



Universidade Federal  
de São João del-Rei

**LORRAINE MOREIRA DOS REIS**

**EFEITOS DA OZONIZAÇÃO DE CASCAS DE BATATA-INGLESA NA  
REDUÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS E PROCESSAMENTO  
DE FARINHA PARA PRODUÇÃO DE BISCOITOS**

**SETE LAGOAS  
2024**

**LORRAINE MOREIRA DOS REIS**

**EFEITOS DA OZONIZAÇÃO DE CASCAS DE BATATA-INGLESA NA  
REDUÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS E PROCESSAMENTO  
DE FARINHA PARA PRODUÇÃO DE BISCOITOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lanamar de Almeida Carlos  
Coorientador: Prof. Dr. Felipe Machado Trombete

**SETE LAGOAS  
2024**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R375e Reis, Lorraine Moreira dos.  
EFEITOS DA OZONIZAÇÃO DE CASCA DE BATATA NA  
REDUÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS E PROCESSAMENTO DE  
FARINHA PARA PRODUÇÃO DE BISCOITOS / Lorraine  
Moreira dos Reis ; orientadora Lanamar de Almeida  
Carlos; coorientador Felipe Machado Trombete. -- Sete  
Lagoas, 2024.  
57 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Agrárias) -- Universidade Federal de São João  
del-Rei, 2024.

1. Solanum tuberosum L.. 2. Pesticidas. 3.  
Resíduos agroindustriais. 4. Biscoitos. 5. RVA. I.  
Carlos, Lanamar de Almeida, orient. II. Trombete,  
Felipe Machado, co-orient. III. Título.

**LORRAINE MOREIRA DOS REIS**

**EFEITOS DA OZONIZAÇÃO DE CASCAS DE BATATA-INGLESA NA  
REDUÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS E PROCESSAMENTO  
DE FARINHA PARA PRODUÇÃO DE BISCOITOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lanamar de Almeida Carlos  
Coorientador: Prof. Dr. Felipe Machado Trombete

Sete Lagoas, 23 de fevereiro de 2024.

Banca examinadora:

Dr<sup>a</sup>. Renata Regina Pereira da Conceição – UFMG

Prof. Dr. Christiano Vieira Pires – UFSJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lanamar de Almeida Carlos - UFSJ  
Orientadora

## SUMÁRIO

RESUMO.....	II
ABSTRACT .....	III
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS .....	4
ARTIGO 1 - EFEITOS DA OZONIZAÇÃO NOS NÍVEIS DE AGROTÓXICOS E OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE CASCAS DE BATATA- INGLESA .....	6
Resumo .....	6
Abstract.....	6
Introdução .....	8
Materiais e Métodos .....	10
Resultados e Discussão.....	15
Conclusão .....	31
Agradecimentos .....	31
Referências .....	32
ARTIGO 2 - DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO POR FARINHA DE CASCAS DE BATATA-INGLESA .....	39
Resumo .....	39
Abstract.....	39
Introdução .....	40
Materiais e Métodos .....	41
Resultados e Discussão.....	43
Conclusão .....	48
Agradecimentos .....	48
Referências .....	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50

## EFEITOS DA OZONIZAÇÃO DE CASCAS DE BATATA-INGLESA NA REDUÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS E PROCESSAMENTO DE FARINHA PARA PRODUÇÃO DE BISCOITOS

**RESUMO** - Durante o processamento industrial de batata-inglesa (*Solanum tuberosum* L.), as suas cascas normalmente são descartadas, gerando impactos negativos financeiro e ambiental. Porém, estas cascas podem ser aproveitadas através da obtenção de sua farinha, que pode ser destinada à produção de alimentos, como por exemplo, produtos da panificação. A ozonização é capaz de reduzir a carga residual de agrotóxicos que ficam na casca dos vegetais, além de reduzir contaminações microbiológicas, podendo ser uma alternativa ao método convencional de cloração, evitando a geração de subprodutos tóxicos. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos: 1 - Avaliar a influência do processo de ozonização, de cloração e do branqueamento das cascas de batata-inglesa, em função dos resíduos de agrotóxicos e das características físico-químicas e microbiológicas, dos compostos fenólicos, da atividade antioxidante; 2 - Produzir uma farinha das cascas de batata-inglesa, com potencial para uso na indústria de alimentos, e a partir dela, desenvolver biscoitos tipo *cookie*. No experimento foi utilizado um delineamento composto central rotacional (DCCR), 2<sup>2</sup>, com 11 ensaios, variando a concentração de ácido cítrico e o tempo de exposição do ozônio. Também foi avaliada a influência da cloração e do branqueamento das cascas na qualidade da farinha produzida. Foram quantificados 10 resíduos de agrotóxicos e avaliada a influência da ozonização sobre os níveis desses. A farinha da batata-inglesa obtida, foi analisada quanto: às propriedades de pasta, à atividade antioxidante, aos compostos fenólicos totais, aos fungos, aos mesófilos aeróbios totais, ao índice de solubilidade de água (ISA), ao índice de absorção de água (IAA), ao índice de absorção de óleo (IAO), à cor instrumental (L\*, a\* e b\*) e à composição centesimal. A partir dessa farinha, foram elaborados biscoitos tipo *cookie*, com substituição da farinha de trigo em 12,5% (F12,5) e em 25% (F25), e estes foram caracterizados quanto à umidade, à atividade antioxidante, a fenólicos, à textura instrumental, à espessura, a volume específico, a diâmetro, à atividade de água e à cor instrumental (L\*, a\*, b\* e RGB). Os resultados alcançados foram analisados pela ANOVA e a comparação das médias foi realizada por Teste de Tukey, a nível de 5% de significância. A ozonização reduziu a maioria dos pesticidas testados, atingindo degradação maior que 60% para o fungicida clorpirifós. Não houve influência significativa da ozonização e da concentração de ácido cítrico para as variáveis estudadas, apresentando baixa correlação (R<sup>2</sup>=53%). Porém, o uso do ácido cítrico foi capaz de garantir maior luminosidade (72,4) para a farinha das cascas de batata-inglesa. A cloração seguida do branqueamento diminuiu (p<0,05) os teores de compostos fenólicos e a atividade antioxidante das amostras. A ozonização e a cloração reduziram a carga microbiana em relação ao controle (p<0,05). A temperatura da pasta (Ptemp) da farinha das cascas de batata-inglesa foi de 73,13 °C. Os tratamentos T2, T8, T9, T10, após a ozonização combinada com ácido cítrico, causaram reduções significativas (p<0,05) na Ptemp do amido, contido nas cascas de batata-inglesa, demonstrando que menos energia foi necessária para conduzir o poder de intumescimento dos grânulos de amido, aumentando a viscosidade devido à maior oxidação, tornando assim, o amido mais solúvel em água fria. Desta forma, concluiu-se que a ozonização pode ser utilizada para a redução de resíduos de agrotóxicos de cascas de batata inglesa, destinadas à produção de farinha. Esta farinha pode ser aplicada na produção de biscoitos, e possui potencial para ser utilizada em diferentes formulações da indústria de panificação.

**Palavras – chave:** *Solanum tuberosum* L. Pesticidas. Resíduos agroindustriais. Biscoitos.

## EFFECTS OF OZONATION OF POTATO PEELS ON THE REDUCTION OF PESTICIDE RESIDUES AND FLOUR PROCESSING FOR BISCUIT PRODUCTION

**ABSTRACT** - During the industrial processing of potatoes (*Solanum tuberosum* L.), their skins are usually discarded, generating negative financial and environmental impacts. However, these shells can be used to obtain their flour, which can be used for food production, such as bakery products. Ozonation is capable of reducing the residual load of pesticides that remain in the peel of vegetables, in addition to reducing microbiological contamination, and can be an alternative to the conventional chlorination method, avoiding the generation of toxic by-products. In view of the above, this study had the following objectives: 1 - To evaluate the influence of the process of ozonation, chlorination and bleaching of potato peels, as a function of pesticide residues and physicochemical and microbiological characteristics, phenolic compounds, antioxidant activity; 2 - Produce a flour from potato peels, with potential for use in the food industry, and from it, develop cookie-type biscuits. In the experiment, a 2<sup>2</sup> rotational central composite design (DCCR) was used, with 11 assays, varying the concentration of citric acid and the time of exposure to ozone. The influence of chlorination and bleaching of the peels on the quality of the flour produced was also evaluated. A total of 10 pesticide residues were quantified and the influence of ozonation on pesticide levels was evaluated. The potato flour obtained was analyzed for the following characteristics: paste properties, antioxidant activity, total phenolic compounds, fungi, total aerobic mesophiles, water solubility index (ISA), water absorption index (IAA), oil absorption index (AMI), instrumental color (L\*, a\* and b\*) and centesimal composition. From this flour, biscuits were elaborated, with substitution of wheat flour in 12.5% (F12.5) and 25% (F25), and these were characterized for moisture, antioxidant activity, phenolics, instrumental texture, thickness, specific volume, diameter, water activity and instrumental color (L\*, a\*, b\* and RGB). The results achieved were analyzed by ANOVA and the comparison of the means was performed by Tukey's test, at a level of 5% significance. Ozonation reduced most of the pesticides tested, reaching degradation greater than 60% for the fungicide chlorpyrifos. There was no significant influence of ozonation and citric acid concentration for the variables studied, with a low correlation (R<sup>2</sup>=53%). However, the use of citric acid was able to ensure greater luminosity (72.4) for the flour of the potato peels. Chlorination followed by bleaching decreased (p<0.05) the levels of phenolic compounds and the antioxidant activity of the samples. Ozonation and chlorination reduced the microbial load relative to the control (p<0.05). The temperature of the paste (Ptemp) of the flour of the potato peels was 73.13 °C. The treatments T2, T8, T9, T10, after ozonation combined with citric acid, caused significant reductions (p<0.05) in the Ptemp of the starch contained in the potato skins, demonstrating that less energy was required to conduct the swelling power of the starch granules, increasing the viscosity due to greater oxidation, thus making the starch more soluble in cold water. Thus, it was concluded that ozonation can be used to reduce pesticide residues from potato peels for flour production. This flour can be applied in the production of biscuits, and has the potential to be used in different formulations in the bakery industry.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L. Pesticides. Agro-industrial wast. Cookies.

## INTRODUÇÃO GERAL

A cultura de batata-inglesa (*Solanum tuberosum* L.) no Brasil tem grande importância econômica, pois gera renda e empregos, em função da área cultivada e da produção. Em 2023, a área plantada no Brasil chegou a 123 mil hectares, com produção superior a 4 milhões de toneladas anual, valor maior que nos últimos 10 anos. Em relação à produção, Minas Gerais destacou-se no cenário nacional em 2023, ficando em primeiro lugar, com aproximadamente 1,4 milhão de toneladas (34,3% da produção nacional anual). (SEAPA, 2023).

Segundo a EMBRAPA (2015), a batata-inglesa é composta por 80% de água, 16% de carboidrato, principalmente amido, sendo 0,1 a 0,7% de açúcares simples, como glicose, frutose e sacarose. Seguindo dos carboidratos, as proteínas são os nutrientes mais encontrados, com aproximadamente 2% na sua composição. Esse tubérculo também possui de 1 a 2% da fibra que está contida na casca, sendo também boa fonte de vitamina C e de algumas vitaminas do complexo B, como tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (B5), além de conter: ferro, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, zinco e baixo conteúdo de sódio. Isso faz da casca de batata-inglesa um subproduto com grande potencial para aproveitamento (BACHIR et al, 2022).

Estas cascas podem ser utilizadas para produção de adubo, a partir do processo denominado de compostagem. Além disso, há alternativa potencial para aproveitamento das cascas de batata-inglesa provenientes do processamento industrial, consistindo na produção de farinha, que podem ser utilizadas na panificação, por exemplo (FERNANDES et al., 2018; FERREIRA e PERAZZINI, 2017).

O descarte de resíduos agroindustriais também gera danos econômicos por vários motivos, e entre eles pode-se citar: prejuízos financeiros ou reparo da degradação ambiental, problemas de saúde causados pela contaminação do solo e dos corpos hídricos (VIANA e CRUZ, 2016).

Em 2015, foi estabelecida na Cúpula das Nações Unidas, a Agenda 2030, composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), desdobrados em 169 metas, objetivando um crescimento global sustentável até 2030. Os ODS são todos interconectados e dois deles tem relação direta com o setor agroalimentar, pois envolve as seguintes metas: acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável. É quase impossível que estes objetivos se cumpram sem que sejam estudadas formas de atingir a sustentabilidade na produção de alimentos, incluindo o aproveitamento integral (UNODC, 2015).

Para a utilização de resíduos, como as cascas de batata-inglesa, é necessário a sanitização das mesmas. Em geral, as indústrias têm utilizado o cloro como sanitizante devido à facilidade de aplicação e de monitoramento, além do baixo custo. No entanto, nos últimos anos tem havido certa preocupação quanto ao uso do hipoclorito e dos demais sais de cloro, pois eles são considerados precursores na formação de subprodutos, como os compostos organoclorados, os trihalometanos (THMs) e os ácidos haloacéticos, os quais são prejudiciais à saúde devido ao seu alto potencial tóxico e carcinogênico. Em função dessas preocupações, as pesquisas de novos agentes sanitizantes de alimentos, que não gerem resíduos, estão sendo aceleradas. (JACQUES et al., 2015; COELHO et al., 2015).

Uma das alternativas de aumentar a segurança dos alimentos, e de reduzir as contaminações microbiológicas e químicas, é através da ozonização. A aplicação do ozônio (O<sub>3</sub>), denominado ozonização, é uma tecnologia ainda considerada emergente, que tem sido investigada em virtude da sua alta capacidade oxidante, podendo ser utilizada para: prevenir, reduzir ou eliminar a contaminação dos alimentos. Além disso, é um método não térmico interessante, e com alta eficácia para a descontaminação de resíduos de pesticidas e de micotoxinas, em diferentes tipos de alimentos (GIBSON et al., 2019; TROMBETE et al., 2016).

A cultura da batata-inglesa, como qualquer outra cultura vegetal, está sujeita ao ataque de diferentes pragas e doenças, principalmente por causa das condições edafoclimáticas e da biodiversidade do país (TALBURT e SMITH, 2018). Frente a isso, para obter tubérculos com qualidade e que sejam adequados ao processamento industrial e ao consumo, diversos tratamentos culturais são empregados durante a condução da cultura, bem como o controle fitossanitário, através da aplicação de defensivos, para controle de doenças e de pragas (SALAS e TOFOLI, 2017).

Narenderan et al. (2020), citam que os defensivos, popularmente conhecidos como agrotóxicos e/ou pesticidas, são categorizados com base na estrutura química, na origem e no organismo alvo (a ser controlado/eliminado), podendo ser sintéticos inorgânicos ou biológicos. Basicamente, pesticidas inorgânicos são de origem sintética (química) e são usados diretamente sobre as doenças/pragas das plantas. São classificados, majoritariamente, como inseticidas, herbicidas, fungicidas, rodenticidas e nematocidas. Além destes, biopesticidas são obtidos de fontes naturais, plantas e bactérias. Os pesticidas são agrupados em quatro grandes grupos, denominados organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides (SARATH et al., 2019).

A utilização de pesticidas, na agricultura brasileira, tem levantado inúmeros debates entre órgãos de fiscalização e de saúde pública, empresas do setor, produtores e consumidores, por causa dos impactos sobre a saúde humana e o meio ambiente (BOMBARDI, 2019). Isso se dá em consequência dos resultados obtidos em análises de resíduos de pesticidas, principalmente, em produtos como: cereais, frutas, hortaliças, tubérculos e raízes. Neste contexto, o último levantamento do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos - PARA (ANVISA, 2019), divulgado em dezembro de 2019, foi de: 122 agrotóxicos detectados, de 270 pesquisados, em 4.616 amostras de alimentos. De acordo com os resultados, em 2454 (49%) amostras de alimentos não foram detectados resíduos de agrotóxicos, 1290 amostras continham resíduos de agrotóxicos, com índices dentro do limite máximo residual - LMR, e 1072 (23%) das amostras apresentavam inconformidades: uso não permitido para cultura, resíduos acima do limite máximo residual, uso proibido no país e mais de uma inconformidade.

Os pesticidas, quanto ao modo de ação, são classificados em sistêmicos ou de contato. Os pesticidas sistêmicos, quando aplicados, são absorvidos pelas plantas e transcorrem por toda a estrutura do vegetal através da seiva, de forma a se distribuir completamente e ampliar o tempo de ação (SARATH et al., 2019). Logo, os tubérculos de batata-inglesa podem conter resíduos de agrotóxicos, em função da utilização dos mesmos na cultura.

Diante de novas tecnologias no controle de patógenos, o uso da ozonização pode tornar-se uma alternativa técnica, e economicamente viável no âmbito da manutenção e da preservação da qualidade dos produtos de origem vegetal (GIBSON et al., 2019).

Portanto, este trabalho teve como objetivos: 1 - Avaliar a influência dos processos de ozonização, de cloração e de branqueamento das cascas de batata-inglesa em função: dos resíduos de agrotóxicos, das características físico-químicas e microbiológicas, dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante; 2 - Produzir uma farinha de cascas de batata-inglesa com potencial para uso na indústria de alimentos, e a partir dela, desenvolver biscoitos tipo *cookie*.

## REFERÊNCIAS

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos**. Plano Plurianual 2017-2020. Resultados do 1º Ciclo 2017-2018. Brasília, 2019. 19 p.

BACHIR N.; HADDARAH A.; SEPULCRE F.; PUJOLA M.. Study the interaction of amino acids, sugars, thermal treatment and cooking technique on the formation of acrylamide in potato models. **Food Chem.** doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135235. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36549166.

BOMBARDI, L. M.. A Geography of agrottoxins use in brazil and its relations to the european union. São Paulo, **FFLCH-USP**, 2019. 267 p. DOI: 10.11606/9788575063590

COELHO, S. C. C.; FREITAS-SILVA, O.; CAMPOS, R. S.; BEZERRA, V. S.; CABRAL, L. M. C.. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 369-375, 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura da batata**. Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção, 8 ISSN 1678-880X Versão Eletrônica. 2ª edição. 2015.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J.. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, supl. p. 56-65, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500010>.

FERREIRA, C. M.; PERAZZINI, M. T. B.. **Estudo de secagem e caracterização de resíduo de batata**. p. 3206-3211. 2017. In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica [=Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n.4]. DOI 10.5151/chemeng-cobeqic2017-168.

GIBSON, K. E.; ALMEIDA, G.; JONES, S. L.; WRIGHT, K.; LEE, J. A.. Inactivation of bacteria on fresh produce by batch wash ozone sanitation. **Food Control**, v. 106, n. May, p.106747, 2019.

JACQUES, A. C.; ZAMBIAZI, R. C.; GANDRA, E. A.; KRUMREICH, F.; LUZ, S. R.; MACHADO, M. R. G.. Sanitização com produto à Base de Cloro e com Ozônio: Efeito Sobre Compostos Bioativos de Amora-preta (*rubus fruticosus*) cv. Tupy. **Revista Ceres**, v. 62, p. 507-515, 2015.

NARENDERAN, S. T.; MEYYANATHAN, S. N.; BABU, B.. Review of pesticide residue analysis in fruits and vegetables. Pre-treatment, extraction and detection techniques. **Food Research International**, v.133, 2020, 109141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109141>

SALAS, F.; TOFOLI, J. G.. Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da batata. **Cultura da batata: pragas e doenças**. 1ª ed. São Paulo: Instituto Biológico, p.73-95, 2017. ISBN 978-85-88694-15-6.

SARATH C. C.; THOMAS, S.; UNNI, M. R.. Pesticides: Classification, detection, and degradation. **Organic farming: New Advances towards sustainable agricultural systems**. Switzerland: Springer, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04657-6>.

SEAPA. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Relatórios do Agronegócio, Agricultura: Perfil da batata**. Belo Horizonte: SEAPA (ed.). 2023, 20p. Disponível em: [file:///C:/Users/PC/Downloads/perfil\\_batata\\_agosto\\_2023%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/perfil_batata_agosto_2023%20(1).pdf). Acessado em 26 de janeiro de 2024.

TALBURT, W. F.; SMITH, O.. Technology of potato processing. New Delhi, **MEDTECH**, 2018. 475p. ISBN: 978-93-87025-97-4

TROMBETE, F. M.; FREITAS-SILVA, O.; SALDANHA, T.; VENÂNCIO, A. A.; FRAGA, M. E.. Ozone against mycotoxins and pesticide residues in food: Current applications and perspectives. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 6, p. 2545-2556, 2016.

UNODC - United National Office on Drugs and Crime. **A agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://www.unodc.org/lpo-brazil/pt/crime/embaixadores-da-juventude/conhea-mais/a-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel.html>. Acesso: 13 de julho de 2022.

VIANA, L. G.; CRUZ, P. S.. **Reaproveitamento de Resíduos Agroindustriais**. In: Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, IV COBESA, 2016, Cruz das Almas – Bahia, Brasil. Disponível em: <https://doceru.com/doc/s85s85n>. Acesso: 13 de julho de 2023.

## ARTIGO 1

### EFEITO DA OZONIZAÇÃO NOS NÍVEIS DE AGROTÓXICOS E OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE CASCAS DE BATATA-INGLESA

**Resumo:** Este trabalho objetivou: 1 - Avaliar a influência da ozonização, da cloração e do branqueamento das cascas de batata-inglesa sobre o perfil de resíduos de agrotóxicos, a propriedade de pasta, os compostos fenólicos, a atividade antioxidante e as características físico-químicas e microbiológicas; 2 - Produzir uma farinha de cascas de batata-inglesa com potencial para indústria de alimentos. As batatas-inglesas foram ozonizadas com 11 ensaios, variando a concentração de ácido cítrico e o tempo de exposição do ozônio. Também estimou-se o efeito da cloração e do branqueamento nas características da farinha obtida. Foram quantificados 10 resíduos de agrotóxicos, e avaliada a influência da ozonização sobre eles. As cascas foram desidratadas a 55 °C/24 h, trituradas e analisadas. A ozonização foi eficaz na redução dos resíduos de pesticidas, degradando 60% do fungicida clorpirifós. A temperatura da pasta (Ptemp), da farinha das cascas da batata-inglesa, foi de 73,13 °C. Os tratamentos T2, T8, T9, T10, após ozonização combinada com ácido cítrico, causaram reduções significativas ( $p < 0,05$ ) na Ptemp do amido, contido nas cascas de batata-inglesa, demonstrando que menos energia foi necessária para conduzir o poder de intumescimento dos grânulos de amido, aumentando a viscosidade devido à maior oxidação, tornando deste modo, o amido mais solúvel em água fria. Assim como a cloração, a ozonização foi capaz de diminuir ( $p < 0,05$ ) a contagem de fungos e de mesófilos. A cloração juntamente com o branqueamento diminuiu o teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante. A farinha das cascas de batata-inglesa apresentou altos valores de proteína (8,41%), de absorção de água (6,9 g/g) e de luminosidade (72,4).

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum* L. Pesticida. Resíduos agroindustriais. RVA.

### EFFECT OF OZONIZATION ON PESTICIDE LEVELS AND OBTAINING AND CHARACTERIZING FLOUR FROM POTATO PEELS

**Abstract:** The objective of this study was: 1 - To evaluate the influence of ozonation, chlorination and bleaching of potato peels on the pesticide residue profile, paste property, phenolic compounds, antioxidant activity and physicochemical and microbiological characteristics; 2 - Produce a flour from potato peels with potential for the food industry. The potatoes were ozonated with 11 assays, varying the concentration of citric acid and the ozone exposure time. The effect of chlorination and bleaching on the characteristics of the flour obtained was also estimated. A total of 10 pesticide residues were quantified and the influence of ozonation on them was evaluated. The peels were dehydrated at 55 °C/24 h, crushed and analyzed. Ozonation was effective in reducing pesticide residues, degrading 60% of the fungicide chlorpyrifos. The temperature of the paste (Ptemp) of the flour from the peels of the potatoes was 73.13 °C. The treatments T2, T8, T9, T10, after ozonation combined with citric acid, caused significant reductions ( $p < 0.05$ ) in the Ptemp of the starch contained in the potato

skins, demonstrating that less energy was required to conduct the swelling power of the starch granules, increasing the viscosity due to greater oxidation, thus making the starch more soluble in cold water. Like chlorination, ozonation was able to decrease ( $p < 0.05$ ) the count of fungi and mesophiles. Chlorination along with bleaching decreased the content of phenolic compounds and antioxidant activity. The flour of the potato peels showed high values of protein (8.41%), water absorption (6.9 g/g) and luminosity (72.4).

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L. Pesticide. Agro-industrial waste. RVA.

## INTRODUÇÃO

O cultivo e o processamento de batata-inglesa (*Solanum tuberosum* L.) no Brasil têm impacto na geração de renda e de empregos. Em 2023, atingiu-se 123 mil hectares de área plantada, superior a 4 milhões de toneladas anual (SEAPA, 2023). A batata-inglesa é reportada como importante fonte de recuperação de compostos fenólicos, que é potencialmente interessante para utilização na indústria de alimentos, por demonstrar elevada atividade antioxidante. Estudos indicam uma atividade antioxidante superior na casca de batata-inglesa quando comparada com a polpa, em geral, 50% dos compostos fenólicos estão localizados na casca e em seus tecidos adjacentes, e sua concentração decresce em direção ao centro do tubérculo (BACKES e GENENA, 2020). Esse tubérculo possui de 1 a 2% da fibra que está contida na casca, além da vitamina C e de algumas vitaminas do complexo B, como tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (B5), e ainda contém: ferro, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, zinco e baixo conteúdo de sódio (BACHIR et al, 2022).

A indústria agroalimentar gera quantidades significativas de subprodutos, que incluem cascas e sementes, oriundas do processamento de vegetais. É comum que os resíduos não sejam aproveitados e nem descartados de forma sustentável, podendo causar danos ambientais. Assim, configurando desperdício, pois vários desses subprodutos possuem importante valor nutricional, apresentando potencial para produção de outros alimentos (FEITOZA et al., 2020).

Para a utilização de resíduos, como as cascas de batata-inglesa, é necessário que seja realizada sua sanitização. O cloro tem sido o principal sanitizante utilizado pelas indústrias alimentícias, principalmente, por causa do seu baixo custo e da sua facilidade de aplicação. Porém, têm surgido preocupações em relação ao uso do hipoclorito de sódio e dos demais sais de cloro, pois eles são considerados precursores na formação de subprodutos organohalogenados, como os compostos organoclorados, trihalometanos (THMs) e ácidos haloacéticos, os quais são prejudiciais à saúde, devido ao seu alto potencial tóxico e carcinogênico. Dessa forma, têm sido realizadas pesquisas para identificar novos agentes sanitizantes que não gerem resíduos, como por exemplo, a utilização de ozônio como sanitizante de alimentos. (JACQUES et al., 2015; COELHO et al., 2015).

A aplicação do ozônio (O<sub>3</sub>), denominado ozonização, é um método não térmico capaz de aumentar a segurança dos alimentos, a partir da redução das contaminações microbiológicas, causando danos nas estruturas dos micro-organismos, como lipídeos e proteínas, que são fundamentais para sua sobrevivência; bem como oxidar estruturas dos resíduos de pesticidas em diferentes tipos de alimentos, por causa da sua alta capacidade oxidante de 2,07 V, que é

maior em comparação ao cloro (1,36 V) e ao oxigênio (1,2 V) (GIBSON et al., 2019; TROMBETE et al., 2016).

Em virtude da sua decomposição em O<sub>2</sub>, o ozônio tem como principal vantagem o fato de não deixar resíduos no alimento, sendo reconhecido pelo *Food and Drug Administration* (FDA), como agente antimicrobiano para o tratamento, o armazenamento e o processamento de alimentos e de água (FDA, 2001).

O cloro e o ozônio são potenciais oxidantes, podendo oxidar o amido dos vegetais, ocasionando o rompimento dos anéis de glicose, ocorrendo a despolimerização. A oxidação do amido pode impactar na capacidade do amido de geleificar, de retrogradar e de formar uma pasta coesa (SILVA, 2020 e MOREIRA et al., 2020).

A cultura da batata-inglesa, assim como a de outros vegetais, está propensa ao ataque de pragas e de doenças. Para manter a qualidade adequada para consumo é empregado o controle fitossanitário através da aplicação de defensivos agrícolas. Os pesticidas são classificados, majoritariamente, como: inseticida, herbicida, fungicida, rodenticida e nematicida (SALAS e TOFOLI, 2017; NARENDERAN et al., 2020). Os principais pesticidas empregados na cultura da batata-inglesa são os inseticidas, cujo grupos químicos são: organofosforado, avermectina, pirazol, milbemicina, piretróide, benzofuranila, triazinamina, dimetilcarbamato, espinosinas, antranilamida, benzoiluréia. Os fungicidas também são utilizados na cultura da batata-inglesa, entre eles os grupos químicos: estrobirulina, valinamidacarbamato, fenilpirrol, alquilenobis, guanidina, acilalaninato, triazinilanilina, organoestânico, dicarboximida, imidazolinona, imidazol, triazol, anilida, benzamida, benzimidazol e carbamato (THEOPHILO, 2014).

O uso dos defensivos agrícolas, na agricultura brasileira, tem alertado órgãos de fiscalização e de saúde pública, empresas do setor, produtores e consumidores, em função dos impactos sobre a saúde humana e o meio ambiente (BOMBARDI, 2019). Os pesticidas sistêmicos, quando aplicados, são absorvidos pelas plantas e transcorrem por toda a estrutura do vegetal, através da seiva de forma a se distribuir completamente, e ampliar o tempo de ação (SARATH et al., 2019). Neste contexto, o último levantamento do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos - PARA (ANVISA, 2019), verificou que 23% das amostras apresentavam inconformidades: uso não permitido para cultura, resíduos acima do limite máximo residual ou uso proibido no país. Diante de novas tecnologias no controle de patógenos, e de um possível controle de resíduos de pesticidas, o uso da ozonização pode tornar-

se uma alternativa técnica e economicamente viável no âmbito da manutenção e da preservação da qualidade dos produtos de origem vegetal (GIBSON et al., 2019).

Portanto, objetivou-se: 1- Avaliar a influência do processo de ozonização, de cloração e de branqueamento das cascas de batata-inglesa sobre o perfil dos resíduos de agrotóxicos, das propriedades de pasta, das características físico-químicas e microbiológicas, dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante; 2 - Produzir uma farinha de cascas de batata-inglesa, com potencial para aplicação na indústria de alimentos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Matéria-prima**

As batatas-inglesas (*Solanum tuberosum* L.) foram obtidas do Comércio de Sete Lagoas, Minas Gerais. Foram transportadas para o Laboratório de Compostos Bioativos e Conservação de Alimentos, do Departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), *Campus* Sete Lagoas (CSL), onde foram selecionadas, lavadas em água corrente e descascadas com auxílio de descascadores manuais.

### **Análise de resíduos de agrotóxicos**

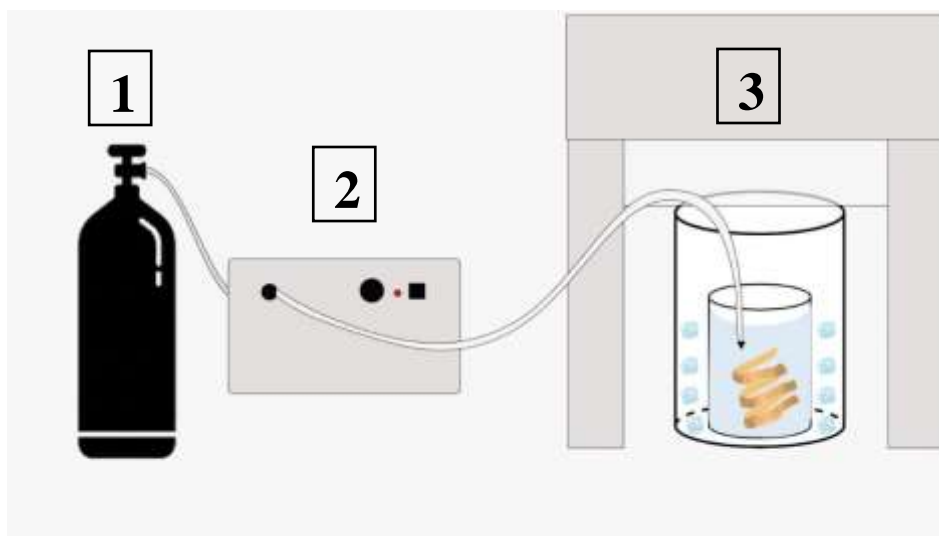
Para verificar a influência da ozonização, sobre os resíduos de agrotóxicos das cascas de batata-inglesa, realizou-se a ozonização das cascas no tempo de 60 minutos, sendo o maior tempo utilizado neste estudo. As cascas de batata-inglesa foram imersas em água onde o ozônio foi borbulhado. Em seguida, as cascas foram secas e encaminhadas para análise. Foram avaliados os resíduos de agrotóxicos das amostras ozonizadas e também das amostras do controle, para verificar a redução, ambas em triplicata. O controle seguiu a mesma metodologia, com exceção da ozonização.

As cascas de batata-inglesa foram analisadas para identificação e para quantificação de agrotóxicos (pesticidas), por método multirresíduo via Cromatografia Líquida de Alta Eficiência e Espectrometria de Massas de Alta Resolução (LC-HRMS) e Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrômetro de Massa em Sequência (CG-MS/MS), com extração por QuEChERS. Essas análises foram realizadas em triplicata, e as médias foram comparadas por Teste de Tukey, com significância a 5%, utilizando o *software* SISVAR 5.8, e ainda, foram realizadas em parceria com o Laboratório do ITEP (Instituto de Tecnologia de Pernambuco), Recife, Pernambuco.

## Ensaio de ozonização e de planejamento experimental

Para a produção de ozônio ( $O_3$ ) foi utilizado um ozonizador industrial, com produção por descarga de corona (O&L 3.0 RM, Ozone&Life®) e capacidade de 3g de  $O_3$ /h, alimentado com oxigênio industrial em fluxo de 0,5 L/min. O gás ozônio foi borbulhado continuamente nas soluções de ácido cítrico, na sequência, as cascas de batata-inglesa foram imersas. A temperatura das soluções estava resfriada ( $5^\circ C$ ) em banho de gelo (Figura 1).

Figura 1 – Esquema de ozonização em água, das cascas de batata-inglesa.



1 - Cilindro de  $O_2$  com válvula para controle de fluxo. 2 - Ozonizador. 3 - Ozônio sendo borbulhado em solução de ácido cítrico em contato com as cascas de batata-inglesa, sobre banho de gelo dentro da capela de exaustão. Fonte: Autor, 2024.

Os ensaios foram conduzidos através de um delineamento composto central rotacional (DCCR), para 2 variáveis independentes, sendo:  $X_1$  = tempo de exposição ao ozônio (min.) e  $X_2$  = concentração de ácido cítrico (%). Os valores de tempo de exposição ao ozônio variaram de 5 a 60 min., e os valores de ácido cítrico variaram de 0,5 a 2%, valores estes definidos após pesquisa bibliográfica e testes preliminares. O DCCR incluiu 4 ensaios nas condições fatoriais e 4 ensaios nas condições axiais, com 3 repetições no ponto central, totalizando assim, 11 ensaios de ozonização. Também foi preparada a amostra controle, que não foi ozonizada, mas seguiu as mesmas etapas das demais amostras, mergulhada em água, permanecendo com o ozonizador desligado. Os dois fatores independentes foram investigados em cinco diferentes níveis (-1,41, -1, 0, +1, +1,41), dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Fatores e níveis experimentais utilizados na ozonização das cascas de batata-inglesa.

Fatores	Níveis experimentais				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
<b>Tempo de ozonização (min.)</b>	5	13	32,5	52	60
<b>Concentração de ácido cítrico (%)</b>	0,5	0,72	1,25	1,78	2

Fonte: Autor, 2024.

Os experimentos foram realizados em ordem aleatória, onde as cascas foram mergulhadas na solução de ácido cítrico na proporção 1:3 (100 g de cascas de batata para 300 g de solução de ácido cítrico). As variáveis respostas foram: a umidade, os compostos fenólicos totais, a atividade antioxidante, o índice de absorção da água (IAA), o índice de absorção de óleo (IAO), o índice de solubilidade em água (ISA), a contagem de micro-organismos mesófilos aeróbios totais, os fungos e a cor instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ).

Os tempos de ozonização e de concentrações de ácido cítrico estão distribuídas entre os ensaios, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Planejamento experimental DCCR, com níveis codificados das variáveis em estudo, sendo elas: tempo de ozonização (min.) e concentração de ácido cítrico (%).

Ensaio	Tempo de ozonização (min.)	Concentração de ácido cítrico (%)	Tempo de ozonização (min.)	Concentração de ácido cítrico (%)
1	-1	-1	13	0,72
2	+1	-1	52	0,72
3	-1	+1	13	1,78
4	+1	+1	52	1,78
5	-1,41	0	5	1,25
6	+1,41	0	60	1,25
7	0	-1,41	32,5	0,5
8	0	+1,41	32,5	2
9	0	0	32,5	1,25
10	0	0	32,5	1,25
11	0	0	32,5	1,25

Fonte: Autor, 2024.

Foi realizada a análise de variância (ANOVA), e os resultados foram apresentados através de gráficos de superfícies respostas, com auxílio do *software* STATISTICA® 7.0, com o intuito de determinar se o tempo de ozonização e de concentração de ácido cítrico, tiveram

influência nas variáveis estudadas. Com intuito de comparar as variáveis respostas dos ensaios com o controle, realizou-se a ANOVA, e as médias foram comparadas por Teste de Tukey, a nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio do *software* SISVAR versão 5.8.

### **Ensaio de cloração e de branqueamento**

Para avaliar o efeito da cloração e do branqueamento, as cascas de batata-inglesa foram sanitizadas (solução de hipoclorito de sódio, contendo 150 ppm de cloro ativo), e posteriormente, submetidas ao branqueamento hidrotérmico (a 100 °C por 1 minuto), seguido de resfriamento em banho de gelo.

Os ensaios consistiam em cascas de batata-inglesa somente cloradas (C), cascas cloradas e branqueadas (CB), além do controle que não foi submetido à cloração e ao branqueamento. Em seguida, foram produzidas as farinhas das cascas de batata-inglesa, e por fim, foram realizadas as análises, sendo analisados: a umidade, o teor de compostos fenólicos totais, a atividade antioxidante, o IAA, o IAO, o ISA, os mesófilos aeróbios totais, os fungos e a cor instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). As análises foram realizadas em triplicata e as médias foram comparadas por Teste de Tukey, com significância a 5%, utilizando o *software* SISVAR 5.8.

### **Obtenção da farinha**

As cascas de batata-inglesa, após serem tratadas (ozonizadas, cloradas e branqueadas), foram desidratadas (55 °C / 24h em estufa Tecnal TE 394, com circulação e renovação de ar) e trituradas com o auxílio de mixer para produção da farinha. Logo após, foram guardadas a -18 °C, até o momento das análises da propriedade de pasta, das características físico-químicas, da cor instrumental, das características microbiológicas, dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante.

### **Propriedades de pasta**

As propriedades de pasta das amostras de farinha de cascas de batata-inglesa, foram analisadas para os 11 ensaios, variando o tempo de ozonização e a concentração de ácido cítrico, conforme Tabela 2. Também foram analisadas, as farinhas que foram cloradas, cloradas e branqueadas, além do controle, que não foi submetido aos tratamentos.

Foi utilizado o analisador rápido de viscosidade (Rapid Visco Analyzer série 4 RVA, Newport Scientific Pty Ltd., Warriewood, Austrália), de acordo com a metodologia descrita por Ragae e Abdel-Aal (2006), e Comettant-Rabanal et al. (2021). Essas análises foram realizadas

em parceria com o Laboratório da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Guaratiba, Rio de Janeiro. As leituras de propriedades de pasta medidas foram: temperatura de pasta (PTemp, cP), viscosidade ao frio (CV, cP), pico máximo de viscosidade a 95 °C (PV, cP), queda de viscosidade no período de manutenção a 95 °C (TV, cP), quebra de viscosidade (BDV = PV-TV, cP), viscosidade final (FV, cP) e tendência à retrogradação (SBV = FV-TV, cP).

As análises foram realizadas em duplicata e as médias foram comparadas por Teste de Tukey, com significância a 5%, utilizando o software SISVAR 5.8.

### **Análises físico-químicas**

A composição centesimal foi realizada segundo os métodos recomendados pelo Instituto Adolfo Lutz. As análises de umidade, seguiu o Método Oficial 012/IV; as de cinzas, o Método Oficial 018/IV; as de proteínas, o Método Oficial 037/IV, com fator de conversão de 6,25; as de lipídeos, o Método Oficial 032/IV; e as de carboidratos, o método da diferença dos valores encontrados para: umidade, cinzas, proteínas e lipídeos (IAL, 2008).

O IAA, o IAO e o ISA foram realizados em conformidade com a American Association of Cereal Chemists (AACC). (AACC, 2013).

### **Análise de cor instrumental**

A cor foi avaliada para a farinha de cascas de batata-inglesa, com o auxílio de um colorímetro portátil Konica Minolta, CR410, por meio da leitura da reflectância do sistema de coordenadas retangulares CIELAB. Foram determinados os parâmetros L\*, a\* e b\*. A luminosidade (L\*) variou de 0 a 100, onde 0 é preto e 100 é claridade total; a coordenada a\* variou de vermelho (+) ao verde (-), e a coordenada b\* variou de amarelo (+) ao azul (-) (MINOLTA, 1998). As leituras foram realizadas em 5 pontos distintos da placa, onde estava disposta as farinhas das cascas de batata-inglesa e a análise foi realizada com seis replicatas.

### **Análises microbiológicas**

Foram realizadas análises das características microbiológicas da farinha de cascas de batata-inglesa, quanto a contagem de fungos totais e mesófilos aeróbios totais, seguindo as metodologias da American Association of Cereal Chemists (AACC, 1999a; 1999b).

Para a contagem de UFC's (unidades de formação de colônias) de fungos totais usou-se o método 42-50.02, utilizando 11 g de amostra, com diluição seriada em solução tampão fosfato, e plaqueamento em ágar extrato de malte (MEA), acidificado com ácido tartárico 10%.

A contagem de mesófilos aeróbios totais foi realizada conforme método 42-11.01, em ágar PCA (*plate count agar*), empregando 11 g de amostra, com diluição seriada em solução tampão fosfato.

### **Análises de compostos fenólicos e da atividade antioxidante**

O teor de compostos fenólicos foi avaliado de acordo com a capacidade redutora do Folin-Ciocalteu (SINGLETON et al., 1999), com comparação de uma curva de calibração construída com ácido gálico ( $y = 0,0095x - 0,0162$ ). Em espectrofotômetro FEMTO 700S, leu-se a absorbância no comprimento de onda de 740 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG), por 100 gramas de amostra.

Já a atividade antioxidante foi avaliada por dois métodos: I - Pelo método colorimétrico DPPH (2,2-defenil-1-picril-hidrazila), descrito por Brand-Williams et al. (1995) e adaptada por EMBRAPA (2016), onde foram utilizadas 0,25 g da amostra para obtenção de um extrato metanólico, e posteriormente, realizou-se a leitura da absorbância em FEMTO 700S a 515 nm, usando como curva padrão Trolox ( $y = -0,0055x + 1,0188$ ); II - Pelo método da captura do radical ABTS 2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), relatado por EMBRAPA (2007), empregando o mesmo extrato metanólico e leu-se a absorbância em comprimento de onda de 734 nm. Os resultados obtidos foram expressos em  $\mu\text{mol}$  Trolox equivalente/g amostra, utilizando como curva padrão Trolox ( $y = -0,0007x + 1,2974$ ).

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

### **Análise de resíduos de agrotóxicos**

Na Tabela 3, observam-se as respostas dos resíduos de agrotóxicos para os ensaios em que as cascas de batata-inglesa foram ozonizadas, além da amostra controle. Foram identificadas, nas cascas de batata-inglesa, os seguintes agrotóxicos: Boscalid, Ciromazina, Clorpirifós, Dimetomorfo, Fluxapiraxade, Imidacloprida, Metalaxil, Procimidona, Propamocarbe e Piraclostrobina.

Tabela 3 – Médias das respostas de resíduos de agrotóxicos, para os ensaios ozonizados e o controle, da farinha de cascas de batata-inglesa.

<b>Composto</b>	<b>Ação/ Grupo químico</b>	<b>LMR (mg/kg)</b>	<b>Controle (mg/kg)</b>	<b>Ozonizado (mg/kg)</b>	<b>Porcentagem de redução (%)</b>
Boscalid	Fungicida/ Carboxamidas	0,05	0,034 a	0,022 b	35,3
Clorpirifós	Inseticida/ Organofosforado	1	0,026 a	<0,010*	>61,54
Ciromazina	Inseticida/ Triazinas	0,1	0,398 a	0,349 a	12,3
Dimetomorfo	Fungicida/ Morfolinas	0,03	0,113 a	0,073 b	35,4
Fluxaproxade	Fungicida/ Pirazois	0,03	0,013 a	<0,010*	>23,01
Imidacloprido	Inseticida/ Neonicotinoide	0,05	0,029 a	0,02 a	31,0
Metalaxil	Fungicida/ fenilamida	0,05	0,011 a	<0,010*	>9,1
Procimidona	Fungicida/ anilidas	0,5	0,077 a	0,048 b	37,7
Propamocarbe	Fungicida/ Carbamato	0,5	0,084 a	0,052 b	38,1
Piraclostrobina	Fungicida/ Estrobilurinas	0,02	0,021 a	0,012 b	42,86

\*= valor menor que o limite do equipamento. LMR= Limite Máximo Residual.

A aplicação de agrotóxicos, na cultura da batata-inglesa, pode variar de acordo com as condições locais, as pragas e as doenças presentes na região, bem como com as práticas agrícolas específicas adotadas pelos agricultores. No entanto, é frequente a utilização de fungicidas, inseticidas e herbicidas para a cultura da batata-inglesa. A utilização de vários pesticidas, com diferentes modos de ação é devido à preocupação com a resistência de pragas e de patógenos aos pesticidas, logo, é uma estratégia de manejo integrado de pragas para minimizar o risco de que as populações de pragas ou de patógenos se tornem resistentes à uma substância específica. Isso ocorre porque, quando um pesticida é aplicado repetidamente, há uma maior probabilidade de que indivíduos resistentes sobrevivam, e se reproduzam, resultando no aumento da resistência ao longo do tempo (OLIVEIRA, 2022b).

Cada classe de fungicidas pode ter um modo de ação específico, visando alvos particulares nos fungos, e as principais formas de atuação dos fungicidas incluem: inibição da

biossíntese de ergosterol, inibição de enzimas cruciais, inibição da divisão celular, distúrbio na respiração celular, interferência na síntese de proteínas, danos à membrana celular e indução de estresse oxidativo (GOMES, 2021). Dentre os fungicidas encontrados, o Boscalid, o Fluxapiróxade, o Procimidona, o Piraclostrobina, o Tebuconazol e o Trifloxistrobina agem no controle de doenças fúngicas, como o oídio; já o Dimetomorfe, o Metalaxil e o Propamocarbe agem no controle de oomicetos, causadores da requeima (doença causadora de lesões necróticas nas culturas) (FAPESP, 2018).

Os inseticidas atuam de diversas maneiras para controlar populações de insetos considerados pragas. A forma de atuação pode variar dependendo do tipo de inseticida, e do seu modo de ação específico. As principais formas de atuação são: neurotoxicidade, reguladores de crescimento, danos à membrana celular, inibição do metabolismo energético, ação no sistema digestivo e repelência. Dentre os inseticidas encontrados o Imidacloprido e o Clorpirifós atuam no controle de insetos sugadores, como pulgões e besouros; e o Ciromazina é usado para controlar larvas de insetos, como moscas (SAVIOLLI, 2021).

A maioria dos pesticidas encontrados, possuem baixa polaridade, logo é comum que sejam dissolvidos em solventes orgânicos não polares, facilitando a solubilização e a misturabilidade, mas podem apresentar menor mobilidade no solo, e maior persistência no ambiente, além de serem mais suscetíveis à lavagem pela chuva (SAVIOLLI, 2021).

O Ciromazina e o Imidacloprido foram os únicos pesticidas que a ozonização não conseguiu reduzir significativamente. Também foram os que apresentaram maior solubilidade em água, comparados com os demais (FAPESP, 2018). Por possuir maior solubilidade em água, pode ser que parte deles foram lavados pela água durante a ozonização, e no tratamento controle, não apresentando significância em seus resultados.

Foi possível verificar que a ozonização foi capaz de reduzir a maioria dos agrotóxicos que foram testados. Para o Clorpirifós, o Fluxapiróxade e o Metalaxil, a ozonização reduziu a valores abaixo do limite do equipamento.

Coradini (2016), verificou que a oxidação, por ozonização por 40 minutos, mostrou-se eficiente para o fungicida Piraclostrobina, com degradação de 64%, valor similar a este estudo. Ergen et al. (2015), trabalhando com degradação de Imidacloprida conseguiram reduzir significativamente, ozonizando a 30 minutos, com redução de 43%. Heleno et al. (2016), evidenciaram que as batatas-inglesas, tratadas com soluções aquosas de ozônio, apresentaram maior remoção de fungicida do que àquelas tratadas com soluções não ozonizadas. O ozônio removeu 70–76% dos pesticidas presentes na batata-inglesa.

## Ensaio de ozonização

Não foi possível otimizar pelo DCCR, o tempo de ozonização (min.) e a concentração de ácido cítrico (%), pois a pesquisa em questão demonstrou não haver correlação significativa para as variáveis estudadas. Apesar do ozônio ser conhecido por sua eficácia na desinfecção e no controle de micro-organismos, incluindo bactérias e fungos, pode haver situações em que o ozônio não degrade de maneira eficaz, como por exemplo em baixas concentrações e tempo de exposição, resistência microbiana, a presença de materiais orgânicos, e a própria constituição do alimento O'DONNELL (2012).

Apenas o parâmetro luminosidade ( $L^*$ ), como mostra na Tabela 4, obteve significância, conforme verificação feita pela ANOVA, através do Teste F ( $p < 0,5$ ). Porém, a porcentagem de variação explicada ( $R^2$ ) foi de (53,0%), este valor para o modelo estatístico não é representativo, mas indica uma tendência que foi observada ao comparar a amostra com o controle.

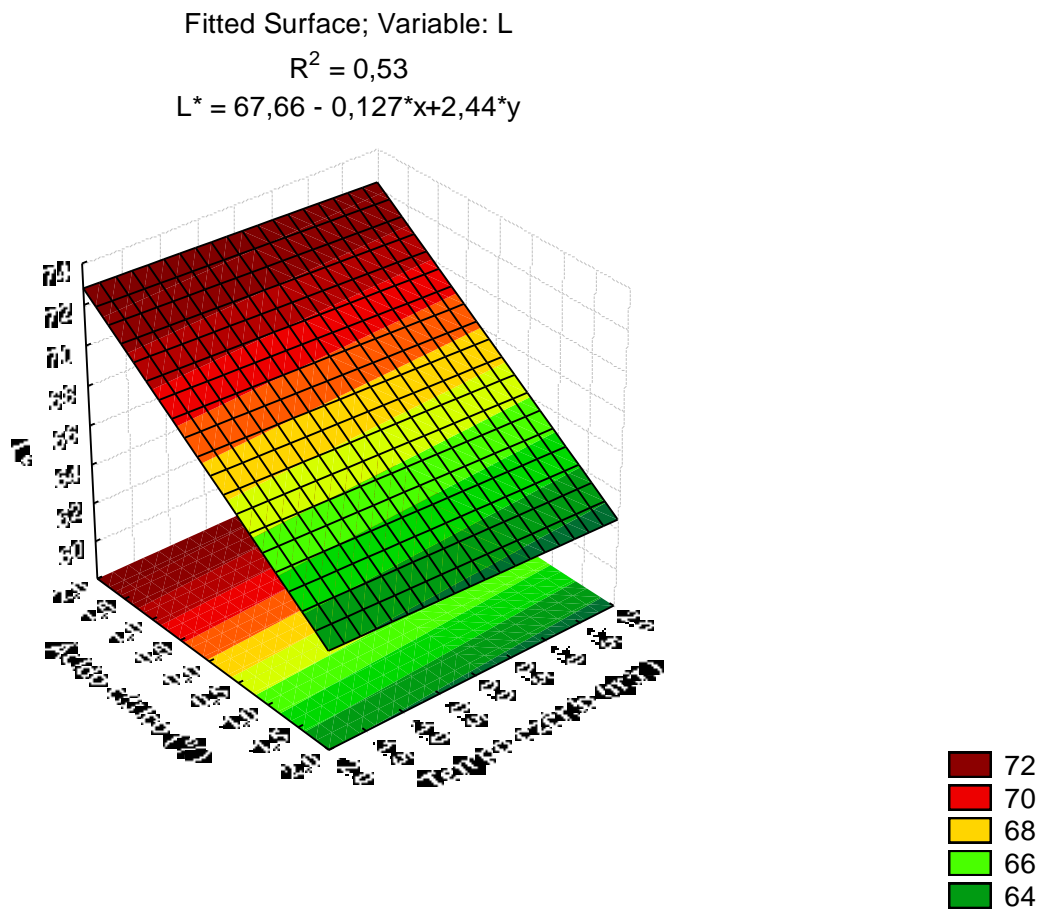
Tabela 4 – ANOVA para a resposta de luminosidade.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	Fcal	P
Ácido (L)	47,50590	1	47,50590	10,13499	0,011121
Resíduo	42,18583	9	4,68731		
Total	89,69173	10			

% variação explicada ( $R^2$ ) = 53%.

Na Figura 2, é possível verificar que a medida em que a concentração de ácido cítrico aumenta, a luminosidade da farinha de cascas de batata-inglesa também sofre um aumento. Entretanto, quando analisada a variação do tempo de ozonização, não foi possível identificar alteração quanto à luminosidade.

Figura 2 – Superfície de resposta da coordenada luminosidade (L\*) versus concentração de ácido cítrico (%) versus tempo de ozonização (min.), da farinha de cascas de batata-inglesa.



Fonte: Autor, 2024.

Através dos resultados da Tabela 5, é possível avaliar individualmente, os efeitos dos 11 experimentos, e assim, compará-los com os resultados do controle. Para isso, foi realizada uma comparação de médias entre os resultados das variáveis respostas estudadas.

A luminosidade variou de 62,2 a 72,4 entre os 11 ensaios (Tabela 5). O controle apresentou o menor valor de luminosidade (60,4). Goyeneche et al. (2014), verificaram que o tratamento com 0,3% de ácido cítrico, foi selecionado como o melhor tratamento, mantendo a cor natural típica dos rabanetes processados, o que também foi verificado por Rodrigues, (2014), ao estudar agentes de escurecimento, onde o ácido cítrico apresentou inibição do escurecimento enzimático para a polpa de yacon. Isso aconteceu porque o ácido cítrico é um ácido fraco, sendo utilizado como conservante para diminuir o pH citoplasmático dos microorganismos. Esse ácido também realiza a quelatação de metais traços, evitando a oxidação

enzimática e a degradação da cor. Assim, preservando a cor natural dos alimentos, impedindo sua descoloração (CAMPARA, 2021).

Os ensaios 1 e 3; 2 e 4; 7 e 8 tiveram os mesmos tempos de ozonização de 13 min., 52 min. e 32,5 min., respectivamente. Comparando-os foi possível observar que independente de apresentar o mesmo tempo de ozonização, os que tinham maior concentração de ácido cítrico (ensaios 3, 4 e 8), promoveram maior luminosidade nas farinhas de cascas de batata-inglesa (69,6; 72,4; 62,2; respectivamente).

O ensaio 5, teve o menor tempo de ozonização (5 min.), enquanto o ensaio 6 teve o maior tempo (60 min.). E ainda assim, apresentaram valores significativamente iguais para todas as respostas estudadas.

Avaliando as comparações das médias dos parâmetros de cor instrumental, notou-se que as amostras 7 e o controle, apresentaram menores luminosidades ( $L^*$ ) quando comparadas com as demais e não diferiram entre si, demonstrando que são mais escuras.

A cor é um dos principais parâmetros sensoriais na observação de um alimento, porque o impacto visual realizado pela cor tende a ser maior que os demais parâmetros. Logo, se faz importante na comercialização dos alimentos, sendo um dos principais critérios de compra do produto (MONACO, 2015).

Junqueira (2009), verificou que batatas-inglesas em contato com filme, contendo ácido cítrico, mantiveram a coloração inicial das batatas-inglesas durante o armazenamento, devido à diminuição do pH pela ação do ácido cítrico, que inibiu a ação da enzima polifenoloxidase, responsável pela reação enzimática de escurecimento. O que corrobora com os resultados desse estudo, tendo em vista a ação de antioxidantes na manutenção da luminosidade (parâmetro de cor  $L^*$ ).

Quanto ao parâmetro de cor instrumental  $a^*$ , foi possível identificar que o controle apresentou menor valor, demonstrando que ele tem menor coloração vermelha comparada aos demais. E para o parâmetro  $b^*$ , o controle foi o ensaio com valor significativamente menor do que os outros, logo, com menor coloração amarela, que é a coloração das cascas de batata-inglesa, indicando que não manteve a coloração característica das batatas-inglesas, o que pode ser justificado pela ausência do tratamento com ácido cítrico.

Endo (2008), em uma avaliação de uso de filmes ativos, na conservação de batata-inglesa, minimamente processada, encontrou, durante o armazenamento, valores da coordenada  $b^*$  situando-se na faixa positiva e tendendo, portanto, a coloração amarela, característica da

batata-inglesa, conforme encontrado neste estudo, exceto para o controle que não foi tratado com ácido cítrico.

Quando analisado o parâmetro de número de microrganismos mesófilos aeróbios totais, observou-se que a amostra controle apresentou maior contagem de mesofilos quando comparado com as demais, em seguida do ensaio 7, que obteve o resultado com a menor concentração de ácido cítrico. Madella (2018), ao utilizar ácido cítrico em embalagens ativas para batatas-inglesas, minimamente processadas, constatou-se que houve valores mais altos de contagem de mesófilos no 5º dia de armazenamento, para as amostras que não passaram por tratamento com adição de ácido cítrico. Enquanto entre os demais tratamentos, não houve diferença significativa. Isso ocorreu em função da presença do ácido cítrico, que foi capaz de reduzir o pH, retardando o crescimento microbiano e aumentando a vida útil do alimento. Madella (2018), também não notou desenvolvimento de fungos filamentosos durante o período de estocagem.

As amostras 7 e o controle, apresentaram menores valores de compostos fenólicos totais (77,3 e 89,6 mg de EAG/100g) e da atividade antioxidante (0,14 e 0,44  $\mu\text{mol TE/g}$ , respectivamente) quando comparado com as demais amostras. Backes e Genena (2020), ao avaliarem as cascas das batatas: inglesa, doce roxa e doce branca, verificaram que a casca de batata-inglesa obteve valores maiores de fenólicos totais quando comparado com a casca de batata-doce roxa de 135 mgEAG/100g, valor próximo ao encontrado neste estudo.

Cordeiro (2018), pesquisando a aplicação de ácido cítrico (1%, 2% e 3%) na batata-doce roxa, minimamente processada, identificou que os tratamentos com 1% e 3%, apresentaram maiores valores de compostos fenólicos no início do armazenamento. A adição de ácido cítrico, diminuiu o pH e retardou a reação de escurecimento enzimático, conservando os compostos fenólicos.

Através da Tabela 5, é possível perceber que os ensaios 2, 6, 8, 9, 10 e 11 tiveram maiores valores de absorção de água, e não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ) e são as amostras que foram ozonizadas por mais tempo (6; 6; 6,9; 6,6; 6,4; 6,4 g/g; respectivamente). O IAA é uma medida que reflete a capacidade do grânulo de amido em absorver água, mesmo em temperatura ambiente, e isso, deve-se ao elevado teor de fibras da amostra. O ozônio é um forte agente oxidante, a oxidação é um processo que modifica o amido influenciando na capacidade dos grânulos absorverem água, apresentando maior poder de inchamento (CASTANHA, MATTA, AUGUSTO, 2017). As amostras com menores tempos de ozonização também apresentaram menores valores de IAA, podendo ser devido à despolimerização das moléculas que foram

ozonizadas. A absorção de água obtida (variando de 4,4 a 6,9 g/g) foi levemente maior ao observado por Rodrigues et al. (2018), que encontraram valores variando de 3,35 a 4,18 g/g, para farinha de cascas de batata-doce roxa.

O índice de solubilidade em água não diferiu para nenhuma das amostras analisadas. Rodrigues et al. (2018), ao estudarem as propriedades tecnológicas da farinha de casca de batata-doce roxa, encontraram valor de ISA de 0,16 g/g, valor este, próximo aos encontrados no presente trabalho (variando de 0,12 a 0,13 g/g). O amido presente na batata-inglesa depende das variedades, mas em geral são a amilose e a amilopectina, na proporção de 1:3 (OSPINA e OCAMPO, 2018). A amilopectina influencia a absorção de água das farinhas e a amilose o índice de solubilidade dos grânulos de amido (RAMOS, 2019). Como na batata-inglesa predomina a amilopectina, justifica-se o fato da ozonização não ter influenciado o ISA.

As amostras 2 e 4 apresentaram maiores valores de absorção de óleo, e não diferiram entre si. A capacidade de absorção de óleo, do amido oxidado, é influenciada pela introdução de grupos carboxila e carbonila, que são mais volumosos na molécula de amido, deixando-as mais abertas em detrimento à repulsão eletronegativa, facilitando a entrada do óleo na molécula (RAMOS, 2019).

As amostras analisadas por Rodrigues et al. (2018), tiveram valores próximos aos encontrados nesta pesquisa (entre 2,16 e 2,30 g/g). Segundo Santana et al. (2017), o índice de absorção em óleo (IAO) é devido, principalmente, às ligações proteicas das farinhas com as moléculas de óleo. Assim, proporcionando propriedades de consistência, de adesão e de viscosidade, melhorando a textura e facilitando a substituição de outros ingredientes em formulações alimentares, favorecendo sua aplicação na indústria alimentícia.

Tabela 5 – Respostas do DCCR para a farinha das cascas da batata-inglesa.

Ensaio	Tempo de ozonização (min)	Concentração de ácido cítrico (%)	Atividade antioxidante		Fenólicos (mg de EAG / 100g de amostra b.s)	IAA (g precipitado /g peso seco)	IAO (g precipitado/ g peso seco)	ISA (g precipitado /g peso seco)
			( $\mu$ mol TE / g amostra b.s)	g				
			<b>DPPH</b>	<b>ABTS</b>				
1	-1 (13)	-1 (0,72)	0,8 (bcde)	0,6 (cde)	80,5 (e)	4,75 (ef)	2,7 (bc)	0,12 (a)
2	1 (52)	-1 (0,72)	0,8 (bcde)	0,69 (cde)	112,6 (a)	6,0 (ab)	3,1 (a)	0,13 (a)
3	-1 (13)	1 (1,78)	0,85 (ab)	0,88 (a)	95,7 (bcd)	4,8 (ef)	2,7 (bc)	0,13(a)
4	1 (52)	1 (1,78)	0,8 (bcde)	0,76 (bcd)	78,2 (e)	5,0 (de)	3,0 (ab)	0,12 (a)
5	-1,41 (5)	0 (1,25)	0,81 (abcd)	0,86 (a)	87,9 (de)	4,4 (f)	2,7 (bc)	0,12 (a)
6	1,41 (60)	0 (1,25)	0,84 (abc)	0,53 (c)	111,4 (abcd)	6,0 (ab)	2,6 (bc)	0,13 (a)
7	0 (32,5)	-1,41 (0,5)	0,74 (de)	0,14 (e)	77,3 (e)	5,9 (bc)	2,4 (cd)	0,13 (a)
8	0 (32,5)	1,41 (2)	0,82 (abc)	0,45 (de)	111,9 (a)	6,9 (a)	2,5 (cd)	0,13 (a)
9	0 (32,5)	0 (1,25)	0,76 (cde)	0,76 (bcd)	111,9 (a)	6,6 (ab)	2,6 (bc)	0,12 (a)
10	0 (32,5)	0 (1,25)	0,83 (abc)	0,77 (bcd)	106,9 (ab)	6,4 (ab)	2,5 (cd)	0,13 (a)
11	0 (32,5)	0 (1,25)	0,74 (de)	0,79 (bcd)	102,3 (abc)	6,4 (ab)	2,4 (cd)	0,13 (a)
CONTROLE	-	-	0,76 (cde)	0,44 (de)	89,6 (cde)	5,7 (bc)	2,5 (cd)	0,13 (a)

Médias seguidas de mesma letra verticalmente, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

continuação...

Tabela 5 – Respostas do DCCR para a farinha de cascas da batata-inglesa.

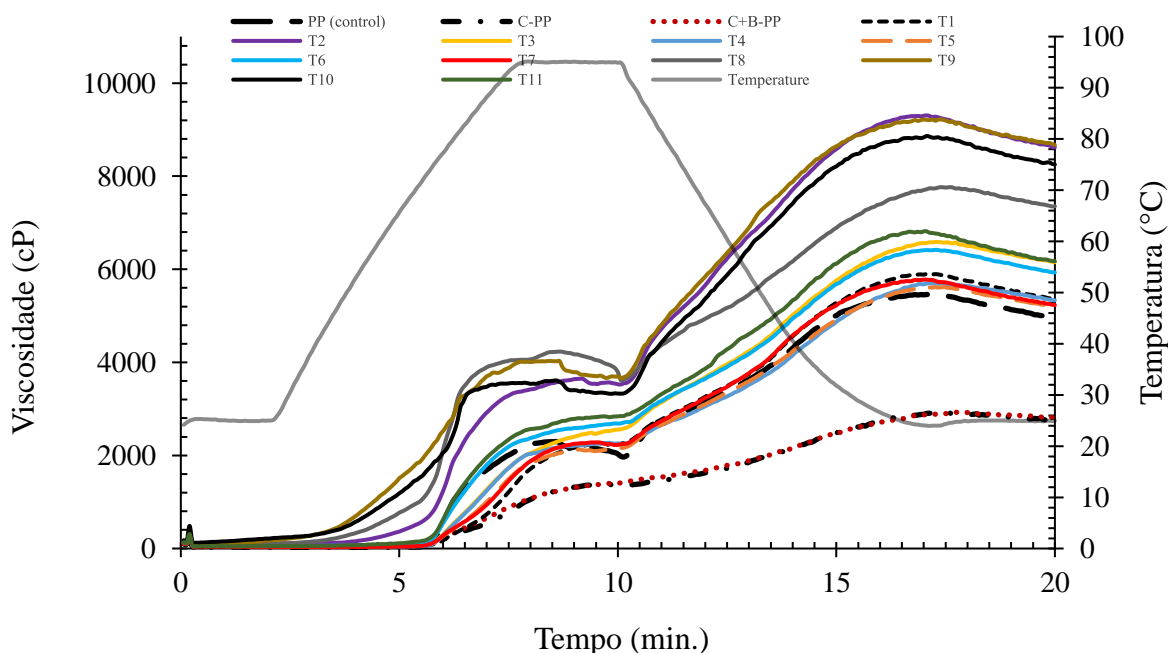
Ensaio	Tempo de ozonização (min)	Concentração de ácido cítrico (%)	Fungos e leveduras (logUFC / g)	Mesófilos (logUFC / g)	L*	a*	b*
1	-1 (13)	-1 (0,72)	2,5 (cd)	1,9 (f)	65,8 (def)	6,9 (abc)	21,9 (cde)
2	1 (52)	-1 (0,72)	2,5 (cd)	2,4 (cde)	66,77(de)	7,3 (abc)	23,0 (abc)
3	-1 (13)	1 (1,78)	2,3 (cd)	2,3 (def)	69,6 (abc)	6,9 (abcd)	22,0 (bcde)
4	1 (52)	1 (1,78)	2,4 (cd)	2,4 (cde)	72,4 (a)	5,9 (de)	21,6 (de)
5	-1,41 (5)	0 (1,25)	2,6 (cd)	2,6 (cde)	70,9 (ab)	6,5 (cde)	21,5 (de)
6	1,41 (60)	0 (1,25)	2,3 (cd)	2,3 (def)	67,6 (bcde)	7,1 (abc)	22,4 (abcde)
7	0 (32,5)	-1,41 (0,5)	2,9 (b)	3,1 (b)	62,2 (fg)	6,8 (bcd)	21,0 (e)
8	0 (32,5)	1,41 (2)	2,6 (cd)	2,8 (c)	69,2 (abcd)	7,3 (abc)	23,4 (abc)
9	0 (32,5)	0 (1,25)	2,6 (cd)	2,6 (cde)	66,5 (cde)	7,8 (a)	24,0 (a)
10	0 (32,5)	0 (1,25)	2,2 (d)	2,3 (def)	65,2 (def)	7,7 (ab)	23,6 (ab)
11	0 (32,5)	0 (1,25)	2,6 (cd)	2,6 (cd)	69,2 (abcd)	6,9 (abcd)	22,3 (abcde)
CONTROLE	-	-	3,6 (a)	3,6 (a)	60,4 (g)	5,6 (e)	18,3 (f)

Médias seguidas de mesma letra verticalmente, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### Propriedades de pasta

O perfil da pasta de cascas de batata-inglesa, com tratamento de cloração (C-PP), foi afetado, mas a combinação do branqueamento com o tratamento de cloração (C+B-PP) não causou alterações significativas ( $p>0,05$ ) (Figura 3 e Tabela 6). A temperatura da pasta (Ptemp) de cascas de batata-inglesa controle (PP) foi de 73,13 °C, a aplicação de cloração e a combinação de cloração com branqueamento nas amostras não influenciaram significativamente ( $p>0,05$ ) esta propriedade térmica (EL HALAL; COLUSSI; DEON et al., 2015; SAJEEV; MOORTHY; KAILAPPAN; RANI, 2003). No entanto, as propriedades associadas ao fenômeno de geleificação do amido, como a viscosidade de pico (PV), a viscosidade mínima (TV) e a quebra de viscosidade (BDV), relacionadas à ruptura do amido, e outras, como a viscosidade final (FV) e a tendência à retrogradação (SBV) associadas à retrogradação do amido, foram afetadas com reduções significativas ( $p<0,05$ ) após a cloração, como demonstrado também por Liang; Zheng; Liu et al. (2023).

Figura 3 – Perfil de pasta de cascas de batata-inglesa, higienizadas com cloro, combinação de cloro e branqueamento, e tratamentos em diferentes tempos de ozonização com ácido cítrico.



Fonte: Autor, 2024.

Por outro lado, aplicações de ozonização em tempos de 32 e 52 min., junto com 0,72, 1,25 e 2% de ácido cítrico, para as amostras T2, T8, T9 e T10, causaram reduções significativas ( $p<0,05$ ) na Ptemp do amido, contido nas cascas de batata-inglesa (Tabela 6). Isto demonstrou

que ambos os métodos de sanitização combinados têm efeito nas propriedades térmicas do amido, onde menos energia é necessária para conduzir o poder de intumescimento, o que facilita a interação entre os grupos hidroxila ( $-\text{OH}$ ) do polímero de amido e as moléculas de água em temperaturas mais baixas (LIMA et al., 2020). Além disso, a propriedade a viscosidade ao frio (CV), após aplicação da ozonização (OT) e do ácido cítrico (CAC), indicou que o amido de cascas de batata-inglesa aumentou significativamente, sua viscosidade a 25 °C, causada por mecanismos de oxidação e de redução de pH, produzidos pela ozonização ( $\text{O}_3$ ) e pela concentração de ácido cítrico, possivelmente, levando à formação de grupos carboxila ( $-\text{COOH}$ ) e carbonila ( $\text{C}=\text{O}$ ), que tornaram o amido mais solúvel em água fria, melhorando sua funcionalidade. Estas alterações na estrutura granular do amido refletiram-se em um aumento no poder de intumescimento e na resistência do gel (Figura 3), apoiado por aumentos significativos ( $p < 0,05$ ) em PV, FV e SBV (Tabela 6), que também foram encontrados por Lima et al. (2020). Portanto, a tecnologia de ozonização, em combinação com a acidificação, pode ser uma alternativa limpa para a oxidação do amido de farinha de cascas de batata-inglesa, para melhorar sua funcionalidade e a utilização deste resíduo agroindustrial em aplicações industriais.

Tabela 6 – Propriedades de pasta de cascas de batata-inglesa, higienizadas com cloro, combinação de cloro e branqueamento, e tratamentos em diferentes tempos de ozonização em combinação com ácido cítrico.

<b>Amostras</b>	<b>OT (min)</b>	<b>CAC (%)</b>	<b>Ptemp (°C)</b>	<b>CV (cP)</b>	<b>PV (cP)</b>	<b>TV (cP)</b>	<b>BDV (cP)</b>	<b>FV (cP)</b>	<b>SBV (cP)</b>
<b>PP (control)</b>	-	-	73.13±1.66 <sup>de</sup>	55.5±7.78 <sup>ab</sup>	2304±490.73 <sup>b</sup>	1966±212.13 <sup>b</sup>	338±278.6 <sup>d</sup>	4958.5±873.2 <sup>g<sup>b</sup></sup>	2992.5±661.14 <sup>b</sup>
<b>C-PP</b>	-	-	75.15±0.00 <sup>de</sup>	34.5±2.12 <sup>a</sup>	1387.5±36.06 <sup>a</sup>	1361±26.87 <sup>a</sup>	26.5±9.19 <sup>a</sup>	2749±77.78 <sup>a</sup>	1388±50.91 <sup>a</sup>
<b>C+B-PP</b>	-	-	75.08±1.1 <sup>de</sup>	48±14.14 <sup>ab</sup>	1409±7.07 <sup>a</sup>	1370±14.14 <sup>a</sup>	39±7.07 <sup>a</sup>	2829±14.14 <sup>a</sup>	1459±0.00 <sup>a</sup>
<b>T1</b>	13	0.72	76.23±0.53 <sup>e</sup>	65.5±12.02 <sup>b</sup>	2275.5±57.28 <sup>b</sup>	2165±79.2 <sup>c</sup>	110.5±21.92 <sup>abc</sup>	5360±38.18 <sup>b</sup>	3195±41.01 <sup>b</sup>
<b>T2</b>	52	0.72	42.03±0.74 <sup>b</sup>	102±18.38 <sup>c</sup>	3649±234.76 <sup>d</sup>	3503.5±212.84 <sup>fg</sup>	145.5±21.92 <sup>abc</sup>	8621.5±153.44 <sup>e</sup>	5118±59.4 <sup>d</sup>
<b>T3</b>	13	1.78	73.9±0.57 <sup>de</sup>	66±9.90 <sup>b</sup>	2636±14.14 <sup>c</sup>	2402.5±12.02 <sup>d</sup>	233.5±26.16 <sup>bcd</sup>	6150±69.30 <sup>c</sup>	3747.5±81.32 <sup>c</sup>
<b>T4</b>	52	1.78	74.73±0.6 <sup>de</sup>	63±1.41 <sup>b</sup>	2281±25.46 <sup>b</sup>	2200±5.66 <sup>c</sup>	81±31.11 <sup>ab</sup>	5332.5±79.90 <sup>b</sup>	3132.5±85.56 <sup>b</sup>
<b>T5</b>	5	1.25	74.73±0.6 <sup>de</sup>	67±14.14 <sup>b</sup>	2161.5±20.51 <sup>b</sup>	2069±72.12 <sup>bc</sup>	92.5±51.62 <sup>abc</sup>	5195.5±78.49 <sup>b</sup>	3126.5±6.36 <sup>b</sup>
<b>T6</b>	60	1.25	70.78±0.46 <sup>d</sup>	62±5.66 <sup>b</sup>	2691.5±6.36 <sup>c</sup>	2679.5±3.54 <sup>e</sup>	12±2.83 <sup>a</sup>	5933±130.11 <sup>c</sup>	3253.5±126.57 <sup>b</sup>
<b>T7</b>	32.5	0.5	73.9±0.57 <sup>de</sup>	43.5±6.36 <sup>ab</sup>	2287.5±71.42 <sup>b</sup>	2220.5±78.49 <sup>cd</sup>	67±7.07 <sup>ab</sup>	5229±142.84 <sup>b</sup>	3008.5±64.35 <sup>b</sup>
<b>T8</b>	32.5	2	25±0.00 <sup>a</sup>	110±14.14 <sup>c</sup>	4231±14.14 <sup>e</sup>	3617±14.14 <sup>g</sup>	614±0.00 <sup>c</sup>	7354±14.14 <sup>d</sup>	3737±0.00 <sup>c</sup>
<b>T9</b>	32.5	1.25	24.93±0.04 <sup>a</sup>	186±14.14 <sup>d</sup>	4029±14.14 <sup>e</sup>	3659±14.14 <sup>g</sup>	370±0.00 <sup>d</sup>	8671±14.14 <sup>e</sup>	5012±0.00 <sup>d</sup>
<b>T10</b>	32.5	1.25	27.48±3.5 <sup>a</sup>	228±14.14 <sup>e</sup>	3584±24.04 <sup>d</sup>	3325±14.14 <sup>f</sup>	259±38.18 <sup>cd</sup>	8250±14.14 <sup>e</sup>	4925±0.00 <sup>d</sup>
<b>T11</b>	32.5	1.25	64.45±0.49 <sup>c</sup>	56±14.14 <sup>a<sup>b</sup></sup>	2839±14.14 <sup>c</sup>	2821±14.14 <sup>c</sup>	18±0.00 <sup>a</sup>	6172±14.14 <sup>c</sup>	3351±0.00 <sup>bc</sup>

Os resultados representam a média ± desvio padrão (n = 2). Letras minúsculas, na mesma coluna, indicam diferenças entre amostras (Tukey, p<0.05). PP: cascas de batata-inglesa (controle), C-PP: cascas de batata-inglesa clorada, e C+B-PP: cascas de batata-inglesa clorada e branqueada. OT: tempo de ozonização e CAC: concentração de ácido cítrico.

## Ensaio de cloração e branqueamento

Na Tabela 7, descreve-se as respostas para os ensaios, em que as cascas de batata-inglesa foram submetidas à cloração e à cloração e branqueamento, além do controle.

Tabela 7 – Médias das respostas para os ensaios de cloração e de branqueamento da farinha de cascas de batata-inglesa.

Ensaio		CONTROLE	C	CB
Atividade antioxidante ( $\mu\text{mol TE/g}$ amostra b.s)	DPPH	1,51 $\pm$ 0,9 (a)	1,05 $\pm$ 0,56 (b)	0,78 $\pm$ 0,1 (c)
	ABTS	1,81 $\pm$ 1,1 (a)	2,01 $\pm$ 0,62(b)	1,04 $\pm$ 1,1 (c)
Compostos fenólicos (mg de EAG/100g de amostra b.s)		78,62 $\pm$ 0,99 (a)	64,7 $\pm$ 0,1 (b)	44,37 $\pm$ 1 (c)
IAA (g precipitado/g peso seco)		5,07 $\pm$ 0,6 (a)	4,77 $\pm$ 0,43 (a)	4,87 $\pm$ 0,9(a)
IAO (g precipitado/g peso seco)		1,39 $\pm$ 0,5 (b)	2,16 $\pm$ 0,9 (a)	3,53 $\pm$ 0,5 (a)
ISA (g precipitado/g peso seco)		0,13 $\pm$ 0,7 (a)	0,12 $\pm$ 0,7 (a)	0,07 $\pm$ 0,3 (b)
Fungos e leveduras (log UFC/g)		2,26 $\pm$ 0,9 (a)	1,41 $\pm$ 0,6 (b)	1,48 $\pm$ 1,1 (b)
Mesófilos totais (log UFC/g)		3,41 $\pm$ 1,0 (a)	2,68 $\pm$ 0,6 (b)	2,76 $\pm$ 1,0 (b)
L*		59,87 $\pm$ 1,1 (b)	60,65 $\pm$ 0,5 (b)	71,07 $\pm$ 1 (a)
a*		4,94 $\pm$ 0,4 (a)	4,85 $\pm$ 0,5 (a)	5,01 $\pm$ 0,4 (a)
b*		19,68 $\pm$ 0,9 (b)	18,91 $\pm$ 0,5 (b)	24,89 $\pm$ 1 (a)

Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra horizontalmente não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Onde C: clorada e CB: clorada e branqueada.

A atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos totais foram maiores para o controle quando comparado com os demais ensaios. Estes resultados encontrados podem ser explicados, provavelmente, pelo fato do cloro ser um agente oxidante, já que quando reage com compostos orgânicos, participa de reações de oxidação. As reações envolvendo cloro residual livre e compostos orgânicos naturais são complexas, porque os compostos orgânicos possuem uma grande diversidade de grupos funcionais aromáticos, carboxílicos e fenólicos, bem como muitas ligações duplas e triplas, e são susceptíveis ao ataque por oxidantes (JACQUES et al.; 2015).

Jaques et al. (2015), ao verificarem a sanitização de amora-preta cv. Tupy, com diferentes concentrações e tempos de imersão, em hipoclorito de sódio, perceberam que os compostos de cloro utilizados na sanitização dos frutos, foram eficazes para remoção de micro-organismos, mas promoveram perdas significativas dos compostos bioativos presentes na amora-preta.

Dessa forma, foi possível perceber que a atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos totais diminuíram, quando as amostras foram branqueadas, comparando com as amostras que foram somente sanitizadas com cloro.

Bulut et al., (2018), constataram redução de 1,7% do teor de compostos fenólicos quando submetem Vagens de Feijão verde (*Phaseolus vulgaris* L.) ao branqueamento hidrotérmico. Yonny et al., (2018), notou redução de 4,7% da atividade antioxidante em Ervilha verde (*Pisum sativum* L.) que também foram branqueadas. Oliveira et al., (2017a), ao analisarem diversas farinhas (de mamão, de casca de cacau, de casca de banana, de cacau, de jabuticaba, de guabiroba, de goiaba e de banana verde), verificaram que a quantidade de compostos fenólicos foi significativamente inferior, quando foi realizado o branqueamento para todas as farinhas. Isso poder ter ocorrido, devido ao fato de que os fenólicos são compostos altamente instáveis e reativos, e temperaturas elevadas podem promover a degradação por ser termossensíveis ou podem causar polimerização de alguns compostos fenólicos, reduzindo o conteúdo fenólico extraível, e também a capacidade antioxidante e a eliminação de radicais (WANG et al., 2014).

Os compostos fenólicos podem migrar para a água do branqueamento, conforme o estudo de Giusti et al. (2019), que verificaram perda de compostos fenólicos para a água, no processamento de: lentilhas pretas (*Lens culinaris* L.), feijão-carioca (*Phaseolus vulgaris* L.), feijão-ruiotto (*Phaseolus vulgaris* L.), feijão-preto (*Phaseolus vulgaris* L.), grão-de-bico preto (*Cicer arietinum* L.) e grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.).

É fundamental para avaliar o comportamento da farinha de cascas de batata-inglesa, em uma fase aquosa, determinando a qualidade da reconstituição do pó, sendo que a rápida reconstituição completa dos produtos em pó indica boa qualidade da farinha (NOLASCO, 2023). O índice de solubilidade em água apresentou valor menor, quando as cascas de batata-inglesa foram branqueadas, provavelmente em virtude da degradação e da solubilização do amido, que tem ação aumentada com o tratamento térmico.

Nolasco (2023), encontrou valores de absorção de água de 5,08% para farinha de cascas de batata-inglesa, valor parecido ao que foi encontrado para a farinha clorada neste estudo. O valor identificado também foi maior do que o encontrado para a farinha de trigo (1,15%) e para a farinha de aveia (0,85%) (SANTANA et al., 2017), indicando que a farinha das cascas de batata-inglesa promove melhor rendimento para produtos que precisem de hidratação e de retenção de umidade, como os produtos de panificação.

O índice de absorção de óleo aumentou quando passou pela cloração. Almeida et al. (2013), também observaram aumento na absorção de óleo em amidos oxidados pelo hipoclorito de sódio, onde o aumento foi de 91 a 109%. As gorduras são encarregadas de reter o sabor nos alimentos, melhorando a textura, por conseguinte, o poder de retenção de óleos pode contribuir com melhorias para as características sensoriais dos alimentos (DEREJE et al., 2020). Esta pesquisa apresentou valores maiores de IAO comparado aos valores encontrados por Du et al. (2014), ao avaliarem farinhas de feijões e de leguminosas. Obtiveram índices 0,93 e 1,38, respectivamente.

É possível verificar que a cloração foi capaz de reduzir o teor de fungos e de mesófilos aeróbios totais, quando comparados ao controle. Apresentando os mesmos valores para as amostras que além da cloração também foram branqueadas, o que demonstra que o branqueamento não influenciou a eliminação de micro-organismos. O cloro é o sanitizante muito usado devido a sua efetividade contra uma grande variedade de micro-organismos, mesmo em baixas concentrações, além de possuir baixo custo e facilidade de preparação (MONTEIRO, 2022).

A luminosidade foi maior (71,07) e o tom avermelhado (5,01) e amarelado (24,89) foram menores quando comparados à farinha de cascas de batata-inglesa de Nolasco (2023), que encontraram  $L^*=54,34$ ;  $a^*=8,79$ ;  $b^*=26,81$ . Assim, o maior valor encontrado de luminosidade e do parâmetro  $b^*$  pode ser devido ao branqueamento, que evitou o escurecimento dos vegetais e ressaltou a coloração amarela das cascas de batata-inglesa. Freitas et al. (2022), ao investigarem o branqueamento em batatas-inglesas, perceberam que os ensaios branqueados quando comparados aos não branqueados, apresentaram menores valores das enzimas peroxidases, que são responsáveis pelo escurecimento enzimático.

### **Análises físico-químicas**

A análise centesimal, da farinha das cascas de batata-inglesa, resultou em (%): umidade  $8,41 \pm 0,71$ , cinzas  $5,62 \pm 0,09$ , gorduras totais  $0,5 \pm 0,01$ , proteínas  $12,28 \pm 0,1$  e carboidratos  $75,95 \pm 0,48$ .

O teor de umidade (8,41%) está dentro do valor máximo estipulado pela Anvisa (2005), para farinhas, que é de até 15%, e está próximo ao encontrado por: Fernandes et al., (2018), de 9,72%; Garmus et al., (2009), de 6,5%; Rosa et al., (2017), de 5,47% e Pereira (2005), de 6,8%, todos para farinha de cascas de batata-inglesa.

Quanto às cinzas, o valor médio encontrado neste trabalho (5,62%), foi maior do que em Fernandes et al., (2018), de 2,22%; menor para Garmus et al., (2009), de 7,34% e próximo para Pereira (2005), de 5,3% e para Rosa et al., (2017), de 5,57%.

Já para gorduras totais, Pereira (2005) e Rosa et al., (2017), apresentaram valores bem próximos aos encontrados neste estudo, sendo de 0,4% e 0,3%, respectivamente. Garmus et al., (2009), obtiveram valor maior de 2,5%.

Quanto ao teor de proteína bruta, o valor encontrado foi maior do que o encontrado por Fernandes et al., (2018), que foi de 5,56%, por Garmus et al., (2009), de 2,5% e por Pereira (2005), de 9,6%. Já Rosa et al., (2017), encontraram o valor mais próximo de 11,57%.

Perez e Germani (2014), encontraram para a farinha de trigo 13% de umidade, 0,67% de cinzas e 10,4% de proteínas. Comparando-se com a farinha de cascas de batata-inglesa, foi possível verificar que os valores se encontraram similares para umidade, visto que valores abaixo de 15% são importantes para evitar a formação de grumos. A farinha de cascas de batata-inglesa possui valores maiores de cinzas comparada à farinha de trigo, visto que é nas cascas, que são majoritariamente encontradas. E possuem valores similares de proteínas, sendo de 10,4% para a farinha de trigo, indicando assim, que a farinha de cascas de batata-inglesa pode ser utilizada em substituição à farinha de trigo, com finalidade de produzir produtos sem glúten, e ainda obter valor similar de proteínas.

## **CONCLUSÃO**

A ozonização foi eficaz na redução de resíduos de agrotóxicos, e em combinação com o ácido cítrico, foram capazes de melhorar as características de pasta. Juntamente com a cloração, a ozonização diminuiu a carga microbiana das cascas de batata-inglesa. A farinha de cascas de batata-inglesa apresentou altos valores de proteínas e de absorção de água, podendo ser aplicada em diferentes formulações da indústria de alimentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), *Campus Sete Lagoas* (CSL), Sete Lagoas/MG, pela concessão da bolsa de estudos; à Embrapa Agroindústria de Alimentos (Guaratiba, Rio de Janeiro/RJ) e ao ITEP (Instituto Tecnológico de Pernambuco - Recife/PE), pelo suporte para realização dos experimentos.

## REFERÊNCIAS

AACC. AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 42-11.01. Aerobic Plate Count. Approved October 3, 1999a. **Cereals & Grains Association**, St. Paul, MN, U.S.A.

AACC. AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 42-50.02. Mold and Yeast Counts. Approved October 8, 1999b. **Cereals & Grains Association**, St. Paul, MN, U.S.A

AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed Method 56-20.01. Physicochemical Tests Methods. Approved October 8, 2013. **Cereals & Grains Association**, St. Paul, MN, U.S.A

ALMEIDA, E. C.; BORA, P. S.; ZÁRATE, N. A. H.. Amido nativo e modificado de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott): Caracterização química, morfológica e propriedades de pasta. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 67–82, 2013.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos**. Plano Plurianual 2017-2020. Resultados do 1º Ciclo 2017-2018. Brasília, 2019. 19 p.

ANVISA- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Instrução normativa - IN nº 204, de 27 de dezembro de 2022**. Dispõe sobre alteração das Monografias dos ingredientes ativos na Relação de Ingredientes Ativos de Agrotóxicos, Saneantes Desinfestantes e Preservativos de Madeira. Monografia do tebuconazol disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/t/4538json-file-1>. Acesso em 18 jan de 2024.

ASSIS, L. M., DA ROSA ZAVAREZE, E., RADUNZ, A. L., DIAS, A. R. G., GUTKOSKI, L. C., & ELIAS, M. C.. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Alimentos e Nutrição (Brazilian Journal of Food and Nutrition)**, v. 20, n. 1, p. 15-25, 2009.

BACHIR N.; HADDARAH A.; SEPULCRE F.; PUJOLA M.. Study the interaction of amino acids, sugars, thermal treatment and cooking technique on the formation of acrylamide in potato models. **Food Chem.** doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135235. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36549166.

BACKES, E.; GENENA, A. K.. Investigação da valorização de três variedades de casca de batata como fonte antioxidante natural. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 3, p. 36-46, 2020.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. L. W. T.. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, 28(1), 25- 30.

BOMBARDI, L. M.. A Geography of agrottoxins use in brazil and its relations to the european union. São Paulo, **FFLCH-USP**, 2019. 267 p. DOI: 10.11606/9788575063590

BULUT, M.; BAYER, O.; KIRTIL, E.; BAYINDIRLI, A.. Effect of freezing rate and storage on the texture and quality parameters of strawberry and green bean frozen in home type freezer. **International Journal of Refrigeration**, v. 88, p. 360–369, 2018.

CASTANHA, N.; MATTA JR., M. D.; AUGUSTO, P. E. D.. Potato starch modification using the ozone technology. **Food hydrocolloids**, v. 66, p. 343–356, 2017.

CAMPARA, Beatris. **Uso de aditivos na redução do escurecimento de conservas de cebola branca e sua estabilidade**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

COELHO, S. C. C.; FREITAS-SILVA, O.; CAMPOS, R. S.; BEZERRA, V. S.; CABRAL, L. M. C.. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 369-375, 2015.

CORADINI, C.. **Degradação de agrotóxicos em hortifrutícolas (hf) através de oxidação por ozonização**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

CORDEIRO, I. N. F.. **Soluções antioxidantes e tratamento térmico na qualidade de batata-doce minimamente processada**. 2018. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, *Campus* de Jaboticabal, Mestrado em Agronomia.

CUNHA, H. V. F.. Conteúdo para segurança de alimentos, **food safety brazil**. Disponível em: <<https://foodsafetybrazil.org/diferenca-entre-atividade-de-agua-aw-e-o-teor-de-umidade-nosalimentos>>. Acesso em 09/01/2024.

DANIEL, A. P., ALVES, A. F., dos SANTOS GIULIANI, C., CIROLINI, A., & da ROSA, V. P.. Biscoitos tipo *cookies* elaborados com subprodutos de cerveja artesanal. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.3, n. 25, p. 25-29, 2018.

DEREJE, B.; GIRMA, A.; MAMO, D.; CHALCHISA, T.. Functional properties of sweet potato flour and its role in product development: a review. **International Journal of Food Properties**, Londres, v. 23, n. 1, p. 1639–1662, 2020.

DOBEIC, M.. Ozone as a disinfectant in the food industry. **MESO**. v. 19, n. 4. 2017.

DU, S. KUI; JIANG, H.; YU, X.; JANE, J. LIN.. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. **LWT**, Amsterdã, v. 55, n. 1, p. 308–313, 2014.

EL HALAL, S. L. M.; COLUSSI, R.; DEON, V. G.; PINTO, V. Z. et al. Films based on oxidized starch and cellulose from barley. **Carbohydrate Polymers**, 133, p. 644-653, 2015/11/20/ 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado técnico, 128).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Determinação da atividade antioxidante total**; método DPPH. [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, nov. 2016. n. 07.

ENDO, É.; SOARES, N. D. F. F.; DOS SANTOS, D. A. A.; BORGES, S. V.; FONTES, E. A. F.; GONÇALVES, M. P. J. C.. Uso de filmes ativos na conservação de batata minimamente processada. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 349-359, 2008.

ERGEN, S. F.; VELIOGLU, Y. S.; AKSU, P.. Study of Imidacloprid Degrdaton on Field-treated tomatões using ozonation. **Journal of Agri Search**, v.2, n.1, p.29-33. 2015.

FAPESP. **Sistema de informações sobre agrotóxicos**. 2018. Disponível em: <<https://fsp.usp.br/nara/ariadne/comportamento-ambiental.php>>. Acesso em 05 de janeiro de 2024.

FDA. **Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption**. Federal Register, v. 66, n.123, p. 33829-33830, 2001.

FEITOZA, R. I. E; SOUZA, M. N. C.; NETO, I. F. S.. Vantagens e possibilidades do aproveitamento de resíduos agroindustriais. Revista: **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente** - Vol. 1- N.8. 2020. IFRJ. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/alimentos/article/view/1651/97>. Acesso: 13 de julho de 2022.

FERNANDES, A.F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J.. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, supl. p. 56-65, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500010>.

FREITAS, R. M.; RESENDE, O.; PLÁCIDO, G. R.; DE OLIVEIRA, H. R.; SOUZA, A. F. **Inibição enzimática pelo processo de branqueamento**. In:1º Congresso de Segurança e Qualidade dos Alimentos. 2022.

GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V.. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, *Campus* Ponta Grossa - Paraná - Brasil. ISSN: 1981-3686 / v. 03, n. 02, p. 56-65, 2009.

GIBSON, K. E.; ALMEIDA, G.; JONES, S. L.; WRIGHT, K.; LEE, J. A.. Inactivation of bacteria on fresh produce by batch wash ozone sanitation. **Food Control**, v. 106, n. May, p. 106747, 2019.

GIUSTI, F.; CAPUANO, E.; SAGRATINI, G.; PELLEGRINI, N. A.. A comprehensive investigation of the behaviour of phenolic compounds in legumes during domestic cooking and in vitro digestion. **Food Chemistry**, v. 285, p. 458-467, 2019.

GOMES, B. J. N.. **Efeitos da irradiação com laser de baixa potência (LLLT) em neutrófilos maduros cultivados ex vivo e in vitro na infecção experimental por *Paracoccidioides brasiliensis***. 2021. Alfenas/MG, 2021. 108 f. Orientadora: Eva Burger. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Alfenas, 2021.

GOYENECHE, R.; AGÜERO, M. V.; ROURA, S.; SCALA K. D.. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, p. 106-113, fev. 2014.

HELENO, F. F.; QUEIROZ, M. E. L. R.; FARONI, L. R. A.; NEVES, A. A.; OLIVEIRA, A. F.; COSTA, L. P. L.; PIMENTA, G. G.. Soluções aquosas de ozônio para remoção de pesticidas em batatas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos Internacional**, v. 8, p. 752-758, 2016.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4th Ed., ZENEBO, O.; PASCUER, N. S. Edição digital. 2008.

JACQUES, A. C.; ZAMBIAZI, R. C.; GANDRA, E. A.; KRUMREICH, F.; LUZ, S. R.; MACHADO, M. R. G.. Sanitização com produto à Base de Cloro e com Ozônio: Efeito Sobre Compostos Bioativos de Amora-preta (*Rubus Fruticosus*) cv. Tupy. **Revista Ceres**, v. 62, p. 507-515, 2015.

JUNQUEIRA, M.; SOARES, N. D. F. F.; REIS, R. C.; CARNEIRO, J. D. D. S.; BENICIO, R. T.; YOKOTA, S. R. C.. Efeito de embalagens ativas no escurecimento enzimático de batatas (*Solanum tuberosum*) fatiadas e minimamente processadas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 613-618, 2009.

LIANG, W.; ZHENG, J.; LIU, X.; ZHAO, W. et al. Insight into how E-beam pretreatment promotes sodium hypochlorite oxidation for structure–property improvement of cassava starch: A molecular-level modulation mechanism. **Food Research International**, v. 173, p. 113246, 2023/11/01/ 2023.

LIMA, D. C.; VILLAR, J.; CASTANHA, N.; MANIGLIA, B. C. et al. Ozone modification of arracacha starch: Effect on structure and functional properties. **Food Hydrocolloids**, 108, p. 106066, 2020/11/01/ 2020.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Sakai, 1998. Encarte. 59 p.

MADELLA, D. K. S. F.. **Aplicação de revestimento ativo à base de proteína de soro de leite em batata (*Solanum tuberosum* L.) minimamente processada**. 2018. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

MANCIBO, C. M., PICÓN, J., GÓMEZ, M.. Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. **LWT - Food Science and Technology** (2015), doi: 10.1016/j.lwt.2015.05.057.

MONACO, K. A.. **Influência da sanitização e do armazenamento nos compostos bioativos de manga 'palmer' in natura e processada**. 2015. 129 p . Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – *Campus* de Botucatu.

MONTEIRO, E. R.. Sanitização de frutas e hortaliças: uma revisão. **Revista Higiene Alimentar**, 36 (295): e1106, jul/dez, Itaquí, 2022. ISSN 2675-0260 – DOI: 10.37585/HA2022.02frutas.

MOREIRA, R. E.; COELHO, T. M.; ASSAD, N.. Desenvolvimento de solução de amido oxidado com alto teor de sólidos por meio do uso de peróxido de hidrogênio. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 9894-9899, 2020.

NARENDERAN, S. T.; MEYYANATHAN, S. N.; BABU, B.. Review of pesticide residue analysis in fruits and vegetables. Pre-treatment, extraction and detection techniques. **Food Research International**, v. 133, 2020, 109141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109141>

NOLASCO, M. V. F. M.. **Desenvolvimento e avaliação de filmes a partir de resíduo integral de cascas de batata (*Solanum tuberosum* L.)**, 2023. Tese de Doutorado. Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos. Universidade Estadual de Campinas-Faculdade de Engenharia de Alimentos.

O'DONNELL, Colm et al. (Ed.). **Ozone in food processing**. John Wiley & Sons, 2012.

OLIVEIRA, M. H; CANTERI, M. H. G.; NASCIMENTO, R. F.. **Efeito do tratamento térmico no teor de compostos fenólicos em farinhas vegetais**. Engenharia Química – UTFPR, *Campus Ponta Grossa*. 2017a.

OLIVEIRA, V. A. B.. Princípios Agroecológicos Manejo de Pragas e Doenças (Métodos Alternativos de Controle). Adamantina. **Gráfica Atual**. 2022b. 104 p. ISBN: 978-65-00-40023-6.

OSPINA, R. P.; OCAMPO, P. C.. A obtenção de amido residual derivado da casca de batata como complemento do processo industrial. **Revista Espacios**. 2018. v. 39, n. 37, p. 21. ISSN 0798 1015.

PEREIRA, C. A.; DE CARLI, L.; BEUX, S.; SANTOS, M. S.; BUSATO, S. B.; KOBELNIK, M.; BARANA, A.. C. Utilização de farinha obtida a partir de rejeito de batata na elaboração de biscoitos. Publication **UEPG: Ciências Exatas e da Terra**, v. 11, n. 1, 2005.

PEREZ, PATRÍCIA MARIA PÉRICO; GERMANI, Rogério. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 1, 2004.

RAMOS, G. V. C.. **Efeito do tratamento com ozônio sobre as propriedades estruturais, térmicas, reológicas e funcionais do amido de quinoa**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, L. R. O.; ASQUIERI, E .R.; ORSI, D. C.. Prevention of enzymatic browning of yacon flour by the combined use of anti-browning agents and the study of its chemical composition, **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 275-280, abr./jun. 2014.

RODRIGUES, J. C. F.; DO NASCIMENTO SILVA, E. E. A.; PERES, D. S.; DOS SANTOS, P. A.; VIANA, L. F.. **Propriedades funcionais tecnológicas da farinha de batata-doce**. 2018. SECA. v. 1, 2018, p. 97488.

ROSA, P. A.; SANTOS, M. M. R.; CANDIDO, C. J.; SCHWARZ, K.; DOS SANTOS, E. F.; NOVELLO, D.. Elaboração de *cookies* com adição de farinha de casca de batata: Análise físico-química e sensorial. **Evidência**, v. 17, n. 1, p. 33-44, 2017.

SALAS, F.; TOFOLI, J. G.. Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da batata. **Cultura da batata: pragas e doenças**. 1ª ed. São Paulo: Instituto Biológico, p. 73-95, 2017. ISBN 978-85-88694-15-6.

SAJEEV, M. S.; MOORTHY, S. N.; KAILAPPAN, R.; RANI, V. S.. Gelatinisation Characteristics of Cassava Starch Settled in the Presence of Different Chemicals. **Starch - Stärke**, v. 55, n. 5, p. 213-221, 2003/05/01 2003.

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEEA, M. B.. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88- 95, 2017.

SARATH C., C.; THOMAS, S.; UNNI, M. R.. Pesticides: Classification, detection, and degradation. **Organic farming: New Advances towards sustainable agricultural systems**. Switzerland: Springer, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04657-6>

SAVIOLLI, L. Q.. “**Agrotóxicos e transgênicos: benéficos ou prejudiciais**”. Larissa Queiroz Saviolli; Francisco Faggion - Brasília/DF, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (G) - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

SEAPA. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Relatórios do Agronegócio, Agricultura: Perfil da batata**. Belo Horizonte: SEAPA (ed.). 2023, 20 p. Disponível em: [file:///C:/Users/PC/Downloads/perfil\\_batata\\_agosto\\_2023%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/perfil_batata_agosto_2023%20(1).pdf). Acessado em 26 de janeiro de 2024.

SILVA, N. C.; AUGUSTO, P. E. D.. **Emerging technologies to enhance starch performance: ozone, ultrasound and irradiation**. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-14052020-134517/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

SINGLETON, V. L. ORTHOFER, R. LAMUELA-RAVENTÓS, R. M.. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, New York, v. 299, p. 152-178, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).

THEOPHILO, F. C.; POLI, M. F.; CUERVO, M. R. M.; MILANEZ, J. F.; MELGAREJO, L.; PIZZATO, A. C.. Agrotóxicos permitidos no cultivo das frutas e verduras mais consumidas pela população brasileira e algumas de suas implicações na saúde. **Revista da Graduação**, [S. l.], v. 7, n. 1, 2014. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/17822>. Acesso em: 7 abr. 2024.

TROMBETE, F. M.; FREITAS-SILVA, O.; SALDANHA, T.; VENÂNCIO, A. A.; FRAGA, M. E.. Ozone against mycotoxins and pesticide residues in food: Current applications and perspectives. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 6, p. 2545-2556, 2016.

VIANA, L. G., CRUZ, P. S.. **Reaproveitamento de Resíduos Agroindustriais**. In: Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, IV COBESA, 2016, Cruz das Almas – Bahia, Brasil. Disponível em: <https://doceru.com/doc/s85s85n>. Acesso: 13 de julho de 2023.

WANG, T.; HE, F.; CHEN, G. (2014). Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. **Journal of Functional Foods**, 7, 101-111.

YEO, J., & SHAHIDI, F. (2017). Effect of hydrothermal processing on changes of insoluble-bound phenolics of lentils. **Journal of Functional Foods**.

YONNY, M. E. et al. Enhancement in the oxidative stability of green peas by *Ilex paraguariensis* addition in a blanching process before their refrigerated and frozen storage. **Food Science and Technology**, v. 91, February, p. 315–321, 2018.

## ARTIGO 2

### DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO POR FARINHA DE CASCAS DE BATATA-INGLESA

#### Resumo

O objetivo deste trabalho foi elaborar biscoitos tipo *cookie* com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de cascas de batata-inglesa, visando produzir um produto com potencial nutricional e tecnológico. Ao adicionar a farinha de cascas de batata-inglesa observou-se diminuição da espessura e do volume específico, ainda assim, resultou em maior rendimento de 93,4% e 95,3% para F12,5 e F25, respectivamente. Mesmo possuindo menor espessura e maior umidade, o biscoito apresentou textura significativamente iguais ( $p < 0,05$ ). Verificou-se que a luminosidade e os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  diminuíram, obtendo-se biscoitos mais escuros para F12,5 e F25. A farinha de cascas de batata-inglesa possui maiores teores de fibras e de proteínas, porém, pelo fato das F12,5 e F25 terem apresentado maior umidade, houve aumento do rendimento, não obtendo diferenças significativas. O uso de farinha de cascas de batata-inglesa não alterou a qualidade nutricional do biscoito tipo *cookie*, permanecendo similar à formulação controle, contudo, com maior rendimento.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum* L., resíduos agroindustriais, subprodutos.

### DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF BISCUITS WITH PARTIAL REPLACEMENT OF WHEAT FLOUR BY FLOUR FROM POTATO PEELS

#### Abstract

The objective of this work was to develop biscuits with partial replacement of wheat flour by potato peel flour, aiming to produce a product with nutritional and technological potential. When the potato peel flour was added, a decrease in thickness and specific volume was observed, even so, it resulted in a higher yield of 93.4% and 95.3% for F12.5 and F25, respectively. Even though it had a lower thickness and higher humidity, the biscuit had a significantly equal texture ( $p < 0.05$ ). It was found that the luminosity and the parameters  $a^*$  and  $b^*$  decreased, obtaining darker biscuits for F12.5 and F25. Potato peel flour has higher fiber and protein contents, however, because F12.5 and F25 had higher moisture, there was an increase in yield, with no significant differences. The use of potato peel flour did not alter the nutritional quality of the biscuit, remaining similar to the control formulation, but with higher yield.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L., agro-industrial waste, byproducts.

# 1. INTRODUÇÃO

Os consumidores têm buscado por uma alimentação equilibrada, com alimentos com maior qualidade nutricional, que forneçam benefícios à saúde e ofereçam praticidade devido à falta de tempo para preparo das refeições. Sendo assim, novas formulações têm sido criadas para incrementar valor nutricional aos alimentos, através da adição de fontes nutricionais para atender essa demanda (RAMOS, et al, 2018).

O biscoito é um produto que faz parte da cultura alimentar global, é de elevado interesse comercial em função da sua praticidade, do custo-benefício, e por possuir longa vida de prateleira, devido à sua baixa umidade (AREPALLY et al., 2020).

Algumas restrições alimentares como: a intolerância à lactose, a sensibilidade ao glúten não celíaca e a doença celíaca, afetam a qualidade de vida por causa dos sintomas gastrointestinais e do desconforto que podem causar. Assim, sendo necessário a exclusão de alimentos que contêm glúten e lactose, porém, essa exclusão pode resultar em deficiências nutricionais dependendo da dieta escolhida (SERPA et al., 2020).

O principal ingrediente utilizado nos produtos de panificação é a farinha de trigo, em detrimento da sua capacidade de formar a rede de glúten, uma rede viscoelástica que retém o gás durante a fermentação dos produtos (AGUIAR et al., 2022). O trigo é um grão majoritariamente importado, logo, a substituição parcial da farinha de trigo pode reduzir sua dependência externa. Além disso, essa substituição poderia estimular o mercado a utilizar farinhas que não possuem glúten, devido a incidência de indivíduos com restrição ao glúten ou que preferem reduzir ou parar de consumir produtos que o contém (HAN et al., 2019)

A substituição da farinha de trigo pode ser uma ótima alternativa para o reaproveitamento das agroindústrias, podendo ser utilizadas farinha das cascas, sementes e talos, que serão destinadas à panificação, agregando valor nutricional a alimentos já conhecidos pela população (SANTOS et al., 2017).

O descarte de resíduos agroindustriais também gera danos econômicos por vários motivos, e entre eles pode-se citar: prejuízos financeiros ou reparo da degradação ambiental, problemas de saúde causados pela contaminação do solo e dos corpos hídricos (VIANA e CRUZ, 2016).

Atividades industriais que usam a batata-inglesa (*Solanum tuberosum* L.) como matéria-prima, geram quantidade residual significativa de cascas desse tubérculo, e na maioria das vezes essas cascas são descartadas como outros lixos orgânicos, ou destinados à fabricação de rações.

Segundo a EMBRAPA (2015), 1 a 2% da fibra presente nesse vegetal está contida nas cascas, além dos outros nutrientes contidos no mesmo, como por exemplo, proteínas e as vitaminas A, B1, B2, B5 e C, como também: fibra, ferro, cálcio, potássio, fósforo e zinco Isso faz das cascas de batata-inglesa um subproduto com grande potencial para aproveitamento (GARMUS et al, 2009).

As cascas de batata-inglesa são fonte de fenólicos, que são potencialmente interessantes para utilização na indústria de alimentos, além de possuírem alta atividade antioxidante. De acordo com alguns estudos, as cascas de batata-inglesa têm maior atividade antioxidante do que

na polpa, sendo que 50% dos compostos fenólicos estão nas cascas e em seus tecidos adjacentes (BACKES e GENENA, 2020).

Dessa forma, a criação de um biscoito sem lactose e com substituição parcial de uma farinha que contém glúten para uma que não contém, oferece uma opção segura para atender às necessidades dietéticas do grupo de pessoas com algum tipo de restrição alimentar.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi elaborar e caracterizar biscoitos tipo *cookie*, com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de cascas de batata-inglesa, visando produzir um produto com potenciais nutricional e tecnológico.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Obtenção da farinha de cascas de batata-inglesa

Os biscoitos foram elaborados a partir da farinha de cascas de batata-inglesa (*Solanum tuberosum* L.). As batatas foram obtidas do Comércio de Sete Lagoas, Minas Gerais e foram transportadas para o Laboratório de Compostos Bioativos e Conservação de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), *Campus Sete Lagoas* (CSL), onde foram selecionadas, lavadas em água corrente e sanitizadas com solução clorada a 150 ppm. Após a sanitização realizou-se o descascamento com auxílio de descascadores manuais. Em seguida, para evitar o escurecimento enzimático foi aplicado o processo de branqueamento térmico (100 °C por 1 minuto).

As cascas de batata-inglesa foram desidratadas (55 °C/24h em estufa Tecnal TE 394, com circulação e renovação de ar) e trituradas com o auxílio de mixer para produção da farinha.

### 2.2. Elaboração dos biscoitos

Os biscoitos tipo *cookie* foram desenvolvidos em duas formulações com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de cascas de batata-inglesa. Cada formulação foi codificada da seguinte maneira: formulação controle, contendo apenas farinha de trigo (FC); formulação com substituição de 12,5% (F12,5) e formulação com substituição de 25% (F25). As proporções dos ingredientes do biscoito foram baseadas em Rosa et al. (2017), conforme mostra Tabela 1.

**Tabela 1: Formulações dos biscoitos tipo *cookie*, com substituição parcial da farinha de trigo em 12,5% e 25% por farinha de cascas da batata-inglesa.**

<b>Ingredientes</b>	<b>FC (%)</b>	<b>F12,5 (%)</b>	<b>F25 (%)</b>
Farinha de trigo	50	43,75	37,5
Ovo	27	27	27
Açúcar refinado	10	10	10
Margarina (65% lipídios)	9	9	9
Farinha de cascas de batata-inglesa	-	6,25	12,5
Fermento amoníaco de sódio	1	1	1
Essência de baunilha	3	3	3

Fonte: Autor, 2024.

O preparo dos biscoitos iniciou-se com a pesagem dos ingredientes, sendo estes posteriormente homogeneizados em recipiente apropriado, pesados cerca de 10 g de massa, modelados manualmente, assados em formas com formato delimitado à 180 °C, por 20 minutos. Ao fim do processo, com os biscoitos já frios, os mesmos foram acondicionados em sacos de polietileno até o momento das análises. Os biscoitos foram produzidos em triplicata.

### 2.3. Elaboração da tabela nutricional dos biscoitos tipo *cookie*

As tabelas nutricionais, das formulações de biscoito, foram desenvolvidas seguindo como referência a composição centesimal da farinha das cascas de batata-inglesa, e para os demais ingredientes, as informações da United States Department of Agriculture (USDA) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – Bancos de dados de Composição de Alimentos (USDA, 2023). Como porção de referência e medida caseira, utilizou-se o valor de 30 g que equivale a 3 unidades do biscoito, tendo como base a Instrução Normativa - IN N° 75, de 8 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020).

### 2.4. Análises do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante

Foram avaliados o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante para os biscoitos tipo *cookie*, de cada formulação.

Avaliou-se o teor de compostos fenólicos conforme a capacidade redutora do Folin-Ciocalteu (SINGLETON et al., 1999), com comparação de uma curva de calibração construída com ácido gálico ( $y = 0,0095x - 0,0162$ ). A absorção foi lida em espectrofotômetro FENTO 700S, no comprimento de onda de 740 nm. Expressou-se os resultados em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG), por 100 g de amostra.

A atividade antioxidante foi verificada pelo método colorimétrico com o radical DPPH (2,2-defenil-1-picril-hidrazila), descrita por Brand-Williams et al. (1995) e adaptada por EMBRAPA (2016), e também pelo método da captura do radical ABTS 2,2 azinobis (3-

etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), relatado por EMBRAPA (2007). Utilizando o mesmo extrato metanólico, leu-se a absorção em espectrofotômetro em FEMTO 700S.

Para o método DPPH leu-se a absorção em comprimento de onda de 515 nm e utilizou-se a curva padrão Trolox ( $y = -0,0055x + 1,0188$ ) para obtenção dos resultados. O método ABTS foi realizado pela leitura da absorção em comprimento de onda de 734 nm e curva padrão Trolox ( $y = -0,0007x + 1,2974$ ).

Para ambos os métodos, os resultados obtidos foram expressos em  $\mu\text{mol Trolox equivalente/g amostra}$ .

## 2.5. Caracterização física dos biscoitos

De acordo com o método 10-50D da American Association of Cereal Chemists – AACC (AACC, 1995), foram medidas a espessura (cm), o diâmetro (cm) e o rendimento (%) dos biscoitos. O rendimento foi determinado através de pesagem, após o forneamento. O volume específico foi definido pela razão entre o volume aparente e o peso dos biscoitos, expresso em mL/g. O volume aparente foi estabelecido pelo método de deslocamento de sementes de painço (MORAES et al., 2010). A textura dos biscoitos foi determinada logo após a cocção, analisada em texturômetro TA.XT.plus, utilizando o *software* Exponent Stable, investigando a dureza (N).

Avaliou-se a cor instrumental dos biscoitos tipo *cookie*, com o auxílio de um colorímetro portátil Konica Minolta, CR410. Foram determinados os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e RGB. A luminosidade ( $L^*$ ) varia de 0 a 100, onde 0 é preto e 100 é claridade total; a coordenada  $a^*$  varia de vermelho (+) ao verde (-) e a coordenada  $b^*$  varia de amarelo (+) ao azul (-) (MINOLTA, 1998). As leituras foram realizadas em 2 pontos distintos dos biscoitos, e a análise foi realizada com seis replicatas.

## 2.6. Análise estatística

As análises laboratoriais foram feitas em triplicata e os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), com comparação das médias por Teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

# 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

## 3.1. Análises de compostos fenólicos e da atividade antioxidante

Na Tabela 2, pode-se observar os valores encontrados de compostos fenólicos e da atividade antioxidante, pelos métodos DPPH e ABTS, para as formulações de biscoitos tipo *cookie*.

**Tabela 2: Valores de compostos fenólicos e atividade antioxidante para as formulações dos biscoitos tipo *cookies*.**

	Atividade antioxidante ( $\mu\text{mol TE/g amostra b.s}$ )		Fenólicos totais (mg de EAG/100g de amostra b.s)
	DPPH	ABTS	
<b>FC</b>	1,14 (b)	1,7 (b)	29,27 (b)
<b>F12,5</b>	1,16 (b)	1,64 (b)	30,1 (b)
<b>F25</b>	1,49 (a)	2,09 (a)	37,1 (a)




Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão.

A F25 apresentou maiores valores de atividade antioxidante e de compostos fenólicos totais do que as demais formulações. As cascas de batata-inglesa contêm compostos fenólicos (principalmente ácidos clorogênico, caféico e ferúlico), que são conhecidos por suas bioatividades, e possuem potencial para utilização como fontes de antioxidantes e componentes funcionais em alimentos. SINGH, (2020) e VALCARCEL et al. (2015), ao estudarem o conteúdo de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante, nas cascas e na polpa das batatas-inglesas, verificaram que ambos os parâmetros possuem valores maiores nas cascas (126 e 36 mg de EAG/100g), comparados com a polpa (1,9 e 0,4  $\mu\text{mol TE/g amostra}$ ).

### 3.2. Caracterização física dos biscoitos

A Tabela 3, apresenta os parâmetros físico-químicos para as formulações dos biscoitos tipo *cookie*.

**Tabela 3: Características físico-químicas das formulações dos biscoitos tipo *cookie*.**

Parâmetros	FC	F12,5	F25
Umidade (%)	9,95 (b)	15,3 (a)	17,43 (a)
Aw (%)	0,74 (a)	0,76 (a)	0,72 (a)
Rendimento (%)	88,9	93,4	95,3
Diâmetro (cm)	5 (a)	5 (a)	5 (a)
Espessura (cm)	1,3 (a)	1,17 (ab)	1,1 (b)
Volume específico (mL/g)	22,21 (a)	19,43 (ab)	17,49 (b)
Textura (N)	29,8 (a)	40,63 (a)	36,77 (a)
L	61,48 (a)	54,85 (b)	52,1 (c)
a*	21,875 (a)	15,825 (b)	7,7 (c)
b*	36,65 (a)	33,76 (b)	23,98 (b)
RGB			

Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão. L\*, luminosidade (0, preto; 100, branco); coordenadas cromáticas: a\*, (verde (-a\*) a vermelho (+a\*)) e b\* (azul (-b\*) a amarelo (+b\*)). Cor em RGB: Cor obtida pela conversão do sistema L, a, b em RGB pelo site Nix Sensor.

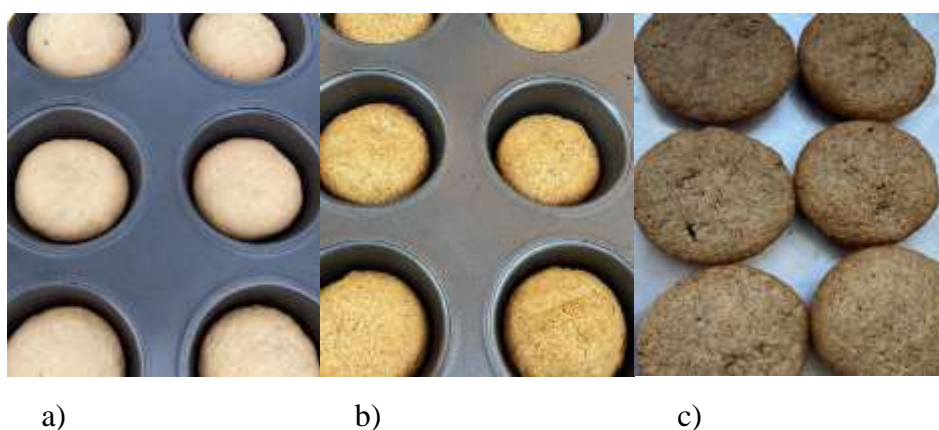
Pode-se verificar pela Tabela 3, que a umidade dos biscoitos com a farinha de cascas de batata-inglesa foi maior comparada à formulação controle. Já para a atividade de água, não houve diferença significativa entre as formulações. A umidade e a atividade de água são condições que determinam o crescimento microbiano nos alimentos, contribuindo para sua

estabilidade. A atividade de água, é a água que está disponível no alimento, ou seja, que possibilita o crescimento microbiano, e também participa de outras reações como as enzimáticas. Logo, quanto menor a atividade de água ( $< 60$ ), melhor é para se evitar o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes nos alimentos (CUNHA, 2016).

O diâmetro dos biscoitos se manteve a 5 cm, devido à utilização de formas durante seu forneamento, que delimitaram seu espaço. A espessura e o volume específico diminuíram quando adicionou-se farinha de cascas de batata-inglesa, podendo ser em função da ausência de glúten nessa batata, proporcionando biscoitos mais finos. Foi possível notar que ao adicionar a farinha de cascas de batata-inglesa, o rendimento aumentou, indicando que os biscoitos absorveram mais água, comparado com os biscoitos controle (contendo somente farinha de trigo).

Na textura, o parâmetro dureza, é a força necessária para provocar certa deformação, podendo ser relacionado à força para amassar o alimento entre os dentes molares, durante a mastigação humana. Os resultados de textura dos biscoitos mostraram que não houve diferença significativa quando adicionou-se a farinha de cascas de batata-inglesa, indicando resultado positivo, visto que é desejável que os valores de dureza sejam baixos, por ser um fator que determina a aceitação pelo consumidor (ASSIS et al., 2009).

Quanto à cor instrumental, foi possível evidenciar, que as amostras com a farinha de cascas de batata-inglesa, obtiveram valores menores de luminosidade e dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , comparado com a formulação controle, contendo apenas farinha de trigo. Isto indicou que ao adicionar farinha de cascas de batata-inglesa, a luminosidade dos biscoitos diminuiu, além de diminuir também o valor de  $b^*$ , que diz respeito a coloração amarela dessa batata, resultando em biscoitos mais escuros, similares a de produtos integrais, como pode-se observar na Figura 1, e a partir do parâmetro RGB (obtido através do  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). Mas, ainda assim, apresentaram a luminosidade maior que 50, e valores positivos de  $a^*$  e  $b^*$ , indicando que se apresentaram nas colorações vermelha e amarela.



**Figura 1: Biscoitos tipo *cookie*, com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de cascas de batata-inglesa – a) FC; b) F12,5; c) F25.**

De acordo com Daniel et al. (2018), a combinação de valores positivos, dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , originam a coloração marrom. Essa cor é característica de produtos da reação de

Maillard, sendo que a farinha de cascas de batata-inglesa é rica em proteína, que reage com os açúcares redutores das farinhas em alta temperatura, induzindo a reação de Maillard, que produz macromoléculas na coloração marrom. Os resultados encontrados corroboram com os resultados de Mancebo et al. (2015), em biscoitos com farinha de milho e de arroz. Os resultados encontrados também condizem com os resultados de Lima et al. (2015), que encontraram valores positivos de cromaticidade (a\* e b\*).

### 3.3. Tabela nutricional dos biscoitos tipo *cookie*

As tabelas nutricionais produzidas estão dispostas na Figura 2; e na Tabela 4, estão as tabelas nutricionais teóricas para comparação.

a)

<b>INFORMAÇÃO NUTRICIONAL FC</b>			
Porções por embalagem: 3 porções			
Porção: 30 g (3 biscoitos)			
	100 g	30 g	%VD*
Valor energético (kcal)	361	108	5,4
Carboidratos totais (g)	67	20	6,7
Açúcares totais (g)	14	4,2	
Açúcares adicionados (g)	14	4,1	8,3
Proteínas (g)	12	3,5	6,9
Gorduras totais (g)	4,8	1,5	2,2
Gorduras saturadas (g)	1,3	0,4	2,0
Gorduras trans (g)	0	0	0,0
Fibra alimentar (g)	1,9	0,6	2,3
Sódio (mg)	59	18	0,9

\*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

b)

<b>INFORMAÇÃO NUTRICIONAL F12,5</b>			
Porções por embalagem: 3 porções			
Porção: 30 g (3 biscoitos)			
	100 g	30 g	%VD*
Valor energético (kcal)	329	99	4,9
Carboidratos totais (g)	61	18	6,1
Açúcares totais (g)	13	3,9	
Açúcares adicionados (g)	13	3,8	7,7
Proteínas (g)	11	3	6,0
Gorduras totais (g)	4,4	1,3	2,0
Gorduras saturadas (g)	1,2	0,4	1,8
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibra alimentar (g)	1,7	0,5	2,0
Sódio (mg)	54	16	0,8

\*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

c)

<b>INFORMAÇÃO NUTRICIONAL F25</b>			
Porções por embalagem: 3 porções			
Porção: 30 g (3 biscoitos)			
	100 g	30 g	%VD*
Valor energético (kcal)	312	94	4,7
Carboidratos totais (g)	58	17	5,8
Açúcares totais (g)	12	3,7	
Açúcares adicionados (g)	12	3,6	7,2
Proteínas (g)	10	3,1	6,2
Gorduras totais (g)	4,1	1,2	1,9
Gorduras saturadas (g)	1,2	0,3	1,7
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibra alimentar (g)	1,6	0,5	1,9
Sódio (mg)	51	15	0,8

\*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

Figura 2: Tabelas nutricionais dos biscoitos tipos *cookie*, das formulações – a) FC; b) F12,5; c) F25.

**Tabela 4: Tabela nutricional para 100 g dos biscoitos, elaborados com farinha de cascas da batata-inglesa.**

Amostras	FC		F12,5		F25	
	100 g	VD*	100 g	VD*	100 g	VD*
Umidade	14,99±0,17	-	15,32±0,59	-	17,44±0,19	-
Valor energético	361kcal/100g	108%	329kcal/100g	99%	312kcal/100g	94%
Carboidratos totais	67g/100g	20%	61g/100g	18%	58g/100g	17%
Açúcares totais	14g/100g	4,2%	13g/100g	3,9%	12g/100g	3,7%
Açúcares adicionados	14g/100g	4,1%	13g/100g	3,8%	12g/100g	3,6%
Proteínas	12g/100g	3,5%	11g/100g	3%	10g/100g	3,1%
Gorduras totais	4,8g/100g	1,5%	4,4g/100g	1,3%	4,1g/100g	1,2%
Gorduras saturadas	1,3g/100g	0,4%	1,2g/100g	0,4%	1,2g/100g	0,3%
Gorduras trans	0	0	0	0	0	0
Fibra alimentar	1,9g/100g	0,6%	1,7g/100g	0,5%	1,6g/100g	0,5%
Sódio	59mg/100g	18%	54mg/100g	16%	51mg/100g	15%

\*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

Onde: FC= formulação controle, somente com farinha de trigo. F12,5= formulação com substituição de 12,5% de farinha de trigo por farinha de cascas de batata-inglesa. F25= formulação com substituição de 25% de farinha de trigo por farinha de cascas de batata-inglesa.

Na Tabela 4, é possível verificar que as formulações com a farinha de cascas de batata-inglesa apresentaram diminuição do valor energético e dos demais nutrientes, incluindo açúcares totais e adicionados, e gorduras totais e saturadas. A farinha de cascas de batata-inglesa possui maior valor de proteína e de fibras, comparada com a farinha de trigo. Porém, após o forneamento dos biscoitos, verificou-se um aumento da umidade e do rendimento dos biscoitos que foram elaborados com a farinha de cascas de batata-inglesa. Portanto, quando adicionou-se a farinha de cascas de batata-inglesa na formulação dos biscoitos aumenta-se a absorção de água, diminuindo proporcionalmente os valores dos nutrientes, o que pode ser também observado nos valores de umidade do produto, que aumenta conforme aumentou-se a quantidade de farinha de cascas de batata-inglesa adicionada.

Nos últimos anos, têm havido uma tendência crescente em direção ao consumo de alimentos com menor teor de gordura e de açúcar, impulsionada principalmente, por uma maior conscientização sobre saúde e nutrição, bem como pela crescente preocupação com a obesidade e com doenças relacionadas à dieta (SICHERI, 2022). Pensando nisso, a RDC 429 e a IN 75, estabelecem que os alimentos que apresentarem altos teores de açúcares adicionados (15 g), gordura saturada (6 g) e sódio (600 mg) deverão apresentar em seu rótulo frontal essa informação (BRASIL, 2020). As formulações FC, F12,5 e F25 apresentaram teores menores do que os preconizados na legislação, atendendo assim, a tendência de consumidores que buscam por uma alimentação equilibrada.

Rosa et al. (2017), avaliando *cookies* onde foram adicionados 8,5% de farinha de cascas de batata-inglesa, verificaram valores próximos ao presente estudo, para proteína (10,36), lipídios (10,22), carboidratos (64,99) e valor energético (392,74). Nesta pesquisa obteve-se valor maior apenas para gorduras totais (10,22), possivelmente devido à formulação escolhida.

Pereira (2005), ao trabalhar com biscoito com 25% de farinha de cascas de batata-inglesa identificou valores de umidade e proteínas menores do que no presente estudo, sendo

de 6,5 e 3,7, respectivamente. Já para lipídeos (8,6), carboidratos (80,43) e valor energético (413,92) os valores apresentados foram maiores.

Garmus et al. (2009), em um estudo de elaboração de biscoitos com adição de farinha de cascas de batata-inglesa, em diferentes concentrações (5%, 10% e 20%), constataram em relação ao biscoito elaborado com 5% da farinha supracitada, valores superiores ao presente estudo, para: carboidratos (72,29%), lipídios (6,1%), e inferiores para proteína (8,3%). Esses resultados podem ser explicados por diferenças no percentual de farinha de cascas de batata-inglesa adicionado, e também pela diferença na formulação.

#### **4. CONCLUSÃO**

É possível a produção de biscoitos tipo *cookie*, a partir das cascas de batata-inglesa que possuem boas características nutricionais e tecnológicas, sendo possível diminuir o desperdício e o impacto ambiental e econômico, relacionados com o processamento industrial da batata-inglesa, além de possuir rótulo limpo.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), *Campus Sete Lagoas* (CSL), Sete Lagoas/MG, pela concessão da bolsa de estudos.

#### **6. REFERÊNCIAS**

- AGUIAR, E. V. et al. (2022). An integrated instrumental and sensory techniques for assessing liking, softness and emotional related of gluten-free bread based on blended rice and bean flour. *Food Research International*. 154, 110999. doi.org/10.1016/j.foodres.2022.110999
- AREPALLY, D. et al. (2020). Biscuit baking: a review. *Lwt*, [S.L.], v. 131, p. 109726. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/33578>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- BACHIR N. et al. (2022). Study the interaction of amino acids, sugars, thermal treatment and cooking technique on the formation of acrylamide in potato models. *Food Chem*. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135235. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36549166.
- BACKES, E.; GENENA, A. K. (2020). Investigação da valorização de três variedades de casca de batata como fonte antioxidante natural. *Revista Cultivando o Saber*, v. 13, n. 3, p. 36-46.

- BRASIL. RESOLUÇÃO- RDC Nº 711, DE 1º DE JULHO DE 2022. (2022). *Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães*. Disponível em: [https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_711\\_2022\\_.pdf/f9212b72-7d2d-451f-b21b-7a7fb9b94a81](https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_711_2022_.pdf/f9212b72-7d2d-451f-b21b-7a7fb9b94a81).
- BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA-IN Nº 75, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020. *Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados*. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>.
- BRAND-WILLIAMS, W. et al. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25- 30.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2007). *Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado técnico, 128).
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2016). *Determinação da atividade antioxidante total; método DPPH*. [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, nov. 2016. n. 07.
- GARMUS, T. T. et al. (2009). Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, *Campus Ponta Grossa - Paraná - Brasil* ISSN: 1981-3686 / v. 03, n. 02: p. 56-65, 2009.
- HAN, A. et al. Effect of egg white solids on the rheological properties and bread making performance of gluten-freebater. *Food Hydrocolloids*, 87, 287-96.[doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.022](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.022)
- LIMA, A. R. N. et al. (2015a). Farinha de entrecasca de melancia em biscoitos sem glúten. *Ciência Rural*, v.45, n.9, p.1688-1694.
- MINOLTA. (1998). *Precise color communication: color control from perception to instrumentation*. Sakai, 1998. Encarte. 59 p.
- PEREIRA, C. A. et al. (2005). Utilização de farinha obtida a partir de rejeito de batata na elaboração de biscoitos. Publication *UEPG: Ciências Exatas e da Terra*, v. 11, n. 01, 2005.
- RAMOS, F. S. A. R. et al. (2018). Aceitabilidade de Biscoito Tipo *Cookie* Enriquecidos com Farinha de Jatobá. *Cadernos de Agroecologia*, v. 13, n.2, dez. 2018.
- ROSA, P. A. et al. (2017). Elaboração de *cookies* com adição de farinha de casca de batata: Análise físico-química e sensorial. *Evidência*, v. 17, n. 1, p. 33-44, 2017.
- SANTOS, A. K. et al. (2017). Caracterização física e química de biscoito salgado enriquecido com farinha de resíduos do processamento da cenoura e especiarias. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 11, n. 2, p. 2368-2381.[doi: 10.3895/rbta](https://doi.org/10.3895/rbta).

- SERPA, A. B. M.; et al. (2020). A doença celíaca: uma revisão bibliográfica. *Higei@: Revista Científica de Saúde*, Santos-SP, v. 2, n. 4, p. 1-9, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/higeia/article/view/1177>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- SINGH, B. et al. (2020). Compostos fenólicos na casca da batata (*Solanum tuberosum* L.) e suas atividades promotoras da saúde. *Revista Internacional de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 6, pág. 2273-2281, 2020.
- SINGLETON, V.L. et al. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. *Methods of Enzymology*, New York, v.299, p.152-178, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).
- SICHERI, R.; Consumo alimentar e obesidade: teorias e evidências. *SciELO-Editora FIOCRUZ*, 2022.
- USDA. United States Department of Agriculture – Food Composition Data bases (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – Bancos de dados de Composição de Alimentos). *Food Composition*. 2023. Acesso 20 de setembro de 2023. Disponível em: <https://www.usda.gov>.
- VALCARCEL, J. et al (2015). Antioxidant Activity, Total Phenolic and Total Flavonoid Content in Sixty Varieties of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Grown in Ireland. *Potato Res.* v. 58, p. 221-244, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11540-015-9299-z>
- VIANA, L. G. CRUZ, P. S. (2016). *Reaproveitamento de Resíduos Agroindustriais*. In: Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, IV COBESA, 2016, Cruz das Almas – Bahia, Brasil. Disponível em: <https://doceru.com/doc/s85s85n>. Acesso: 13 de julho de 2023.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, é possível entender as variadas aplicações do ozônio, verificando a necessidade de ampliação do seu estudo, para obter maior conhecimento sobre sua forma de ação nas cascas de batata-inglesa. Neste estudo, o ozônio mostrou-se eficiente na diminuição dos resíduos de agrotóxicos, reduzindo a carga microbiana comparada ao controle, e sendo capaz de promover a oxidação das cascas, influenciando positivamente nas características de pasta da farinha de cascas de batata-inglesa. Também evidenciou-se que as cascas dessa batata possuem potencial nutricional e tecnológico para serem aplicadas na indústria de alimentos, como na área de panificação, inclusive na produção de biscoitos.