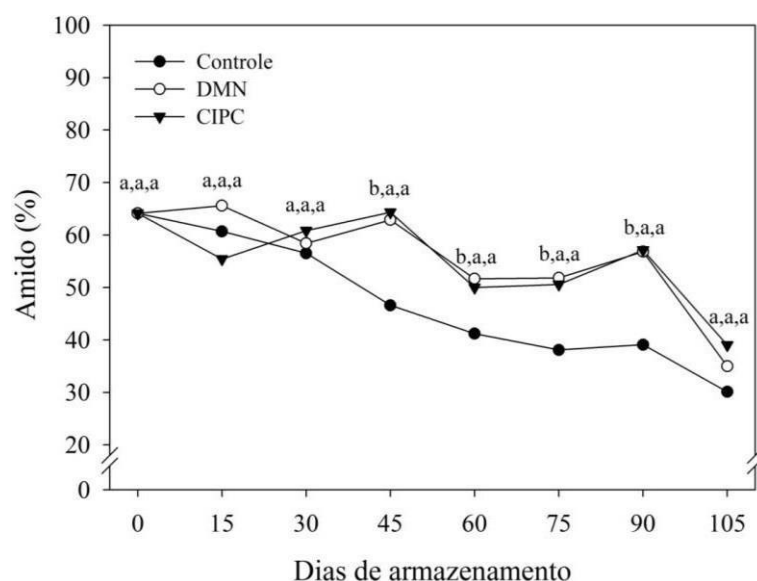
A dormência da batata é uma adaptação fisiológica, gerenciada por mecanismos genéticos e ambientais, pela qual os meristemas desse vegetal se mantêm quando não há condições ótimas para o desenvolvimento dos brotos, e o restante do tubérculo é capaz de continuar metabolicamente ativo (SONNEWALD, 2001; VIOLA et al., 2007)

A quebra da dormência e posterior surgimento dos brotos é uma das principais causas de perdas no decorrer do armazenamento, diminuindo a qualidade dos tubérculos a fins de comercialização e processamento, ocasionado pela perda de água e remobilização do amido (SONNEWALD & SONNEWALD, 2014). Após esse período, o tubérculo se torna um órgão

fonte e assim sofre alterações metabólicas e ativação de genes específicos a fim de visar o crescimento dos brotos (HARTMANN et al., 2011).

Dentre essas modificações ocorre a degradação do amido como forma de gerar substrato, açúcares, para o desenvolvimentos das brotações, cujo foi notificado por trabalhos como Hajirezaei et al. (2003) e Biemelt et al. (2000) que notaram quedas nos teores de amido durante o armazenamento e início das brotações.

Houve decréscimo no teor de amido com o passar dos dias de avaliação em todos os tratamentos. Do 45° dia até o 90°, o inibidor DMN manteve o teor de amido superior ao controle, diferindo do mesmo, porem estatisticamente igual ao CIPC. Aos 105° dia de armazenamnto, os três tratamentos tiveram a mesmo teor de amido ( $p < 0,05$ ) (Figura 4), coincidindo com o final da dormencia natural dos tuberculos. Os dados das Figuras 3 e 4 mostram que existe uma relação direta na degradação do amido com o aumento da incidência de brotação no controle, inferindo que o surgimento das brotações levam a remobilização do amido.



**Figura 4.** Teor de amido em tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% probabilidade.

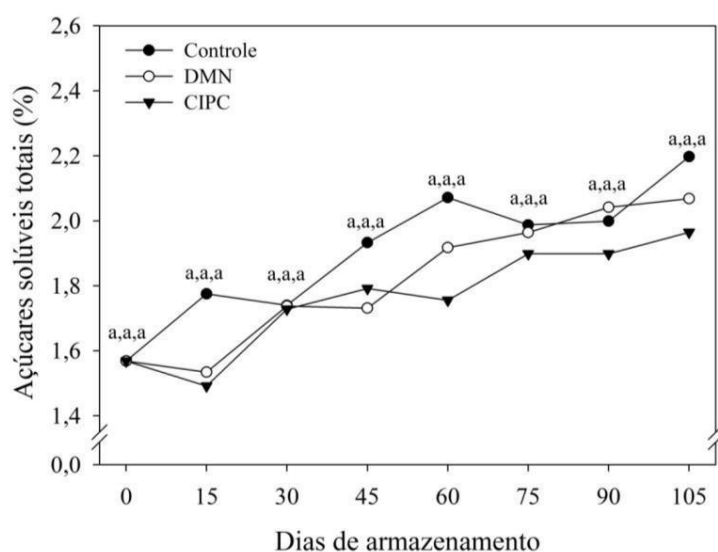
Sabe-se que ocorre aumento das atividades das enzimas hidrolíticas do amido após a quebra da dormência seguida do aparecimento das brotações (HAJIREZAEI et al., 1999; ZHANG et al., 2014). Nos tratamentos com CIPC e DMN, o amido se manteve nas faixas 55-64% e 59-65%, respectivamente, no período de 0 a 45 dias após a aplicação dos anti-

brotantes, ou seja, antes da quebra da dormência. Nos 60 a 105 dias, esses mesmos tratamentos obtiveram teores em torno de 39-57% e 35-56% período correspondente ao surgimento e crescimento das brotações.

Autores como Burton (1989) e Eppendorfer, Eggum (1994) demonstraram que os tubérculos são compostos em média por 65-75%, 59-74%, respectivamente de amido na matéria seca, sendo que esse é conteúdo essencial para manter a qualidade do tubérculo afim de processamento industrial, portanto quanto maior a quantidade desse componente no tubérculo melhor será o resultado do produto final. Sendo assim, podemos inferir que os inibidores utilizados no presente trabalho mostraram-se eficientes na manutenção do teor de amido até os 45 dias de avaliação, pois após esse período há início das brotações e a possível remobilização do amido.

A quebra do amido diminui a quantidade de matéria seca dos tubérculos afetando negativamente a qualidade do produto frito (BISOGNIN et al., 2008), pois quanto menor o teor de amido do tubérculo, mais gordura será absorvida na fritura, e em consequência menor crocância nos palitos, levando a rejeição do consumidor ao produto final (TALBURT, 1987).

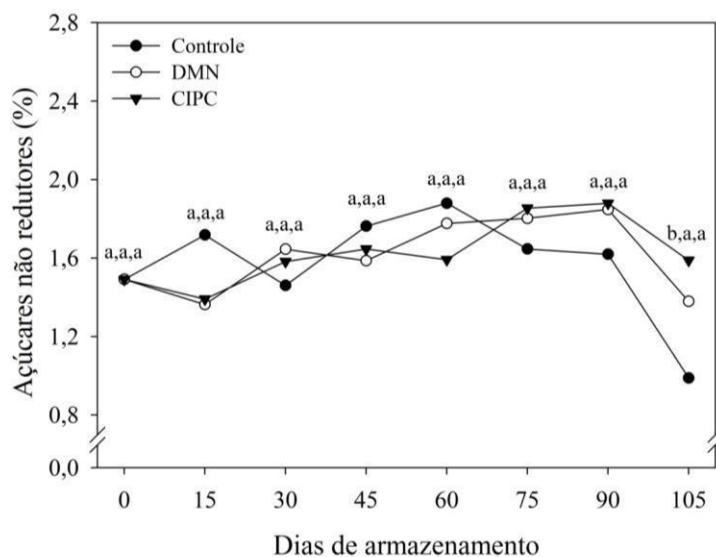
Os açúcares solúveis totais não diferiram entre si dentro dos tratamentos ao longo do armazenamento, porém mantiveram o comportamento de crescimento contínuo até os 105 dias de armazenamento ( $p > 0,05$ ) (Figura 5). Os resultados do trabalho de Chapper et al. (2002) corroboram com os apresentados no presente estudo, validando o aumento dos AST após 40 dias de armazenamento a 2 °C, para as cultivares Pérola e Atlantic.



**Figura 5.** Teor de açúcares solúveis totais em tubérculos de batata cultivar Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.

Os açúcares totais são compostos açúcares não redutores (ANR), sacarose, e açúcares redutores (AR), glicose e frutose. Com o armazenamento a baixas temperaturas a atividade metabólica dos tubérculos fica comprometida e a utilização dos açúcares diminui proporcionalmente levando assim ao seu acúmulo (KNOWLES et al., 2009). Bervalde et al. (2010) relataram que batatas de diferentes genótipos acumularam quantidades maiores de açúcares totais quando armazenadas a 4 °C quando comparadas aquelas armazenadas a 20 °C, demonstrando as conseqüências de baixas temperaturas no acúmulo dos açúcares.

O teor de açúcares não redutores diferiram entre os tratamentos somente no 105º dia de avaliação, cujo tratamento com DMN foi 37,83% estatisticamente superior ao controle, e, o tratamento com DMN foi estatisticamente igual ao CIPC ( $p < 0,05$ ) (Figura 6).

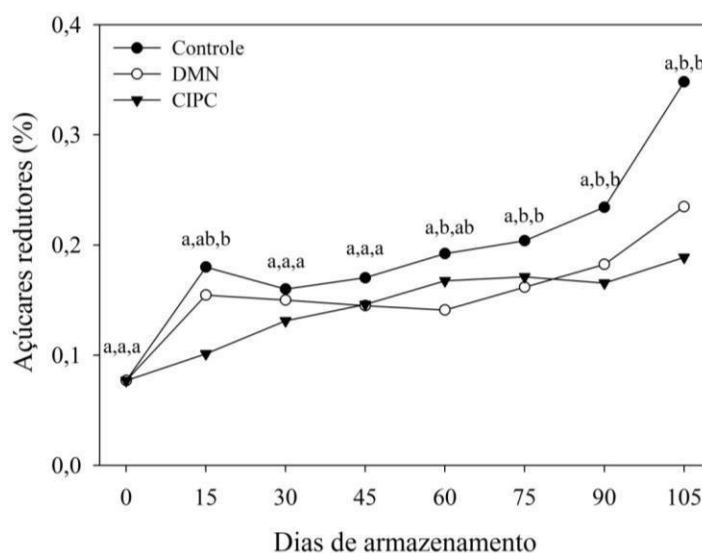


**Figura 6.** Teor de açúcares não redutores em tubérculos de batata cv. Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% probabilidade.

A sacarose é o principal carboidrato translocado em vegetais que desempenha importantes funções metabólicas e é o maior componente do grupo de açúcares não redutores, sendo assim a sua presença não compromete a estabilidade e estrutura celular podendo ser armazenado ou transportado sem danos (CHOUREY, 1995). Após a quebra da dormência, o amido é hidrolisado produzindo a sacarose na qual é transportada pelo floema em direção aos brotos recém formados (FARRE et al., 2001). Teores mais elevados de ANR encontrado no 105° dia de armazenamento, nos tratamentos CIPC e DMN, mostram que houve retardamento da mobilização da sacarose para o crescimento dos brotos.

De acordo com a necessidade de energia dos brotos, a sacarose é hidrolisada em duas unidades de monossacarídeos, glicose e frutose (AR), pois são as formas de carboidratos prontamente utilizáveis na rota glicolítica (TAIZ et al., 2017).

Os açúcares redutores do tratamento DMN, quantificados no 15° dia, foi estatisticamente igual ao controle e ao CIPC e, após esse período, até o 45° dia não houve mais alterações entre os tratamentos. Nos dias 60, 75, 90 e 105, após a aplicação dos anti-brotantes, o tratamento com DMN teve uma queda nos teores de AR ficando 26,59%; 20,66%; 22,15%; 26,15% menor que encontrado nos tubérculos do o controle e estatisticamente igual ao CIPC ( $p < 0,05$ ) (Figura 7).



**Figura 7.** Teor de açúcares redutores em tubérculos de batata cv. Asterix em função da aplicação de inibidores de brotação e do tempo de armazenamento a 8 °C. Tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade

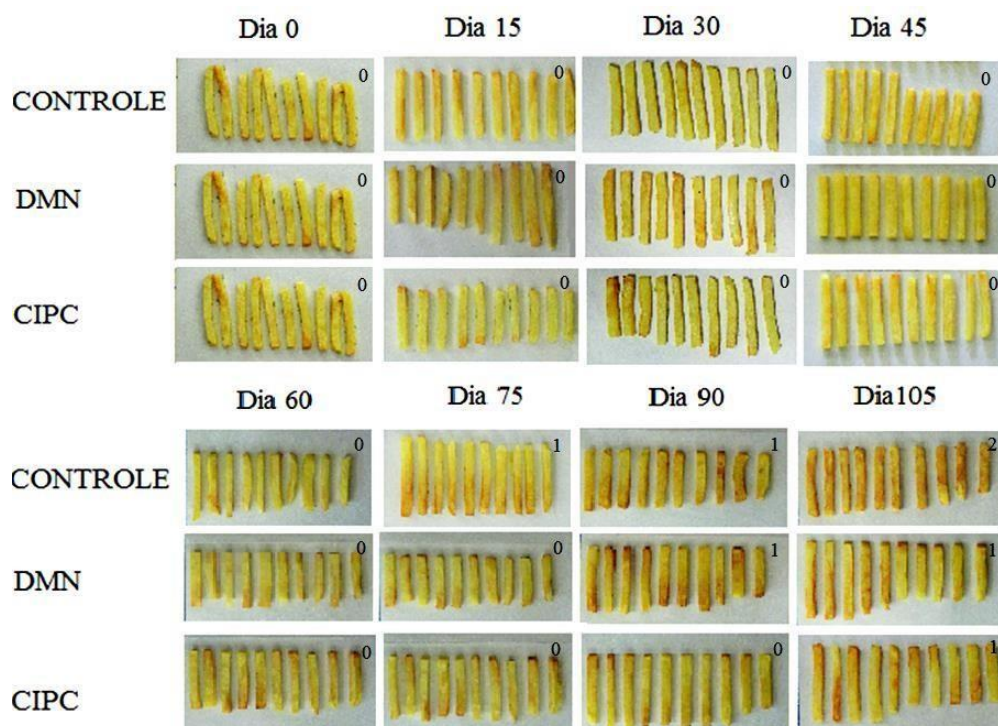
Como o armazenamento refrigerado diminui o metabolismo do tubérculo e consequentemente a respiração, há proporcionalmente a queda no consumo dos substratos que movem a via respiratória, AR, ocorrendo, portanto o acúmulo dos mesmos (CHAPPER et al., 2004). Esse fenômeno é conhecido como adoçamento da batata induzido pelo frio, que reduz a qualidade dos tubérculos, principalmente aos direcionados ao processamento para palitos pré fritos (SONNEWALD, 2001).

Os açúcares redutores podem reagir com o grupamento  $\alpha$ -amino dos aminoácidos contidos nos tubérculos durante o processo de fritura, gerando com produto duas substâncias indesejáveis, melanoidinas e a acrilamida, processo esse descrito como Reação de Maillard, reação não enzimática (MOTTRAS et al., 2002). As melanoidinas são substâncias de coloração escuras que afetam a qualidade visual dos palitos (SHALLENBERGE et al., 1959) e a acrilamida é uma neurotoxina inodora, incolor, que gera sabor amargo e com muitos relatos de causadora de câncer em humanos (HOGERVORST et al., 2007)

Para evitar os problemas anteriormente descritos, Silva e Carvalho (2015) descrevem que os teores de açúcares redutores não podem ultrapassar 0,3% para manter uma colocação a nível aceitável aos consumidores. Sendo assim, nesse presente estudo, somente os tubérculos do tratamento controle no 105º dia apresentaram-se inapropriado para o processamento, com 0,348% de AR.

Foram atribuídas notas, como pode ser observado na Figura 8, de acordo com o grau de coloração dos palitos. Os palitos do tratamento com inibidor DMN, entre o dia 0 ao 75, não obtiveram escurecimento evidente, matendo-se com nota 0, como os do tratamento CIPC. Com 90 dias após primeira aplicação, o DMN começou a apresentar escurecimento nos palitos como o controle, notas 1, e diferentemente ao CIPC, nota 0 e no 105º dia o tratamento controle aumentou a nota para 2 e os demais mantiveram em 1.

No dias 75, 90 e 105 após aplicação dos produtos, os tratamentos DMN e CIPC inibiram a incidência de brotações (Figura 3) e mantiveram elevados os teores de amido (Figura 4) em relação ao controle, com menores quantidades de açúcares redutores e resultando em melhor aparência dos palitos após a fritura com coloração mais clara (Figura 8).



**Figura 8.** Análise visual e notas quanto ao escurecimento após a fritura (180° por 3 minutos) dos palitos da batata cultivas Asterix ao longo do tempo de armazenamento em função dos inibidores de brotação aplicados.

## CONCLUSÃO

Os tubérculos tratados com DMN reduziu a incidência de brotação, a taxa de degradação do amido e apresentaram menores teores de açúcares redutores nos tubérculos cultivar Asterix, mantendo-os dentro da faixa necessária para o processamento de fritura, assim como os tubérculos tratados com inibidor CIPC.

## REFERÊNCIAS

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

BIEMELT, S.; HAJIREZAEI, M.; HENTSCHEL, E.; SONNEWALD, U. Comparative analysis of abscisic acid content and starch degradation during storage of tubers harvested from different potato varieties. **Potato Research**, v.43, n.4, p.371-382,2010.

BISOGNIN, D. A.; MÜLLER, D. R.; STRECK, N. A.; ANDRIOLO, J. L.; SAUSEN, D. Development and yield of potato clones during spring and autumn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.6, p.699-705, 2008.

BOBO-GARCÍA, G.; ARROQUI, C.; MERINO, G.; VÍRSEDA, P.. Antibrowning Compounds for Minimally Processed Potatoes: A Review. **Food Reviews International**, p.1-18, 2019.

BÖRNKE, FREDERIK; HAJIREZAEI, MOHAMMAD; SONNEWALD, UWE. Potato tubers as bioreactors for palatinose production. **Journal of Biotechnology**, v. 96, n. 1, p. 119-124, 2007.

BRAUN, H. Qualidade pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata influenciada por doses de nitrogênio. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAMPBELL, M.; ADAMS, R.; DOBRY, E.; DOBSON, K.; STEFANICK, V.; TILL, J. The Sprout Regulating Compound 1, 4-dimethylnaphthalene Exhibits Fungistatic Activity. **Journal of Agronomy Research**, v.1, n.3, p.27, 2019.

CHAPPER, M.; BACARIN, M. A.; PEREIRA, A. D. S.; LOPES, N. F. Amylolytic and an acid soluble invertase activities in potato tubers stored under two temperature conditions. **Horticultura Brasileira**, v.1, n.3, p.597-601, 2004.

CHAVAN, RAM; SAXENA, KUNJAN; TIGOTE, DHANANJAY. Optimization of acid hydrolysis process for free glucose recovery from starch. **International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology**, v.2, n.12, 2015.

CHOUREY, PREM S. Genetic aspects of sucrose-metabolizing enzymes in developing maize seed. In" Carbon Partitioning and Sink-Source Interactions in Plants. **American Society Plant Physiol.**, p. 239-245, 1995.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

ELLIS, G. D.; KNOWLES, L. O.; KNOWLES, N. R. Respiratory and low-temperature sweetening responses of fresh-cut potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers to low oxygen. **Postharvest Biology and Technology**, 156, 110937, 2019.

FARRÉ, E. M.; BACHMANN, A.; WILLMITZER, L.; TRETHERWEY, R. N. Acceleration of potato tuber sprouting by the expression of a bacterial pyrophosphatase. **Nature**

**Biotechnology**, v.19, n.3, p.268-272,2001.

FUKUDA, T.; TAKAMATSU, K.; BAMBA, T.; FUKUSAKI, E.. Gas chromatography-mass spectrometry metabolomics-based prediction of potato tuber sprouting during long-term storage. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v.128, n.2, p.249-254,2019.

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, n. 12, p. 2046-2048, 2010.

HAJIREZAEI, M. R.; BOÈRNKE, F.; PEISKER, M.; TAKAHATA, Y.; LERCHL, J.; KIRAKOSYAN, A.; SONNEWALD, U. Decreased sucrose content triggers starch breakdown and respiration in stored potato tubers (*Solanum tuberosum*). **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.382, p.477-488, 2003.

HAJIREZAEI; MOHAMAD; SONNEWALD; UWE. Inhibition of potato tuber sprouting: low levels of cytosolic pyrophosphate lead to non-sprouting tubers harvested from transgenic potato plants. **Potato Research**, v.42, n.2, p.353-372,1999.

HARTMANN, A.; SENNING, M.; HEDDEN, P.; SONNEWALD, U.; SONNEWALD, S. Reactivation of meristem activity and sprout growth in potato tubers require both cytokinin and gibberellin. **Plant Physiology**, v.155, n.2, p.776-796, 2011.

HOGERVORST, J. G.; SCHOUTEN, L. J.; KONINGS, E. J.; GOLDBOHM, R. A.; VAN DEN BRANDT, P. A. A prospective study of dietary acrylamide intake and the risk of endometrial, ovarian, and breast cancer. **Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers**, v.16, n.11, p. 2304-2313, 2007.

KNOWLES, N.; RICHARD; DRISKILL JR; EDWARD P.; KNOWLES; LISA O. Sweetening responses of potato tubers of different maturity to conventional and non-conventional storage temperature regimes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, n. 1, p. 49-61, 2009.

MOHAMMED, N. M. S., FLOWERS, T. H., & DUNCAN, H. J. HPLC-UV method for analysis of potato sprout inhibitor chloroprotham and its metabolite 3-chloroaniline in potatoes. **IOSR J Environ Sci, Toxicology Food Technol**, v.9, p. 78-85, 2015.

MOTTRAM, D. S.; WEDZICHA, B. L.; DODSON, A. T. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. **Nature**, v.419, n.6906, p. 448-449, 2002.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F. Industrialização. In: Sistema de Produção da Batata. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 8 ISSN 1678-880x 8. 252 p. 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028425/1/SistemadeProducaodaBatata.pdf>> Acesso em 15 de jan. de 2020.

SILVEIRA, J.; GALESKAS, H.; TAPETTI, R.; LOURENCINI, I. . Quem é o consumidor brasileiro de frutas e hortaliças? **Hortifruti Brasil**, p.8-23, 2011. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/103/mat\\_capa.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/103/mat_capa.pdf)>. Acesso em: 22 dez,

2019.

SHALLENBERGER, R. S.; SMITH, ORA; TREADWAY, R. H. Food color changes, role of the sugars in the browning reaction in potato chips. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 7, n. 4, p. 274-277, 1959.

SONNEWALD, U. Control of potato tuber sprouting. **Trends in Plant Science**, v.6, n.8, p. 333-335, 2001.

SONNEWALD, S.; SONNEWALD, U.. Regulation of potato tuber sprouting. **Planta**, v. 239, n. 1, p. 27-38, 2014.

SORCE, C.; LORENZI, R.; PARISI, B.; RANALLI, P. Physiological mechanisms involved in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber dormancy and the control of sprouting by chemical suppressants, **Acta Horticulturae** (ISHS) 684:177–186,2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. ArtmedEditora, 2017.

TALBURT, W.F.Potato Processing. **AVI Publisher Co.**, USA., pp: 19-37, 1987.

VIOLA, R.; PELLOUX, J.; VAN DER PLOEG, A.; GILLESPIE, T.; MARQUIS, N., ROBERTS. A. G.; HANCOCK, R. D. Symplastic connection is required for bud outgrowth following dormancy in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. **Plant, Cell & Environment**, v.30, n.8, p. 973-983, 2007.

ZABRODSKII, P. F. The Effect of Chronic Intoxication with 2-Chloroethanol on Immune Responses, Function of Th1 and Th2 Lymphocytes and Blood Cytokine Concentrations. **Pharm Pharmacol Int J**, v.6, n.2, p.00151, 2018.

ZHANG, H., HOU, J., LIU, J., XIE, C., SONG, B. Amylase analysis in potato starch degradation during cold storage and sprouting. **Potato Research**, v.57, n.1, p. 47-58, 2014.

## CONCLUSÃO GERAL

Os tubérculos tratados com DMN obtiveram menor perda de massa, número e crescimento dos brotos, reduziu a incidência de brotação, a taxa de degradação do amido e apresentaram menores teores de açúcares redutores nos tubérculos cultivar Asterix, armazenados a 8°C por 105 dias, mantendo-os com qualidade para o processamento de fritura, assim como os tubérculos tratados com inibidor CIPC.