



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LETICIA CARDOSO DA SILVA

**SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.):
IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS, APLICAÇÃO EM
ALIMENTOS E DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS BIOATIVAS**

**INDUSTRIAL TOMATO BYPRODUCTS (*Solanum lycopersicum* L.):
IDENTIFICATION OF BIOACTIVES COMPOUNDS, APPLICATION IN
FOOD AND DEVELOPMENT OF BIOACTIVE PACKAGING**

**CAMPINAS
2023**

LETICIA CARDOSO DA SILVA

**SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.):
IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS, APLICAÇÃO EM ALIMENTOS
E DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS BIOATIVAS**

**INDUSTRIAL TOMATO BY-PRODUCTS (*Solanum lycopersicum* L.):
IDENTIFICATION OF BIOACTIVES COMPOUNDS, APPLICATION IN FOOD
AND DEVELOPMENT OF BIOACTIVE PACKAGING**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Ciência de Alimentos.

Thesis presented to the Faculty of Food Engineering of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Food Science.

Orientadora: Profa. Dra. Helena Teixeira Godoy

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA PELA ALUNA LETICIA CARDOSO DA
SILVA, E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. HELENA
TEIXEIRA GODOY.**

CAMPINAS

2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

Si38s Silva, Leticia Cardoso da, 1989-
Subprodutos industriais de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) : identificação de compostos bioativos, aplicação em alimentos e desenvolvimento de embalagens bioativas / Leticia Cardoso da Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Helena Teixeira Godoy.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Licopeno. 2. Carotenoides. 3. Resíduos. 4. Minerais. 5. Embalagem ativa. I. Godoy, Helena Teixeira. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Industrial tomato byproducts (*Solanum lycopersicum* L.) : identification of bioactives compounds, application in food and development of bioactive packaging

Palavras-chave em inglês:

Lycopene

Carotenoids

Waste products

Minerals

Active packaging

Área de concentração: Alimentos e Nutrição

Titulação: Doutora em Ciência de Alimentos

Banca examinadora:

Helena Teixeira Godoy [Orientador]

Wellington da Silva Oliveira

Ludmilla de Carvalho Oliveira

Tayse Ferreira Ferreira da Silveira

Jefferson Henrique Tiago Barros

Data de defesa: 29-11-2023

Programa de Pós-Graduação: Alimentos e Nutrição

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-7940-7775>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8608350027254688>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Profa. Dra. Helena Teixeira Godoy (Orientadora/Presidente da Banca)
Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP

Prof. Dr. Wellington da Silva Oliveira
Depto. of Food Science and Nutrition University of Minnesota

Pesquisadora Dra. Ludmilla de Carvalho Oliveira
Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP

Pesquisadora Dra. Tayse Ferreira Ferreira da Silveira
Instituto Politécnico de Bragança – IPB

Prof. Dr. Jefferson Henrique Tiago Barros
Instituto Federal do Acre – IFAC

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

“Eu desejo que meninas negras e indígenas possam sonhar com outros futuros e não só aqueles que estão socialmente dados para nós.”

(Silvana Bahia)

DEDICATÓRIA

À minha mãe Vera e à minha irmã Aline, que sempre me incentivaram a continuar buscando ser melhor e não desistir. Muito obrigada por todo amor, apoio e suporte. Ao meu pai (in memoriam) por todo cuidado e carinho.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todas as divindades por me guiarem ao longo desta jornada acadêmica. Sua graça e orientação foram fundamentais para minha perseverança e sucesso.

À minha mãe, Vera Lúcia, e minha irmã Aline, pelo amor incondicional, apoio e encorajamento que vocês sempre me proporcionaram. Foram a base sólida sobre a qual construí este trabalho. Cada sacrifício e esforço que fizeram para me verem crescer academicamente é inestimável. Sou profundamente grata por tudo o que fizeram por mim.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de Doutorado no país (141081/2017-1) e no exterior (203236/2019-0), e suporte financeiro ao projeto desenvolvido.

À Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em especial ao Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição, Laboratório de Análise Instrumental I e os demais laboratórios que abriram as portas e contribuíram com os equipamentos para a execução dessa pesquisa. À minha orientadora, Profa. Dra. Helena Teixeira Godoy, por todo apoio, incentivo, ensinamento e conhecimento compartilhado durante a minha pesquisa, além do carinho e suporte quando precisei.

Ao Departamento de Química Analítica, Universidade de Zaragoza, e à Profa. Dra. Cristina Nerín, por me receber de portas abertas no seu grupo de pesquisa e pela grande contribuição científica ao trabalho. A Magdalena Wrona, que desempenhou um papel crucial na minha jornada acadêmica; sua parceria, paciência e expertise foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos professores Dra. Helena Teixeira Godoy, Dr. Marcelo Prado, Dra. Juliana Pallone, ao Dr. Guilherme Tavares e à Dr. Daniela Ferreira pela oportunidade de participação do Programa de Estágio Docência (PED), a qual também agradeço.

À Laura Gardenal, pela contribuição nesse projeto em sua iniciação científica e por toda sua dedicação.

A todos os coautores dos trabalhos publicados e a publicar, em especial à Profa. Dra. Juliana Pallone, Dra. Joyce Grazielle Siqueira, a Dra. Profa. Maria Teresa Pedroso e Profa. Dra. Rebeca Salvador, e Profa. Helena Maria André Bolini por me receber nos seus laboratórios e por contribuir na pesquisa.

A todos os funcionários da UNICAMP, pelo suporte físico e burocrático necessário para a conclusão de uma tese. Aos funcionários do Laboratório de Análise de Instrumental de Alimentos Marcela, Eduardo e Seu Dirceu.

Agradeço a banca examinadora, pelas valiosas correções, sugestões e contribuições para a melhoria deste trabalho.

Aos amigos que fiz nessa jornada e que contribuíram para o trabalho, Lucas Caldeirão, Livia Constant, Milton Filho, Wellington Oliveira e Fernanda Damin. Aos companheiros de laboratório Jacqueline Florio, Silvia Freitas, Marcella Vitória, Luís Eduardo, Camila Ribeiro, Rafaela Prata e Adriano Freitas pela convivência, pelos momentos descontraídos e de auxílio, que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante todos os altos e baixos deste percurso, agradeço por serem uma fonte constante de apoio e motivação. Suas palavras de encorajamento e amizade tornaram esta jornada mais leve e significativa, assim como colegas de outros laboratórios e de Campinas que contribuíram para esta jornada, em especial a Mayra Mendonça, Marcela Colombo, Marília Crivelari, Alane Cangani, Mirela Alexandrino, Joyce Siqueira, Juliana Bortolai, Suellen Marins, Juan Pedro e Lídia Aitouahioune. E à minha amiga Mayara Messias pela companhia e apoio na etapa final deste trabalho.

Agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o sucesso deste trabalho. O aprendizado e crescimento que experimentei ao longo deste processo são inestimáveis, e devo isso a cada um de vocês.

RESUMO

O processamento industrial de tomate gera uma grande quantidade de resíduos e subprodutos com importante valor nutricional, mas que são comercializados como produtos de baixo valor agregado. Consistem principalmente em cascas e sementes, os quais apresentam um alto teor de compostos bioativos e nutrientes. O objetivo deste trabalho é otimizar a utilização dos subprodutos industriais do processamento de tomate; com o foco de determinar a composição de nutrientes, aplicar os subprodutos e suas frações em produtos alimentícios para aumentar o teor de fibras, carotenoides, compostos fenólicos e sua capacidade antioxidante, e realizar a produção de embalagem bioativa com aplicação em presunto cozido fresco. Uma alternativa para aplicação e explorar o potencial do subproduto de tomate é a separação das suas frações e, aplicação individualmente com cascas e sementes. A composição dos fitosteróis e tocoferóis encontrados no óleo de tomate e o teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante das sementes demonstram a viabilidade da aplicação deste subproduto industrial, e a utilização como óleo comestível não convencional. Todos os minerais investigados foram encontrados nas amostras de subproduto, cascas e sementes de tomate, podendo ser considerados fontes dos minerais: cálcio, zinco, manganês, potássio, sódio, magnésio, ferro e cobre. A incorporação das cascas de tomates provenientes do processamento industrial em molhos prontos de tomate mostrou que a adição de cascas ao molho de tomate aumentou o conteúdo de licopeno em cerca de 10% para a formulação A e 20% para a formulação B. O teor de fibras, de fenólicos totais, ácido ascórbico e a capacidade antioxidante também tiveram um aumento nas formulações com cascas de tomate. A pesquisa envolveu a substituição da farinha de trigo por subprodutos de tomate, casca de tomate moída (CT) e semente de tomate (ST). Foram analisadas as propriedades tecnológicas e nutricionais dos pães resultantes. A inclusão das cascas apresentou um impacto positivo na porosidade, resultando em pães mais leves. A adição das sementes mostrou melhores resultados no volume específico, além de conferir uma coloração mais escura, tendendo ao vermelho, aos pães incorporados com subproduto de tomate e casca de tomate em pó comercial. Na avaliação dos nutrientes e de compostos bioativos, tivemos um maior teor de fibra, flavonoides totais, compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante e, o aumento de licopeno e β -caroteno para os pães com CT, RT e TP. A elaboração de embalagem bioativa utilizando extrato de tomate na composição demonstrou que os filmes ativos elaborados com extrato de tomate na sua composição inibem a oxidação de lipídios e, assim, estende a vida útil de fatias de presunto, viabilizando o uso na produção industrial de bioembalagens antioxidantes. Os resultados obtidos indicam que os subprodutos de tomate e suas frações, apresentam potencial para serem empregados como ingredientes funcionais, proporcionando não apenas melhorias na qualidade nutricional, mas também ampliando suas aplicações na produção de alimentos. Este estudo respalda a viabilidade de utilizar de maneira eficiente e benéfica os subprodutos do processamento de tomate, contribuindo assim para práticas mais sustentáveis e inovadoras na indústria alimentícia.

Palavras-chaves: Licopeno; Carotenoides; Reaproveitamento de Subprodutos; Minerais essenciais; Embalagem Ativa.

ABSTRACT

The industrial processing of tomatoes generates a large amount of waste and by-products with significant nutritional value, but these are often marketed as low-value products. They mainly consist of peels and seeds, which have a high content of bioactive compounds and nutrients. The aim of this study is to optimize the utilization of industrial by-products from tomato processing, focusing on determining the nutrient composition, applying the by-products and their fractions to food products to increase fiber, carotenoids, phenolic compounds, and antioxidant capacity. Additionally, the study aims to produce bioactive packaging for application in fresh cooked ham. An alternative approach to explore the potential of tomato by-products involves separating their fractions and applying them individually, including peels and seeds. The composition of phytosterols and tocopherols found in tomato oil, as well as the content of phenolic compounds and antioxidant capacity of the seeds, demonstrate the viability of utilizing this industrial by-product, including its use as a non-conventional edible oil. All investigated minerals were found in the tomato by-product samples, peels, and seeds, making them potential sources of minerals such as calcium, zinc, manganese, potassium, sodium, magnesium, iron, and copper. Incorporating tomato peels from industrial processing into ready-made tomato sauces showed that adding peels to the tomato sauce increased the lycopene content by approximately 10% for Formulation A and 20% for Formulation B. The content of fiber, total phenolics, ascorbic acid, and antioxidant capacity also increased in formulations with tomato peels. The research involved replacing wheat flour with tomato by-products, specifically ground tomato peel (CT) and tomato seed (ST). The technological and nutritional properties of the resulting bread were analyzed. The inclusion of peels had a positive impact on porosity, resulting in lighter bread. The addition of seeds showed better results in specific volume and imparted a darker, reddish color to the bread incorporated with tomato by-product and commercial tomato peel powder. In the evaluation of nutrients and bioactive compounds, there was a higher content of fiber, total flavonoids, total phenolic compounds, and antioxidant capacity, as well as an increase in lycopene and β -carotene for bread with CT, RT, and TP. The development of bioactive packaging using tomato extract in its composition demonstrated that films created with tomato extract inhibit lipid oxidation, thus extending the shelf life of ham slices and enabling their use in the industrial production of antioxidant bio-packaging. The results obtained indicate that tomato by-products and their fractions have the potential to be employed as functional ingredients, providing not only improvements in nutritional quality but also expanding their applications in food production. This study supports the feasibility of efficiently and beneficially utilizing tomato processing by-products, contributing to more sustainable and innovative practices in the food industry.

Keywords: Lycopene; Carotenoids; By-products reutilization; Essential minerals; Active Packaging.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	16
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO	17
OBJETIVOS	18
Objetivo Geral.....	18
Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO I.....	20
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
1. PRODUÇÃO DE TOMATES.....	21
2. RESÍDUOS E SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS DE TOMATE	22
2.2. Aplicação do subproduto de tomate na Panificação.....	24
2.3. Embalagem Bioativa	25
2.4. Compostos Bioativos.....	27
2.4.1. Carotenoides – Licopeno.....	28
2.4.2. Compostos Fenólicos	29
2.4.3. Fitoesteróis e Tocoferóis	29
2.4.4. Capacidade Antioxidante	30
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO II	38
PHYTOCHEMICAL EVALUATION OF TOMATO SEEDS AND ANALYSIS OF THE OIL EXTRACTED FROM THIS INDUSTRIAL BYPRODUCT	38
ABSTRACT	39
1. INTRODUCTION.....	40
2. MATERIALS AND METHODS	41
2.1. Raw material	41
2.2. Antioxidant Capacity.....	41
2.2.1. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrilidrazil) assays – free radical scavenging	42
2.3.2. Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC)	42
2.3.3. Determination of Total Phenolic Compounds.....	43
2.3.4. Determination of Total Flavonoids	43
2.4. Cold Extraction and Quantification of Tomato Oil.....	43
2.4.1. Determination of Total Acidity Content of Tomato Oil.....	44
2.4.2. Determination of Peroxide Index Content.....	44
2.5. Determination of Bioactive Compounds in Tomato Oil	45
2.5.2. Phytosterol Levels.....	45
2.5.3. Tocopherols Levels	45

2.5. Statistical analysis	46
3. RESULTS AND DISCUSSION	46
3.1. Determination of Total Phenolic Compounds.....	46
3.2. Determination of Total Flavonoids	47
3.3. Antioxidant Capacity of Tomato Seeds.....	48
3.4. Characterization and Bioactive Compounds of Tomato Seeds and Oil	49
3.4.1. Characteristics of Tomato Seed Oil - Acid Index and Peroxide Index	50
3.4.2. Phytosterols Profile	51
3.4.3. Tocopherols Profile.....	56
4. CONCLUSION	57
5. REFERENCES.....	58
CAPÍTULO III	63
MINERAIS ESSENCIAIS EM SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS DE TOMATE (<i>Lycopersicum esculatum</i> L.)	63
CAPÍTULO IV	76
EFFECT OF THE ADDITION OF TOMATO PEELS FROM INDUSTRIAL BY-PRODUCTS ON BIOACTIVE COMPOUNDS AND SENSORY PROPERTIES IN TOMATO SAUCE	76
ABSTRACT	77
1. INTRODUCTION.....	78
2. MATERIAL AND METHODS	79
2.1. Sourcing the raw material	79
2.2. Incorporation of tomato peels into the tomato sauce.....	79
2.3. Total soluble solids content, hydrogen potential and acidity	79
2.4. Instrumental color analysis - Colorimeter Hunter Lab.....	80
2.5. Analysis of bioactive compounds and antioxidant capacity.....	80
2.5.1. Lycopene content	80
2.5.2. Determination of Total Phenolic Compounds.....	82
2.5.3. Oxygen radical absorption capacity (ORAC).....	82
2.5.4. Determination of ascorbic acid and isomers	83
2.6. Sensory analysis	83
2.7. Statistical analysis	84
3. RESULTS AND DISCUSSION	84
3.1. Characterization of tomato peels from industrial processing	84
3.2. Microbiological Analysis of Tomato Sauce Formulations.....	85
3.3. Characterization of Tomato Sauce Formulations	86
3.3.1. Moisture and Total Fibers	86

3.3.2.	Total soluble solids content, hydrogen potential and acidity	86
3.3.3.	Colour.....	87
3.3.4.	Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity	87
3.3.5.	Total Phenolic Compounds	89
3.3.6.	Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC)	90
3.3.7.	Determination of ascorbic acid and isomers	90
3.3.8.	Principal Component Analysis (PCA)	91
3.4.	Sensory Analysis of Tomato Sauce Formulations	93
3.4.1.	Microbiological Analysis	93
3.4.2.	Principal Component Analysis (PCA)	93
4.	CONCLUSION	95
5.	REFERENCES.....	96
	CAPÍTULO V	99
	APLICAÇÃO DE SUBPRODUTO INDUSTRIAL DE TOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> L.) EM PÃES, PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E COMPOSTOS BIOATIVOS	99
	RESUMO	100
1.	INTRODUÇÃO	101
2.	MATERIAIS E MÉTODOS	102
2.1.	Materiais.....	102
2.2.	Formulação e produção dos pães	103
2.3.	Caracterização físico-química e tecnológica.....	103
2.3.1.	Fibras Dietéticas totais, Umidade e Atividade de Água (Aw)	103
2.3.2.	Cor instrumental.....	103
2.3.3.	Potencial de Hidrogeniônico (pH) e acidez titulável.....	104
2.3.4.	Estrutura da fatia e porosidade do miolo.....	104
2.3.5.	Volume específico.....	104
2.3.6.	Textura instrumental	105
2.4.	Caracterização de Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante	105
2.4.1.	Ensaio de DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) – sequestro de radical livre.....	105
2.4.2.	Capacidade de Absorção do Radical Oxigênio (ORAC)	106
2.4.3.	Determinação de Compostos Fenólicos Totais	106
2.4.4.	Determinação de Flavonoides Totais	107
2.4.5.	Determinação Licopeno e β -caroteno.....	107
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	108
3.1.	Caracterização Ingredientes	108
3.2.	Qualidade dos Pães.....	111

3.3. Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante	116
4. CONCLUSÃO	117
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
CAPÍTULO VI.....	121
EMBALAGEM BIOATIVA E BIODEGRADÁVEL ELABORADA COM SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS DE TOMATE E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS	121
RESUMO	122
1. INTRODUÇÃO	123
2. MATERIAL E MÉTODOS	124
2.1. Produtos químicos	124
2.2. Material Ativo de Bioembalagem	124
2.3 Otimização	125
2.4. Preparação de bioembalagem ativa	125
2.5. Avaliação da Qualidade	126
2.5.1. Fotografias.....	126
2.5.2. Composição de compostos voláteis.....	127
2.5.3. Oxidação de lipídios - Teor de TBARS	127
2.5.4. Avaliação de cor.....	128
2.5.5. Avaliação sensorial	128
2.5.6. Ensaios de microbiologia - Determinação do conteúdo TVB-N.....	128
2.6. Teste de bio-embalagem ativa.....	129
2.6.1. Capacidade antioxidante	129
2.6.2. Segurança de material - Testes de migração	130
2.7. Estatística	130
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	130
3.1. Otimização	130
3.2. Teste no presunto cozido.....	132
3.2.1. Fotografias.....	132
3.2.2. Composição de compostos voláteis.....	133
3.2.3. Oxidação de lipídios.....	134
3.2.4. Avaliação de cor.....	136
3.2.5. Avaliação sensorial	137
3.2.6. Ensaios de microbiologia	138
3.3. Teste de bioembalagem ativa	139
3.3.1. Capacidade antioxidante	139
3.3.2. Testes de Migração e Avaliação de Risco.....	140

4. CONCLUSÃO	142
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
DISCUSSÃO GERAL	146
REFERÊNCIAS DA DISCUSSÃO GERAL	155
CONCLUSÃO GERAL	157
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	159
ANEXOS.....	170
ANEXO I – DECLARAÇÃO REFERENTE AO PATRIMÔNIO GENÉTICO	170
ANEXO II – PLATAFORMA BRASIL	171
ANEXO III – FORMULÁRIO APLICADO NA SENSORIAL.....	181
ANEXO IV – DADOS SENSORIAS	183
ANEXO V – CERTIFICADO DE PUBLICAÇÃO.....	187

INTRODUÇÃO GERAL

Os consumidores estão mais conscientes sobre a alimentação saudável, visando melhorar sua qualidade de vida. Sendo assim, houve um aumento na demanda referente aos nutrientes alimentares e sua funcionalidade, bem como da incorporação ou a presença de compostos bioativos na composição de produtos alimentares (SIRBU; ARGHIRE, 2017). Os componentes bioativos derivados de alimentos atraíram muita atenção para suas bioatividades na redução dos riscos de muitas doenças, como câncer, doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade (BAO et al., 2019; OH, 2016).

Como um dos vegetais mais populares no mundo, o tomate é rico em carotenoides, sendo o majoritário o licopeno, e em compostos fenólicos, ácidos orgânicos, vitaminas e muitos outros componentes benéficos (PAPAIIOANNOU; KARABELAS, 2012; PINGRET; FABIANO-TIXIER; CHEMAT, 2013; POOJARY; PASSAMONTI, 2015a; ZUORRO; FIDALEO; LAVECCHIA, 2011). Além de ser servido como vegetal fresco para consumo em saladas e receitas caseiras, o tomate também é consumido na forma de vários produtos processados, como molho, ketchup, suco e extrato de tomate (KAUR et al., 2008; PINGRET; FABIANO-TIXIER; CHEMAT, 2013). Geralmente, na fabricação destes produtos, é gerado um subproduto, que consiste principalmente de cascas e sementes, bem como uma pequena quantidade de polpa. Em média, o material gerado após o processamento é responsável por aproximadamente 3 a 5% da matéria-prima aplicada (ROMANO et al., 2010; ZUORRO; FIDALEO; LAVECCHIA, 2011).

Os resíduos são gerados durante a produção, manuseio, armazenamento, processamento e consumo de alimentos (GUSTAVSSON et al., 2011). A industrialização leva ao acúmulo de grande quantidade de resíduos; e a gestão inadequada de resíduos leva a vários riscos para a saúde além de poderem causar diversos problemas ambientais. Os subprodutos agrícolas foram considerados, por muitos anos, substratos subvalorizados devido à sua remoção da linha de produção de alimentos e aos problemas que decorrem do seu tratamento. A coleta, o armazenamento e as segregações inadequadas são as principais preocupações que limitam a utilização adequada de resíduos como subproduto em alimentação animal, fertilizantes, ingredientes alimentares e produtos alimentares (SINDHU et al., 2019).

Porém, atualmente, as demandas por sustentabilidade nos setores alimentício e agrícola levaram novas possibilidades para subprodutos alimentares. Esses produtos passaram a ser valorizados como fonte de nutracêuticos, pois são utilizados para a

extração de compostos bioativos, além de serem usados como matéria-prima na produção de biocombustíveis, bio-plásticos, e alimentos (GALANAKIS, 2013; GIROTTTO; ALIBARDI; COSSU, 2015; RAVINDRAN; JAISWAL, 2016). Estudos relatam cada vez mais a utilização desses materiais como fontes de nutrientes, com maior valor agregado (ESTEBAN; LADERO, 2018). Na literatura, encontramos estudos e aplicações de subprodutos alimentares, Saygili et al. (2015), estudou os resíduos do processamento industrial de uva para a aplicação como adsorvente de carvão ativado. Os resíduos de casca de batata (AMADO et al., 2014), os subprodutos do fruto de oliva (WANG et al., 2017), e os subprodutos da vinícola (BARBA et al., 2016) foram utilizados para a extração de antioxidantes naturais e posterior aplicação.

Diante disso, pesquisas são importantes para caracterizar os subprodutos industriais de tomate, que constituem uma valiosa fonte de compostos bioativos e nutrientes, para posterior aplicação em matrizes alimentares como pigmentos, fontes naturais de nutrientes e antioxidantes naturais. Assim, será possível de diminuir o impacto da geração de resíduos e proporcionar uma nova alternativa para o reaproveitamento subproduto industrial de tomate, e suas frações cascas e sementes.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

AMADO, I. R. et al. Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology. **Food Chemistry**, v. 165, p. 290–299, 2014.

BAO, C. et al. The delivery of sensitive food bioactive ingredients: Absorption mechanisms, influencing factors, encapsulation techniques and evaluation models. **Food Research International**, v. 120, n. February, p. 130–140, 2019.

BARBA, F. J. et al. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 49, p. 96–109, 2016.

ESTEBAN, J.; LADERO, M. Food waste as a source of value-added chemicals and materials: a biorefinery perspective. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 5, p. 1095–1108, 2018.

GALANAKIS, C. M. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by-products: A viewpoint of opportunities and challenges. **Food and Bioprocess Technology**, v. 91, p. 575–579, 2013.

GIROTTTO, F.; ALIBARDI, L.; COSSU, R. Food waste generation and industrial uses: A review. **Waste Management**, v. 45, p. 32–41, 2015.

GUSTAVSSON, J. et al. **Global food losses and FW: Extent, causes and prevention.**

Disponível em: <<http://www.fao.org/3/mb060e/mb060e.pdf>>.

KAUR, D. et al. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 108, n. 2, p. 711–718, 2008.

OH, Y. S. Bioactive compounds and their neuroprotective effects in diabetic complications. **Nutrients**, v. 8, n. 8, p. 1–20, 2016.

PAPAIIOANNOU, E. H.; KARABELAS, A. J. Lycopene recovery from tomato peel under mild conditions assisted by enzymatic pre-treatment and non-ionic surfactants. **Acta Biochimica Polonica**, v. 59, n. 1, 2012.

PINGRET, D.; FABIANO-TIXIER, A.-S.; CHEMAT, F. Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. **Food Control**, v. 31, n. 2, p. 593–606, jun. 2013.

POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Extraction of lycopene from tomato processing waste : Kinetics and modelling. **FOOD CHEMISTRY**, v. 173, p. 943–950, 2015.

RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. **Trends in Biotechnology**, v. 34, n. 1, p. 58–69, 2016.

ROMANO, R. et al. Effect of tomato by-products in the diet of Comisana sheep on composition and conjugated linoleic acid content of milk fat. **International Dairy Journal**, v. 20, n. 12, p. 858–862, 2010.

SAYGILI, H.; GÜZEL, F.; ÖNAL, Y. Conversion of grape industrial processing waste to activated carbon sorbent and its performance in cationic and anionic dyes adsorption. **Journal of Cleaner Production**, v. 93, p. 84–93, 2015.

SINDHU, R. et al. Conversion of food and kitchen waste to value-added products. **Journal of Environmental Management**, n. February, p. 0–1, 2019.

SIRBU, A.; ARGHIRE, C. Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 220–227, 2017.

WANG, Z. et al. Ultrasound-assisted enzyme catalyzed hydrolysis of olive waste and recovery of antioxidant phenolic compounds. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 44, p. 224–234, 2017.

ZUORRO, A.; FIDALEO, M.; LAVECCHIA, R. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 49, p. 567–573, 2011.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Determinar a composição de nutrientes, compostos bioativos, e minerais; bem como aplicar os subprodutos e suas diferentes frações (cascas e sementes) em produtos alimentícios para aumentar o teor de fibras, carotenoides e compostos fenólicos e a

capacidade antioxidante. Com as informações alcançadas será possível conhecer melhor o subproduto industrial de tomate brasileiro e levantar novas possibilidades para aplicação como ingrediente ou aditivo em alimentos.

Objetivos Específicos

- Identificar e quantificar os carotenoides presente em subprodutos industriais de tomates;
- Identificar e quantificar o perfil de tocoferóis e fitoesteróis presente na fração lipídica das sementes provenientes do processamento de tomate;
- Analisar os minerais em subprodutos, cascas e sementes de tomate por Espectrômetro de Absorção Atômica com Chama;
- Avaliar a capacidade antioxidante pelos métodos de ORAC, DPPH em subprodutos de tomate, e suas frações, cascas e sementes;
- Avaliar o efeito da adição das cascas de tomates sob o perfil sensorial e nutricional de molhos de tomates comerciais;
- Elaborar pães com subprodutos industriais de tomate e suas frações, cascas e sementes;
- Avaliar o teor de licopeno, compostos fenólicos totais e suas propriedades tecnológicas nos pães enriquecidos por subprodutos de tomate, e suas frações, cascas e sementes;
- Desenvolver uma embalagem bioativa utilizando os subprodutos industriais de tomate.
- Determinar a eficiência da nova embalagem ativa na inibição da oxidação e na extensão da vida útil de presunto fresco, mantendo as características da embalagem.

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Letícia Cardoso da Silva, Helena Teixeira Godoy

1. PRODUÇÃO DE TOMATES

Estatisticamente, os dados mais atualizados da FAO mostraram que a área colhida e a produção global de tomate aumentaram (Figura 1). De acordo com dados recolhidos e atualizados em dezembro de 2022 pela FAO, a produção mundial total de tomate para processamento e consumo fresco aumentou a pouco mais de 189,1 milhões de toneladas métricas, um aumento de 2% em relação ao 184,8 milhões de mT cultivadas em 2020 e 4% da média (182,7 milhões de mT) dos três anos anteriores (2018-2020). A produção de tomate mundial é principalmente realizada pela China com ($6,8 \times 10^6$ toneladas), o que representa 36% da produção mundial, seguido pela Índia ($2,1 \times 10^7$ toneladas). O Brasil ocupa a nona posição Brasil ($3,7 \times 10^6$ toneladas), sendo líder na América Latina na produção de tomates para processamentos industriais, a região sudeste é responsável por maior parte de produção do país. Atualmente, os maiores produtores brasileiros de tomate são São Paulo com 28%, Goiás com 23%, e Minas Gerais com 9%(CONAB 2019), São Paulo ultrapassou a produção de Góias, q era o estado que liderava a produção no país até 2018 (IBGE, 2018).

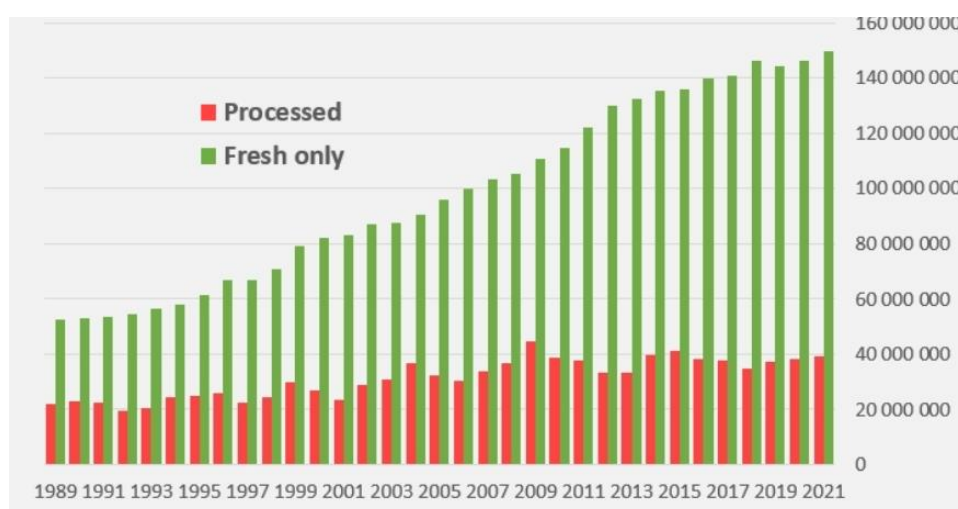


Figura 1. A área colhida global e a produção de tomate de 1989 a 2021. Fonte: (FAO, 2022).

Considerando o rendimento do processamento de tomate, que gera aproximadamente 3 a 5% de subprodutos (ZUORRO; FIDALEO; LAVECCHIA, 2011), a estimativa do material gerado é de cerca de 9,0 milhões de toneladas; esse valor não é específico, uma vez que o rendimento pode variar com diferentes processamentos industriais, e além disso, dados estatísticos sobre a quantidade de subproduto de tomate são difíceis de coletar (SAINI; MOON; KEUM, 2018).

2. RESÍDUOS E SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS DE TOMATE

Os resíduos de frutos e vegetais são considerados os produtos da produção primária que não foram consumidos, reutilizados ou reaproveitados, e apresentam baixo valor econômico, quando comparado ao produto normalmente são descartados pela indústria, esses são denominados como resíduos. Estes podem ser considerados como subprodutos, quando apresentam uma finalidade ou tecnologia para transformação de um novo produto final (HAMZA, 1989). Quando o material gerado apresenta uma finalidade comercial e aplicação, como o produto primário esse é denominado co-produto.

Subprodutos de tomate são subprodutos obtidos durante a produção da polpa de tomate e são compostos de cascas e sementes (CHIU et al., 2007; KNOBLICH; ANDERSON; LATSHAW, 2005). A quantidade de subproduto pode variar, dependendo da variedade de tomate, das técnicas de processamento industrial e do produto final (KNOBLICH; ANDERSON; LATSHAW, 2005). Esses subprodutos constituem uma fonte de minerais, nutrientes e compostos bioativos que podem ser utilizados por seu potencial biológico. De acordo com Del Valle et al. (DEL VALLE; CÁMARA; TORIJA, 2007) são ricos em nutrientes e compostos bioativos (como açúcares, ácidos orgânicos, pigmentos, fibras, proteínas, óleos, antioxidantes e vitaminas). De acordo com diferentes autores, as cascas de tomate são ricas em fibras (41%) e possuem quantidades significativas de proteínas (14%), e apenas 3% de gordura. O perfil é invertido no caso das sementes, em que as proteínas são o principal componente (32%), seguido da gordura total (27%) e fibras. São consideradas ricas em licopeno, com cerca de 30-400 mg/kg de licopeno na polpa e cerca de 20-30 mg/kg na casca (NAVIGLIO et al., 2008). Desde modo, a composição dos subprodutos de tomate, possibilita que ele seja de grande interesse nutricional e tecnológico. Os produtores poderiam encontrar vantagens em diminuir os custos para o descarte e a oportunidade de renda extra, e assim utilizar alguns nutrientes e compostos bioativos que estão presentes nesse material, e que podem ser reintroduzidos nos alimentos (POOJARY; PASSAMONTI, 2015b; SAINI; MOON; KEUM, 2018).

Uma das alternativas para o uso do subproduto de tomate seria a separação de cascas e sementes para aplicação em alimentos. Sementes de tomate podem ser processadas para a extração de óleo e recuperação de proteína (SOGI, 2005). O enriquecimento de produtos processados de tomates com a casca do tomate é uma opção

interessante para o aumento da ingestão de compostos bioativos, como os carotenoides, licopeno e betacaroteno (REBOUL et al., 2005a).

2.1. Aplicação do subproduto do tomate em Molho Pronto de Tomate

A reciclagem ou a reutilização desses subprodutos, acumulados durante o processamento e disponíveis em grandes quantidades, podem reduzir os custos do tratamento. A obtenção de carotenoides, como o licopeno da casca do tomate, pode ser uma boa solução para o reaproveitamento da casca obtida das indústrias de tomate. Porém a adição direta de casca a alimentos é uma solução mais barata do que o isolamento do licopeno (HERRERA; CÁMARA, 2010). Sendo assim, adicionar tomate, produtos de tomate ou licopeno a produtos alimentícios podem gerar produtos com saudabilidade (CALVO; GARCÍA; SELGAS, 2008; LUISA GARCÍA; CALVO; DOLORES SELGAS, 2009; TANAKA; SHNIMIZU; MORIWAKI, 2012).

No processamento de tomate para a obtenção de produtos, como suco, molhos e extratos de tomate, alguns requisitos de qualidade precisam satisfazer os consumidores. Deste modo, alguns parâmetros de qualidade dos produtos à base de molho de tomate devem ser considerados muito importantes, tais como indicadores reológicos e de aparência, ou seja, consistência e cor. Foi relatado que os produtos à base de tomate caracterizados por uma alta viscosidade e uma cor vermelha são os preferidos pelos consumidores (TORBICA et al., 2016). O uso de ingredientes adicionais, com funcionalidade específica, pode, portanto, ajudar na modulação das propriedades do molho de tomate, dos atributos sensoriais, da estabilidade, bem como na produção de produtos sob medida para aplicações específicas (DIANTOM et al., 2017).

A adição de diferentes ingredientes e aditivos, atuam nas múltiplas propriedades do molho de tomate. Ácido cítrico e cloreto de sódio foram relatados para aumentar a estabilidade de cor no molho de tomate, devido à inibição das enzimas responsáveis pelo escurecimento, enquanto, que a gelatina e a farinha aumentam a consistência e viscosidade (CARINI et al., 2015). Polímeros de cadeia longa, como hidrocolóides, são amplamente utilizados pela indústria alimentícia em diferentes sistemas como sopas, bebidas, sobremesas, ketchups, e molhos, devido à sua funcionalidade como espessante (DIANTOM et al., 2017; SAHA; BHATTACHARYA, 2010), agentes emulsificantes e estabilizadores (MILANI; MALEKI, 2012).

A investigação do efeito de diferentes ingredientes nas propriedades do molho de tomate pode ajudar na seleção de ingredientes para projetar produtos com aplicações específicas. A utilização de subprodutos de tomate nos produtos alimentares pode contribuir com o enriquecimento de nutrientes e compostos bioativos (HERRERA; CÁMARA, 2010). Estudos mostram que o subproduto de tomate fresco foi utilizado com sucesso como matéria-prima para a produção de ketchup com maior teor de fibra alimentar natural, utilizando processamento semelhante ao utilizado pela indústria (BELOVIĆ et al., 2018; TORBICA et al., 2016). Além disso, o estudo feito por Farahnaky (2008) mostrou que o subproduto de tomate poderia ser usado como um agente espessante na formulação do ketchup de tomate comercial.

2.2. Aplicação do subproduto de tomate na Panificação

Na indústria de panificação, cada vez mais é utilizado aditivos para melhorar as propriedades tecnológicas, qualidade e as propriedades da massa, em particular para a estender o tempo de prateleira (GALVÃO et al., 2018). Assim, novas alternativas para aumentar o prazo de validade dos produtos, melhorar as propriedades nutricionais, mantendo características semelhantes às do produto, são de grande interesse para as indústrias (LIU et al., 2010; SARAIVA et al., 2016).

Os consumidores estão buscando incluir alimentos saudáveis na dieta, um exemplo é a busca por fibras e produtos sem alergênicos. Consequentemente, as tendências dentro do mercado de panificação, confeitaria e em produtos de saúde e bem-estar seguem estratégias baseadas em alegações de saúde ou nutrição. Uma alegação de saúde refere-se à declaração sobre uma relação entre alimentação e saúde, enquanto a alegação nutricional diz respeito a nutrientes ou ingredientes que têm uma função nutricional ou um efeito fisiológico provado cientificamente. Dessa forma, a indústria de panificação começou a desenvolver mais produtos com alegações tais como: enriquecidos com vitaminas, fortificados com minerais, “alto teor de proteínas”, “lowcarb”, “ricos em fibras”, e “sem gordura”. (SIRBU; ARGHIRE, 2017).

Meehta et al. (2018) desenvolveu muffins e pães com a incorporação de subprodutos do despulpamento de tomate, realizado em escala laboratorial, e analisou os efeitos nas propriedades nutricionais, e na estabilidade sensorial e textural dos produtos. Nesse estudo obtiveram a melhora no conteúdo nutricional dos produtos desenvolvidos,

como o aumento do teor de vitamina C, da atividade antioxidante, do teor de minerais; também observou o aumento do prazo de validade. Com o aumento de consumo de compostos naturais e de alimentos funcionais, é necessário explorar novos ingredientes alimentares, com uma composição rica em nutrientes, minerais, e compostos bioativos. Os subprodutos de tomate podem ser uma alternativa como fonte de aditivos obtidos a partir de extratos ou resíduos vegetais para a melhoria nutricional e características físico-químicas.

2.3. Embalagem Bioativa

Na sociedade de hoje, a embalagem é essencial, pois protege os alimentos que compramos, desde o momento em que são processados e fabricados, durante o período de armazenamento, até o consumo final (ROBERTSON, 2005). A embalagem é um termo que descreve a barreira que protege os alimentos e, inclui o material da embalagem, sua estrutura e o que une a estrutura da embalagem ao alimento (BRODY, 2014). Uma embalagem primária é aquela que está em contato direto com o alimento ou bebida, ela fornece a barreira inicial e geralmente é a principal proteção. Exemplos de embalagens primárias incluem latas de metal, embalagens de papel, e garrafas de vidro e de plástico (ROBERTSON, 2011). A embalagem deve proteger o seu conteúdo de efeitos ambientais externos, sejam eles água, vapor de água, gases, odores, microrganismos, luz, poeira, choques, vibrações e forças de compressão. Para muitos alimentos, a proteção oferecida pela embalagem é uma parte essencial do processo de preservação, em geral, quando a integridade do pacote é violada, o produto não é mais preservado (SCHAEFER; CHEUNG, 2018).

Embalagens inteligentes utilizadas para alimentos são uma extensão do “design” tradicional (LLOYD; MIROSA; BIRCH, 2019). O objetivo das embalagens inteligentes é reduzir os riscos de segurança associados às tradicionais, por meio da interação deliberada com o ambiente e do produto alimentício (RESTUCCIA et al., 2010). Especialistas preveem que são o futuro em soluções de embalagem de alimentos e espera-se que o mercado global de embalagens inteligentes atinja US \$ 26,7 bilhões até 2024 (ADAY; YENER, 2015; LLOYD; MIROSA; BIRCH, 2019; REALINI; MARCOS, 2014).

A embalagem ativa é uma tecnologia que permite prolongar o prazo de validade dos alimentos ao incorporar agentes ativos no sistema de embalagem (NERÍN; WRONA,

2018). Ao mesmo tempo, a bioembalagem ativa pressupõe a utilização de biopolímeros e componentes biodegradáveis para seu desenvolvimento. É importante destacar que os biopolímeros têm recebido grande destaque nas embalagens de alimentos por serem uma alternativa sustentável aos polímeros convencionais de base petroquímica. Um ótimo exemplo disso pode ser a celulose, que é um polímero biodegradável à base de madeira (AHVENAINEN; HURME, 1997; ANETTA BARSKA; WYRWA, 2016). Os agentes ativos podem ser introduzidos no sistema alimentar através de uma amostra, que já contém estes ativos ou através da adição direta no filme/material de embalagem. Inúmeras tecnologias de embalagem ativa foram desenvolvidas, com aplicações para sistemas alimentares específicos, permitindo um aumento no prazo de validade (RESTUCCIA et al., 2010). Já a embalagem bioativa é a nova tecnologia de embalagem que altera o pacote ou o revestimento de maneira a ter um efeito positivo na saúde do consumidor (LLOYD; MIROSA; BIRCH, 2019). Várias técnicas conhecidas por reter propriedades características de biopolímeros e empregadas nesta nova abordagem de empacotamento incluem encapsulação enzimática, nanoencapsulação, microencapsulação e imobilização enzimática. Tendo em vista as propriedades funcionais exigidas dos componentes bioativos particulares, as embalagens funcionais ou bioativas têm o potencial de manter substâncias bioativas em proporções desejadas no alimento embalado durante seu armazenamento ou antes de seu consumo (LLOYD; MIROSA; BIRCH, 2019; LOPEZ-RUBIO; GAVARA; LAGARON, 2006).

O processo de tecnologia de embalagens bioativas pode ser implementado através da utilização de materiais com propriedades de liberação de componentes funcionais, com o encapsulamento dos ingredientes bioativos para os alimentos ou para os materiais de embalagem. Com a introdução de materiais nas embalagens capazes de proteger alguns componentes dos alimentos, a fim de proporcionar benefícios para a saúde, por exemplo, os prebióticos, probióticos, vitaminas encapsuladas, fitoquímicos e flavonoides biodisponíveis (MAJID et al., 2018).

Nos últimos anos, a indústria de embalagem de carnes evoluiu para o desenvolvimento de embalagens ativas, com atividades antioxidantes e/ou antimicrobianas que podem efetivamente aumentar a vida útil das carnes frescas. No desenvolvimento de todas essas estratégias de incorporação de compostos naturais ao invés de conservantes sintéticos deve ser a alternativa preferida, uma vez que o uso de compostos sintéticos é atualmente restrito (NGUEFACK et al., 2009). A adição de conservantes à carne fresca não é permitida, caso contrário, a carne é considerada como

derivada em vez de carne “fresca”. Isso significa que o material deve atuar como antioxidante sem liberar qualquer substância para a carne (MOUDACHE et al., 2017). A utilização de embalagens ativas com compostos bioativos, para carne fresca foi realizado por Moudache et al (2017), levanta que a liberação direta de antioxidantes não é necessária quando um liberador de radicais livres está agindo. Desta forma, nem a liberação nem o contato direto entre a embalagem e a carne são necessários, para prolongar a vida de prateleira.

O aumento da demanda por aditivos naturais resultou em pesquisas baseadas em compostos naturais, como extratos de plantas que são seguras. Como a qualidade e a segurança dos alimentos são as principais preocupações da indústria alimentícia, o desenvolvimento de polímeros biodegradáveis combinados com extratos vegetais aparece como uma das estratégias mais interessantes no futuro próximo, para aumentar a sustentabilidade desses materiais. Os extratos vegetais receberam maior atenção, pois contêm altas concentrações de componentes fenólicos que possuem fortes atividades antioxidantes (CUNHA et al., 2018; KUMAR et al., 2015; MIR et al., 2018). Outros grupos de fitoquímicos naturais capazes de exercer atividade antioxidante são os carotenoides, também por sua capacidade antioxidante e ação foto protetora; e óleos essenciais, por sua atividade antimicrobiana (MUNEKATA et al., 2016). Filmes formados pela incorporação de extratos de plantas em polímeros geralmente resultam em propriedades físico-químicas, mecânicas e de barreira, antioxidantes e antimicrobianas modificadas, comparados a filmes feitos de componentes individuais e têm sido usados para uma ampla variedade de funções em polímeros (MIR et al., 2018; SIRIPATRAWAN; HARTE, 2010; TAN et al., 2015).

2.4. Compostos Bioativos

Alimentos vegetais contêm uma ampla quantidade de fitoquímicos (polifenóis, carotenoides, vitaminas, glicosinolatos, entre outros, e tem sido comprovada a capacidade desses de provocar efeitos biológicos no organismo, bem como ações aditivas e sinérgicas das diferentes substâncias presentes na matriz alimentar. Esses são classificados como compostos bioativos, e podem apresentar efeitos tóxicos ou proporcionar benefícios à saúde (FORBES-HERNÁNDEZ et al., 2014). Os efeitos protetores de saúde ligados ao consumo de tomate têm sido amplamente atribuídos à presença de antioxidantes

essenciais, como o licopeno e β -caroteno, bem como vitamina C e compostos de hidrofobicidade intermediária, como glicosídeos de quercetina, naringenina, chalcona e ácidos clorogênicos (LU et al., 2019; TANAKA; SHNIMIZU; MORIWAKI, 2012).

2.4.1. Carotenoides – Licopeno

Os carotenoides são pigmentos naturais lipossolúveis responsáveis encontrados em plantas, frutas, verduras, microrganismos e animais. São responsáveis pela coloração da faixa do amarelo até o vermelho. As moléculas dos carotenoides são formadas por cadeias de carbono e hidrogênio, com vários átomos de carbono ligados por ligações duplas conjugadas, o licopeno é composto por oito unidades isoprênicas, totalizando quarenta carbonos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Os benefícios do tomate e seus produtos têm sido atribuídos principalmente ao conteúdo de licopeno, embora desprovido de atividade pró-vitâmica A, apresenta excelente capacidade antioxidante. O que significa que contribui para neutralizar os radicais livres no corpo e proteção das células contra danos oxidativos. Esta função está associada com a redução do risco de câncer do pâncreas, da mama e da próstata, tanto *in vitro* como *in vivo*.

O licopeno é o carotenoide majoritário, com cerca de 80% do teor total (POOJARY; PASSAMONTI, 2015b; SAINI; MOON; KEUM, 2018). Uma dieta rica em frutas e vegetais é uma forma de consumir, maiores quantidades de carotenoides, uma alternativa é a suplementação de concentrados em alimentos, segundo Krinsky (2001). Para Lu et al. (2019) a fortificação de alimentos está se expandindo para uma faixa maior de produtos e passando a incluir outros antioxidantes, como carotenoides e flavonoides na composição.

A aplicação do licopeno em matrizes alimentares, tem sido estudada como aditivo na carne e produtos de cárneos cru, como mortadela, salsichas, salsichas frescas, salsichas fermentadas, hambúrgueres, carne picada, e carne picantes (DOMÉNECH-ASENSI et al., 2013). Estes estudos, em geral, demonstram que a presença de licopeno melhora a cor do produto, a qualidade nutricional, e o aumento de vida de prateleira e estabilidade devido a capacidade do licopeno reduzir a oxidação de lipídios (POOJARY; PASSAMONTI, 2015b; SAINI; MOON; KEUM, 2018).

2.4.2. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são compostos secundários do metabolismo de vegetais e têm sido relacionados a efeitos terapêuticos, incluindo compostos como ácidos fenólicos, flavonoides, ácidos orgânicos, ácidos triterpênicos, terpenos e terpenóides (VIEIRA et al., 2019). Compostos fenólicos são os principais fitoquímicos encontrados no material vegetal, antioxidantes de ocorrência natural, conhecidos por causa de seus benefícios para a saúde devido à sua atividade de eliminação de radicais livres, redução do estresse oxidativo, que é a principal causa de vários distúrbios. De fato, essas fontes antioxidantes exógenas desempenham um papel importante no equilíbrio do estresse oxidativo, proporcionando potencial antioxidante adicional para os organismos vivos, uma vez que há uma ação insuficiente do nosso sistema antioxidante endógeno (CAROCHO; FERREIRA, 2013; VIEIRA et al., 2019).

A presença de fenólicos e de flavonoides no tomate proporciona efeito benéfico à saúde, como a atividade antioxidante. Coyago- Cruz et al. (2019) estudaram o perfil de fenólicos em diferentes cultivares de tomate e o ácido cumárico, ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido gálico, ácido ferúlico, naringenina, equercetina foram os principais compostos fenólicos detectados.

2.4.3. Fitoesteróis e Tocoferóis

Os tocoferóis e os fitoesteróis são constituintes nutricionais significativos, que são rotineiramente determinados em óleos vegetais (FLAKELAR et al., 2017; TAN, 2019). Os fitoesteróis são bem conhecidos por suas várias propriedades bioativas, incluindo a redução da absorção do colesterol e possíveis contribuições para a prevenção de doenças cardiovasculares (FERGUSON et al., 2018) e cânceres (SHAHZAD et al., 2017).

Os fitoesteróis são triterpenos, lipofílicos que estão intimamente relacionados ao colesterol, exceto que os esteróis são mais hidrofóbicos, devido a presença de uma substituição da cadeia lateral de um grupo metila ou etila no carbono 24. As estruturas químicas semelhantes do colesterol e dos esteróis refletem-se em suas funções estreitamente relacionadas nos organismos de onde se originam; o colesterol estabiliza e regula as membranas celulares dos animais e os fitoesteróis desempenham uma função semelhante nas plantas (BOT, 2019).

Os tocoferóis têm atraído atenções devido às suas propriedades antioxidantes potentes e papéis importantes na prevenção de doenças associadas ao envelhecimento, doenças cardiovasculares e doença de Alzheimer (AZZI, 2018). Os tocoferóis (α -, β -, γ - e δ -tocoferol) são sintetizados e armazenados em folhas e sementes de plantas, sua diferença química consiste no número e na posição dos grupos metila do anel. A principal função dos tocoferóis nas plantas são as de antioxidantes, embora funções não antioxidantes tenham sido descritas, como as funções estruturais (AZZI, 2018).

As sementes de tomate têm despertado interesse, já que seu óleo é rico em ácidos graxos insaturados, especialmente ácido linoleico, fitoesteróis e antioxidantes que o tornam particularmente adequado como óleo comestível (ELLER et al., 2010). A Durante et al. (2017) investigou perfil de tocoferóis e tocotrienóis em sementes de tomate, γ -tocopherol e α -tocotrienol foram os principais encontrados. Shao et al. (2013) investigou o óleo de semente de tomate e realizou o levantamento do perfil de fitoesteróis comparando com os demais óleos comerciais, e encontrou perfil próximos ou superiores aos óleos pesquisados. Esses estudos que a semente de tomate pode ser objeto de pesquisa e aplicação, devido a sua rica composição.

2.4.4. Capacidade Antioxidante

Halliwell e Gutteridge (1995) definiram antioxidantes como “qualquer substância que retarde, previne ou elimina o dano oxidativo a uma molécula alvo” (HALLIWELL, 2007). No mesmo ano, Khlebnikov et al. (2007) definiram antioxidantes como “qualquer substância que elimine diretamente as espécie reativas de oxigênio (ROS) ou atue indiretamente para regular positivamente as defesas antioxidantes ou inibir a produção de ROS”. Outra propriedade que um composto deve ter para ser considerado um antioxidante é a capacidade de, depois de eliminar o radical, formar um novo radical que é estável através da ligação de hidrogênio intramolecular em oxidação adicional (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2018).

A atividade antioxidante pode ser eficaz através de várias maneiras: como inibidores de reações de oxidação de radicais livres (oxidantes preventivos), inibindo a formação de radicais livres de lipídios; interrompendo a propagação da reação em cadeia de auto oxidação, através do sinergismo com outros antioxidantes; como agentes redutores que convertem hidroperóxidos em compostos estáveis; como quelantes de

metais que convertem os pró-oxidantes de metais em produtos estáveis; e finalmente como inibidores de enzimas pró-oxidativas (CAROCHO; FERREIRA, 2013).

Os carotenoides podem atuar na captura do radical peroxil ($\text{ROO}\bullet$) com transferência de elétrons ou doação de átomos de hidrogênio, levando à formação de uma grande variedade de carotenoides radicais (MARQUES et al., 2016). E os carotenoides também são reconhecidos pela eficiente desativação de oxigênio singlete (MORAIS et al., 2014). De modo geral, estes compostos e em particular os flavonoides possuem estrutura ideal para a desativação de radicais (BARREIROS et al., 2006).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUSHITA, A. A.; DAOOD, H. G.; BIACS, P. A. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2075–2081, 2000.
- ADAY, M. S.; YENER, U. Assessing consumers' adoption of active and intelligent packaging. **British Food Journal**, v. 117, n. 1, p. 157–177, 2015.
- AGREGÁN, R. et al. Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil unde. **Food Research International**, v. 99, p. 986–994, 2017.
- AHVENAINEN, R.; HURME, E. Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety. **Food Additives and Contaminants**, v. 14, n. 6–7, p. 753–763, 1997.
- ANDRÉS, A. I. et al. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. **Meat Science**, v. 129, p. 62–70, 2017.
- ANETTA BARSKA; WYRWA, J. Consumer perception of active and intelligent food packagin. **Problems of agricultural economics**, v. 4, n. 349, p. 138–159, 2016.
- AZZI, A. Many tocopherols, one vitamin E. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 61, p. 92–103, 2018.
- BELOVIĆ, M. et al. Tomato pomace powder as a raw material for ketchup production. **Food Bioscience**, v. 26, n. October, p. 193–199, 2018.
- BOT, A. Phytosterols. **Encyclopedia of Food Chemistry**, v. 1, p. 225–228, 2019.
- BRITO, L.; MELO, L. A Produção Mundial e Brasileira de Tomate. **Dieese**, p. 19, 2010.
- BRODY, A. L. **Packaging of Foods**. Second Edi ed. [s.l.] Elsevier, 2014. v. 3
- CALVO, M. M.; GARCÍA, M. L.; SELGAS, M. D. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. **Meat Science**, v. 80, p. 167–172, 2008.
- CARINI, E. et al. Effect of Flour , Gelatin and Salt on Water Status of Tomato Sauce. p. 129–133, 2015.
- CAROCHO, M.; FERREIRA, I. C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, v. 51, n. 1, p. 15–25, 2013.

- CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science and Technology**, v. 71, n. November 2017, p. 107–120, 2018.
- CHIU, Y. T. et al. Encapsulation of lycopene extract from tomato pulp waste with gelatin and poly(γ -glutamic acid) as carrier. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 13, p. 5123–30, 27 jun. 2007.
- CODEX ALIMENTARIUS 2008. Report of the 30th session of the codex committee on nutrition and foods for special dietary uses. **Cape Town**, v. South Afri, n. 3- 7 November, 2008.
- COYAGO-CRUZ, E. et al. Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties. **Food Chemistry**, v. 277, n. May 2018, p. 480–489, 2019.
- CUNHA, L. C. M. et al. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. **Food Research International**, v. 111, n. May, p. 379–390, 2018.
- DEL VALLE, M.; CÁMARA, M.; TORIJA, M.-E. Chemical characterization of tomato pomace. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 2, p. 930–944, 2007.
- DIANTOM, A. et al. Effect of added ingredients on water status and physico-chemical properties of tomato sauce. **Food Chemistry**, v. 236, p. 101–108, 2017.
- DURANTE, M. et al. Seeds of pomegranate, tomato and grapes: An underestimated source of natural bioactive molecules and antioxidants from agri-food by-products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, n. July, p. 65–72, 2017.
- ELLER, F. J. et al. Extraction and analysis of tomato seed oil. **JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 87, n. 7, p. 755–762, 2010.
- FARAHNAKY, A. et al. The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup. **Journal of Texture Studies**, v. 39, n. 2, p. 169–182, abr. 2008.
- FERGUSON, J. J. A. et al. Curcumin potentiates cholesterol-lowering effects of phytosterols in hypercholesterolaemic individuals. A randomised controlled trial. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 82, p. 22–35, 2018.
- FLAKELAR, C. L. et al. A rapid method for the simultaneous quantification of the major tocopherols, carotenoids, free and esterified sterols in canola (*Brassica napus*) oil using normal phase liquid chromatography. **Food Chemistry**, v. 214, p. 147–155, 2017.

- FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y. et al. The effects of bioactive compounds from plant foods on mitochondrial function: A focus on apoptotic mechanisms. **Food and Chemical Toxicology**, v. 68, p. 154–182, 2014.
- GALVÃO, A. M. M. T. et al. Edible coating based on modified corn starch/tomato powder: Effect on the quality of dough bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, n. November 2017, p. 518–524, 2018.
- GEORGE, B. et al. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. **Food Chemistry**, v. 84, n. 1, p. 45–51, 2004.
- HALLIWELL, B. Biochemistry of Oxidative Stress. **Angewandte Chemie International Edition in English**, p. 1147–1150, 2007.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Letters to the Editors THE DEFINITION AND MEASUREMENT OF ANTIOXIDANTS IN. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 18, n. I, p. 125–126, 1995.
- HAMZA, A. Utilization of Agro-industrial residues in Alexandria: Experience and prospects. **Biological Wastes**, v. 29, n. 2, p. 107–121, 1989.
- HERRERA, P. G.; CÁMARA, M. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, n. 4, p. 707–711, 2010.
- IBGE. Agropecuária Estatística da produção agrícola. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, n. Fevereiro, p. 81, 2018.
- KHLEBNIKOV, A. I. et al. Improved quantitative structure-activity relationship models to predict antioxidant activity of flavonoids in chemical, enzymatic, and cellular systems. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, v. 15, n. 4, p. 1749–1770, 2007.
- KNOBLICH, M.; ANDERSON, B.; LATSHAW, D. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids †. v. 1170, n. October 2004, p. 1166–1170, 2005.
- KRINSKY, N. I. Carotenoids as Antioxidants. v. 9007, n. 01, p. 8–10, 2001.
- KUMAR, Y. et al. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 6, p. 796–812, 2015.
- LIU, F. et al. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**, v. 204, n. 1, p. 159–166, 2010.
- LLOYD, K.; MIROSA, M.; BIRCH, J. Active and Intelligent Packaging. **Food Science - Encyclopedia of Food Chemistry**, v. 3, p. 177–182, 2019.

- LOPEZ-RUBIO, A.; GAVARA, R.; LAGARON, J. M. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, n. 10, p. 567–575, 2006.
- LU, Z. et al. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, n. February, p. 172–187, 2019.
- LUISA GARCÍA, M.; CALVO, M. M.; DOLORES SELGAS, M. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. **Meat Science**, v. 83, n. 1, p. 45–49, 2009.
- MAJID, I. et al. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 4, p. 454–462, 2018.
- MARQUES, F. et al. Contextualizando a Elevada Prevalência de Anemia na População Portuguesa: Percepção, Caracterização e Preditores: Um Sub-Estudo do EMPIRE. **Medicina Interna**, v. 23, p. 25–37, 2016.
- MEHTA, D. et al. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2560–2568, 2018.
- MILANI, J.; MALEKI, G. Hydrocolloids in Food Industry. **Food Industrial Processes - Methods and Equipment**, n. February, p. 18–34, 2012.
- MOLENA, L. A.; GUERREIRO, L. M. M.; DELEO, J. P. B. Anuário 2018 - 2019: Restrospectiva 2018 e Perspectiva 2019. **Hortifruti Brasil**, v. 185, n. Janeiro, p. 1–50, 2019.
- MORAIS, L. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014.
- MOUDACHE, M. et al. Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 229, p. 98–103, 2017.
- MUNEKATA, P. E. S. et al. Characterization of phenolic composition in chestnut leaves and beer residue by LC-DAD-ESI-MS. **LWT - Food Science and Technology**, v. 68, p. 52–58, 2016.
- NAVIGLIO, D. et al. Characterization of high purity lycopene from tomato wastes using a new pressurized extraction approach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 15, p. 6227–6231, 2008.

- NGUEFACK, J. et al. Food preservative potential of essential oils and fractions from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against mycotoxigenic fungi. **International Journal of Food Microbiology**, v. 131, n. 2–3, p. 151–156, 2009.
- PAPAIIOANNOU, E. H.; KARABELAS, A. J. Lycopene recovery from tomato peel under mild conditions assisted by enzymatic pre-treatment and non-ionic surfactants. **Acta Biochimica Polonica**, v. 59, n. 1, 2012.
- POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Extraction of lycopene from tomato processing waste : Kinetics and modelling. **FOOD CHEMISTRY**, v. 173, p. 943–950, 2015a.
- POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Optimization of extraction of high purity all-trans-lycopene from tomato pulp waste. **Food Chemistry**, v. 188, p. 84–91, 2015b.
- REALINI, C. E.; MARCOS, B. Active and intelligent packaging systems for a modern society. **Meat Science**, v. 98, n. 3, p. 404–419, 2014.
- REBOUL, E. et al. Enrichment of tomato paste with 6% tomato peel increases lycopene and beta-carotene bioavailability in men. **The Journal of nutrition**, v. 135, n. 4, p. 790–4, abr. 2005a.
- REBOUL, E. et al. Enrichment of Tomato Paste with 6% Tomato Peel Increases Lycopene and {beta}-Carotene Bioavailability in Men. **J. Nutr.**, v. 135, n. 4, p. 790–794, 1 abr. 2005b.
- RESTUCCIA, D. et al. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. **Food Control**, v. 21, n. 11, p. 1425–1435, 2010.
- ROBERTSON, G. **Food Packaging. Principles and Practice**. [s.l.: s.n.].
- ROBERTSON, G. L. **Packaging and food and beverage shelf life**. [s.l.] Elsevier, 2011.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A GUIDE TO ANALYSIS IN**. Washington DC, USA: [s.n.].
- SAHA, D.; BHATTACHARYA, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food : a critical review. v. 47, n. 6, p. 587–597, 2010.
- SAINI, R. K.; MOON, S. H.; KEUM, Y. An updated review on use of tomato pomace and crustacean processing waste to recover commercially vital carotenoids. **Food Research International journal**, v. 108, n. March, p. 516–529, 2018.
- SARAIVA, L. E. F. et al. LWT - Food Science and Technology Development and application of edible film of active potato starch to extend mini panettone shelf life. **LWT - Food Science and Technology**, v. 73, p. 311–319, 2016.

- SCHAEFER, D.; CHEUNG, W. M. Smart Packaging: Opportunities and Challenges. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 1022–1027, 2018.
- SHAHZAD, N. et al. Phytosterols as a natural anticancer agent: Current status and future perspective. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 88, p. 786–794, 2017.
- SHAO, D. et al. Separation Methods and Chemical and Nutritional Characteristics of Tomato Pomace. **Northwest A& F University**, v. 56, n. 1, p. 260–268, 2013.
- SIRBU, A.; ARGHIRE, C. Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 220–227, 2017.
- SOGI, D. S. Biological evaluation of tomato waste seed meals and protein concentrate. **Food Chemistry**, v. 89, p. 53–56, 2005.
- TAN, C. X. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. **Journal of Functional Foods**, v. 54, n. October 2018, p. 381–392, 2019.
- TANAKA, T.; SHNIMIZU, M.; MORIWAKI, H. Cancer Chemoprevention by Carotenoids. p. 3202–3242, 2012.
- TORBICA, A. et al. Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 299–309, 2016.
- VIEIRA, V. et al. Phenolic profile, antioxidant and antibacterial properties of *Juglans regia* L. (walnut) leaves from the Northeast of Portugal. **Industrial Crops and Products**, v. 134, n. April, p. 347–355, 2019.
- VIRMOND, E. et al. Valorization of agroindustrial solid residues and residues from biofuel production chains by thermochemical conversion: A review, citing Brazil as a case study. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 30, n. 2, p. 197–229, 2013.
- XUE, F. et al. Encapsulation of tomato oleoresin with zein prepared from corn gluten meal. **Journal of Food Engineering**, v. 119, n. 3, p. 439–445, 2013.
- ZUORRO, A.; FIDALEO, M.; LAVECCHIA, R. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 49, p. 567–573, 2011.

CAPÍTULO II

PHYTOCHEMICAL EVALUATION OF TOMATO SEEDS AND ANALYSIS OF THE OIL EXTRACTED FROM THIS INDUSTRIAL BYPRODUCT

Letícia Cardoso da Silva¹, Livia da Silva Constant¹, Laura Gardenal Bertolucci ¹, José
Pinela², Lillian Barros², Isabel C.F.R. Ferreira², Helena Teixeira Godoy ¹

¹ Department of Food Science, School of Food Engineering of University of Campinas, SP,
13083-862, Brazil.

² Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de
Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

* Autor para correspondência: Rua Monteiro Lobato, 80, Lab Análise, FEA-DCA, CEP:
13083-862, Cidade Universitária, Campinas-SP.
E-mail: leticiacardosodasilva@hotmail.com

Manuscript in preparation for submission to the journal: Food Research International

ABSTRACT

The industrial processing of tomatoes results in by-products composed mostly of peels and seeds. These can be used in animal feed or as fertilizers. However, the seeds found in the material are rich in oils and bioactive compounds and may contribute to the search for unconventional sources to obtain vegetable oils. Thus, in this work, analyses of total phenolic compounds, total flavonoids, antioxidant capacity (DPPH and ORAC), extraction of oil from seed, evaluation of oil quality, peroxide and acidity index, phytosterols and tocopherols profile were performed. The lipid content obtained was about 25%. The values of total phenolic compounds were between 65.91 and 78.53 mg.EAG.g⁻¹, total flavonoids between 31.25 and 35.49 mg EC.g⁻¹. On the other hand, in the antioxidant capacity tests, values between 124.41 and 141.25 μmol TE.g⁻¹ were obtained for the ORAC test and for the DPPH levels between 85.12 and 103.43 μmol TE.g⁻¹. Tomato seeds oils showed acidity indexes ranging from 1.31 to 1.47 mg KOH.g⁻¹ in the analyzed crops; in relation to peroxides, the values were between 3.31 and 3.55 meq.kg⁻¹. Of the 5 phytosterols investigated, campesterol, stigmasterol, β-Sitosterol were found, with β-Sitosterol in higher concentration between 2.81 and 2.93 mg.g⁻¹ of oil. In the tocopherol profile analysis, we found α-Tocopherol between 0.067 and 0.071 mg.g⁻¹ of oil, γ-Tocopherol between 1.12 and 1.29 mg.g⁻¹ of oil and δ-Tocopherol 0.13 mg.g⁻¹ of oil in only one of the crops studied. Therefore, the composition of the phytosterols and tocopherols found in tomato oil and the antioxidant capacity of the seeds from tomato processing, demonstrate that these samples are sources of bioactive compounds and nutrients, present feasibility of industrial application, as a food ingredient or unconventional edible oil.

Keywords: Bioactive compounds; Antioxidant capacity; Unconventional oil; Phytosterols; Tocopherols.

1. INTRODUCTION

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most popular vegetables in the world, the most up-to-date data from FAOSTAT has shown that the harvested area and global production of tomatoes have increased. In the last survey, world tomato production was approximately 241 million tons (FAOSTAT, 2018). Considering the yield of tomato processing, which generates approximately 3 to 5% of by-products (ZUORRO; NOBLEMAN; LAVECCHIA, 2011) the estimated material generated is about 9.0 million tons. This value is not specific, since the yield can vary with different industrial processing. In addition, statistical data on the amount of tomato by-product is difficult to collect. Tomato by-products comprise three main components of the whole tomato fruit: pulp, skin, and seeds (SAINI; MOON; KEUM, 2018).

Tomato seeds generated as a by-product of the tomato processing industry contain about 20.0-36.9g of oil/100g of seed. There is a potential to produce more than 14 million tons of tomato seed oil each year in the world (SANGEETHA et al., 2023; SHAO et al., 2013, 2015). Tomato seeds are a good source of phenolic and flavonoid compounds, these compounds are associated with health benefits and confer a significant role in the management of metabolic activity and physiological process in the body, including anticancer, anti-inflammatory, antiplatelet, antimicrobial, antimutagenic, and cardioprotective characteristics (SANGEETHA et al., 2023; SZABO et al., 2019; CONCHA-MEYER et al., 2020). The tomato seed is usually collected, cleaned, drained and pulverized to make powder before oil extraction. Oil extraction can follow different methods, which can affect the profitability and quality of the oil (CHENG; PATEL; CHANG, 2016; FAHIMDANESH, 2013; LU et al., 2019). The characteristics of vegetable tomato seed oil must follow Normative Instruction No. 18. The values discussed by Sangeetha et al. (2023) shows that the values are compatible with quality, nutritional properties and could be consumed. The content of phytosterols and tocopherols influence the antioxidant characteristics and properties of the oils, the presence of these compounds in tomato seeds and oil is described in the literature (DURANTE et al., 2017; LU et al., 2019; SZABO et al., 2019).

The demand for sustainability in the food and agricultural sectors has led to new possibilities for the use of food by-products, being valued as a source of nutraceuticals. (ESTEBAN; LADERO, 2018). The world consumption of vegetable oils increased 165% from 1995 to 2019 (FAOSTAT). With this trend, there is a growing interest in new

sources of vegetable oil from unconventional raw materials, an alternative is industrial by-products, which are a low-cost source of vegetable oil.

The seeds of industrial by-products from tomato processing are rich in bioactive components and present the possibility of providing quality oil, therefore, the objective of this work was to determine flavonoids, total phenolics and antioxidant capacity by ORAC and DPPH in oil obtained from tomato seeds by-products. Moreover, characterization through the acidity index and peroxide indices of the oils extracted from these seeds, and the profile of bioactive compounds, phytosterols and tocopherols, in tomato seed oils.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Raw material

The tomato by-products used for the work were supplied by two Brazilian industries, located in the States of São Paulo and Goiás, result of the processing of two harvests 2018 and 2019 (Crop I and Crop II), where the variety H9553 and N-901 represents the largest volume of tomatoes harvested. The sample was homogenized, part was fractionated into peels and seeds, using a process decantation and flotation (GUMERATO; SCHMIDT; VITALI, 2005) the samples were dried in a model LS3000 freeze dryer (Terroni, São Carlos-SP, Brazil), packaged (200B Selovac, São Paulo, BRA) under vacuum (93.325.66 N/m²) in polyethylene bags low density, and kept at -80°C in an ultrafreezer (Panasonic, São Paulo, Brazil) until time of analysis. The tomato by-products used for the work were supplied by a Brazilian industry, located in the State of São Paulo, the result of two processings, carried out in August of two consecutive years, where the H9553 variety represents the largest volume of tomato crop. Each sample lot was homogenized, fractioned, dried in an LS3000 freeze dryer (Terroni, São Carlos-SP, Brazil), then the samples were ground and kept at -80°C in an ultrafreezer (Panasonic, São Paulo, Brazil) until the moment of analysis.

2.2. Antioxidant Capacity

For the assays of DPPH, ORAC, Total Phenolic Compounds and Flavonoids, the seeds were submitted to assisted solid-liquid extraction with time control (25 minutes)

and maximum power. In a 50 mL polypropylene tube 0.2 g of freeze-dried sample and of 20 mL of methanol, was added the extract was filtered and used for analysis.

2.2.1. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrilidrazil) assays – free radical scavenging

The antioxidant capacity through the scavenging of the 2,2-diphenyl-1-picrilidrazil free radical, using the reduction of the free radical DPPH● was realized through the methodology described by Mensor et al. (2001). Preparations were made in microplates. 180 μ L of extract or different concentrations of Trolox were added, then 70 μ L of DPPH methanol solution at a concentration of 0.3 mM were added and homogenized. After 1 h and resting at room temperature, a time established by preliminary tests, the absorbance reading was performed at 518 nm in a microplate reader FLUOstar Omega (BMG LABTECH). The Trolox standard was used to construct a calibration curve (5 to 46 μ M) and the result was expressed in Trolox equivalent per gram of sample on a dry basis (μ mol TE.g⁻¹).

2.3.2. Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC)

The determination of antioxidant activity was performed in tomato seed extract by oxygen radical absorption capacity (ORAC) according to the methodology proposed by Dávalos et al. (2004), using a FLUOstar Omega microplate reader (BMG LABTECH). Fluorescein was used as a fluorescent molecule and potassium phosphate buffer (pH 7.4, 75 mM) as the reaction medium. Microplates containing 20 μ L of tomato seed extract or different concentrations of Trolox, 120 μ L of fluorescein (0.4 μ g mL⁻¹) and 60 μ L of AAPH radical (2,2'-azobis (2-methylpropionamidine dihydrochloride) (108 mg mL⁻¹) were read every 1 minute for a total of 80 minutes (485 nm excitation and 520 nm emission), under temperature control (37°C). The ORAC results were determined using a regression equation related to Trolox concentrations and net area under the fluorescein kinetic decay curve. Analysis was performed in triplicate and the ORAC value of each solution extract was expressed equivalent in trolox per gram of sample on dry basis as (μ mol TE g⁻¹).

2.3.3. Determination of Total Phenolic Compounds

The methodology for quantification of total phenolic compounds was carried out following the methodology proposed by Singleton & Rossi (SINGLETON; ROSSI, 1965), in which the reaction was based on the mixture of a methanolic extract of the ground and freeze-dried seeds, with 100 μL of Folin-Ciocalteu reagent and a mixture of 7.5% sodium carbonate solution. This mixture was kept at room temperature for a period of 2 hours, protected from light, and then analyzed in a microplate reader at a wavelength of 760 nm. For quantification, a gallic acid analytical curve was performed with seven equidistant points, all in triplicate and with concentrations ranging from 10 to 100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, the curve data were validated for model fit, regression significance, and residuals by ANOVA ($p < 0.05$). The sample results were expressed in gallic acid equivalent ($\text{mgEAG}\cdot\text{g}^{-1}$).

2.3.4. Determination of Total Flavonoids

The determination of total flavonoids was performed according to the methodology described by Zhishen et al. (1999) in tomato seed extract. For the analysis, 100 μL of seed extract of the industrial by-product of tomato, 400 μL of distilled water and 30 μL of NaNO_2 were added to all eppendorf₂ 5% (w/v). After 5 min, 30 μL of 10% AlCl_3 (w/v) was added. After 6 min of rest, 200 μL of 1M NaOH and 240 μL of water were added. Then, 250 μL of the mixture was transferred to a well of a microplate and the absorbance reading at 510 nm was performed in a microreader. The results are shown in Table 3 and were expressed in mg catechin equivalent (EC) per gram of sample on a dry basis ($\text{mg EC}\cdot\text{g}^{-1}$), based on the catechin calibration curve in the linear range of 20 to 200 $\mu\text{g mL}^{-1}$.

2.4. Cold Extraction and Quantification of Tomato Oil

To perform the quantitative profiling of fatty acid methyl esters, phytosterols, and the characterization of the oil, the lipid fraction extracted from the seeds was used using a cold extraction method, Bligh-Dyer (1959), which is one of the most versatile and effective, uses a mixture of water, methanol and chloroform that has the ability to extract both neutral and polar lipids efficiently. From 2 to 5 g of freeze-dried tomato seeds were weighed and ground in 70 mL test tubes and chloroform, distilled water and methanol were added, corresponding to a volume ratio of (1:0.8:2) stirred for 30 minutes. Then,

another 8 mL of chloroform and 8 mL of 1.5% sodium sulfate solution were added and stirred for another 2 minutes; which provided a separation of phases. The lower chloroform phase, which carries the lipids, was separated, and filtered in a 30 mL test tube with sodium sulfate to remove traces of water. The mixture was rotoevaporated for oil quantification, and it was stored until the moment of analysis.

2.4.1. Determination of Total Acidity Content of Tomato Oil

The free fatty acid content of the oil extracted cold from tomato seeds was determined using the AOCS Ca 5a-40 method (2004). The cold-extracted oil was neutralized, and titration was performed with sodium hydroxide (0.1N) with phenolphthalein as an indicator. The acidity index or free fatty acid content (FFA) was calculated using the volume spent on titration in relation to the sample mass. Free fatty acids are expressed in terms of % of free fatty acid, as the acidity index is defined as the number of milligrams of KOH required to neutralize 1g of the sample, so data were expressed in mg KOH.g⁻¹.

2.4.2. Determination of Peroxide Index Content

To determine the peroxide index, the analysis was performed according to the method of the American Oil Chemists' Society (1990). From 2.0 to 4.0 grams of sample (oil extracted from tomato seed) were weighed in a 250 mL Erlenmeyer sample. Then, 10 mL of chloroform, 5 mL of glacial acetic acid, and 1 mL of saturated potassium iodide solution were added to each Erlenmeyer. The erlenmeyers were capped and shaken for exactly one minute and then left in the light shelter for 5 minutes. Finally, 40 mL of distilled water and 1 mL of starch solution (indicator) were added to each Erlenmeyer. The mixture was then titrated with sodium thiosulfate solution at a concentration of 0.01 mol/L.

The following equation was used to calculate the peroxide index:

$$IP (\%) = \frac{N \times V \times 100}{m}$$

- PI (%): peroxide index
- N: concentration of sodium thiosulfate solution
- V: volume of titrant solution spent on titration (mL)

- m: Sample mass (g)

2.5. Determination of Bioactive Compounds in Tomato Oil

2.5.2. Phytosterol Levels

The contents of brassicasterol, campesterol, stigmasterol, β -sitosterol and stigmastanol in tomato seeds from industrial processing were determined according to Neves et al. (2018). The lipids, which were extracted by Bligh and Dyer (1959). The top layer was dried at 40°C in a rotary evaporator and redissolved in isopropanol. Finally, 1 μ L of the extract was injected into the GC-FID in split mode at a separation ratio of 1:50. Phytosterols were separated into an HP-5 capillary column. The compounds were identified by comparing the retention time with the standard under the same chromatographic conditions. Quantification was performed by internal standardization using a six-point calibration curve ranging from 5 to 100 μ g/mL. The method was validated according to ANVISA's Validation Guide (ANVISA, 2017). The results were expressed in mg.g^{-1} sample and mg.g^{-1} of tomato oil.

2.5.3. Tocopherols Levels

The tocopherols were analyzed in a high-performance liquid chromatography (HPLC) system (Knauer, Smartline system 1000, Berlin, Germany) coupled to a fluorescence detector (FP-2020, Jasco, Easton, MD, USA), following a previously described analytical procedure (AÑIBARRO-ORTEGA et al., 2020). The sample (500 mg) was fortified with BHT solution (10 mg/mL) and tocol (internal standard, 50 μ g/mL) and homogenized with 4 mL of methanol by stirring for 1 min and then with 4 mL of hexane. Then, 2 mL of saturated NaCl solution was added, the mixture was homogenized and centrifuged at 4000 $\times$ g for 5 min, and the top layer was collected. The extraction was repeated twice with hexane. The extracts obtained were dried under nitrogen current, redissolved in 2 mL of n-hexane, dehydrated and filtered through a 0.22 μ m disposable syringe filter. Chromatographic separation was performed in normal phase in a Polyamide II column (particle size of 5 μ m, 250 $\times$ 4.6 mm; YMC, Kyoto, Japan). The elution was performed with a mixture of n-hexane and ethyl acetate (70:30, v/v). The detected compounds were identified by chromatographic comparisons with authentic standards (isoforms α , β , γ and δ) and quantified using the internal standard method. The data were

recorded and processed using the Clarity 2.4 software and the results were presented in mg.g^{-1} sample and mg.g^{-1} of tomato seed oil.

2.5. Statistical analysis

The values of acceptance and purchase intention were submitted to univariate analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test, adopting significance levels of 5% probability. The data were calculated using the Statistica software, version 10.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Determination of Total Phenolic Compounds

Phenolic compounds play important roles in seed protection against biotic and abiotic stresses, such as inappropriate environmental conditions for the presence of pests, diseases, UV radiation, and extreme water and temperature conditions, and in the process of development and germination (CORSO et al., 2020). The levels of phenolic compounds of the samples studied here were determined by the Folin Ciocalteu method and are shown in Table 1. The Crop II sample showed superior results ($77.11 \pm 0.39 \text{ mgEAG.g}^{-1}$) to crop I ($65.91 \pm 1.34 \text{ mgEAG.g}^{-1}$), and there was a significant difference between them. These values are close to those found by Valdez-Morales et al. (VALDEZ-MORALES et al., 2014) when evaluating saladette tomato seeds, they found a content of $73.8 \pm 9.8 \text{ mg EAG.g}^{-1}$. Chandra and Ramalingam (2011) evaluated the total phenolic content in seven different tomato varieties and their by-products and observed that the seeds of all varieties presented higher values than the pulp, indicating that this fraction is an important reservoir of these phytochemicals, with values similar to those found in this work. In a study in the literature, tomato seeds also appear to have higher TPC levels than concentrated commercial ($2.10 \pm 0.17 \text{ mg EAG.100 g}^{-1}$) and homemade ($1.12 \pm 0.53 \text{ mg EAG.100 g}^{-1}$) tomato pastes, as previously reported by Katirci et al. (2020). On the other hand, tomato seeds have a lower concentration of TPC than the skin, which can have up to twice the content of the seeds (CHANDRA; RAMALINGAM, 2011; TOOR; SAVAGE, 2005). The tomato seed samples of the present study showed higher TPC values than those reported for seeds of: purple grape ($15.79 \pm 0.48 \text{ mgEAG.g}^{-1}$), pinot noir grape ($16.51 \pm 0.98 \text{ mgEAG.g}^{-1}$), lychee ($17.9 \pm 0.19 \text{ mg GAE/g}$) and orange (21.8 ± 0.6

mgEAG.g⁻¹) (BABBAR et al., 2011; ESPINOSA-PARDO et al., 2017; FARHADI et al., 2016). In view of these benefits, tomato seed fractions can be used as an ingredient to add value to other food products, and can play an important role in improving the intake of antioxidants in the human diet (TOOR; SAVAGE, 2005).

Table 1 . Characterization of tomato seeds and oils from industrial tomato processing.

	Crop I	Crop II
Antioxidant Capacity		
DPPH (μmol ET.g ⁻¹)	85.12±1.03 ^b	101.84±5.45 ^a
ORAC (μmol ET.g ⁻¹)	124.41±10.44 ^a	141.25±8.59 ^a
TPC (mgEAG.g ⁻¹)	65.91±1.34 ^b	77.11±0.39 ^a
TFC (mg EC.g ⁻¹)	31.25±1.33 ^b	34.14±0.78 ^a
Oil characterization		
Acidity Index (mg KOH.g ⁻¹)	1.31±0.24 ^a	1.47±0.09 ^a
Peroxide Index (meq.Kg ⁻¹)	3.31± 0.23 ^a	3.55±0.19 ^a

Results are presented as mean (3 replications of process) ± standard deviation. Means followed by different letters in the same experiment column significantly differ according to the T test (p<0.05)

3.2.Determination of Total Flavonoids

Flavonoids are a group of phenolic compounds present in foods and that have antioxidant activity. The results in Table I show that the TFC in the methanolic extracts of tomato seeds ranged from 31.25± 1.33 mg EC.g⁻¹ to 34.14± 0.78 mg EC.g⁻¹. The extract of Crop II showed the highest TFC value, significantly different from Crop II.

These values were similar to those found by Añibarro-Ortega et al. (2020), which analyzed total flavonoids in tomato by-products and obtained values between 18.1 ± 0.1 mg EC.g⁻¹ and 30.9 ± 0.4 mg EC.g⁻¹. Therefore, the results obtained contribute to studies that seeds obtained from tomato by-products have a high total flavonoid content in their composition. Konagaya et al (2020) the analysis of the physicochemical and nutritional properties of the postharvest of tomato salad and the total flavonoid values ranged from 32.99 to 59.40 mg EC.g⁻¹ for the tomato *Fresh*. From these data, we can infer that the quantification of total flavonoids in the samples obtained in the study is relatively similar, being included in the range obtained for the quantification of total flavonoids of tomatoes *Fresh*.

3.3. Antioxidant Capacity of Tomato Seeds

Antioxidant capacity represents the ability to inhibit the oxidation process. It is a very desirable property of food since oxidation plays a crucial role in the pathogenesis of various diseases and aging. Tomatoes are recognized as a food with high antioxidant properties due to the presence of several natural antioxidants with complementary mechanisms of action such as carotenoids, phenolic compounds, and ascorbic acid (LU et al., 2019; SANGEETHA et al., 2023). In this study, two methods were used to evaluate the antioxidant capacity of the extracts: DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil radical inhibition assay) and Oxygen radical absorbance capacity (ORAC). The DPPH test evaluates antioxidant capacity by sequestering the free radical 2,2-diphenyl-1-picrilidrazil, which is purple in color and absorbs UV. Through the action of antioxidants, the radical is reduced and diphenyl-picrylhydrazine is formed, which has a yellowish color, losing its absorption capacity, which can be measured due to the decrease in absorbance; It is a quick, simple and inexpensive way to assess the antioxidant activity of samples, testing their ability to act as free radical scavengers or hydrogen donors (BORGES et al., 2011). Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) is a method for measuring the antioxidant capacity of plant samples that is based on the fluorescence property of proteins B-phycoerythrin (B-PE) and R-phycoerythrin (R-PE). In the test, the peroxy radical reacts with the fluorescent indicator and generates a non-fluorescent product, and from this change it is possible to evaluate the performance of the antioxidant activity, the The ORAC test has the advantage of using a biologically relevant source of free radicals (peroxy radical), which is the most prevalent free radical in human biology (DAVALOS; GÓMEZ-CORFOVÉS; BARTOTLOMÉ, 2004; PRIOR, 2015).

The values obtained for the DPPH assay, (2,2-diphenyl-1-picrilidrazil) – free radical scavenging, are presented in Table I, and are between 85.12 ± 1.03 and $101.84 \pm 5.45 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$, which showed significant differences, and the second crop presented greater activity. This can be explained by the differentiation of climate, soil, cultivation techniques, and other factors that may have changed between crops. These results are higher than those obtained by Szabo et al. (2019), which obtained a mean of $48.9 \pm 4.15 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$ for tomato by-products. However, the values are close to those obtained by Borghini, R. G. et al. (2006) who compared the properties of conventional tomatoes in relation to by-products, with DPPH values between $36.47 \pm 2.71 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$ for tomatoes and $85.43 \pm 3.98 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$ for by-products. The above finding highlights

the importance of reuse these samples, since they are more nutritionally rich than tomatoes *Fresh*, regarding antioxidant capacity. According to Lim et al. (2019) mango seeds have considerable polyphenol content (TPC: 101.68 mg GAE.g⁻¹), and when compared with the DPPH value obtained in the study, they were close to those of tomato seed from crop I, with 85.45 $\mu\text{mol ET.g}^{-1}$.

The Oxygen Radical Absorption Capacity test was performed on tomato seed extract, and the results of crop I ($124.41 \pm 10.44 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$) and crop II ($141.25 \pm 8.59 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$) are shown in table 1 and were statistically similar to each other. According to test T, the values found in this study are in the same range as those found by Zapata et al. (2014). However, when compared to the values found by Durante et al. (2017) for the ORAC antioxidant capacity of tomato seeds ($9.8 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$), the values found in this study are lower, this difference can be attributed to the sample preparation, since the study analyzed the oleoresin extracted from tomato seeds from tomato residues and also the same study observed a higher antioxidant capacity for grape seeds (ORAC: $178.2 \mu\text{mol ET.g}^{-1}$). The bagasse of bacaba-açu, a native Brazilian species, was studied and its antioxidant capacity by the ORAC method was $164.8 \mu\text{mol TE.g}^{-1}$ slightly higher than tomato seeds from industrial processing, since this native fruit has a differentiated phenolic profile (BARROS; GRIMALDI; CABRAL, 2017).

As observed, the seed sample from Crop II showed higher antioxidant capacities compared to all methodologies used when compared to Crop I, this higher activity may be related to the higher levels of TPC and TFC, which contribute positively to the antioxidant capacity of food in general (REGUENGO et al., 2022; SZABO et al., 2019). The correlation between bioactive compounds and antioxidant properties is the subject of several studies carried out on fruits and vegetables; However, antioxidant activity does not always correlate with the amount of phenols. Previous studies suggest that antioxidant capacity cannot be attributed to a specific phenolic compound or class of phenolics, but rather to interactions between all hydrophilic antioxidants and other constituents of tomato residue extracts.

3.4.Characterization and Bioactive Compounds of Tomato Seeds and Oil

Lipid extraction from tomato seeds was performed cold using the Bligh & Dyer methodology, the extraction yield obtained were $25.29 \pm 1.43\%$ and $28.43 \pm 0.99\%$, the analyses were performed in triplicate and the means followed by the standard deviation,

the values showed statistical differences between them. The Bligh & Dyer technique was chosen because it is a versatile and effective technique, it uses a mixture of water, methanol and chloroform that has the ability to extract both neutral lipids and polar lipids efficiently, which preserves bioactive compounds. However, in the literature we find several techniques being applied. The extraction by cold press has the maximum oil yield of 12.80% (OZYURT; ÇAKALOĞLU; OTLES, 2021) 2021) and on the other hand the extraction with hexane solvent with high temperatures of 70-80°C produced 35% of oil yield with a different fatty acid profile and having the disadvantage of higher solvent consumption (CHENG; PATEL; CHANG, 2016; FAHIMDANESH, 2013). The extraction assisted by ohmic heating obtained the oil yield (29.27%) with a maximum temperature of 50°C for 5 minutes, being an innovative technology for oil extraction (KARUNANITHI, 2019); Supercritical fluid extraction (SFE) is known for its enormous advantages in selective, fast, efficient and clean techniques, with this technique the oil presented a high oil yield of 96.34% with abundant phytosterols such as sitosterol, cycloartenol and stigmasterol in the extracts, but this technique requires a high capital cost (SEAL; KRANNER; PRITCHARD, 2008).

The acidity index and peroxide index were performed to verify if they are in compliance with the legislations and according to the literature. In addition, the profile of tocopherols and phytosterols in the seeds from tomato processing were identified and quantified.

3.4.1. Characteristics of Tomato Seed Oil - Acid Index and Peroxide Index

According to Sangeetha et al. (2023) the peroxide index and the acidity index are crucial parameters in the quality of the oil, and the acidity index is related to the measurement of the amount of free fatty acids in oils and fats. The lower level of the acidity value indicates a higher level of freshness; and the peroxide index evaluates the oxidative deterioration of oils through the amount of hydroperoxides, which are intermediate products in the oxidation of oils. Tomato oils extracted from seeds showed acidity indices ranging from 1.31 ± 0.24 to 1.47 ± 0.09 mg KOH.g⁻¹ in the analyzed crops, being statistically similar to each other. For the peroxide index the results obtained were 3.31 ± 0.23 and 3.55 ± 0.19 meq.kg⁻¹ for crop I and Crop II analyzed in this study, the data are shown in Table 1. The acidity content depends on several factors, such as the state of conservation of the seeds from which it was extracted, extraction, presence of hydrolytic

enzymes, and an oil may have a higher or lower content of free fatty acids (SANGEETHA et al., 2023). The data found for the oil studied are lower than 2.00 mg KOH.g⁻¹, which are in accordance with the to Normative Instruction 1/2012 (MAP, 2012). This oil extracted from the tomato seed has the same peroxide content as a virgin olive oil, which demonstrates its quality. Normative Instruction IN n°87 (ANVISA, 2021) sets maximum limits for acidity and peroxide content in vegetable oils and fats. For cold-pressed and unrefined oils, the maximum permissible value for acidity is 4,0 mg KOH.g⁻¹ of oil and for peroxide index is 10 meq.kg⁻¹. The values obtained in the study are below the recommended values, indicating a high quality of the oil with regard to the tomato seed oil obtained.

Sangeetha et al. (2023) evaluated the tomato seed oil and found Acid index between 1 and 2 mg KOH.g⁻¹ oil, values similar to those found in this study. However, the authors found that the values for the peroxide index were 2.5–2.6 meq.kg⁻¹, being lower than those obtained in this study.

3.4.2. Phytosterols Profile

The validation parameters of the gas chromatography-coupled flame detector (CG-FID) analysis method showed results of 2 ug.mL⁻¹ for the detection limit and 5 ug.mL⁻¹ to the limit of quantification. The analytical curves were linear for all compounds between 5 and 100 ug.mL⁻¹, with fitting of appropriate models, meaningful models, and random waste distribution. The matrix effect was not significant with values lower than 15%, between 6.97 and 13.15%, so the quantification and validation was in a solvent curve. Regarding the performance of the method, the recovery levels ranged from 88.18 to 108.15% for the three concentration levels. Regarding intraday (10) and interday (9) precision, the values ranged from 0.16 to 5.26 RSD% (Table 2). The parameters are in accordance with the limits established by ANVISA (2017) demonstrating that the method presented satisfactory analytical requirements to perform quantitative analysis of the samples. Among five phytosterols investigated, three were found, campesterol, stigmasterol and β -sitosterol, while brassicasterol and stigmasterol were not detected in the conditions studied. β -sitosterol had the highest levels, ranging from 2.92 to 2.80 mg.g⁻¹ of oil, followed by stigmasterol ranging from 0.57 to 0.63 mg.g⁻¹ of oil and campesterol with concentrations of 0.13 mg.g⁻¹ of oil, with the sum of phytosterols between 3.52 and 3.69 mg.g⁻¹ of oil. The values obtained for Campesterol and Stigmasterol did not show

significant differences between the crops studied, only β -Sitosterol had statistically different values from each other.

The most abundant β -sitosterol in tomato seed oil, which has a great impact on a healthy diet as it is dominant in preventing oxidative stress, modulating the enzymes responsible for antioxidants and producing cholesterol-lowering characteristics (BOT, 2019), and sterols are one of the phytochemicals present in tomato seed oil with antimicrobial potential against various microorganisms, such as *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* (SZABO et al., 2019). Stigmasterol and β -sitosterol were pointed out as major phytosterols for tomato seed oil by Sangeetha et al. (2023), with a sum of 4.6 to 4.7 mg.g⁻¹ of oil, the value was higher than that obtained in this study for the sum of phytosterols between 3.52 and 3.69 mg.g⁻¹ of oil, the difference of practically one gram of the active ingredient may be the phytosterols investigated, which in this study were only five. The phytosterol content in vegetable oils is higher than in other types of foods. Xue et al. (2023) pointed out that vegetable oils and cereals are the best natural sources of dietary phytosterols, β -sitosterol as the main phytosterol in vegetable oils, and the highest amount of β -sitosterol in the oils studied were in rice bran oil (4.93 mg.g⁻¹ of oil), followed by perilla seed oil (3.18 mg.g⁻¹ oil), corn oil (2.66 mg.g⁻¹ and linseed oil (2.37 mg.g⁻¹ of oil). The β -sitosterol content found in this study in tomato oil (between 2.92 and 2.80 mg.g⁻¹ was higher than the value of corn and linseed oil, being below only rice and perrilla oil. As one of the most common phytosterols in vegetable oils, campesterol is known to have cholesterol-lowering effects due to its structural similarity to cholesterol, corn oil and rice bran oil had the highest levels of campesterol with over 1.70 mg.g⁻¹ of oil, the campesterol content of tomato oil (0.13 mg.g⁻¹ of oil) was close to the perril content (0.18 mg.g⁻¹ of oil). For the stigmasterol content, the values found in tomato oil were higher than the levels of the oils studied by Xue et al. (2023), rice bran oil, corn oil, flaxseed oil, Perilla seed oil, safflower oil, grapeseed oil, pumpkin seed oil, peony seed oil, walnut oil, hawthorn seed oil, evening primrose oil, almond oil, and camellia oil. Therefore, tomato oil has a phytosterol profile similar to commercialized oil.

The phytosterol content in vegetable oils is higher than in other types of foods. Xue et al. (2023) pointed out that vegetable oils and cereals are the best natural sources of dietary phytosterols, β -sitosterol as the main phytosterol in vegetable oils, and the highest amount of β -sitosterol in the oils studied were in rice bran oil (4.93 mg.g⁻¹ of oil), followed by perilla seed oil (3.18 mg.g⁻¹ oil), corn oil (2.66 mg.g⁻¹ and linseed oil (2.37

mg.g⁻¹ of oil). The β -sitosterol content found in this study in tomato oil (between 2.92 and 2.80 mg.g⁻¹) was higher than the value of corn and linseed oil, being below only rice and perilla oil. As one of the most common phytosterols in vegetable oils, campesterol is known to have cholesterol-lowering effects due to its structural similarity to cholesterol, corn oil and rice bran oil had the highest levels of campesterol with over 1.70 mg.g⁻¹ of oil, the campesterol content of tomato oil (0.13 mg.g⁻¹ of oil) was close to the perilla content (0.18 mg.g⁻¹ of oil). For the stigmasterol content, the values found in tomato oil were higher than the levels of the oils studied by Xue et al. (2023), rice bran oil, corn oil, flaxseed oil, Perilla seed oil, safflower oil, grapeseed oil, pumpkin seed oil, peony seed oil, walnut oil, hawthorn seed oil, evening primrose oil, almond oil, and camellia oil. Therefore, tomato oil has a phytosterol profile similar to commercialized oils and can be used as unconventional oil and ingredients for the food industry.

Table 2. Performance characteristics of the method used in the analysis of phytosterols by GC-FID. obtained using a sample of tomato seed oil representative of the samples.

Compound	LOD (ug.mL ⁻¹)	LOQ (ug.mL ⁻¹)	Linearity R ² (range of 5 to 100 ug.mL ⁻¹)		Recovery (%. n=3)			Precision (RSD % intra-day. n=10)			Precision (RSD % inter-day. n= 9)			Matrix Effectt(%)
			Solvent curve*	Matrix- matched curve	5 ug.mL ⁻¹	50 ug.mL ⁻¹	100 ug.mL ⁻¹	5 ug.mL ⁻¹	50 ug.mL ⁻¹	100 ug.mL ⁻¹	5 ug.mL ⁻¹	50 ug.mL ⁻¹	100 ug.mL ⁻¹	
Brassicasterol	2	5	0.9838	0.9901	101.45	94.33	97.70	3.33	4.01	2.98	1.99	1.01	2.23	-4.89
Campesterol	2	5	0.9939	0.9968	108.15	85.24	90.93	4.08	2.60	4.00	1.51	0.42	1.78	-6.97
Estigmasterol	2	5	0.9921	0.9947	95.14	98.95	94.44	5.26	1.32	4.45	1.59	0.67	2.98	-7.59
B-Sitosterol	2	5	0.9923	0.9944	88.18	93.91	88.05	3.47	1.67	4.41	1.43	0.16	1.46	-13.15
Estigmastanol	2	5	0.9838	0.9899	99.98	97.54	96.76	1.87	2.56	3.91	4.55	0.72	2.73	-5.48

Table 3. Phytosterol and Tocopherol contents in tomato seed oil.

Phytosterols	Crop I		Crop II	
	mg/g of oil	mg/g of sample	mg/g of oil	mg/g of sample
Brassicasterol	nd	nd	nd	nd
Campesterol	0.136±0.01 ^a	0.035±0.00	0.134±0.02 ^a	0.034±0.00 ^a
Estigmasterol	0.628±0.05 ^a	0.159±0.01	0.579±0.06 ^b	0.147±0.01
β-Sitosterol	2.926 ±0.45 ^a	0.740±0.05	2.806 ± 0.2 ^a	0.710 ±0.06 ^b
Estigmastanol	nd	nd	nd	nd
Σ Phytosterols	3,690±0.85	0,934±0.06	3,519±0,77	0,891 ±0.05
Tocoferóis				
α-Tocopherol l	0.071±0.0012 ^a	0.018±0.0004	0.067±0.001 ^b	0.017±0.0006
β-Tocopherol	nd	nd	nd	nd
γ-Tocopherol	1.116±0.12 ^a	0.282±0.005	1.293±0.020 ^b	0.327±0.006
δ-Tocopherol	0.131±0.01 ^a	0.0033±0.0002	nd	nd
Σ Tocopherols	1.317±0.1 ^a	0.303±0.004	1.360±0.09 ^a	0.346±0.005

Results are presented as mean (3 replications of process) ± standard deviation. Means followed by different letters in the same experiment column significantly differ according to the Tukey test (p<0.05). nd = not detectable.

3.4.3. Tocopherols Profile

Among the four tocopherols investigated, 3 were present in tomato seeds and oils, and δ -Tocopherol was found only in the first crop studied. The tocopherol with the highest concentration was γ -Tocopherol with values of $1,116 \pm 0.12 \text{ mg.g}^{-1}$ of oil (crop I) and $1,293 \pm 0.020 \text{ mg.g}^{-1}$ of oil (crop II) and with $0.327 \pm 0.006 \text{ mg.g}^{-1}$ of sample (crop I) and $0.282 \pm 0.005 \text{ mg.g}^{-1}$ of sample (crop II). On α -Tocopherol was the active ingredient with the lowest concentration found, about 0.070 mg.g^{-1} in the oil and 0.018 mg.g^{-1} in the sample. The sum of the tocopherols of the different crops did not show significant differences between them, with the value of $1.317 \pm 0.1 \text{ mg.g}^{-1}$ of the oil (crop I) and $1,360 \pm 0.09 \text{ mg.g}^{-1}$ of the oil (crop II).

Tocopherols influence the antioxidant properties of the oil, particularly the γ -tocopherol which prevents oxidation among other tocopherols, such as the isoforms α -tocopherols and δ -tocopherols (AZZI, 2018). The values are close to the study Sangeetha et al., (2023), for tomato seeds which for the sum of tocopherols obtained values about 1.2 mg.g^{-1} , also found in its composition the δ - tocopherols, γ - tocopherols, α - tocopherols with similar values in the study. The data found are in agreement with the data reported by Kalogeropoulos et al. (2012), which investigated 5 tocopherols (α -tocopherol, $\beta + \gamma$ -Tocopherol, δ -Tocopherol, Δ^5 -Avenasterol) in tomato seeds, all were detected, and the highest content was α -Tocopherol, but the sum of these active ingredients found in the seeds was 0.240 mg.g^{-1} of the sample, a value similar to that found in this study, which obtained values above 0.300 mg.g^{-1} sample for both crops.

Durante et al. (2017) investigated the presence of α -tocopherol, β -tocopherol, δ -tocopherol, γ -tocopherol, α -tocotrienol, β -tocotrienol, δ -tocotrienol and γ -tocotrienol in seeds and the composition of tocopherols in oleoresins obtained from tomato seeds by CO_2 supercritical, but only α -tocopherol and γ -tocopherol were detected and quantified, but the sum of tocopherols found in tomato oleoresin (0.159 mg.g^{-1}) was lower than that obtained in this study, about 1.3 mg.g^{-1} of tomato seed oil. This difference can be justified, since Durante et al. (2017) evaluated tomato seeds, and not seeds from industrial processing, where studies prove the concentration of active ingredients during processing, being higher than in pulp or even in tomatoes in natura (HERRERA; CAMARA, 2010; POOJARY; PASSAMONTI, 2015).

4. CONCLUSION

The tomato seeds, from the by-products, have in their composition contents of flavonoids, phenolics and showed antioxidant capacity by ORAC and DPPH. The acidity and peroxide levels of the oils extracted from these seeds are within the legislation for vegetable oils and are comparable to conventional oils. Therefore, seeds from tomato processing have the potential to be used as a source for the extraction of edible oils. Indicating that the seeds of the tomato by-product represent an important source of bioactive compounds and have a great potential as a resource for high value-added components for food industries, such as functional and natural ingredients.

5. REFERENCES

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 4th ed. Champaign, USA, AOCS, [AOCS Official method Cd 8-53], 1990.

AÑIBARRO-ORTEGA, M. et al. Valorisation of table tomato crop by-products: Phenolic profiles and in vitro antioxidant and antimicrobial activities. **Food and Bioproducts Processing**, v. 124, p. 307–319, 1 nov. 2020.

ANVISA. **RESOLUÇÃO RDC No-166, DE 24 DE JULHO DE 2017 - Dispõe sobre a validação de métodos analíticos e dá outras providências**. Brasil: [s.n.].

Disponível em:

<<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&data=25/07/2017&pagina=87>>. Acesso em: 17 set. 2023.

ANVISA, M. DA S.-M. A. N. DE V. S.-A. **Instrução Normativa nº87/2021** -. [s.l: s.n.].

AZZI, A. Many tocopherols, one vitamin E. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 61, p. 92–103, 2018.

BABBAR, N. et al. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 391–396, jan. 2011.

BARROS, H. D. F. Q.; GRIMALDI, R.; CABRAL, F. A. Lycopene-rich avocado oil obtained by simultaneous supercritical extraction from avocado pulp and tomato pomace. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 120, p. 1–6, 2017.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A RAPID METHOD OF TOTAL LIPID EXTRACTION AND PURIFICATION. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 92, n. August, p. 57–65, 1959.

BORGES, G. D. S. C. et al. Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology. **Food Research International**, v. 44, n. 3, p. 708–715, abr. 2011.

BOT, A. Phytosterols. **Encyclopedia of Food Chemistry**, v. 1, p. 225–228, 2019.

CHANDRA, H. M.; RAMALINGAM, S. Antioxidant Potentials of Skin, Pulp, and Seed Fractions of Commercially Important Tomato Cultivars. **Food Sci. Biotechnol**, v.

20, n. 1, p. 15–21, 2011.

CHENG, M. H.; PATEL, K. M.; CHANG, D. W. An Introduction to Principles and Practice of Lymphedema Surgery. **Principles and Practice of Lymphedema Surgery**, p. 1–2, 1 jan. 2016.

CORSO, M. et al. Specialized phenolic compounds in seeds: structures, functions, and regulations. **Plant Science**, v. 296, p. 110471, jul. 2020.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORFOVÉS, C.; BARTOTLOMÉ, B. Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC – Fluorescein) Assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 48–54, 2004.

DURANTE, M. et al. Seeds of pomegranate, tomato and grapes: An underestimated source of natural bioactive molecules and antioxidants from agri-food by-products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, n. July, p. 65–72, 2017.

ESPINOSA-PARDO, F. A. et al. Extraction of phenolic compounds from dry and fermented orange pomace using supercritical CO₂ and cosolvents. **Food and Bioproducts Processing**, v. 101, p. 1–10, jan. 2017.

ESTEBAN, J.; LADERO, M. Food waste as a source of value-added chemicals and materials: a biorefinery perspective. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 5, p. 1095–1108, 2018.

FAHIMDANESH, M. Evaluation of Physicochemical Properties of Iranian Tomato Seed Oil. **Journal of Nutrition & Food Sciences**, v. 03, n. 03, 2013.

FARHADI, K. et al. Determination of phenolic compounds content and antioxidant activity in skin, pulp, seed, cane and leaf of five native grape cultivars in West Azerbaijan province, Iran. **Food Chemistry**, v. 199, p. 847–855, maio 2016.

GORDON, M. H. Factors affecting lipid oxidation. In: **Understanding and Measuring the Shelf-Life of Food**. [s.l.] Elsevier, 2004. p. 128–141.

GUMERATO, H. .; SCHMIDT, F. L.; VITALI, A. A. **Equipamento Separador de Sementes e Peles de Frutos em geral e Processo de Separação de Sementes e Peles de Frutos em Geral**Vilage Marcas &Patentes S/C Ltda P.I 0400613-5 ABrazilVilage Marcas &Patentes S/C Ltda P.I , , 13 set. 2005.

HERRERA, P. G.; CÁMARA, M. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. **Innovative Food Science and Emerging**

Technologies, v. 11, n. 4, p. 707–711, 2010.

KALOGEROPOULOS, N. et al. LWT - Food Science and Technology Bioactive phytochemicals in industrial tomatoes and their processing byproducts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 2, p. 213–216, 2012.

KARUNANITHI, S. Optimization of Process Parameters of Ohmic Heating for Improving Yield and Quality of Tomato Seed Oil. **International Journal of Pure & Applied Bioscience**, v. 7, n. 3, p. 104–114, 15 jun. 2019.

KATIRCI, N. et al. Differences in antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of commercial and homemade tomato pastes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 4, p. 249–254, maio 2020.

KONAGAYA, K. et al. Monitoring mature tomato (red stage) quality during storage using ultraviolet-induced visible fluorescence image. **Postharvest Biology and Technology**, v. 160, 1 fev. 2020.

LIM, K. J. A. et al. Extraction of bioactive compounds from mango (*Mangifera indica* L. var. Carabao) seed kernel with ethanol–water binary solvent systems. **Journal of Food Science and Technology**, 2019.

LU, Z. et al. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, n. February, p. 172–187, 2019.

MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 1, DE 30 DE JANEIRO DE 2012. Brasil: [s.n.]. Disponível em:

<<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=629707739>>. Acesso em: 17 set. 2023.

MENSOR, L. L. et al. Screening of Brazilian Plant Extracts for Antioxidant Activity by the Use of DPPH Free Radical Method. **Phytotherapy Research**, v. 130, p. 127–130, 2001.

NEVES, D. A. et al. Chemical and nutritional characterization of raw and hydrothermal processed jambu (*Acemella oleracea* (L.) R.K. Jansen). **Food Research International**, 2018.

OZYURT, V. H.; ÇAKALOĞLU, B.; OTLES, S. Optimization of cold press and enzymatic-assisted aqueous oil extraction from tomato seed by response surface methodology: Effect on quality characteristics. **Journal of Food Processing and**

Preservation, v. 45, n. 5, 1 maio 2021.

POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Extraction of lycopene from tomato processing waste : Kinetics and modelling. **FOOD CHEMISTRY**, v. 173, p. 943–950, 2015.

PRIOR, R. L. **Oxygen radical absorbance capacity (ORAC): New horizons in relating dietary antioxidants/bioactives and health benefits***Journal of Functional Foods*Elsevier Ltd, , 1 out. 2015.

REGUENGO, L. M. et al. Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 152, 1 fev. 2022.

SAINI, R. K.; MOON, S. H.; KEUM, Y. An updated review on use of tomato pomace and crustacean processing waste to recover commercially vital carotenoids. **Food Research International journal**, v. 108, n. March, p. 516–529, 2018.

SANGEETHA, K. et al. Extraction, characterization, and application of tomato seed oil in the food industry: An updated review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 11, 1 mar. 2023.

SEAL, C. E.; KRANNER, I.; PRITCHARD, H. W. Quantification of seed oil from species with varying oil content using supercritical fluid extraction. **Phytochemical Analysis**, v. 19, n. 6, p. 493–498, nov. 2008.

SHAO, D. et al. Separation Methods and Chemical and Nutritional Characteristics of Tomato Pomace. **Northwest A& F University**, v. 56, n. 1, p. 260–268, 2013.

SHAO, D. et al. Thermal and storage characteristics of tomato seed oil. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 191–197, 2015.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965.

SZABO, K. et al. Antimicrobial and antioxidant properties of tomato processing byproducts and their correlation with the biochemical composition. **LWT**, v. 116, 1 dez. 2019.

TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. **Food Research International**, v. 38, n. 5, p. 487–494, jun. 2005.

VALDEZ-MORALES, M. et al. Phenolic Content and Antioxidant and Antimutagenic Activities in Tomato Peel, Seeds, and Byproducts. **Journal of Agricultural and Food**

Chemistry, v. 62, n. 23, p. 5281–5289, jun. 2014.

XUE, L. et al. Comparative advantages of chemical compositions of specific edible vegetable oils. **Oil Crop Science**, v. 8, n. 1, p. 1–6, 1 mar. 2023.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, WU. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–550, 1999.

ZUORRO, A.; FIDALEO, M.; LAVECCHIA, R. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 49, n. 6–7, p. 567–573, 2011.

CAPÍTULO III

MINERAIS ESSENCIAIS EM SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* L.)

Letícia Cardoso¹; Laura Gardenal.¹; Joyce Grazielle Siqueira Silva¹, Juliana Azevedo Lima Pallone.¹; Helena Teixeira Godoy¹

¹ Departamento de Ciência de Alimentos – FEA, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

* Autor para correspondência: Rua Monteiro Lobato, 80, Lab Análise, FEA-DCA, CEP: 13083-862, Cidade Universitária, Campinas-SP.

E-mail: leticiacardosodasilva@hotmail.com

Manuscrito publicado como capítulo do livro Tecnologia de Alimentos – Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos – Volume 2- 1ª edição – 2020.

Reimpresso com a autorização Letícia Cardoso; Laura Gardenal; Joyce Grazielle Siqueira Silva, Juliana Azevedo Lima Pallone; Helena Teixeira Godoy. DOI: 10.37885/200700635. Direitos Autorais Editora Científica

29

“ Minerais essenciais em subprodutos de industriais de Tomate (*Lycopersicum esculatum* L.)

| Leticia **Cardoso**
| UNICAMP

Helena Teixeira **Godoy**
UNICAMP

| Laura **Gardenal**
| UNICAMP

| Joyce Grazielle Siqueira **Silva**
| UNICAMP

| Juliana Azevedo Lima **Pallone**
| UNICAMP

| José **Teixeira Filho**
| UNICAMP

RESUMO

O tomate é um dos vegetais mais consumidos no mundo devido a sua versatilidade. O consumo, *in natura* ou processado, pode colaborar para uma dieta equilibrada, uma vez que contém nutrientes essenciais, como minerais e vitaminas. Os subprodutos (cascas e sementes) podem apresentar teor de nutrientes em maior quantidade que o fruto, podendo ser utilizados como ingredientes em diferentes formulações na indústria de alimentos. Dessa forma, o objetivo neste trabalho foi determinar os teores de minerais em subprodutos de tomate, sementes e cascas. As amostras foram mineralizadas com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, homogeneizadas e os teores de cálcio, zinco, manganês, potássio, sódio, magnésio, ferro e cobre determinados por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS). O elemento de maior concentração foi o Mg em sementes, variando de $6714,50 \pm 449,4$ a $9203,81 \pm 278,03 \mu\text{g.g}^{-1}$, nas cascas o K foi que apresentou os maiores teores, entre $4014,73 \pm 76,8$ e $1199,77 \pm 17,54 \mu\text{g.g}^{-1}$, para o subproduto o K também está em destaque com concentrações de $8974,75 \pm 770,6$ a $18409,91 \pm 744,1 \mu\text{g.g}^{-1}$. Ao analisarmos a ingestão diária recomendada, as amostras forneceriam valores acima do recomendado para Mn e Mg em todas as amostras, e para sementes também para Cu e Fe. Assim, os subprodutos de tomate, tanto cascas como sementes, são fontes de minerais e poderiam ser utilizados como ingredientes na indústria de alimentos a fim de aumentar o teor de minerais nos alimentos produzidos e contribuir com as necessidades recomendadas diárias.

Palavras-chave: Subprodutos Alimentares; Potássio; Magnésio.

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é um dos vegetais mais populares no mundo. Dados atualizados da Food and Agriculture Organization (FAO, 2016) mostraram que a área colhida e a produção global de tomate aumentaram. No ano de 2016, a produção mundial foi de aproximadamente 180 milhões de toneladas, maior produção dos últimos 10 anos (LU et al., 2019). Do processamento de tomate são gerados aproximadamente de 3 a 5% de subprodutos (ZUORRO; FIDALEO; LAVECCHIA, 2011) o que corresponde a cerca de 9,0 milhões de toneladas. Porém, o rendimento de subprodutos pode variar de acordo com diferentes processamentos industriais aplicados, além disso, dados estatísticos sobre a quantidade de subproduto de tomate são difíceis de coletar (SAINI; MOON; KEUM, 2018). O Brasil destaca-se entre os maiores produtores mundiais de tomate; na América Latina é líder de produção de tomates para processamentos industriais, e é considerado o maior consumidor de seus derivados (LU et al., 2019).

Atualmente os subprodutos gerados a partir de tomate são destinados, principalmente, à alimentação animal, porém, as altas demandas da produção, sobretudo nos períodos de maior colheita, geram o acúmulo de resíduos, o que representa um problema econômico e ambiental (POOJARY; PASSAMONTI, 2015a). Esses resíduos contêm compostos nutricionais valiosos, principalmente fibras, proteínas, minerais e compostos antioxidantes (carotenoides, compostos fenólicos e vitamina C) (SAINI; MOON; KEUM, 2018). Estudos comprovam que a concentração de compostos nutricionais no resíduo é maior do que os na própria polpa ou mesmo no tomate in natura, sendo, portanto, uma importante fonte de nutrientes que podem ser utilizados na produção industrial de alimentos (HERRERA; CÁMARA, 2010).

Dentre os nutrientes encontrados nos tomates, estão os minerais, que podem ser classificados como macro minerais (cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio), microminerais (ferro, zinco, cobre, selênio) ou como elementos ultra-traço (boro, silício, vanádio) (NOSRATPOUR; JAFARI, 2018). Todos os minerais existem em fontes alimentares específicas; além disso, cada um desempenha funções vitais para a saúde. As principais relatadas do Ca (cálcio) é a manutenção para ossos e dentes saudáveis; o Mg (magnésio) é necessário para a formação de proteínas e contração muscular; K (potássio) realiza o equilíbrio adequado de fluídos e transmissão nervosa; o Na na manutenção adequada do equilíbrio eletrolítico. Já os microminerais, como o Cu (cobre) fazem parte estrutural de muitas enzimas e do metabolismo de proteínas; o Fe (ferro) é necessário formação de hemoglobina; o Mn (manganês) também faz parte de enzimas e da atividade adequada do sistema nervoso, e o Zn (zinco) além de estar presente nas estruturas de enzimas, e necessário para o metabolismo de proteínas e material genético (JAFARI; GHALENOEI; DEHNAD, 2017). Os minerais devem ser consumidos regularmente em uma dieta equilibrada, cada nutriente apresenta uma

ingestão diária recomendada (IDR), preconizada por agências regulamentares (BRASIL, 2005; OMS/FAO 2003).

Mesmo com a diversidade e disponibilidade de alimentos em muitas partes do mundo, muitas pessoas em países de baixa renda sofrem de deficiências minerais; entre as variedades de métodos para controlar a desnutrição mineral, a fortificação é uma estratégia vantajosa e uma solução a longo prazo (NOSRATPOUR; JAFARI, 2018). A Organização Mundial de Saúde (Joint/FAO/WHO, 2005) define a fortificação de alimentos como enriquecimento ou adição de um ou mais nutrientes aos alimentos, mesmo que estejam naturalmente presentes nesse alimento, com o objetivo de prevenir ou corrigir deficiências nutricionais em uma população. Assim, essa é uma alternativa viável a ser investigada em subprodutos de tomate.

Além dos minerais, o potencial bioativo de subprodutos de frutas e vegetais com possíveis aplicações tem recebido cada vez mais destaque (MUNEKATA et al., 2020). O subproduto de melão foi explorado como fonte de minerais, onde potássio, magnésio e cálcio foram encontrados em maiores quantidades (SILVA et al., 2020). Os teores de minerais encontrados em resíduo de citrus possuem um potencial uso na alimentação humana contribuindo para o aumento de ingestão de cálcio e ferro principalmente (SILVA et al., 2017). Já a aplicação de subprodutos de tomate ainda é pouco explorada, tendo sido realizada na elaboração de muffins, onde foi observado um aumento nos teores de fibras, atividade antioxidante e conteúdo mineral no produto final (MEHTA et al., 2018).

Uma vez que os subprodutos de tomate podem conter compostos de interesse para a alimentação humana, uma estratégia de utilização de subprodutos de tomate deve ser estudada. Já que os resíduos se acumulam em grandes quantidades durante a época de maturação do tomate, e provocam problemas de grande investimento no descarte correto. Além de apresentar uma alternativa de solução para a questão do descarte dos resíduos, o reaproveitamento desses subprodutos poderia significar uma diminuição dos custos de eliminação apropriada desses resíduos e a oportunidade de renda extra para os produtores e empresas, que utilizariam esses produtos como ingredientes para outras formulações alimentícias (ESTEBAN; LADERO, 2018; SAINI; MOON; KEUM, 2018). Diante disso, o objetivo neste trabalho foi avaliar a composição de minerais em subprodutos de tomate, provenientes do processamento industrial e avaliação do potencial mineral desses produtos em aplicações em formulações alimentícias.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras



As amostras de subprodutos de tomate utilizados para o trabalho foram obtidas de duas indústrias brasileiras (1 e 2), uma localizada no Estado de Goiás (1), resultado de dois processamentos (A e B), realizados no mês agosto de 2016, 2017 e 2018, utilizando na sua maioria o tomate de variedade N-901. A segunda indústria (2) localizada no Estado de São Paulo, resultado de três processamentos (A, B e C), realizados no mês de agosto de 2016, 2017 e 2018, onde a variedade H9553 representa o maior volume colhido do tomate. Cada lote de amostra foi homogeneizado, fracionado, congelado e seco em liofilizador (modelo LS3000, Terroni, São Carlos-SP, Brasil). Em seguida as amostras foram moídas e mantidas a -80°C em ultrafreezer (Panasonic, São Paulo, Brasil) até o momento das análises.

Separação de Casca e Semente do Subproduto de Tomate

As amostras fornecidas pelas indústrias foram submetidas ao processo de separação, onde os subprodutos industriais de tomate (R), que é composto por cascas, sementes e pequenas quantidades de polpa, foram fracionados em cascas (C) e sementes (S). Utilizando um sistema separador de sementes e peles de frutos em geral, de acordo com GUMERATO, et. al. (2005) o processo ocorre por decantação das sementes e flotação das cascas. O processo é composto por um reservatório de decantação e flotação (natural ou forçada) interligado à dispositivos de filtragem, possuindo um intensificador e uma bomba capaz de recircular a água propiciando um circuito fechado. As cascas foram separadas através da filtragem e as sementes ficaram no fundo e então foram obtidas.

Mineralização e avaliação de minerais em subprodutos industriais de tomate

Foram avaliados os teores de cálcio (Ca), zinco (Zn), manganês (Mn), potássio (K), sódio (Na), magnésio (Mg), ferro (Fe) e cobre (Cu) no subproduto industrial de tomate (R), e nas frações de cascas (C) e sementes (S), separadamente conforme descrito por Neves et al., (2019). Inicialmente, as amostras foram mineralizadas, assim 0,6 g de cada amostra foi adicionada de 4 mL de ácido nítrico e deixada em repouso durante a noite à temperatura ambiente. Após, aproximadamente 16 horas, os tubos foram colocados em bloco digestor (M242 model – Quimis, Brazil) por 2 horas a 100°C para degradação da matéria orgânica. Após esfriamento, foram adicionados 3 mL de ácido nítrico e 2 mL de peróxido de hidrogênio a 30% e os tubos foram aquecidos a 130 °C durante mais 2 h. Ao final do processo e resfriamento dos tubos a temperatura ambiente, os extratos digeridos foram transferidos para balão volumétrico de 25 mL, o volume completado com água ultrapura e o conteúdo filtrado com papel de filtro isento de cinzas (Nalgon). As amostras foram diluídas conforme necessário para se adequar ao intervalo linear para cada mineral. Lantânio (1%) foi adicio-

nado às amostras para determinação de Ca e Mg, para evitar a formação de complexos interferentes. Todas as análises foram feitas em triplicata.

Um espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS) (modelo AAnalyst 200, Perkin Elmer) equipado com lâmpada de deutério, para correção de radiação de fundo, e lâmpada catódica oca foi utilizado para a determinação de Ca (422,67 nm), Zn 174 (213,86 nm), Mn (279,48 nm), K (766,49 nm), Na (589,00 nm), Mg (285,21 nm), Fe (248,33 nm) e Cu (324,75 nm). Foi usada uma chama ar-acetileno a uma taxa de fluxo de 10 L/h de acetileno e 2,5 L/h de ar. A quantificação foi realizada usando curvas analíticas com padrões externos com seis pontos para cada mineral analisado. E os resultados foram expressos em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de cada mineral.

Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram submetidos a análise de variância ANOVA e teste Tukey a 95% de confiança para verificar similaridades entre safras e indústrias. Foi realizada uma análise exploratória por meio de análise de componentes principais (PCA) utilizando-se a plataforma do MatLab R2019a (MathWorks, USA) com PLS-toolbox versão 8.6 (Eigenvector Research Inc, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Teores de Minerais

Para avaliação dos minerais foram obtidas curvas analíticas que foram lineares para todos os minerais avaliados, apresentando valores de R^2 maiores que 0,99. As curvas variaram de 0,5 a 5 mg / L para Ca, 0,05 a 0,5 mg / L para Zn, 0,05 a 0,6 mg / L para Mn, 0,08 a 1 mg / L para Na, 0,1 a 1,50 mg / L para K, 0,025 a 0,25 mg / L para Mg, de 0,25 a 3 mg / L para Fe e 0,04 a 0,6 mg / L para Cu. Os teores de minerais encontrados nas amostras estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Teores de cálcio, zinco, manganês, potássio, sódio, magnésio, ferro e cobre ($\mu\text{g g}^{-1}$) em sementes (S), cascas (C) e subprodutos (R) industriais de tomate.

Amostras	Ca	Zn	Mn	K	Na	Mg	Fe	Cu
Semente								
S1 A	18,04±0,57	2,63±0,21	100,08±1,73	2163,20±41,85	252,73±8,62 a	6714,50±449,4	214,74±6,99	11,63±0,37
S1 B	19,14±0,12	1,29±0,10	109,67±2,59	2228,10±77,1	254,84±3,75	7491,95±402,6	412,91±21,74	12,39±0,40
S2 A	28,20±0,81	2,33±0,13	109,71±4,02	3949,93±79,9	291,08±10,97	8416,34±245,36	150,38±3,48	12,86±0,14
S2 B	27,34±1,39	1,63±0,05	100,00±3,46	3898,89±133,3	407,36±16,96	8506,94±200,5	143,61±7,48	10,2±0,12
S2 C	28,36±1,03	3,44±0,01	98,93±7,8	4106,06±133,1	292,58±11,40	9203,81±278,03	151,92±6,57	9,74±0,33

Casca								
C1 A	6,31±0,21	19,96±1,13	39,29±1,83	1199,77±17,54	375,65±6,78	3108,70±65,96	84,96±2,41	9,6±0,05
C1 B	12,31±0,43	16,86±0,56	57,81±1,94	4014,73±76,8	192,68±10,09	3903,48±187,93	67,56±0,11	6,73±0,31
C2 A	6,12±0,19	14,55±0,34	35,18±0,85	9134,32±236,68	333,78±13,4	3571,30±70,78	94,39±9,4	3,6±0,05
C2 B	6,15±0,38	13,47±0,67	34,44±2,99	7875,40±633,92	307,98±21,91	3274,47±227,2	76,01±4,81	3,47±0,28
C2 C	5,84±0,01	14,89±0,23	33,06±1,27	6667,41±336,3	310,84±2,37	2909,07±7,74	43,86±1,78	4,49±0,24
Subprodutos								
R1 A	11,99±0,39	3,75±0,20	64,48±2,1	8974,75±770,6	209,81±5,85	5664,7±152,95	86,03±1,14	6,66±0,21
R1 B	11,44±0,49	2,62±0,03	75,01±1,62	7919,09±346,2	205,96±3,95	5909,74±284,63	82,05±0,81	7,63±0,04
R2 A	17,12±0,76	2,86±0,03	55,87±1,42	17529,62±678,4	295,07±14,67	5023,78±163,72	105,97±2,5	5,71±0,09
R2 B	12,91±0,37	1,83±0,03	55,74±0,41	18409,91±744,1	334,38±25,21	5536,91±13,79	98,21±6,13	5,27±0,02
R2 C	14,06±0,22	3,96±0,18	58,75±1,06	17447,99±1324,2	353,46±15,03	4844,46±308,46	100,35±8,42	6,36±0,60

Valores expressos como média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas pela mesma letra na coluna de cada amostra não diferem entre si pelo Teste de Tukey 95% de confiança (p>0,05).

S: Sementes; C: Cascas; R: Subprodutos; 1: indústria 1; 2: Indústria 2; A: Safra 2016; B: Safra 2017; C: Safra 2018.

Com base nos valores médios apresentados na tabela, o elemento de maior concentração foi o Mg para as amostras de sementes, com valores variando de 6714,50±449,4 a 9203,81±278,03 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Nas cascas o K foi que apresentou os maiores teores, com valores entre 4014,73±76,8 e 1199,77±17,54 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Para o subproduto o K também está em destaque com concentrações de 8974,75±770,6 à 18409,91±744,1 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Já os minerais que apresentaram menores quantidades nas amostras, foram o Zn nas sementes (1,29±0,10 à 3,44±0,01 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Já os minerais que apresentaram menores quantidades nas amostras, foram o Zn nas sementes (1,29±0,10 à 3,44±0,01 $\mu\text{g.g}^{-1}$) e no subproduto (1,83±0,03 à 3,96±0,18 $\mu\text{g.g}^{-1}$), já as cascas apresentaram o menor valor de Cu, variando de 9,6±0,05 à 3,66±0,05 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Observa-se na tabela que todas as amostras de sementes possuem quantidades estatisticamente iguais nos valores obtidos de Manganês, as demais análises apresentaram diferenças estatísticas entre as amostras, sendo que a maioria difere entre as indústrias e não entre safras. Essas variações provavelmente se devem ao clima, solo, cultivar e prática agrônômica e industriais distintas.

O perfil das sementes de tomate foi comparado com o perfil das sementes de gergelim e linhaça, as quais apresentaram teores próximos de Cu, aos observados nas sementes de tomate, que foram em média 12 $\mu\text{g.g}^{-1}$, e para semente de gergelim e linhaça os valores são, respectivamente, 15 e 11 $\mu\text{g.g}^{-1}$, de acordo com NEPA, (2011). Já para Ca, Zn, e K os valores encontrados em sementes de gergelim e linhaça são maiores, porém o Mn, Mg e Fe os valores têm concentrações mais elevadas para semente de tomate. No caso do Mg, os valores mais que dobram, a média em sementes de tomate é de 8066,7 $\mu\text{g.g}^{-1}$, já para semente de gergelim e linhaça, os valores são de 3610 e 3470 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (NEPA, 2011). Considerando os valores obtidos, a utilização de subproduto industrial de tomate como fonte de magnésio pode ser uma alternativa para pessoas com pouco acesso a uma variedade de alimentos como leite e produtos lácteos, frutos do mar e nozes, que são as principais

fontes de Mg, para garantir o mineral e a manutenção e o crescimento adequados e para o funcionamento dos nervos e músculos (NOSRATPOUR; JAFARI, 2018).

Os minerais que apresentaram maiores teores nas cascas, comparando com as outras amostras foram o Zn e Na, os valores de Zn encontrados foram de entre $19,96 \pm 1,13$ e $13,47 \pm 0,67 \mu\text{g.g}^{-1}$, que são próximos ao teor encontrado nas cascas de melão $23 \mu\text{g.g}^{-1}$ por Silva et al. (2020). O teor de sódio ($2779 \mu\text{g.g}^{-1}$) e de cálcio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) foram maiores em cascas de melão do que em cascas de tomate, já valores relatados de Mg ($1880 \mu\text{g.g}^{-1}$) e Fe ($37 \mu\text{g.g}^{-1}$) são maiores nas cascas de tomate, com $3321,01 \mu\text{g.g}^{-1}$ para Mg, e $73,37 \mu\text{g.g}^{-1}$ para Fe. O teor de Zn e Mg nas cascas de tomate também recebem destaque quando comparados as cascas de avocado, abacaxi e maracujá, respectivamente os teores de Zn foram (16, 8 e $6 \mu\text{g.g}^{-1}$), já para Mg os valores foram de (469, 1070 e $1062 \mu\text{g.g}^{-1}$), que estão abaixo da faixa encontrada para cascas de tomate proveniente do processamento industrial, de 3108,70 a $3903,48 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MORAIS et al., 2014).

O teor de minerais encontrado no subprodutos teve o maior conteúdo de potássio, comparando com as demais amostras, esses valores também são elevados no tomate in natura ($2220 \mu\text{g.g}^{-1}$) e no extrato de tomate ($6800 \mu\text{g.g}^{-1}$). Quando comparamos os demais minerais observamos que no tomate in natura e no extrato os valores são maiores para Ca (respectivamente, 70 e $290 \mu\text{g.g}^{-1}$), o valores de Zn encontrado (média de $2,90 \mu\text{g.g}^{-1}$) está próximo ao do extrato ($4 \mu\text{g.g}^{-1}$) e inferior de tomate in natura ($1 \mu\text{g.g}^{-1}$). Porém, para os demais elementos encontrados no tomate e no extrato os valores obtidos para o subproduto foram maior para Mg (110 e $290 \mu\text{g.g}^{-1}$), Fe (2 e $21 \mu\text{g.g}^{-1}$) e Cu (0,4 e $2 \mu\text{g.g}^{-1}$) (NEPA, 2011).

Mehta et al. (2018) analisou em subprodutos de tomate caseiros, o teor de Ca, Fe, Na, Mg, K. O teor encontrado foi menor para Mg ($2686,9 \pm 1,4 \mu\text{g.g}^{-1}$) e Fe ($29,2 \pm 0,14 \mu\text{g.g}^{-1}$), semelhantes para Sódio ($210,3 \pm 12 \mu\text{g.g}^{-1}$), e maior para Ca ($14,64 \pm 0,3 \mu\text{g.g}^{-1}$) que os encontrados no presente estudo, como pode ser observado na Tabela 1. Ao utilizarem esse material na elaboração de muffins foi observado no conteúdo mineral no produto final.

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) é regulamentada mundialmente pela Organização Alimentar e Agrícola – FAO (FAO, 2005) e no Brasil pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2005), que estabelece que para adultos a IDR de cálcio é de 1000 mg, 7 mg de zinco, 2,3 mg de manganês, 260 mg de magnésio, 14 mg de ferro, e 900 μg de magnésio. Sendo assim, considerando as médias obtidas para os minerais essenciais em subprodutos industriais de tomate, a porção de 100g de amostra, valor preconizada pela TACO (NEPA, 2011), forneceria valores acima do recomendado para Mn e Mg em todas as amostras, sendo os valores considerados acima da IDR para os minerais Cu e Fe.

De acordo com a Portaria nº27 (BRASIL, 1998), a alegação nutricional “fonte de um mineral” em um alimento só pode ser atribuída quando o alimento tiver no mínimo 15% da

DR de referência por 100g de amostra. Assim todas as amostras de subproduto de tomate podem ser consideradas fonte de Mn, Mg, Cu e Fe. Além disso, a fração das cascas também tem o adicional de ser fonte de zinco, com valores acima de 25% da IDR.

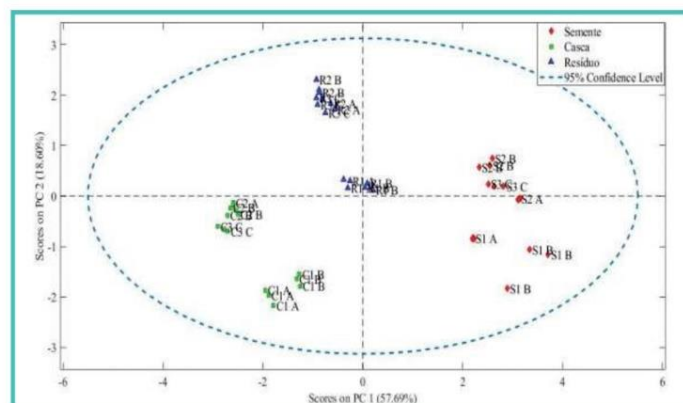
O teor de zinco para cascas e o subproduto foi abaixo de 15% e não podem ser considerados fonte desses minerais. O cálcio foi o mineral que obteve os menores valores nas amostras, quando comparado com a IDR, o valor diário atingido em média seria de 2%, sendo assim as amostras não podem ser consideradas uma fonte desse mineral. Em relação ao Na e K a recomendação diária da OMS para o consumo máximo é 2.000 mg para Na e 4700mg para K (WHO, 2005), nas presentes amostras os valores estão dentro do que é preconizado, apesar de apresentar valores significativos estão dentro da IDR com baixas porcentagens de valor diário atingido.

Análise de componentes principais (PCA)

A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para determinar as principais variáveis responsáveis pela diferenciação do teor de minerais essenciais nas amostras de sementes, cascas e subprodutos, para se observar melhor os dados obtidos e verificar a existência da relação entre a composição dos minerais, amostras e possíveis agrupamentos. Para a construção foram utilizados oito minerais Ca, Zn, Mn, K, Na, Mg, Fe e Cu e 15 amostras. Uma matriz composta por 15 amostras x 8 variáveis foi criada, e como os valores apresentam magnitudes distintas, os dados foram autoescalados para que as variáveis tivessem a mesma importância.

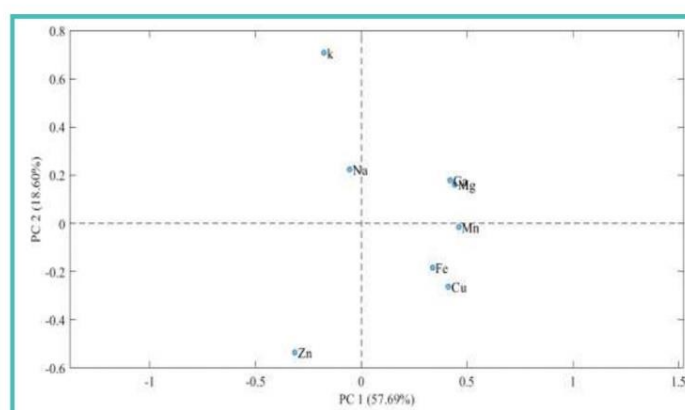
Os gráficos de scores (Figura 1) mostra a classificação das amostras conforme a formação de grupos. Os subprodutos, representados na cor azul, estão separados das cascas, cor vermelha, e das sementes, cor verde. As duas primeiras componentes principais do modelo (PC1 e PC2) explicaram 76,29 da variação total. O gráfico de escores Figura 1, mostrou que a PC1 (57,69%) foi responsável pela formação de dois grupos, consistente com a discriminação de casca/subproduto e semente, e a PC2 (18,06%) contribui para a melhor separação dos grupos casca e subproduto. Na Figura 1, também é possível observar algumas a formação de dois grupos nas amostras de subprodutos e de cascas, formados pela indústria 1 e a 2, porém as distinções entre as safras são pequenas. Ao observar os agrupamentos das sementes houve uma maior variação, e não foi formado grupos dentro das análises de sementes. Essas variações também podem ser observadas na tabela 1.

Figura 1 Análise de Componentes Principais para avaliação de minerais essenciais 307 gráficos de scores, para as amostras de subprodutos industriais de tomate. As amostras de subprodutos de tomate sem a separação das frações estão representadas por azul R1A; R1B; R2A, R2B, R2C. Amostras de cascas estão representadas em verde C1A, C1B, C2A, C2B e C2C. Amostras de sementes estão representadas por vermelho S1A, S1B, S2A, S2B e S2C.



Ao analisar a Figura 2, gráfico de loadings, temos a importância de cada mineral para a diferenciação do perfil desses nutrientes. Com os loadings observar que os minerais K e Na foram importantes para discriminar os subprodutos; o Zn que foi o elemento com maior valor para cascas foi utilizado para discriminá-las; enquanto as sementes foram separadas pelos demais compostos Ca, Fe, Mn, Mg e Cu. O que está de acordo com as informações obtidas na Tabela 1, onde K e Na foram os minerais com maior concentração no subproduto, Zn o de maior concentração nas cascas e Ca, Fe, Mn, Mg e Cu com maior predominância nas sementes.

Figura 2 Gráfico de loadings (variáveis) e a variância explicada em amostras de subprodutos, cascas e sementes de tomate.



Portanto, o PCA demonstrou que com as diferenças no perfil dos minerais essenciais foi possível realizar uma discriminação segura das amostras em 3 grupos distintos: subprodutos, cascas e sementes. Em geral, observou-se uma tendência em se separar as amostras das diferentes indústrias (relacionadas aos números de amostras identificadas como 1, 2 e 3).

Isso pode estar relacionado a composição dos frutos utilizados pela empresa 1 em decorrência das empresas 2 e 3. Porém, apesar disso, os agrupamentos entre cascas, sementes e subprodutos é mais acentuado que as diferenças entre amostras de diferentes empresas.

CONCLUSÃO

Os subprodutos industriais de tomate, sementes e cascas apresentaram na sua composição todos os minerais essenciais investigados. Assim esses produtos têm potencial para serem utilizadas como novos ingredientes na indústria de alimentos ou pela sociedade, contribuindo para as necessidades diárias de minerais essenciais, colaborando para o enriquecimento de produtos, diminuição das carências nutricionais e possivelmente do efeito de fome oculta em alimentos processados.

A utilização da análise exploratória dos dados (PCA) para avaliar o teor de minerais permitiu a discriminação das amostras em subprodutos, cascas e sementes. Foi possível verificar que mesmo com variações na concentração de minerais entre as safras e indústrias foi possível observar uma clara separação entre os três tipos de amostras avaliadas.

Considerando-se os teores de minerais encontrados os subprodutos industriais de tomate são alternativas viáveis para uso como ingredientes em produtos alimentares, a fim de agregar valor nutricional a outros alimentos. Além disso, o uso de subprodutos alimentares para projetar e desenvolver produtos inovadores com valor agregado é importante para a sustentabilidade e o meio ambiente, sendo uma solução para reduzir perdas de alimentos, desperdícios e impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. 2005. Acessado: 08.07.2020, disponível em: <<https://bit.ly/2ZbPoEf>>.

ESTEBAN, J.; LADERO, M. Food waste as a source of value-added chemicals and materials: a biorefinery perspective. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 53, n. 5, p. 1095–1108, 2018.

GUMERATO, H.F.; VITALI, A.A; SCHIMIDT; F.L.; Equipamento Separador de Sementes e Peles de Frutos em geral e Processo de Separação de Sementes e Peles de Frutos em Geral. GUMERATO, H.F.; VITALI, A.A; SCHIMIDT; F.L. Vilage Marcas & Patentes S/C Ltda P.I 0400613-5 A, publicada 13.09.2005.

HERRERA, P. G.; CÁMARA, M. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 11, n. 4, p. 707–711, 2010.

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. *Powder Technology*, v.

311, p. 59–65, 2017.

LU, Z. et al. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology*, v. 86, n. February, p. 172–187, 2019.

MEHTA, D. et al. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. *Journal of Food Science and Technology*, v. 55, n. 7, p. 2560–2568, 2018.

MORAIS, L. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v. 143, p. 398–404, 2014.

MUNEKATA, P. E. S. et al. Development of new food and pharmaceutical products: Nutraceuticals and food additives. *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 92, p. 53–96, 2020.

NEPA/UNICAMP. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) Campinas, São Paulo: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Universidade Estadual de Campinas, 2011.

NEVES, D. A. et al. Chemical and nutritional characterization of raw and hydrothermal processed jambu (*Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen). *Food Research International*, 388 v. 116, n. August 2018, p. 1144–1152, 2019.

NOSRATPOUR, M.; JAFARI, S. M. Bioavailability of minerals (Ca, Mg, Zn, K, Mn, Se) in food products. [s.l.] Elsevier, 2018. v. 1 POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Extraction of lycopene from tomato processing waste: Kinetics and modelling. *Food Chemistry*, v. 173, p. 943–950, 2015b.

POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Optimization of extraction of high purity all-trans-lycopene from tomato pulp waste. *Food Chemistry*, v. 188, p. 84–91, 2015a.

SAINI, R. K.; MOON, S. H.; KEUM, Y. An updated review on use of tomato pomace and crustacean processing waste to recover commercially vital carotenoids. *Food Research International journal*, v. 108, n. March, p. 516–529, 2018.

SILVA, J. G. S. et al. Optimization and Validation of a Simple Method for Mineral Potential Evaluation in Citrus Residue. *Food Analytical Methods*, v. 10, n. 6, p. 1899–1908, 2017.

SILVA, M. A. et al. Melon (*Cucumis melo* L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods? *Trends in Food Science and Technology*, v. 98, n. July 2018, p. 181–189, 2020.

World Health Organization/ Food and Agricultural Organization of the United Nations (WHO/FAO) (2003). Joint WHO/FAO Expert Consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases § 160. Geneva: WHO World Health Organization/ Food and Agricultural Organization of the United Nations Joint FAO & WHO, 2005. Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition.

World Health Organization/ Food and Agricultural Organization of the United Nations FAOSTAT (2016). <http://www.fao.org/faostat/zh/#search/tomato>, acessado em: 11.07.2020.

ZUORRO, A.; FIDALEO, M.; LAVECCHIA, R. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 49, n. 6–7, p. 567–573, 2011.

CAPÍTULO IV

EFFECT OF THE ADDITION OF TOMATO PEELS FROM INDUSTRIAL BY-PRODUCTS ON BIOACTIVE COMPOUNDS AND SENSORY PROPERTIES IN TOMATO SAUCE

Letícia Cardoso da Silva^{1*}; Lucas Caldeirão Rodrigues Miranda¹, Joyce Grazielle Siqueira Silva ¹, Helena Maria André Bolini², Helena Teixeira Godoy ¹;

¹ Departamento de Ciência de Alimentos – FEA, Universidade Estadual de Campinas, Brasil;

² Departamento de Alimentos e Nutrição – FEA, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

Manuscrito em preparação para ser submetido à revista: Food composition and analysis

ABSTRACT

The tomato industry produces a large amount of by-products, which are mainly made up of tomato peels and seeds. Since tomato peels are rich in lycopene and dietary fiber, the direct addition of peel to food products can be a way to use this byproduct to obtain new lycopene-enriched products. Therefore, the objective of this work was to incorporate tomato peels from industrial processing into tomato sauces to obtain a product with the highest lycopene and fiber content. In the formulations from the present study, the content of total phenolic compounds, antioxidant activity (ORAC), ascorbic acid content, chemical properties of tomato sauce (pH, acidity, color, soluble solids) were also evaluated, and were submitted to sensory acceptance. The results showed that the addition of peels to the tomato sauce increased the lycopene content by about 10% for formulation A and 20% for formulation B. The content of fiber, total phenolics, ascorbic acid and antioxidant capacity had also increased in these formulations. The chemical properties of the control sauce were altered and showed significant differences between the peel-enriched formulations, indicating that tomato peels can be used as ingredients to increase the content of fiber, lycopene, and bioactive compounds in foods.

Keywords: Carotenoid; Antioxidant Capacity; Sensory Analysis; Ascorbic acid.

1. INTRODUCTION

The industrial processing of tomatoes (*Lycopersicum esculentum* L.) to produce pulp and sauces results in large amounts of waste, which causes economic and environmental problems for industries. Currently part of this material, which is composed mainly of peels and seeds, is used as by-products in animal feed or as fertilizers (KNOBLICH; ANDERSON; LATSHAW, 2005; POOJARY; PASSAMONTI, 2015a). However, the abundance of bioactive compounds and their nutritional properties suggests the possibility of using them as an alternative source of different bioactive compounds with high added value (HERRERA; CÁMARA, 2010; LU et al., 2019).

One strategy for the exploitation of tomato residue is the separation into peels and seeds, for their subsequent use (POOJARY; PASSAMONTI, 2015a). Peel from industrial processing has about 5 times more lycopene than pulp (GEORGE et al., 2004; PAPAIOANNOU; KARABELAS, 2012), in addition to the presence of other bioactive compounds such as phenolics, pectins, phytosterols and ascorbic acid. The benefits of tomatoes and their products are often related in the literature to lycopene content. According to Reboul et al., (2005), and Prabhashankar et al.,(2016), epidemiological trials have suggested that higher intake of lycopene-containing foods is associated with decreased cardiovascular disease and decreased cancer cells. Lycopene ($C_{40}H_{56}$) is a carotenoid, of the non-oxygenated group, with an acyclic and symmetrical structure. It is a natural pigment responsible for the reddish color of food and animals. In tomatoes, lycopene is the major carotenoid even though other carotenoids such as β -carotene and lutein may also be present (POOJARY; PASSAMONTI, 2015a).

Satisfaction with the appearance and taste and consumer expectations are among the essential factors in the process of developing and improving the quality of products, and there has been an increasing demand for natural products (ASIOLI et al., 2017). In the food industry, lycopene is used as a food additive to provide color, increase storage stability (antioxidant effect) and nutritional benefits. Due to its strong color, non-toxicity, and fat solubility, it is also used as a natural food pigment (DOMÉNECH-ASENSI et al., 2013; NAVIGLIO et al., 2008; YAGCI et al., 2022).

Therefore, the objective of this work was to incorporate tomato peels from industrial processing into tomato sauce, to verify the increase in lycopene content and to study the applicability of these compounds as a natural food ingredient to be used as

product with higher added value and increase the nutritional value of ready-to-eat tomato sauces.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Sourcing the raw material

Tomato peels were used from the industrial residues of tomato pulp production supplied by the Brazilian industry. The separation of the peel and seed was carried out using a separator system of seeds and fruit peels in general, the process occurs by decantation and flotation in water and is interconnected to filtering devices. It has an intensifier and a pump capable of recirculating the water, providing a closed circuit (GUMERATO; SCHMIDT; VITALI, 2005). The peels were collected from filtration. The commercial tomato sauces used were purchased in the Campinas trade.

2.2. Incorporation of tomato peels into the tomato sauce

The ready-to-eat sauces were enriched with peels from industrial processing, in two different concentrations, formulation A with 13.6% peels and formulation B, with 16.7% peels, having respectively 2.5 and 3% total fiber per serving. The control formulation was maintained without the addition of peels to verify the physicochemical variations and sensory properties. After addition, each formulation was homogenized and subjected to heat treatment at 94°C for 10 min, for homogenization, microbiological safety and guarantee of product stability.

2.3. Total soluble solids content, hydrogen potential and acidity

To determine the soluble solids content (°Bx), pH and ATT (% in citric acid) the methods described by AOAC 943.02 (2005) and of AACCI 02-31.01 (2010) were used. The soluble solids content was determined in the tomato sauce formulations at room temperature by refractometry, using a digital refractometer brand Reichert Technologies (Germany), the results were expressed in °Brix. The pH was determined by the automatic titrator (Thermo/Orion Star), and titratable acidity was determined by titration with sodium hydroxide (NaOH) 0.1 N, the result found was expressed as a percentage of citric

acid, assuming that it is the organic acid present in greater quantity in tomato fruits, the ratio was obtained through the ratio between the values of TSS and ATT.

2.4. Instrumental color analysis - Colorimeter Hunter Lab

The analyses of the tomato sauce formulations were performed with the aid of a Hunterlab® colorimeter, LabScan XE model, calibrated to a black and white tile pattern with reflectance measurement (RSIN), CIELAB color system (L^* , a^* and b^*), type C illuminant and 2 ° observer angle, according to the equipment manual, to obtain the colorimetric coordinates L^* , a^* and b^* . The CIELab System was used, in which L^* represents the luminosity index, a^* the red content, and b^* the yellow content. The color of the tomato sauce was obtained after incorporation with the peels. For reading, the equipment was calibrated with standard black and white tiles and checked with a red standard ($L^* = 25.18$; $a^* = 29.49$ and $b^* = 12.03$). The concentrated tomato sauce (TSS) score was calculated according to Equation (1):

$$\text{TSS} = -40.926 + 1.061a^* + 9.473b^* - 0.346b^{*2} \quad (1)$$

At each reading, the cuvette was filled with the same sample volume and an opaque black cap was placed over it to prevent ambient light interference with the measurement. For each sample, three readings were measured in three different containers, and the mean value of these results was submitted to statistical analysis.

2.5. Analysis of bioactive compounds and antioxidant capacity

2.5.1. Lycopene content

The lycopene content analysis was carried out on freeze-dried tomato peels and tomato sauce formulations. The isolation, identification and quantification of the lycopene pattern from watermelon was performed by open column chromatography, according to the methodology described by Rodriguez-Amaya (2001). The extract obtained from the process was injected into HPLC-DAD for purity analysis, the fraction showed purity greater than 94%, with the same retention time and absorbance spectrum at 472 nm. The spectra obtained (300-600 nm) was compared with the literature in order

to confirm the identity of lycopene. The quantification of the concentration of the solution was performed using Beer's Law. The fraction had maximum wavelengths of 446, 472, 503nm and a fine spectral structure of 74%, these absorption lengths corresponded to lycopene according to data found in the literature (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). The recovery of all-trans-lycopene (2.3 mg) standards was used to construct the calibration curve and for chromatographic validation.

In the elaboration of the extract, the formulations were macerated to facilitate the removal of the carotenoid present in the peels and, for the analysis of the lycopene content, 1 g of sample was weighed in a 50 mL Falcon tube to which 15 mL of acetone was added and taken to the ultrasound bath for 10 minutes, the process was performed in 3 extractions. The extracts were combined and partitioned with a mixture of ethyl ether and petroleum ether (1:1) (v/v) totaling 20 mL, and about 100 mL of water (and subsequent partitioning with another 50 mL of water) to remove the acetone. The etheric fraction was added to 20 mL of a solution of potassium hydroxide (10%) in methanol (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001) and kept under light and at room temperature for a period of 16 hours (*overnight*). Then, the samples were partitioned in 20 mL of a mixture of ethyl ether and petroleum ether (1:1) (v/v), and water (3x) to remove all saponified material and potassium hydroxide residues. The ether fraction was then evaporated in a rotary evaporator at a temperature of 35 °C and reduced pressure. The dry extract was resuspended in 2 mL of chromatographic-grade ethanol and the liquid extract was filtered in a paper filter and a PVDF membrane filter with a porosity of 0.22 µm.

Lycopene analyses were performed by high-performance liquid chromatography with diode array detector (HPLC-DAD), using an Agilent Technologies (Germany), model 1260 equipment, equipped with an automatic injector and quaternary pump, in a Hypersil Gold C18 chromatographic column (Thermo- United States of America) of 2.1 mm i.d., 100 mm in length and 1.9 µm in particle size. Kept at a temperature of 30°C, according to the method described by Cardenas-Toro et al., (2015) with adaptations. The mobile phase consisted of acetonitrile (A) and ultrapure water. Elution was conducted by a linear gradient system starting with 80% of A, followed by 100% of A at 1 min, 80% of A and 20% of B at 7.1 min for reconditioning for the next injection. The flow rate of the mobile phase was 0.7 mL.min⁻¹ and the injection volume was 10 µL. The software used for equipment control and data acquisition was LC OpenLab. The identification of the compounds was performed by comparison with the lycopene standard through retention time, DAD absorption spectrum, fine structure degree (%III/II). Quantification

was performed by an external calibration curve of the all-time standard. *trans*-lycopene isolate, constructed by concentrations of 1.31 to 13.05 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ against the peak area. The regression equation and correlation coefficients (r^2) were calculated using the Statistica® software, version 10.0 (USA). The method was validated according to the recommendations of the ANVISA Analytical Validation Guide (2017). The following parameters were verified: linearity, precision on the day, interdiary precision, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ) and accuracy. The results were expressed in mg of lycopene 100g^{-1} sample.

2.5.2. Determination of Total Phenolic Compounds

The total phenolic content of the extracts of the samples of industrial by-products was determined according to the method of Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). To perform the analysis, 25 μL of extract were transferred to the wells of a microplate. Later, 125 μL of Folin-Ciocalteu reagent was added. After 5 minutes, 100 μL of 7.5% sodium carbonate (w/v) was added. Subsequently, this mixture was kept at room temperature for a period of 2 hours away from light and then analyzed in a BMG Latch® microplate reader, model Fluostar Omega (Germany), at a wavelength of 760 nm. For quantification, a gallic acid analytical curve was performed with seven equidistant points, all in triplicate and with concentrations ranging from 10 to 100 mg.mL^{-1} . The curve data were validated for model fit, regression significance, and residuals by ANOVA ($p < 0.05$) and the sample results were expressed as gallic acid equivalent (GAE) per gram of sample on a dry basis (mg EAG.g^{-1}).

2.5.3. Oxygen radical absorption capacity (ORAC)

The determination of antioxidant activity was performed by oxygen radical absorption capacity (ORAC) according to the methodology proposed by Dávalos et al., (2004), which consists of the preparation of a phosphate buffer solution (pH 7.4) (to solubilize fluorescein and AAPH), sodium fluorescein solution and AAPH solution (2,2'-Azobis (2-methyl-propionamidine) dihydrochloride). The analysis was performed by mixing 120 μL of sodium fluorescein solution, 20 μL of methanolic solution of the material (or analytical curve pattern) and 60 μL of AAPH solution. A trolox analytical

curve was constructed with six equidistant points, all in triplicate. The ORAC results were determined using a regression equation related to Trolox concentrations and net area under the fluorescein kinetic drop curve, was subjected to analysis of variance (ANOVA $p < 0.05$) and the sample results were expressed in Trolox equivalent.

2.5.4. Determination of ascorbic acid and isomers

The determination of ascorbic acid and isomers of tomato samples and extracts was performed by the Tillman's method (AOAC 943.02). This method is applied to mixtures of additives that have a low concentration of ascorbic acid and is based on the reduction of 2,6-dichlorophenol indophenol by a solution of ascorbic acid. The results were expressed in mg of ascorbic acid per 100 grams of sample.

2.6. Sensory analysis

In order to ensure the health safety of the product consumed by the tasters, microbiological analyses of coliform totals at 30°C and 45°C and presence of *Salmonella* sp. were performed in the tomato sauces (before sensory analysis) according to the Official Analytical Methods for Microbiological Analysis for the Control of Products of Animal Origin and Water (BRASIL, 2003).

A questionnaire was applied to consumers to raise the consumer profile (Annex 2). The sensory analysis of these products was evaluated and authorized by the Ethics Committee (Certificates of Presentation for Ethical Appraisal – CAAE: 56935616.0.0000.5404). The sensory evaluation was carried out in order to quantify the consumers' preference for the different types of tomato sauces (different concentrations of peels), and the acidity, presence of seed, and amount of peels were questioned, with a scale of -4 to 4 (0 being ideal). The model adopted for the sensory analysis was the acceptance test of the products in their different concentrations of peels. The evaluation was based on scores assigned by the tasters through a hedonic scale of 9 points, where the value 1 represented "very disliked" and 9 "liked very much" in which the overall impression, color, appearance, aroma, flavor and texture of the sauces were judged. Together with the global aspect of the product, the purchase intention of the tasters for each of the samples was analyzed, carried out through a 5-point hedonic scale, where the value 1 meant "would certainly not buy" and the value 5 represented "would certainly

buy" (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). The analysis was performed in individualized cabins. The samples were coded with three-digit numbers and presented under white light in white disposable cups to each of the tasters. The amount of sauce served was the same, about 30 g, room temperature water and biscuit were offered between samples.

2.7. Statistical analysis

The values of acceptance and purchase intention were submitted to univariate analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test, adopting significance levels of 5% probability. The data were calculated using the Statistica software, version 10. Data were also analyzed by principal component analysis (PCA) (MatLab), using the descriptive statistical technique.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1.Characterization of tomato peels from industrial processing

The peels used for the enrichment of tomato sauces were subjected to characterization, and the results are expressed on a dry basis. After the peel separation process, the moisture content was 75.77%. The total fiber content in the peels of the industrial processing was above 70%, indicating that the samples have a high value of this nutrient and this value is in accordance with the data found by Herrera et al., (2010) and Lu et al., (2023), but below the values found by Navarro-González et al., (2011). According to Herrera et al. (2010) and FAO 1997, the high fiber content found in tomato peels, from industrial processing, makes it possible to use them under the name of "Source of Fiber", since their content exceeds $3\text{g}.100\text{g}^{-1}$. And the use of this material added in other products would also make it possible to use the fiber source claim, in addition to adding bioactive compounds and natural dyes to the products.

The lycopene content found in the free-dried peels was 26.85 mg/100g, value that is close to those previously reported in the literature (KNOBLICH; ANDERSON; LATSHAW, 2005; POOJARY; PASSAMONTI, 2015b), LU et al. 2023). The amount of lycopene and bioactive compounds in tomato by-products can vary, depending on the tomato variety, the climatic conditions of the planting, the region where the cultivation

takes place, and the industrial processing techniques, these factors are also linked to their bioavailability and antioxidant potential (CASTRO-LÓPEZ et al., 2016; TOMAS et al., 2017, 2018; VALLVERDÚ-QUERALT et al., 2011).

Ascorbic acid content serves as an excellent indicator for the quality of processed tomato-based products (KIPS et al., 2017). The ascorbic acid content found in the peels was $74.58 \pm 5.56 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, values that are above those found in fresh tomatoes, which range from 9 to $16 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (ABUSHITA; DAOOD; BIACS, 2000; KIPS et al., 2017) and $21 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ by TACO (NEPA, 2011), which indicates a concentration of this vitamin in the peels. The antioxidant capacity of the peels was measured through hydroxyl radical absorption capacity (ORAC) analysis, which is based on the antioxidant protective effect of fluorescein from reacting with peroxy radicals (DAVALOS; GÓMEZ-CORFOVÉS; BARTOTLOMÉ, 2004), the data obtained for the peels were $106.49 \pm 8.44 \text{ mM Trolox eq} \cdot \text{g}^{-1}$, this value is higher than those found for tomatoes and their products after processing (LUCINI et al., 2017). Phenolic compounds are known to be the main contributors to the total hydrophilic antioxidant capacity of tomatoes and several studies quantify their content to relate to the antioxidant activity of the fruit (ANDRÉS et al., 2017; DURANTE et al., 2017; LUCINI et al., 2017), so we also verified the content of these in the peel sample, and this was also used as a parameter to verify the impact on the final formulations, the total phenolic content, express the total reducing capacity of the equivalent antioxidant in gallic acid, the data obtained was $49.45 \pm 1.67 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ GAE}$.

3.2. Microbiological Analysis of Tomato Sauce Formulations

The microbiological analyses were carried out at the Microbiology Laboratory of UNICAMP/FEA/DCA, first the packages of formulations A and B were subjected to an oven at 35°C for 10 days, to verify the growth of microorganisms and modification of the packaging. There was no change in the packaging, eliminating the presence of fermentative microorganisms. The pH remained constant compared to the beginning of incubation, but the presence of lactic acid microorganisms was investigated, and these were absent. After 10 days, plating was performed to check for the presence of *Salmonella* ssp, which in 25g showed the absence of *Salmonella*. It was also performed to check for fungal growth in the sauces, which also showed absence. These results suggest that the samples are within the microbiological quality standards and that they can be applied to the microbiological quality of the samples.

3.3. Characterization of Tomato Sauce Formulations

3.3.1. Moisture and Total Fibers

Figure 1 shows the tomato peels, the tomato sauce, and the formulations obtained with the enriched tomato with peels from industrial processing, in two different concentrations, formulation A with 13.6% peels and formulation B, with 16.7% peels, after homogenization and heat treatment.

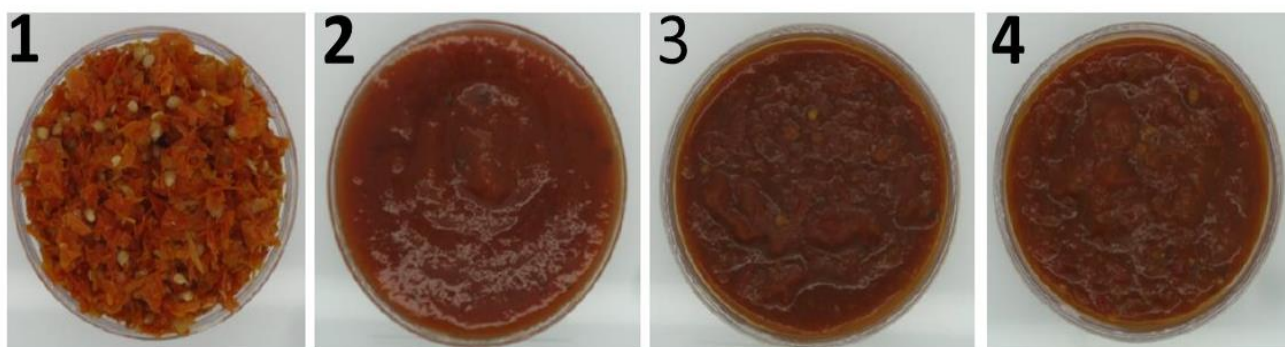


Figure 1. 1 - tomato peel; 2- Control sauce; 3 – Sauce A with 13.6% of tomato peel and 4- Sauce B with 16.7% of tomato peel.

The control formulation had the highest moisture content ($88.62 \pm 0.29\%$), and the lowest total fiber content (1g per 30g serving). On the other hand, formulation A, which had the incorporation of 13.6% of peels into the sauce, had a moisture content of 87.33% and total fiber contents of 2.5 g per serving, and formulation B, with the incorporation of 16.7% of peels into the sauce, presented $87.81 \pm 0.15\%$ of moisture and the highest total fiber contents with 3g per 30g serving. According to guideline of FAO, to be a source of fiber, food needs to contain at least 3 grams of fiber per serving and to be rich, a minimum of 6 grams per serving, with the results obtained, the one formulation can be considered a source of fiber.

3.3.2. Total soluble solids content, hydrogen potential and acidity

Consistency in tomato products is one of the main factors in sensory acceptance. Consistency can also be influenced by preparation, such as cooking time, and choice of ingredients. The main factors that affect the consistency of tomato pulp are the

compositional differences between the total solids and insoluble solids content, the particle size distribution and shape of the insoluble particles, and the initial thermal processing parameters (hot break or cold break) (PAGE et al., 2019; Xu et al., 2018). The addition of the peels to the tomato sauce can affect these characteristics, so the total acid content, pH, Brix° and the ratio were measured. The values of the samples showed statistical differences for the three formulations in the total acid content and ratio, while for pH and Brix° the control differed from the formulations enriched with peel, but the two showed statistical similarities to each other. The values found are close to those reported by Munhoz et al., (2019). Belovic et al. (2018) analyzed the addition of ground peel in ketchup and obtained altered acidity values in the product.

3.3.3. Colour

The visual comparison of the color of the tomato peels and the three formulations can be seen in Figure 1, and the results obtained for the color parameters L^* , a^* , b^* , TSS and a^*/b^* of the samples are presented in Table 1. Color is often used as an indication of the quality and freshness of food products, including tomato products for which the perception is the redder, the better the product. The color values (L^* , b^* , and TSS) increased with the addition of peels in the formulation, while the a^* and a^*/b^* ratio values decreased in the formulation; for the tendency of a^* , the red content, the decrease was 10% for formulation A and 5% for formulation B, this decrease also affected the value of a/b Ratio for the control the value obtained was 1.63 ± 0.01 , which differed statistically from formulations A and B, 1.30 ± 0.02 and 1.31 ± 0.01 , respectively, i.e., despite the incorporation of the peels, we had a decrease in the red tendency and an increase in the yellow tendency.

3.3.4. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity

For the determination of the lycopene content, the validation parameters of the high-performance liquid chromatography analysis method showed results of 0.71 ug.mL^{-1} for the detection limit and 1.31 ug.mL^{-1} for the quantification limit. The analytical curve was linear for all compounds between 1.31 and 13.05 ug.mL^{-1} , with adjustment of the appropriate models, significant models and random distribution of residues. The accuracy

on the day (n=10 for each level) was found between 1.41 and 7.53% (expressed as relative standard deviation). For the precision between days (n=3), values ranging from 1.64 to 11.39% were found, considering the three concentration levels. Regarding the accuracy of the method, the recovery levels ranged from 88.55 to 95.98% for the three concentration levels. The parameters are in accordance with the limits established by ANVISA (2017), demonstrating that the method presented satisfactory analytical requirements to perform quantitative analyses of the samples.

Table 1. – Change of basic physico-chemical properties and bioactive compounds in the tomato sauce.

	Control	Sauce A	Sauce B
Moisture (%)	88.62±0.29 ^a	87.33±0.28 ^b	87.81±0.15 ^b
Dietary fibers (%)	1.00 ± 0.00 ^c	2.50 ± 0.00 ^b	3.00 ± 0.00 ^a
pH	4.26±0.01 ^b	4.31 ± 0.01 ^a	4.30 ± 0.01 ^a
Total acids (%)	0.43 ±0.04 ^b	0.47 ± 0.09 ^a	0.39 ± 0.05 ^c
TSS (Brix°)	4.02 ± 0.03 ^b	4.93±0.03 ^b	5.00 ± 0.10 ^a
TTA/TSS Ratio	11.36 ± 0.28 ^b	10.47±0.35 ^c	12.90 ± 0.19 ^a
L*	22.92 ±0.18 ^c	25.36 ±0.08 ^a	25.26 ± 0.33 ^a
a*	17.51 ± 0.12 ^a	15.93 ± 0.03 ^c	16.48 ± 0.22 ^b
B*	10.68 ± 0.05 ^b	12.29 ± 0.30 ^a	12.62 ± 0.17 ^a
Tomato Sauce Score (TSS)	7.32 ± 0.33 ^c	9.74 ± 0.12 ^b	10.69 ± 0.38 ^a
Tomato a/b Ratio	1.63 ± 0.01 ^a	1.30 ± 0.02 ^b	1.31 ± 0.01 ^b
Lycopene (mg.100g⁻¹)	44.78 ± 1.06 ^c	50.23 ± 1.15 ^b	55.56 ± 1.34 ^a
Total Phenolic Compounds (mgGAE.g⁻¹)	32.77 ± 0.22 ^c	43.89 ± 0.78 ^b	49.68 ± 0.89 ^a
Ascorbic acid (mg.100g⁻¹)	23.04 ± 1.26 ^c	25.74 ± 1.09 ^b	29.57 ± 0.95 ^a
ORAC (mM Trolox eq.g⁻¹)	81.32 ± 2.67 ^b	134.92 ± 1.52 ^b	140.38 0.59 ^a

Results are presented as mean (3 replications of process) ± standard deviation. Means followed by different letters in the same experiment column significantly differ according to the Tukey test (p<0.05).

The result of the quantification of lycopene performed from the tomato sauce formulations incorporated with peels of industrial tomato by-products are presented in Table 1. The control formulation presented the lowest lycopene levels (44.67±2.67 mg.100g⁻¹), formulation A had lycopene levels of 50.78±1.67 mg.100g⁻¹, formulation B presented the highest lycopene contents (54.12±4.87 mg.100g⁻¹). Comparing with the control formulation, there was an increase of about 10% and 20% in lycopene content, for formulation A and B, respectively. Farahnaky et al., (2008) reported that tomato peel powder also provides proteins, cellulose and pectins, thus representing a good candidate

to be used to modulate the water absorption and rheological properties of food, with a beneficial effect on the use of peel powder in ketchup formulation, thus improving its texture properties.

3.3.5. Total Phenolic Compounds

The levels of phenolic compounds of the samples studied here were determined by the Folin Ciocalteu method and are shown in Table 1. For the control tomato sauce, a value of 32.77 ± 1.67 mgEAG.g⁻¹ was found, being lower than the values obtained for sauces incorporated with tomato peel. Formulation A presented 43.89 ± 0.78 mgEAG.g⁻¹, while formulation B showed 49.68 ± 0.89 mgEAG.g⁻¹ indicating that the use of tomato peels (49.45 ± 1.67 mgEAG.g⁻¹) applied to tomato sauce increases the content of total phenolic compounds. These values found in the present study are close to those found by Valdez-Morales et al. (VALDEZ-MORALES et al., 2014) when evaluating saladette tomato seeds that showed a content of 73.8 ± 9.8 mg EAG.g⁻¹. Chandra and Ramalingam (2011) and Katirci et al.(2020) evaluated the total phenolic content in different tomato varieties and their by-products, and observed that the tomato peels of the different varieties presented higher values than the pulp, indicating that this fraction has a concentration of phenolic compounds when processing. However, Katirci et al.(2020) found lower TPC values in concentrated commercial tomato pastes than in this study (20.10 ± 0.17 mg EAG.100 g⁻¹) and homemade (11.12 ± 0.53 mg EAG.100 g⁻¹). On the other hand, tomato sauce samples studied by Tomas et al. (2018) had higher results of 132.63 mg EAG.g⁻¹, and values close to those obtained by Lucini et al. (2017), who found values in the range of 38 to 50 mg EAG.g⁻¹ for tomato sauces. Tagliomonte et al. (2023) analyzed the bioaccessibility of tomato sauces with added by-products produced on an industrial scale and identified that the sauces in addition to showing increased nutrients and fiber also presented greater bioaccessibility to ferulic acid, a phenolic compound. In view of these benefits, tomato seed peels can be used as an ingredient to add value to sauces and can be incorporated in the tomato processing line to obtain products with greater nutritional value.

3.3.6. Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC)

The Oxygen Radical Absorption Capacity test was performed in the three tomato sauce formulations, and the results are presented in Table 1. It was observed that the results differed statistically from each other, according to Tukey's test. The values found for the control formulation (81.32 ± 2.67 mM Trolox eq.g⁻¹) were lower than the antioxidant capacity of the sauces incorporated with the peels, which registered 134.92 ± 1.52 mM Trolox eq.g⁻¹ (Formulation A) and 140.38 ± 0.59 mM Trolox eq.g⁻¹ (Formulation B). This clearly indicates that the addition of the peels had a positive impact on the antioxidant capacity studied. The values obtained in this study are in the same range as those found by Pagliomonte et al., (2023). However, when compared to the values obtained by Lucini et al.; (2017), which ranged from 14 to 45 mM Trolox eq.g⁻¹, the results of this study are inferior. This discrepancy can be attributed to differences in the harvesting and processing process, since the study analyzes the antioxidant capacity in various processed products, in addition to considering different pretreatments.

3.3.7. Determination of ascorbic acid and isomers

Ascorbic acid is often used as a supporting ingredient in foods, including tomato sauce, as it is a natural antioxidant that can help preserve the color and flavor of foods, including tomato sauce. It helps prevent oxidation of the components of the sauce, such as the carotenoids that give tomatoes their red color. However, it is thermolabile and sensitive to adverse conditions, so its content is often taken as an indicator of general quality changes in processed foods, only half of the ascorbic acid content present in fresh fruits is retained after thermal processing (MUNHOZ, 2019). The addition of the peels had a positive impact on the ascorbic acid content. In formulation B, the highest result was obtained with 29.57 ± 0.95 mg/100g, while in formulation A the value was 25.74 ± 1.09 mg/100g and in the control formulation it was 23.74 ± 1.26 mg/100g, with statistically similar values. However, the enrichment with peels in tomato sauces did not reach the expected increase, since tomato peels contain around 75 mg/100g of ascorbic acid. After the incorporation process, formulations A and B were subjected to heat treatment at 94°C for 10 minutes. This heating may have affected the concentration of the vitamin, since the concentration of ascorbic acid decreases during processing, especially

with increasing heating time. Munhoz et al. (2019) also verified the reduction of ascorbic acid content during heating at different temperatures (60, 70 and 80°C) for different periods of time.

3.3.8. Principal Component Analysis (PCA)

The results of the principal component analysis (PCA) are shown in Figure 2, PCA was used to determine the main variables responsible for the differentiation of the characterizations and physicochemical properties of the three formulations of tomato sauces, to better observe the data obtained and to verify the existence of the relationship between the data and possible groupings. For the construction, 15 analyses of characterization and physicochemical properties (moisture, dietary fibers, pH; total acids; TSS (Brix°); ratio; Color parameters L*, a*, b*, tomato Sauce Score (TSS), tomato a/b Ratio; lycopene; total Phenolic Compounds; ascorbic acid and ORAC) and 3 samples. A matrix composed of 15 samples x 3 variables was created, and as the values have different magnitudes, the data were autoscaled so that the variables had the same importance.

The first two principal components of the model (PC1 and PC2) were able to explain 92.14% of the variation in the data. In Figure 2, we can observe the formation of three distinct groups: group 1 (red) corresponds to the control formulation, group 2 (green) to tomato sauce formulation A, and group 3 (blue) to tomato sauce formulation B. By analyzing the loading graph, we can determine the importance of each variable for the differentiation and characterization of each sauce. The loadings revealed that the acidity and the a* staining parameter were relevant to distinguish the control formulation, while the antioxidant capacity and bioactive compounds were crucial to differentiate the A and B formulations, as well as to identify the by-products. The high loading values in PC1 (71.54%) indicate that the samples from groups 2 and 3 showed a higher antioxidant capacity and higher concentrations of total phenolic compounds and lycopene compared to the samples from group 1.

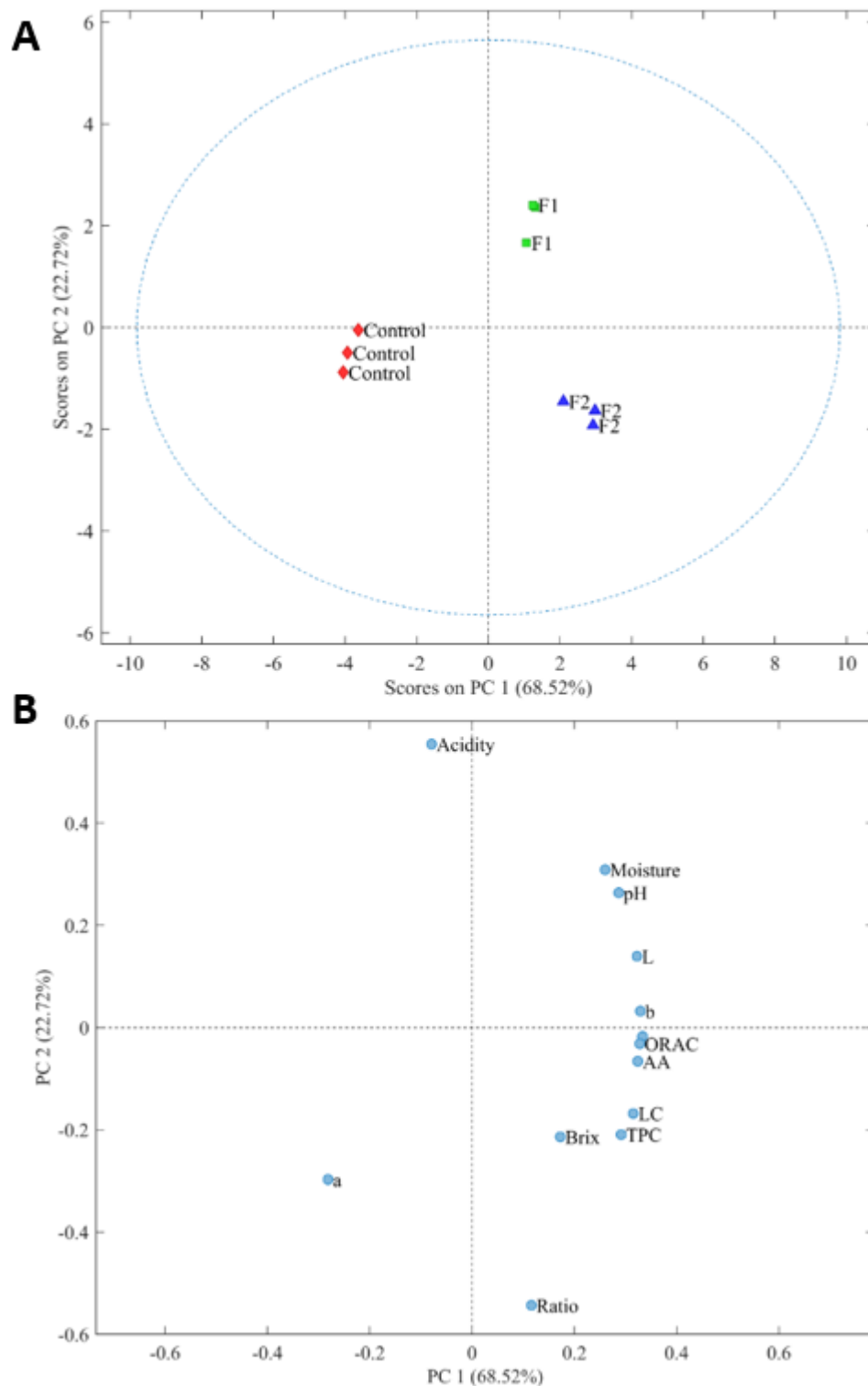


Figure 2: A- Principal Component score *graphs* for characterization of tomato sauce formulations. B- Graph of scores, and Graph of *loadings* (variables) and the variance explained in samples of tomato sauces.

Therefore, the PCA demonstrated that, due to the differences in the profile of the tomato sauces, it was possible to perform a safe discrimination of the samples into three

distinct groups: control, formulation A and formulation B. Thus, the results of the PCA corroborate our findings that the enrichment of tomato sauce with tomato peels from industrial processing is an interesting alternative to improve its bioactive properties and antioxidant capacity.

3.4. Sensory Analysis of Tomato Sauce Formulations

3.4.1. Microbiological Analysis

The tomato sauce formulations showed adequate microbiological quality and were considered safe for consumption. The samples did not show *Salmonella* sp. at 25 g and showed low counts of Enterobacteriaceae ($<1.0 \log \text{CFU g}^{-1}$), total coliforms ($<0.50 \log \text{MPN g}^{-1}$), thermotolerant coliforms ($<0.50 \log \text{MPN g}^{-1}$), *E. coli* ($<1.0 \log \text{CFU g}^{-1}$). The microbiological parameters were within the limits established by Resolution No. 60/2019 (ANVISA, 2019) and can be applied for sensory analysis.

3.4.2. Principal Component Analysis (PCA)

The results of the principal component analysis are shown in Figure 3. PC1 and PC2 (Figure 3A) were able to explain 82.58% of the variation in the data. In the score graph, there was no clear division of groups, which shows that these main components were not able to discriminate the tomato sauces submitted to sensory together. This shows that for the sensory, the three formulations are similar and were not divided into groups by the tasters. However, applying a new principal component analysis, and analyzing the three sauces only with PC1 (figure 3C), alone explains 72.39%, we can observe the formation of three groups, group 1 (red) corresponds to the control formulation, group 2 (green) to tomato sauce formulation A and group 3 (blue) to tomato sauce formulation B. With the loadings (figure 3B) we can observe that the sensory parameter responsible for the grouping of group A was the taste, and groups B and C were influenced by the score of appearance.

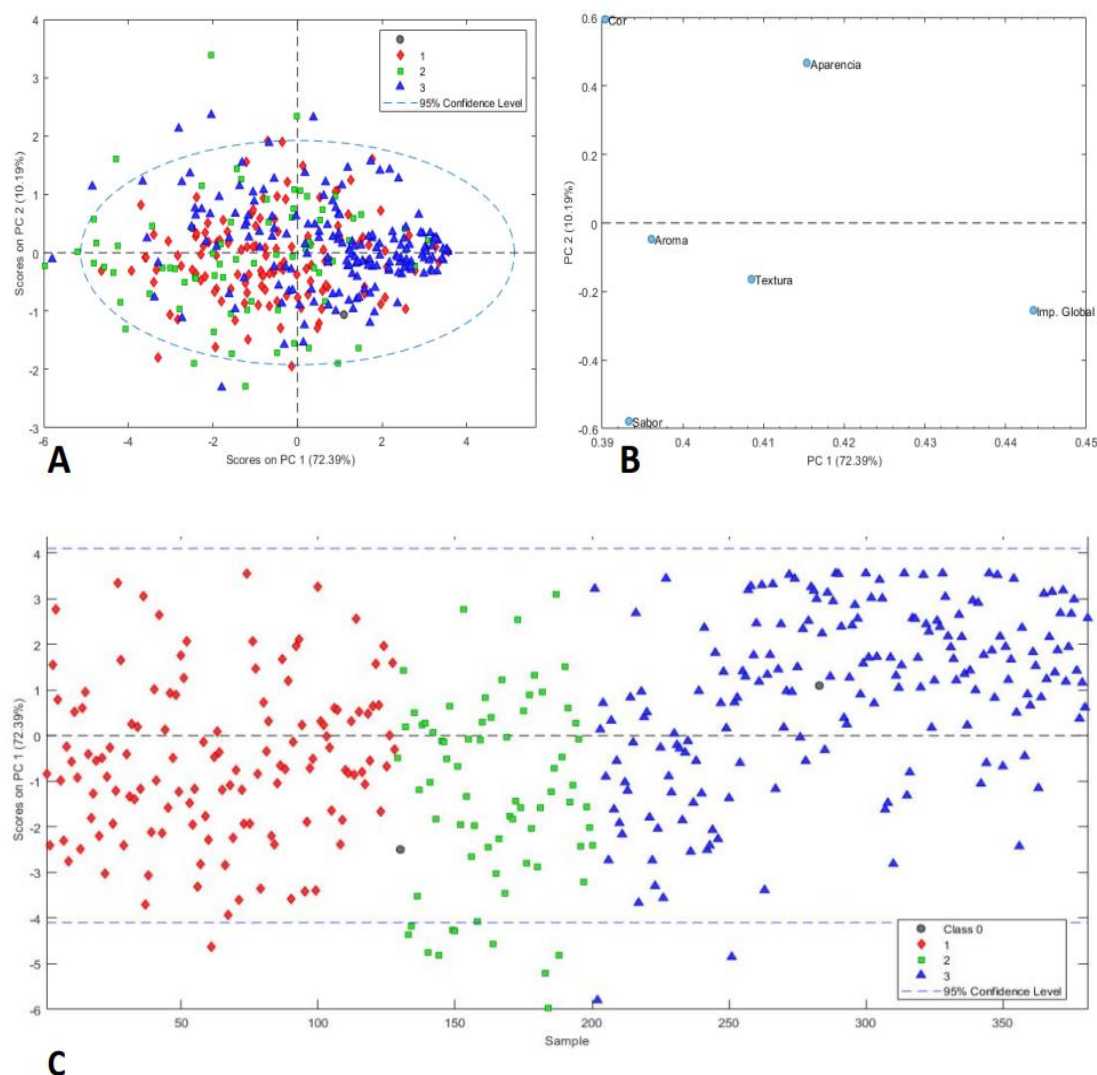


Figure 3: A- Principal Component score *graphs* for sensory analysis of tomato sauce formulations. B- Graph of scores, and Graph of *loadings* (variables) and the variance explained in samples of tomato sauces. C - Score graphs of the Main Component - Global Impression for sensory analysis of tomato sauce formulations.

A total of 127 tasters participated in the study, of which 58% were female and 42% were male. Regarding age, 86% were in the 18-30 age group, 13% in the 31-42 age group, and 1% in the 41-50 age group. Regarding tomato sauce consumption, 4% consumed the product daily, 68% weekly, 27% biweekly and 1% monthly. Among the most cited dishes eaten with tomato sauce were pasta, pizza, hot dogs, meat, and others.

When asked about the amount of peels, only the control sauce received a score close to ideal, with 0.1. The other formulations received scores above the ideal, both with 1.7 on the scale. The same occurred in relation to the presence of seeds, in which the control obtained a score close to the ideal, while the other formulations received scores

of 0.7 for formulation A and 0.8 for formulation B. As for acidity, the formulations with peels were close to ideal, with the control and the average reaching 0.3.

The scores of colors, appearance, aroma, flavor, texture and overall impression for the three tomato sauces were statistically similar and did not show significant differences between them (as per Appendix IV). However, only the control formulation reached the minimum threshold of global acceptability. Regarding purchase intention, 102 people indicated that they would certainly buy or probably buy the control product, while for formulation A this number was 33 and for formulation B it was 34. This suggests that, despite not having reached the minimum threshold of global acceptability, these products may be in demand in the market. In addition, in the comments, positive characteristics of the products were highlighted, such as being more natural and thicker.

However, it is important to research ways to improve the sensory acceptance of products, such as reducing the percentage of peels, decreasing the size of peels, or using powdered peels. Another alternative would be the processing of tomato sauce with the tomato peels from the beginning, as described by Pagliomonte et al. (2023) and Feitosa et al. (2023), who prepared the tomato sauce with the by-products from the beginning, the formulation during the process.

4. CONCLUSION

The enrichment of tomato sauces with tomato peel is an interesting option to increase the intake of lycopene, the incorporation of tomato peels into the commercial tomato sauce increased the lycopene content by more than 20%, phenolic compounds, ascorbic acid, and dietary fibers, also improved the technological properties, and brought a sensory perception. This justifies its use for the elaboration of food ingredients, providing an efficient alternative for its reuse with potential health promotion effects, promising to increase the antioxidant activity of industrialized products, as a natural additive. However, an increase in the concentration of peels reduced the sensory acceptability, this study opens the space to study the sensory with other forms of application of the peels and different processing of sauces.

5. REFERENCES

- AOAC, in Official Methods of Analysis, 15th edn, ed. by Helrich K. Association of Official Analytical Chemists, Arlington (2005).
- AACCI, Approved Methods of Analysis. AACC International, St Paul (2010).
- ABUSHITA, A. A.; DAOOD, H. G.; BIACS, P. A. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2075–2081, 2000.
- ANDRÉS, A. I. et al. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. **Meat Science**, v. 129, p. 62–70, 2017.
- ANVISA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2017. 2017.
- ASIOLI, D. et al. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. **Food Research International**, v. 99, p. 58–71, 1 set. 2017.
- CASTRO-LÓPEZ, C. et al. Fluctuations in phenolic content, ascorbic acid and total carotenoids and antioxidant activity of fruit beverages during storage. 2016.
- CHANDRA, H. M.; RAMALINGAM, S. Antioxidant Potentials of Skin, Pulp, and Seed Fractions of Commercially Important Tomato Cultivars. **Food Sci. Biotechnol**, v. 20, n. 1, p. 15–21, 2011.
- DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORFOVÉS, C.; BARTOTLOMÉ, B. Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC – Fluorescein) Assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 48–54, 2004.
- DOMÉNECH-ASENSI, G. et al. Effect of the addition of tomato paste on the nutritional and sensory properties of mortadella. **Meat Science**, v. 93, n. 2, p. 213–219, 1 fev. 2013.
- DURANTE, M. et al. Seeds of pomegranate, tomato and grapes: An underestimated source of natural bioactive molecules and antioxidants from agri-food by-products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, n. July, p. 65–72, 2017.
- FARAHNAKY, A. et al. The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup. **Journal of Texture Studies**, v. 39, n. 2, p. 169–182, abr. 2008.
- FIORELLA, CARDENAS-TORO; P. ALCÁZAR-ALAY, S. C. et al. Pressurized liquid extraction and low-pressure solvent extraction of carotenoids from pressed palm fiber : Experimental and economical evaluation. **Food and Bioproducts Processing**, v. 4, p. 90–100, 2015.

- GEORGE, B. et al. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. **Food Chemistry**, v. 84, n. 1, p. 45–51, 2004.
- GUMERATO, H. .; SCHMIDT, F. L.; VITALI, A. A. **Equipamento Separador de Sementes e Peles de Frutos em geral e Processo de Separação de Sementes e Peles de Frutos em Geral**Vilage Marcas &Patentes S/C Ltda P.I 0400613-5 ABrazilVilage Marcas &Patentes S/C Ltda P.I , , 13 set. 2005.
- HERRERA, P. G.; CÁMARA, M. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, n. 4, p. 707–711, 2010.
- KARLA, A. S. M.; FLÁVIO, L. S. The tomato paste quality attributes along the industrial processing chain. **African Journal of Food Science**, v. 13, n. 10, p. 215–224, 31 out. 2019.
- KATIRCI, N. et al. Differences in antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of commercial and homemade tomato pastes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 4, p. 249–254, maio 2020.
- KIPS, L. et al. A novel spiral-filter press for tomato processing: process impact on phenolic compounds, carotenoids and ascorbic acid content. **Journal of Food Engineering**, v. 213, p. 27–37, 2017.
- KNOBLICH, M.; ANDERSON, B.; LATSHAW, D. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids †. v. 1170, n. October 2004, p. 1166–1170, 2005.
- LU, Z. et al. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, n. February, p. 172–187, 2019.
- LUCINI, L. et al. Phenolic fingerprint allows discriminating processed tomato products and tracing different processing sites. **Food Control**, v. 73, p. 696–703, 2017.
- NAVARRO-GONZÁLEZ, I. et al. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. v. 44, p. 1528–1535, 2011.
- NAVIGLIO, D. et al. Characterization of high purity lycopene from tomato wastes using a new pressurized extraction approach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 15, p. 6227–6231, 2008.
- PAPAIIOANNOU, E. H.; KARABELAS, A. J. Lycopene recovery from tomato peel under mild conditions assisted by enzymatic pre-treatment and non-ionic surfactants. **Acta Biochimica Polonica**, v. 59, n. 1, 2012.

- POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Optimization of extraction of high purity all-trans-lycopene from tomato pulp waste. **Food Chemistry**, v. 188, p. 84–91, 2015a.
- POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Extraction of lycopene from tomato processing waste : Kinetics and modelling. **FOOD CHEMISTRY**, v. 173, p. 943–950, 2015b.
- PRABHASHANKAR, B. et al. Enhanced cytotoxic and apoptosis inducing activity of lycopene oxidation products in different cancer cell lines. **Food and Chemical Toxicology**, v. 97, p. 265–276, 2016.
- REBOUL, E. et al. Enrichment of tomato paste with 6% tomato peel increases lycopene and beta-carotene bioavailability in men. **The Journal of nutrition**, v. 135, n. 4, p. 790–4, abr. 2005.
- REGUENGO, L. M. et al. Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 152, 1 fev. 2022.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A GUIDE TO ANALYSIS IN**. Washington DC, USA: [s.n.].
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdc-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965.
- TOMAS, M. et al. Industrial processing versus home processing of tomato sauce : Effects on phenolics , flavonoids and in vitro bioaccessibility of antioxidants. **Food Chemistry**, v. 220, p. 51–58, 2017.
- TOMAS, M. et al. Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. **Food Research International**, v. 106, n. October 2017, p. 129–135, 2018.
- VALDEZ-MORALES, M. et al. Phenolic Content and Antioxidant and Antimutagenic Activities in Tomato Peel, Seeds, and Byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 23, p. 5281–5289, jun. 2014.
- VALLVERDÚ-QUERALT, A. et al. Changes in phenolic profile and antioxidant activity during production of diced tomatoes. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1700–1707, 2011.
- YAGCI, S. et al. Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 368, p. 130847, 30 jan. 2022.

CAPÍTULO V

APLICAÇÃO DE SUBPRODUTO INDUSTRIAL DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.) EM PÃES, PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E COMPOSTOS BIOATIVOS

Letícia Cardoso da Silva^{1*}; Rebeca Salvador Reyes ²; Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici ²,
Helena Teixeira Godoy ¹

¹ Departamento de Ciência de Alimentos – FEA, Universidade Estadual de Campinas,
Brasil;

² Departamento de Tecnologia de Alimentos – FEA, Universidade Estadual de Campinas,
Brasil.

* Autor para correspondência: leticiacardosodasilva@hotmail.com

Manuscrito em preparação para ser submetido à revista: LWT

RESUMO

Este estudo teve como objetivo investigar o impacto da substituição da farinha de trigo por subprodutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) na elaboração de pães. Os subprodutos avaliados incluíram a fração de casca de tomate moída com cascas inteiras (CT), a adição de semente de tomate (ST), a combinação de cascas e sementes (RT) e um produto comercial conhecido como tomate em pó (TP). O foco da análise concentrou-se nas propriedades tecnológicas, na qualidade nutricional e nas características físico-químicas dos pães resultantes. Ao analisar as propriedades tecnológicas dos pães elaborados com esses ingredientes alternativos, destacou-se que os pães com ST e TP apresentaram valores mais próximos ao pão controle, influenciando positivamente textura e estrutura. A inclusão de cascas teve um impacto positivo na porosidade. A adição de sementes afetou o volume específico, resultando em uma coloração mais escura, tendendo ao vermelho e amarelo nos pães incorporados com subprodutos de tomate, especialmente casca de tomate em pó comercial. Na avaliação dos nutrientes e compostos bioativos, a substituição de 5% da farinha de trigo pelos ingredientes proporcionou um aumento significativo no teor de fibra, flavonoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante em todos os tipos de pães. Além disso, observou-se um aumento nos níveis de licopeno e β -caroteno nos pães com CT, RT e TP. Os resultados indicam que a incorporação desses subprodutos de tomate e suas frações não apenas mantém, mas também melhora as características tecnológicas e estruturais do pão de forma. Consequentemente, sugere-se que tais ingredientes podem ser adicionados como componentes funcionais, enriquecendo a qualidade nutricional dos pães.

Palavras-Chaves: Carotenoides; Subprodutos alimentares; Capacidade antioxidante;

1. INTRODUÇÃO

O pão é um dos alimentos básicos diários consumidos em muitos países, na maioria das formulações de pães utiliza a farinha de trigo refinada, que tem baixo teor de fibras, isto torna o pão um alimento com alto índice glicêmico (LAL et al., 2021). Atualmente, os consumidores buscam incluir na dieta alimentos mais saudáveis e de alto valor nutricional e produtos com ingredientes mais naturais e com menos aditivos artificiais, em uma tendência “*clean label*”; esta tendência também se reflete no mercado de panificação, onde produtos contendo ingredientes com efeitos nutricionais benéficos à saúde estão atraindo a atenção dos consumidores e começou a desenvolver produtos enriquecidos com vitaminas, fortificados com minerais, “alto teor de proteínas”, “ricos em fibras”, “sem gordura” e com diminuição de aditivos artificiais e a nova legislação de rotulagem contribuiu para novas formulações mais saudáveis (ASIOLI et al., 2017; LAL et al., 2021; YAGCI et al., 2022). Assim, novas alternativas para aumentar o prazo de validade dos produtos, melhorar as propriedades nutricionais, mantendo características semelhantes às do produto, são de grande interesse para as indústrias.

Os subprodutos de tomate constituem uma fonte promissora de compostos que podem ser utilizados por suas propriedades nutricionais e por seu potencial nutricional, são ricos em nutrientes e compostos bioativos (como proteínas, fibras, ácidos orgânicos, pigmentos, óleos, antioxidantes e vitaminas (HERRERA; CÁMARA, 2010; LU et al., 2019; TORBICA et al., 2016). Os resíduos de tomate também são considerados como uma fonte rica em compostos bioativos, como os carotenoides, sendo o licopeno o majoritário, seguido do β -caroteno e luteína, compostos fenólicos, tocoferóis e ácidos graxos (POOJARY; PASSAMONTI, 2015a; SZABO et al., 2019). A presença desses compostos bioativos está ligada à capacidade antioxidante, os carotenoides podem atuar na captura do radical peroxil ($\text{ROO}\bullet$) com transferência de elétrons ou doação de átomos de hidrogênio (MARQUES et al., 2016) e na desativação de O_2 (MORAIS et al., 2014). Desde modo, a composição dos subprodutos de tomate, possibilita que ele seja de grande interesse nutricional.

O aproveitamento de subprodutos alimentares na cadeia alimentar como ingredientes e aditivos pode melhorar a eficiência da utilização de recursos e reduzir o desperdício e proporcionar uma produção mais sustentáveis. Estudos anteriores mostraram que subprodutos vegetais ou de frutas têm grande potencial para serem utilizados como ingredientes funcionais para aumentar o valor nutricional de produtos de panificação

(AMADO et al., 2014; GALANAKIS, 2013; GALVÃO et al., 2018; LUISA GARCÍA; CALVO; DOLORES SELGAS, 2009; MEHTA et al., 2018). Meehta et al. (2018) desenvolveu muffins e pães com a incorporação de subprodutos do despolpamento de tomate, realizado em escala laboratorial e obteve a melhora no conteúdo nutricional dos produtos desenvolvidos, como o aumento do teor de vitamina C, da atividade antioxidante, do teor de minerais; também observou o aumento do prazo de validade. Yagci et al. (2022) aplicou o subproduto de tomate em pó em salgadinhos extrusados e relatou a melhora nutricional com o aumento de compostos fenólicos e bioacessibilidade do ácido clorogênico, rutina e licopeno com propriedades físicas e sensoriais aceitáveis.

Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito da adição de subprodutos de tomate, incluindo suas frações de casca e semente, bem como um produto comercial de tomate em pó, nas características da massa, na qualidade do pão e no perfil de compostos bioativos, para avaliar a possibilidade de utilização desses subprodutos na produção de pão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Os subprodutos de tomates utilizados para o trabalho foram fornecidos por uma indústria brasileira, localizada no Estado de São Paulo, resultado do processamento do mês de agosto de 2019, onde a variedade H9553 representa o maior volume colhido do tomate. A amostra foi homogeneizada, parte foi fracionada em cascas e sementes, por um processo de decantação e flotação (GUMERATO; SCHMIDT; VITALI, 2005), as amostras foram secas em um liofilizador do modelo LS3000 (Terroni, São Carlos-SP, Brasil), embaladas (200B Selovac, São Paulo, BRA) sob vácuo ($93.325.66 \text{ N} / \text{m}^2$) em sacos de polietileno de baixa densidade e mantidas em -80°C em ultrafreezer (Panasonic, São Paulo, Brasil) até o momento das análises. O tomate em pó comercial foi obtido em loja de produtos naturais do estado de São Paulo. Outros ingredientes usados para a produção do pão foram farinha de trigo (Renata, Brasil), sacarose (Dinâmica, Brasil) fermento biológico (Fleischmann, Brasil), sal (cloreto de sódio, Brasil) e gordura para assar (Banha Seara, Brasil), ácido L-ascórbico (Dinâmica, Brasil).

2.2. Formulação e produção dos pães

Para este estudo, foram desenvolvidas quatro formulações de massa em que a farinha de trigo foi parcialmente substituída por diferentes subprodutos de tomate. Estes subprodutos incluíram cascas e sementes de tomate (RT), uma fração de casca de tomate moída misturada com cascas inteiras (CT), a adição de sementes de tomate (ST) e um produto comercial conhecido como tomate em pó (TP). Todas as substituições foram feitas em concentrações de 5%. Estas formulações foram comparadas com uma massa controle feita de 100% farinha de trigo (Controle).

A produção dos pães seguiu o protocolo estabelecido por El Dash (1978), empregando instrumentos da linha Brabender (Brabender Farinograph® FA/R-2 810105, Duisburg, Alemanha), incluindo o farinógrafo e o extensógrafo. Estes aparelhos foram utilizados para a mistura e o desenvolvimento da massa, com o objetivo de avaliar o efeito da substituição parcial da farinha pelos subprodutos de tomate, o farinógrafo foi usado para determinar a quantidade de água a ser adicionada, com adição até obter 500 unidades de brabender (BU). A medida de salto do forno foi determinada em triplicata para cada formulação de massa de acordo com a metodologia de Shittu et al. (2007), sendo determinado pela diferença da altura (em mm) da massa no final da fermentação e a altura do pão assado. Este processo foi realizado em triplicata para cada formulação.

2.3. Caracterização físico-química e tecnológica

2.3.1. Fibras Dietéticas totais, Umidade e Atividade de Água (Aw)

As fibras dietéticas totais foram determinadas com o kit Megazyme TDF Assay (K-TDFR 06/14) de acordo com as metodologias 32-05.01 (AACCI 2011) e 985.29 (AOAC 2006) para CT, ST, RT e TP, o conteúdo de fibras dietéticas totais nos pães foram calculados de acordo com o teor de fibra desta matéria-prima. A umidade e atividade de água foram realizadas de acordo com a metodologia 44-15.02 da American Association of Cereal Chemists (AACCI) (2011).

2.3.2. Cor instrumental

A análise instrumental de cor foi realizada em triplicatas nas amostras de CT, ST, RT e TP, bem como na crosta e miolo dos pães de cada uma das formulações. As medições

foram realizadas usando um espectrofotômetro Mini Scan XE 45/0-L (HunterLab, Reston, EUA), previamente calibrado, com iluminante D65, ângulo de observação 10 °, no sistema de cores CIELab (Hunterlab, 1998).

2.3.3. Potencial de Hidrogeniônico (pH) e acidez titulável

O pH e a acidez titulável foram determinados seguindo os métodos oficiais da AOAC 943.02 (2005) e da AACCI 02-31.01 (2010). Utilizou-se um pHmetro da marca Thermo/Orion 100 Star e uma solução de NaOH 0,1N para a titulação. Os resultados obtidos foram expressos em termos de percentagem de ácido cítrico, assumindo-se que este é o ácido orgânico predominante nas amostras analisadas.

2.3.4. Estrutura da fatia e porosidade do miolo

A estrutura da fatia e a porosidade dos miolos dospães de cada uma das formulações foram avaliadas por meio de análise de imagem, seguindo a metodologia de Gonzales-Barron e Butler (2005). Para isso, imagens bidimensionais em corte transversal da estrutura do miolo foram adquiridas usando um scanner de mesa HP Scanjet 4400C (HP, Greeley, CO, USA) com uma resolução de 300dpi e salvas no formato de arquivo TIFF. As imagens foram posteriormente analisadas utilizando o software ImageJ (National Institute of Health, Bethesda, MD, USA). Foram medidas a área (mm²), perímetro (mm), largura (mm) e comprimento (mm) das fatias, enquanto no miolo foram medidas o número total de alvéolos, o diâmetro médio dos alvéolos (mm), a porosidade (%) e a circularidade. A caracterização da estrutura do miolo foi realizada em triplicata.

2.3.5. Volume específico

O volume específico foi estabelecido pelo quociente entre o volume (cm³) e a massa (g) de cada amostra forneada, com resultados expressos em cm³.g⁻¹. A massa foi obtida em balança analítica (Bel Engineering, MG 164A) e o volume pelo deslocamento de sementes de painço, aferido em proveta 50 cm³ (Equação 1).

$$VE = \frac{v}{m}$$

Em que: VE = volume específico (cm³ g⁻¹); V = volume (cm³); m = massa (g).

2.3.6. Textura instrumental

A determinação da firmeza do miolo dos pães foi realizada conforme método 74-09.01 da AACCI (2010). A análise foi realizada utilizando um texturômetro TA-XT2i Stable Micro Systems, com carga de 4,5 kg, e sensor probe cilíndrico de alumínio, P/25, para que apenas o miolo do pão fosse comprimido. Fatia da porção central de cada pão (2,5 cm cada) foram obtidas com fatiador e dispostas paralelamente à plataforma. A firmeza do pão foi determinada como a força requerida, em Newtons, para comprimir em 40% a amostra. Ao menos cinco replicatas foram efetuadas para cada formulação.

2.4. Caracterização de Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante

As determinações do teor de carotenoides, compostos fenólicos totais, flavonoides totais, DPPH e ORAC foram realizadas em subprodutos, cascas e sementes de tomate, no tomate em pó comercial e nos pães. Para a análise dos compostos fenólicos totais, flavonoides totais, DPPH e ORAC, as amostras foram submetidas a uma extração sólido-líquida assistida por ultrassom, com controle de tempo e potência máxima. Cerca de 0,3 g das amostras foram utilizados para os ingredientes e 1,5 g para os pães, com a adição de 10 mL de metanol, o extrato resultante foi filtrado e usado para a realização das análises. Para a extração de carotenoides, o procedimento seguiu a metodologia de Rodriguez-Amaya (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Cerca de 0,3 g das amostras foram utilizados para os ingredientes, e 2,0 g para os pães. As amostras foram ressuspensas em 3 mL de etanol.

2.4.1. Ensaios de DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) – sequestro de radical livre

A avaliação da capacidade antioxidante, utilizando a metodologia de sequestro do radical livre 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH●), foi realizada de acordo com o protocolo descrito por Mensor et al. (2001). Os preparativos foram conduzidos em microplacas, onde 180 µL do extrato das amostras ou diferentes concentrações de Trolox foram adicionados. Em seguida, 70 µL de uma solução metanólica de DPPH, com concentração de 0,3 mM, foram incorporados e a mistura foi homogeneizada. Após 1 hora de repouso à temperatura ambiente, a absorbância foi medida a 518 nm usando FLUOstar Omega (BMG LABTECH). O padrão Trolox foi empregado para a construção de uma curva de calibração, variando de 5 a 46 µM. Os resultados foram expressos em termos de equivalente de Trolox por grama de amostra na base seca (µmol TE.g⁻¹).

2.4.2. Capacidade de Absorção do Radical Oxigênio (ORAC)

Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) é um método de mensuração da capacidade antioxidante de amostras vegetais que se baseia na propriedade de fluorescência das proteínas B-ficoeritrina (B-PE) e R-ficoeritrina (R-PE). No teste, o radical peroxil reage com o indicador fluorescente e gera um produto não fluorescente, e a partir desta mudança é possível avaliar o desempenho da atividade antioxidante (PRIOR et al., 2015). A determinação de atividade antioxidante foi realizada em extrato das amostras de tomate pela capacidade de absorção do radical oxigênio (ORAC) de acordo com a metodologia proposta por Dávalos et al. (2004) usando um leitor de microplacas FLUOstar Omega (BMG LABTECH). A fluoresceína foi usada como molécula fluorescente e tampão fosfato de potássio (pH 7,4, 75 mM) como meio de reação. As microplacas contendo 20 μL de extrato de sementes de tomates ou diferentes concentrações de Trolox, 120 μL de fluoresceína ($0,4 \mu\text{g mL}^{-1}$) e 60 μL de radical AAPH (2,2'-azobis (2- dicloridrato de metilpropionamidina) (108 mg mL^{-1}) foram submetidos à leitura a cada 1 minuto por um total de 80 minutos (excitação de 485 nm e emissão de 520 nm), sob controle temperatura (37°C). Os resultados do ORAC foram determinados usando uma equação de regressão relacionada com concentrações de Trolox e área líquida sob a curva de decaimento cinético da fluoresceína. Análises foram realizadas em triplicata e o valor ORAC de cada extrato de solução foi expresso equivalente em trolox por grama de amostra em base seca como ($\mu\text{mol TE g}^{-1}$).

2.4.3. Determinação de Compostos Fenólicos Totais

A quantificação de compostos fenólicos totais foi realizada seguindo a metodologia proposta por Singleton & Rossi (1965). Nesse método, um extrato metabólico das amostras, foi misturado com 100 μL de reagente de Folin-Ciocalteu e uma solução de carbonato de sódio a 7,5%. Essa mistura foi mantida em temperatura ambiente, protegida da luz, por um período de 2 horas e, em seguida, foi analisada em uma leitora de microplacas a um comprimento de onda de 760 nm. Para a quantificação, foi preparada uma curva analítica de ácido gálico com sete pontos equidistantes, todos realizados em triplicata, com concentrações variando de 10 a 100 $\mu\text{g/mL}$. Os dados da curva foram validados quanto ao ajuste dos modelos, significância da regressão e resíduos por meio da ANOVA ($p < 0,05$). Os resultados das amostras foram expressos em termos de equivalente de ácido gálico (mgEAG.g^{-1}).

2.4.4. Determinação de Flavonoides Totais

A determinação de flavonoides totais foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Zhishen et al. (1999) em extrato metanólico dos ingredientes e dos pães. Para a análise foram utilizados 100 µL de extrato das amostras, 400 µL de água destilada e 30 µL de NaNO₂ 5% (m/v). Após 5 min, adicionou-se 30 µL de AlCl₃ 10% (m/v). Depois de 6 min de repouso, 200 µL de NaOH 1M e 240 µL de água foram adicionados. A leitura foi realizada em absorbância de 510 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente de catequina (EC) por grama de amostra em base seca (mg EC.g⁻¹), baseado na curva de calibração de catequina na faixa linear de 20 a 200 µg mL⁻¹.

2.4.5. Determinação Licopeno e β-caroteno

As análises de licopeno e β-caroteno foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de diodos (HPLC-DAD), empregando um equipamento Agilent Technologies (Alemanha), modelo 1260, equipado com injetor automático e bomba quaternária, em coluna cromatográfica Hypersil Gold C18 (Thermo- Estados Unidos da América) de 2,1 mm de i.d., 100 mm de comprimento e 1,9 µm de tamanho de partícula, mantida sob temperatura de 30°C, de acordo com o método descrito por Cardenas-Toro et al., (2015) com adaptações. A fase móvel foi composta por acetonitrila (A) e água ultrapura. A eluição foi conduzida por sistema de gradiente linear iniciando com 80% de A, seguido de 100% de A a 1 min, 80% de A e 20% de B aos 7,1 min para condicionamento para a próxima injeção. O fluxo da fase móvel foi de 0,7 mL.min⁻¹ e o volume de injeção foi de 10 µL. O software utilizado para controle de equipamentos e aquisição de dados foi LC OpenLab.

A identificação dos compostos foi realizada por comparação com o padrão de licopeno e β-caroteno através do tempo de retenção e espectro de absorção do DAD. A quantificação foi realizada por curva de calibração externa do padrão de carotenoides isolado, com concentrações de 1,3 a 13,1 µg.mL⁻¹ do licopeno e 2,7 a 22,5 µg.mL⁻¹ do β-caroteno contra a área do pico. A equação de regressão e os coeficientes de correlação (r²) foram calculados. Os resultados foram expressos em mg por 100 g de amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização Ingredientes

O teor de fibra dietética (g/100g) variou entre os diferentes ingredientes. A farinha de trigo utilizada, apresenta na sua composição 2g/100g de fibras, a casca de tomate, no entanto apresentou o maior teor de fibra, com $72,90 \pm 0,52$ g/100g, seguida pelo subproduto, que teve um valor de $51,47 \pm 0,08$ g/100g e o tomate em pó comercial com $46,02 \pm 0,72$ g/100g. As sementes de tomate também apresentaram uma quantidade considerável de fibra, com $40,08 \pm 0,63$ g/100g. Os resultados estão de acordo com os valores descritos por outros autores (HERRERA; CÁMARA, 2010; LU et al., 2019), e mostram que esse subproduto é uma fonte de fibras dietéticas. A análise de cor revelou diferenças significativas entre os componentes do tomate. Os valores de L^* , a^* , e b^* foram utilizados para descrever a cor, a semente de tomate obteve o maior valor de L^* , indicando uma cor mais clara, quando comparado aos valores dos demais ingredientes. As cascas e o subproduto de tomate tiveram os valores mais intenso de a^* com $1,21 \pm 0,07$ e $1,17 \pm 0,07$, respectivamente, indicando uma maior intensidade de vermelho. O pH dos extratos dos ingredientes foram realizados para avaliar o impacto desses sobre os parâmetros tecnológicos do pão, o tomate em pó apresentou a menor pH e o maior valor de acidez.



Figura 2: A - Subproduto tomate liofilizado e moído (RT). B - Cascas de tomate liofilizadas (CT), parte moída e parte inteira; C- Semente de tomate liofilizado e moído (ST); D - Tomate em pó comercial (TP).

A análise dos compostos bioativos revelou diferenças significativas entre os componentes do tomate, em relação aos carotenoides. A casca de tomate apresentou o maior

teor de β -caroteno, com $12,20 \pm 0,33$ mg/100g, enquanto o tomate em pó comercial teve o menor teor de β -caroteno, com $3,14 \pm 0,11$ mg/100g. O licopeno também foi o mais abundante nas cascas de tomate, com $36,52 \pm 0,48$ mg/100g, em comparação com $4,39 \pm 0,16$ mg/100g no tomate em pó comercial. Quanto aos flavonoides totais (mg GAE/g) e compostos fenólicos totais (mg GAE/g), as sementes de tomate tiveram os maiores valores, com $30,11 \pm 0,72$ e $68,03 \pm 1,42$, respectivamente. O tomate em pó comercial apresentou os menores valores para flavonoides totais, com $7,51 \pm 0,23$, e compostos fenólicos totais, com $16,51 \pm 0,75$ (mg GAE/g). A capacidade antioxidante foi avaliada através dos métodos DPPH e ORAC. As cascas de tomate apresentaram uma maior capacidade antioxidante com DPPH, $126,76 \pm 1,82$ μ mol TE/g, para a ORAC o maior valor foi obtido para as sementes de tomate, com $145,33 \pm 4,1$ μ mol TE/g. Os dados apresentados estão de acordo com apresentados por (LU et al., 2019; POOJARY; PASSAMONTI, 2015b; REGUENGO et al., 2022), porém para o teor de licopeno em subproduto de tomate, foi relatado uma menor concentração por Meehta et al., (2018) com valores cerca 10mg/100 de licopeno, valores bem menores do que obtido neste estudo. O produto comercial de tomate em pó também apresentou os menores teores de capacidade antioxidante, essa diferença significativa pode ser devido ao processo de secagem, que nos demais ingredientes foram secos por processo de liofilização que conserva os compostos bioativos, já no produto comercial o processo de secagem pode ter sido com altas temperaturas, que contribui para a degradação de compostos bioativos termossensíveis, outro fator é em relação a embalagem do produto que era fotoexposta, possibilitando a degradação de compostos fotossensíveis (KARLA; FLÁVIO, 2019; MALENICA; BHAT, 2020). Contudo, os subprodutos de tomate e suas diferentes frações são fontes fibras e compostos bioativos, que tornam esses subprodutos valiosos para a incorporação em produtos alimentícios, e na valorização da panificação.

Tabela 1. Resultados dos Ingredientes utilizados para elaboração de pães.

Characteristics	Commercial Tomato powder	Tomato peel	Tomato by- product	Tomato seed
Dietary fiber (g/100g)	46.02±0.72	72.90±0.52	51.47±0.08	40.08±0.63
Color				
L*	82.03±0.42 ^b	80.14±0.46 ^c	80.52±0.56 ^c	90.77±0.45 ^a
a*	0.97±0.07 ^b	1.21±0.09 ^a	1,17±0.07 ^b	0.98±0.24 ^b
b*	18.95±0.22 ^c	20.09±0.48 ^a	19.51±0.57 ^b	19.61±0.34 ^b
pH	4.53±0.02 ^b	4.20±0.02 ^c	4.22±0.04 ^c	6.25±0.17 ^a
Acidity (g/L)	48.23±1.50 ^a	18.21±1.51 ^c	28.81±2.09 ^b	6.37±0.63 ^d
Bioactive Compound				
Carotenoids (mg/100g) HPLC- DAD				
β-carotene	3.14±0,11 ^a	12.20±0.33 ^b	5.75±0.05 ^c	nd
Lycopene	4.39±0,16 ^a	36.52±0.48 ^b	17.31±0.26 ^c	nd
Total flavonoid compounds (mgGAE/g)	7.51±0.23 ^d	12.17±0,5 ^c	16.19±0.55 ^b	30.11±0,72 ^a
Total phenolic compounds (mgGAE/g)	16.51±0.52 ^d	27.11±1.11 ^c	37.27±1.61 ^b	68.03±1.42 ^a
Antioxidant capacity				
DPPH (μmol TE/g)	58.94±0.74 ^d	126.76±1.82 ^a	118.08±0.96 ^c	120.57±1.5 ^b
ORAC (μmol TE/g)	79.28±1.1 ^d	115.29±2.9 ^c	132.90±5.2 ^b	145.33±4.1 ^a

Results are presented as mean (3 replications of process) ± standard deviation. Means followed by different letters in the same experiment column significantly differ according to the Tukey test (p<0.05).

3.2. Qualidade dos Pães

A absorção de água para atingir 500 UB no farinógrafo do pão controle, pão RT, pão ST foram de 62 %, o pão com tomate em pó comercial foi de 61%, e a maior absorção de água foi de 67% para pão com CT, essa absorção pode estar ligada a maior porcentagem de fibras das cascas. Os pães obtidos com a incorporação de subprodutos de tomate estão na figura 2, crosta, figura 3, miolo, e os resultados obtidos para a qualidade dos pães estão apresentados na tabela 2. Com a incorporação dos subprodutos de tomate (CT, ST, RT e TP) os pães apresentam maiores teores de fibras, (2,3 g/100 g para TP, 3,65 g para CT, 2,58 para RT e 2,0 para ST), os pães elaborados com CT podem ser considerados “fonte de fibras”, pois apresenta na sua composição valores maiores que 3 gramas/100g (CAC/GL 23-1997). Os resultados indicam que os pães com TP ST apresentam valores mais altos de "Salto de forno" em comparação com os outros pães, essas amostras tiveram um maior aumento durante o processo de assamento, possivelmente devido a suas características específicas, esses foram os ingredientes que apresentaram o menor teor de fibra, fibra tem um impacto significativo sobre a expansão do pão. O óleo da semente também pode contribuir positivamente, com um efeito benéfico na lubrificação da rede do glúten (YAGCI et al., 2022). Os valores de pH e acidez variaram significativamente entre as amostras, os pães elaborados com ST foi o único que apresentou acidez e pH semelhante ao pão controle, já os demais pães de CT, RT e TP apresentam acidez mais alta, como nos ingredientes.

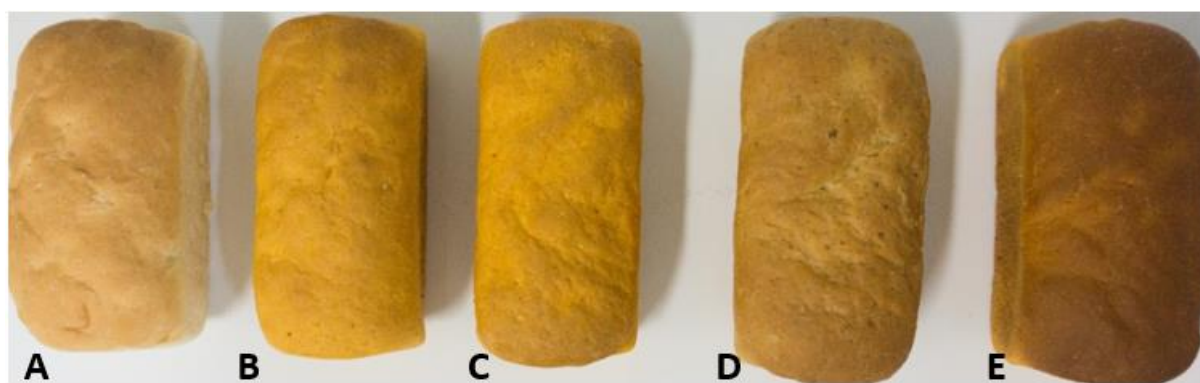


Figura 2: Crosta. A - Pão controle, B - Pão elaborado com adição de cascas de tomate; C- Pão elaborado com adição de subprodutos industriais (composto por cascas e sementes de tomate); D - Pão com adição de sementes de tomate; E- Pão elaborado com a adição de tomate em pó comercial.

Quando analisamos a coloração da Crosta, figura 2, temos que a L^* (luminosidade)* da crosta do pão controle e do ST possuem valores semelhantes, indicando uma crosta mais clara, do que as demais. Para a^* (tonalidade vermelha/verde) observou-se que a crosta de CT possui o valor maior, indicando uma tendência de coloração avermelhada, como pode ser observado na tabela 2 e figura 2. Os pães com RT e TP vem em seguida com valores próximos de 23 para a coloração a^* , valor menor do obtido para pães com CT 26 para a^* , porém tem uma tendência avermelhada como pode ser observado na figura 2. Esses resultados indicam que as amostras variaram em termos de cor e tonalidade na crosta, conforme o uso dos ingredientes. Ou seja, temos uma coloração mais escura, e mais vermelha e mais amarela nos pães incorporados com subproduto de tomate, casca de tomate em pó comercial, assim como o relatado por Mehta et al. (2018).

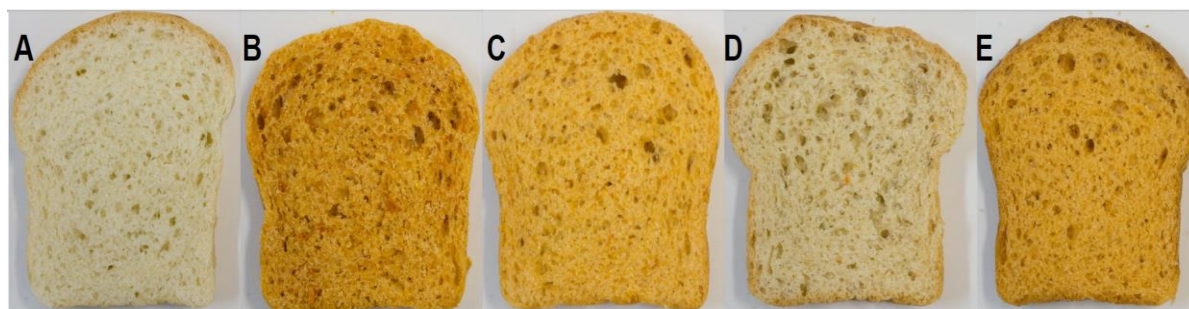


Figura 3: Miolo. A - Pão controle, B - Pão elaborado com adição de cascas de tomate; C- Pão elaborado com adição de subprodutos industriais (composto por cascas e sementes de tomate); D - Pão com adição de sementes de tomate; E- Pão elaborado com a adição de tomate em pó comercial.

A figura 3 apresenta os miolos dos pães controle, e dos pães incorporados com adição de cascas de tomate; subprodutos industriais (composto por cascas e sementes de tomate); sementes de tomate; e tomate em pó comercial. Assim como a coloração da crosta tivemos diferenças estatísticas para a coloração do miolo obtida, o parâmetro L^* diferiu para todas as amostras o pão elaborado por ST foi o com valor mais próximo do que o controle, esse valor está ligado a não ter na sua composição os carotenoides, que foram os responsáveis pela pigmentação amarela/vermelha nos demais pães, por isso os valores nos pão com ST obtiveram valores mais próximos para a^* e b^* . Os pães elaborados com TP, CT e RT apresentaram valores próximos entre si e com maior diferença do pão controle, com a tendência de pão mais avermelhada/alaranjado, dentre eles o pão elaborado com casca é o com maior teor de licopeno e de β -caroteno, a tendência para a maior coloração avermelhada, com maior valor de a^* está ligada com presença desses pigmentos naturais, como pode ser

observado na figura 3, dos miolos. As diferenças apresentadas sobre a coloração na crosta e no miolo podem influenciar a percepção sensorial, o apelo visual e, aceitação global dos produtos. Portanto, essas informações são valiosas para o desenvolvimento e aprimoramento de produtos à base de tomate.

Ao analisar as propriedades tecnológicas dos pães elaborados com diferentes ingredientes, observamos que os valores que mais se aproximaram, estatisticamente, do Pão Controle foram os pães feitos com sementes de tomate e tomate em pó comercial. Esses pães apresentaram maiores valores para volume específico, área e largura, o que sugere que mantiveram características semelhantes ao pão controle em termos de textura. Por outro lado, ao avaliar os pães elaborados com cascas de tomate, observamos que alguns parâmetros tiveram valores menores em comparação ao pão controle. No entanto, a contagem de alvéolos e a porosidade foram maiores nesses pães (CT), quando comparados aos demais, indicando uma estrutura de miolo mais aberta. A relação de números de alvéolos e de menor tamanho influencia na porosidade, quando maior o número de alvéolos e de menor tamanho mais desejável é o pão, de acordo com os resultados apresentados na tabela 2, podemos ver que o pão controle foi o melhor, e que o pão elaborado com CT apresentou maior porosidade, mas maior tamanho de alvéolos. Por isso, que os resultados para textura (gf) estão próximos.

Quando avaliamos estruturalmente os pães obtidos o que apresentou maior semelhança com o pão controle foi o pão obtido com ST, apresentaram área, perímetro, peso, altura e circularidade com semelhança estatística. Essas semelhanças estão ligadas com a fermentação da massa, etapa de grande importância no processo de panificação, ela responsável pela textura, aroma, expansão dos alvéolos internos (microbolhas) e crescimento da massa (El DASH et al., 1982), quando olhamos para a composição das sementes encontramos na sua composição fatores que podem contribuir para a fermentação, como o óleo que é maior nessa fração e o amido que está presente nas sementes de tomate (HERRERA; CÁMARA, 2010; LU et al., 2019; TORBICA et al., 2016).

Com base nos resultados apresentados, podemos concluir que o subproduto de tomate, a fração das sementes, pode ser utilizado com sucesso na formulação de pães, sem afetar negativamente as características reológicas de um pão de forma. Possibilitando manter a qualidade semelhante ao pão tradicional, essa descoberta é promissora para o desenvolvimento de produtos alimentícios mais nutritivos e sustentáveis. E a incorporação cascas de tomate e subprodutos de tomate pode ser utilizada, para aumentar o teor de fibras,

Tabela 2. Resultados dos pães elaborados com a substituição de farinha de trigo por subprodutos de tomate.

Experiment	Controle	Commercial Tomato powder	Tomato peel	Tomato by-product	Tomato seed
Oven jump (mm)	34.98±2.44 ^a	36.42±0.76 ^a	28.50±1.60 ^c	23.06±1.07 ^d	31.97±0.75 ^b
Aw	0.96±0.00 ^b	0.96±0.00 ^c	0.97±0.00 ^a	0.96±0.00 ^b	0.96±0.00 ^b
pH	5.49±0.01 ^a	5.02±0.02 ^c	5.04±0.04 ^c	5.10±0.04 ^b	5.52±0.02 ^a
Acidity (g/L)	0.37±0.01 ^d	0.93±0.04 ^b	0.70±0.03 ^c	1.01±0.02 ^a	0.35±0.01 ^d
Instrumental color					
<i>Crust</i>					
L*	57.24±3.22 ^a	44.35±5.34 ^b	58.30±1.70 ^a	54.79±3.44 ^a	56.44±4.52 ^a
a*	16.91±0.95 ^c	22.58±2.51 ^b	26.43±0.97 ^a	23.23±1.04 ^b	16.67±1.71 ^c
b*	35.57±0.45 ^c	32.93±6.59 ^c	47.48±2.33 ^a	41.43±2.99 ^b	34.84±.75 ^c
<i>Crumb</i>					
L*	80.48±0.51 ^a	65.49±0.82 ^d	61.84±0.64 ^e	66.58±0.34 ^c	72.15±0.72 ^b
a*	1.12±0.17 ^e	21.83±0.34 ^b	23.10±0.92 ^a	19.51±0.25 ^c	5.94±0.16 ^d
b*	19.74±0.49 ^d	40.79±0.54 ^a	41.28±0.65 ^a	39.40±0.66 ^b	23.07±0.33 ^c
Especific volume (g/cm³)	3.71±0.12 ^a	3.82±0.08 ^a	3.01±0.10 ^c	3.45±0.17 ^b	3.82±0.20 ^a
Section estrutura					
<i>Slide</i>					
Area (mm ²)	3850.67±161.94 ^a	3896.88±112.70 ^a	3200.63±119.85 ^c	3529.12±138.28 ^b	3856.86±154.44 ^a
Perimeter (mm)	241.29±6.31 ^a	237.34±4.94 ^a	215.20±2.53 ^c	225.81±4.90 ^b	239.91±5.00 ^a
Width (mm)	66.44±1.79 ^{bc}	68.02±0.72 ^{ab}	64.48±0.71 ^d	65.02±0.92 ^{cd}	68.60±1.85 ^a

Height (mm)	69.47±2.16 ^a	69.24±2.48 ^a	60.60±2.15 ^c	64.66±2.05 ^b	69.39±1.50 ^a
<i>Crumb</i>					
Cell count	3633.89±371.21 ^a	3116.33±439.40 ^{ab}	2956.11±530.13 ^b	3377.00±242.94 ^{ab}	2895.22±477.24 ^b
Cell diameter (mm)	0.18±0.02 ^c	0.22±0.03 ^{bc}	0.27±0.05 ^a	0.21±0.02 ^c	0.26±0.04 ^{ab}
Porosity (%)	32.60±1.51 ^c	33.46±2.11 ^{bc}	38.82±1.97 ^a	34.46±1.98 ^{bc}	35.77±2.18 ^b
Circularity	0.80±0.01 ^{ab}	0.79±0.01 ^{bc}	0.79±0.01 ^c	0.80±0.01 ^{ab}	0.81±0.01 ^a
Texture (g)	769.21±9.22 ^b	834.39±17.95 ^a	758.86±12.68 ^b	677.94±16.46 ^c	458.75±14.04 ^d
Bioactive Compound					
Carotenoids (mg/100g)					
β-carotene	ND	1.53±0.20 ^b	7.31±0.64 ^b	3.31±0.09 ^b	ND
Lycopene	ND	2.37±0.29 ^c	11.92±1.11 ^a	5.21±0.12 ^b	ND
Total flavonoid compounds (mgGAE/g)	0.70±0.02 ^e	2.99±0.20 ^d	3.51±0.11 ^c	7.90±0.21 ^a	5.42±0.15 ^b
Total phenolic compounds (mgGAE/g)	0.90±0.01 ^e	5.73±0.21 ^d	6.28±0.31 ^c	8.05±0.32 ^a	12.94±0.63 ^a
Antioxidant capacity					
DPPH (μmol TE/g)	1.09±0.09 ^e	2.37±0.20 ^d	8.11±0.19 ^a	7.45±0.43 ^b	5.42±0.15 ^c
ORAC (μmol TE/g)	1.21±0.07 ^e	1.83±0.18 ^d	9.86±0.15 ^b	8.01±0.35 ^b	10.77±0.54 ^a

Results are presented as mean (3 replications of process) ± standard deviation. Means followed by different letters in the same experiment column significantly differ according to the Tukey test (p<0.05)

mas precisa ser utilizado com ressalvas para não afetar negativamente as características de produtos na panificação.

3.3. Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante

Os resultados indicaram variações significativas nos teores dos compostos bioativos e da capacidade antioxidante dos pães elaborados. Os carotenoides, como o β -caroteno e o licopeno, foram detectados apenas nas cascas de tomate, no subproduto de tomate e no tomate em pó comercial, esses compostos estavam presentes em quantidades abaixo do limite de detecção nos pães elaborados com sementes de tomate e no pão controle. Quando analisamos o teor de carotenoides nos pães elaborados obtemos maiores valores para os pães elaborados com as cascas de tomate, com maiores maiores concentrações de β -caroteno e licopeno, 7,31 e 11,92 mg/100g, respectivamente, esse resultado está ligado a alta concentração dos carotenoides nas cascas de tomate. A maior concentração obtida para esses compostos em pães com elaborados com CT pode ser pelo fato de parte das cascas incorporadas estavam íntegras e teve proteção dos carotenoides pela parede celular, pois estão quimicamente ligados às proteínas e fibras alimentares (COMAN et al., 2020; VINHA et al., 2014). Os pães elaborados com RT e TP também apresentaram valores significativos de carotenoides, sendo os pães elaborados com TP com as menores concentrações de β -caroteno e licopeno.

Os flavonoides totais foram mais abundantes nos pães elaborados com subprodutos de tomate, com concentrações de $7,90 \pm 0,21$ mgGAE/g e para compostos fenólicos totais o maior teor foi observado em pães elaborados po ST, com 12.94 ± 0.63 mgGAE/g. A capacidade antioxidante, avaliada pelos métodos DPPH e ORAC, variou entre os componentes de tomate e nos pães e apresentou menores valores para o tomate em pó comercial. Por outro lado, nos pães com cascas de tomate, a capacidade antioxidante medida pelo método DPPH foi mais significativa. Os valores obtidos por Meehta et al. (2018) também apresentaram valores de compostos bioativos e de capacidade antioxidante maior que o obtido para pão controle, o que comprova que mesmo com o processamento térmico que os pães passam para assar, parte dos compostos bioativos permanecem viáveis e foram detectados, assim como outros autores conseguiram demonstrar que o enriquecimento de pães com subprodutos de frutas e vegetais é viável para ter produtos mais ricos nutricionalmente (GALVÃO et al., 2018; SIRBU; ARGHIRE, 2017; TAN et al., 2015).

Esses resultados destacam as diferenças na capacidade antioxidante dos diferentes componentes de tomate e alteração do perfil de compostos bioativos nos produtos elaborados, sugerindo possibilidades de desenvolver alimentos enriquecidos com antioxidantes de acordo com os objetivos nutricionais desejados. A incorporação dos subprodutos de tomate e suas frações, cascas e sementes em pães como ingrediente complementar à farinha de trigo, ajuda na redução do desperdício alimentar e contribuindo para um sistema alimentar mais sustentável e para a economia circular.

4. CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que o subproduto industrial de tomate e suas frações cascas e sementes, podem ser utilizados para a incorporação em pães, substituindo parcialmente a farinha de trigo. Esses pães obtiveram propriedades nutricionais aprimoradas, com maior teor de fibra alimentar, carotenoides, compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante. Em relação às características estruturais, o acréscimo das cascas afetou a porosidade, obtendo pães com maior número de alvéolos; o acréscimo das sementes afetou o volume específico e o salto de forno, e os pães com tomate em pó comercial e o subproduto de tomate apresentaram características mais próximas ao pão controle. A incorporação de ST manteve a qualidade e as propriedades estruturais do pão de forma. Consequentemente, o subproduto de tomate e suas frações podem ser utilizados como ingredientes alimentares para o desenvolvimento de novos produtos da panificação, essa descoberta é promissora para o desenvolvimento de produtos alimentícios mais nutritivos e sustentáveis, contribuindo para a redução do desperdício alimentar, com grande potencial sensorial, nutricional e econômico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACCI (Associação Americana de Químicos de Cereais Internacional). Métodos de análise aprovados, 11ª ed. AACCI, São Paulo, 2011.

AOAC (Associação de Químicos Agrícolas Oficiais). Oficial métodos de análise da Association of Official Analytical Químicos, 18ª ed. In: Howitz W, Latimer Jr GW (eds.). AOAC Internacional, Gaithersburg, 2006.

AMADO, I. R. et al. Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology. **Food Chemistry**, v. 165, p. 290–299, 2014.

ASIOLI, D. et al. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. **Food Research International**, v. 99, p. 58–71, 1 set. 2017.

CARDENAS-TORO, F. et al. Food and Bioproducts Processing Pressurized liquid extraction and low-pressure solvent extraction of carotenoids from pressed palm fiber : Experimental and economical evaluation. v. 4, p. 90–100, 2015.

COMAN, V. et al. Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 91, p. 157–225, 2020.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORFOVÉS, C.; BARTOTLOMÉ, B. Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC – Fluorescein) Assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 48–54, 2004.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436–446, 1978.

GALANAKIS, C. M. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by-products: A viewpoint of opportunities and challenges. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, p. 575–579, 2013.

GALVÃO, A. M. M. T. et al. Edible coating based on modified corn starch/tomato powder: Effect on the quality of dough bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, n. November 2017, p. 518–524, 2018.

GUMERATO, H. .; SCHMIDT, F. L.; VITALI, A. A. **Equipamento Separador de Sementes e Peles de Frutos em geral e Processo de Separação de Sementes e Peles de Frutos em Geral**Vilage Marcas &Patentes S/C Ltda P.I 0400613-5
ABrazilVilage Marcas &Patentes S/C Ltda P.I , 13 set. 2005.

- HERRERA, P. G.; CÁMARA, M. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, n. 4, p. 707–711, 2010.
- KARLA, A. S. M.; FLÁVIO, L. S. The tomato paste quality attributes along the industrial processing chain. **African Journal of Food Science**, v. 13, n. 10, p. 215–224, 31 out. 2019.
- LAL, M. K. et al. Glycemic index of starchy crops and factors affecting its digestibility: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 741–755, 1 maio 2021.
- LU, Z. et al. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, n. February, p. 172–187, 2019.
- LUISA GARCÍA, M.; CALVO, M. M.; DOLORES SELGAS, M. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. **Meat Science**, v. 83, n. 1, p. 45–49, 2009.
- MALENICA, D.; BHAT, R. Current research trends in fruit and vegetables wastes and by-products management-Scope and opportunities in the Estonian context. **Agronomy Research**, v. 18, n. S3, p. 1760–1795, 2020.
- MARQUES, F. et al. Contextualizando a Elevada Prevalência de Anemia na População Portuguesa: Percepção, Caracterização e Preditores: Um Sub-Estudo do EMPIRE. **Medicina Interna**, v. 23, p. 25–37, 2016.
- MEHTA, D. et al. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2560–2568, 2018.
- MENSOR, L. L. et al. Screening of Brazilian Plant Extracts for Antioxidant Activity by the Use of DPPH Free Radical Method. **Phytotherapy Research**, v. 130, p. 127–130, 2001.
- MORAIS, L. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014.
- POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Extraction of lycopene from tomato processing waste : Kinetics and modelling. **FOOD CHEMISTRY**, v. 173, p. 943–950, 2015a.

- POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Optimization of extraction of high purity all-trans-lycopene from tomato pulp waste. **Food Chemistry**, v. 188, p. 84–91, 2015b.
- REGUENGO, L. M. et al. Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 152, 1 fev. 2022.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A GUIDE TO ANALYSIS IN**. Washington DC, USA: [s.n.].
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965.
- SIRBU, A.; ARGHIRE, C. Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 220–227, 2017.
- SZABO, K. et al. Antimicrobial and antioxidant properties of tomato processing byproducts and their correlation with the biochemical composition. **LWT**, v. 116, 1 dez. 2019.
- TAN, Y. M. et al. Functional chitosan-based grapefruit seed extract composite films for applications in food packaging technology. **Materials Research Bulletin**, v. 69, p. 142–146, 2015.
- TORBICA, A. et al. Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 299–309, 2016.
- VINHA, A. F. et al. Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 197–202, 2014.
- YAGCI, S. et al. Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 368, p. 130847, 30 jan. 2022.
- ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, WU. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–550, 1999.

CAPÍTULO VI

EMBALAGEM BIOATIVA E BIODEGRADÁVEL ELABORADA COM SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS DE TOMATE E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS

Leticia Cardoso da Silva^{ab}, Magdalena Wrona^b, Raquel Becerril^b, Jesús Salafranca^b,
Cristina Nerín^{b*}, Helena Teixeira Godoy^a

^a Department of Food Science, School of Food Engineering, University of Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brazil; ^b Department of Analytical Chemistry, Aragon Institute of Engineering Research I3A, CPS-University of Zaragoza, Torres Quevedo Building, María de Luna 3, 50018 Zaragoza, Spain.

* Autor para correspondência: leticiacardosodasilva@hotmail.com

Manuscrito em preparação para ser submetido à revista: Food Control

RESUMO

Bioembalagem multifuncional à base de celulose com revestimento de carboximetilcelulose ativa foi desenvolvida e otimizada. Extrato de tomate de resíduos industriais tem sido utilizado como agente ativo para conservação de fatias de presunto de York. Essas foram armazenadas em filmes controles e ativos por vinte dias e sua qualidade foi avaliada por fotografia, compostos voláteis, análise sensorial, cor, substâncias reativas de ácido tiobarbitúrico (TBARS) e teor total volátil de nitrogênio básico (TVB-N). As cascas de tomate apresentaram 29 compostos voláteis e atividade antioxidante de 12,13%. Quando aplicado em filme de celulose a capacidade antioxidante da embalagem foi de 28,59%. No dia 20 foi avaliado a oxidação lipídica, a concentração de dialdeído malônico (MDA) para filmes contendo extratos de casca de tomate foi de $0,11 \pm 0,02$, para os com revestimento $0,18 \pm 0,02$, e os filmes controle apresentaram $0,26 \pm 0,04$ mg/kg de presunto. Na análise sensorial a aceitabilidade foi se manteve por mais dias para as embalagens com ativo de tomate. Na análise de migração as embalagens não apresentaram compostos detectados do subproduto de tomate para o presunto, o que os tornam seguros para a aplicação em alimentos. Esses resultados indicam a potencial aplicação de filmes ativos com extrato casca na preservação de presunto, e que a embalagem de celulose pode ser utilizada para prevenir a oxidação lipídica.

Palavras-chave: Bioembalagem ativa, polímero multifuncional, carboximetilcelulose, antioxidantes, subprodutos.

1. INTRODUÇÃO

As expectativas do consumidor moderno em relação à qualidade dos alimentos mudaram, atualmente os consumidores buscam alimentos que sejam mais naturais, menos processado possível, sem aditivos, corantes ou conservantes (PATEIRO et al., 2019). No entanto, alimentos altamente perecíveis, como carne ou presunto, precisam ser preservados de alguma forma. A oxidação de lipídios e a oxidação de mioglobina no presunto levam ao desenvolvimento de sabor estranho e descoloração. Os processos de oxidação muitas vezes parecem estar ligados, e a oxidação pode levar a formação de espécies químicas, causando a rejeição do consumidor ao produto (BORZI et al., 2019; SONG et al., 2020; WRONA et al., 2017a). Uma solução inovadora para este problema pode ser a aplicação de bioembalagem ativa. A embalagem ativa é uma tecnologia que permite prolongar o prazo de validade dos alimentos ao incorporar agentes ativos no sistema de embalagem (NERÍN; WRONA, 2018). Ao mesmo tempo, a bioembalagem ativa pressupõe a utilização de biopolímeros e componentes biodegradáveis para seu desenvolvimento. É importante destacar que os biopolímeros têm recebido grande destaque nas embalagens de alimentos por serem uma alternativa sustentável aos polímeros convencionais de base petroquímica. Um ótimo exemplo disso pode ser a celulose, que é um polímero biodegradável à base de madeira (AHVENAINEN; HURME, 1997; ANETTA BARSKA; WYRWA, 2016).

Os resíduos de tomate constituem uma fonte promissora de compostos que podem ser utilizados por suas propriedades nutricionais, por seu potencial biológico, o que possibilita que ele seja de grande interesse nutricional e tecnológico (LU et al., 2019; REGUENGO et al., 2022; TORBICA et al., 2016). Atualmente, os resíduos de processamento de tomate são amplamente usados como subprodutos para alimentação animal e fertilizantes, mas a abundância de licopeno destes materiais indica a possibilidade de utilizá-lo como fonte sustentável, alternativa e de baixo custo para produtos destinados à alimentação humana (LU et al., 2019; MEHTA et al., 2018; POOJARY; PASSAMONTI, 2015; SAINI; MOON; KEUM, 2018). Esses produtos passaram a ser valorizados como fonte de nutracêuticos, pois são utilizados para a extração de compostos bioativos, além de serem usados como matéria-prima na produção de biocombustíveis, bio-plásticos, e alimentos (GALANAKIS, 2013; GIROTTO; ALIBARDI; COSSU, 2015; RAVINDRAN; JAISWAL, 2016).

Com isso, objetivo é quantificar compostos bioativos voláteis e a capacidade antioxidante dos extratos de subprodutos de tomate, bem como as frações de cascas e sementes separadas. Desenvolver embalagens biodegradáveis e bioativas incorporadas com os extratos de casca de tomate. Aplicar essas embalagens ativas em presunto fresco e determinar a eficiência da nova embalagem ativa na inibição da oxidação e na extensão da vida útil do presunto fresco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Produtos químicos

Etanol de grau HPLC ($\geq 99,9\%$), peróxido de hidrogênio ($\geq 30\%$, CAS: 7722-84-1), e ácido ortofosfórico (85%, CAS: 7664-38-2) foi adquirido na Scharlau Chemie S.A (Sentmenat, Espanha), ácido tricloroacético (TCA, $\geq 99,0$, CAS: 76-03-9), ácido 2-tiobarbitúrico (TBA, $\geq 98\%$, CAS: 504-17-6), 1,1,3,3-tetrametoxipropano (99,0%, CAS: 102-52-3), carbonato de potássio (K_2CO_3 , $\geq 99\%$, CAS: 584-08-7), e vermelho de metila (CAS: 493-52-7), hidroximetilcelulose (CEC); carboximetilcelulose (CMC) e peptine; foram obtidos da Sigma-Aldrich Química S.A. (Madrid, Espanha). Hidrogenofosfato dissódico di-hidratado ($\geq 99,5\%$, CAS: 10028-24-7), dihidrogenofosfato de sódio monohidratado ($\geq 99,0\%$, CAS: 7558-80-7) e salicilato de sódio ($\geq 99,5\%$, CAS: 54-21-7) foram obtidos da Merck (Madrid, Espanha). Hidróxido de sódio (NaOH, 0,25 N, CAS: 1310-73-2) e ácido sulfúrico (H_2SO_4 , 96%, CAS: 7664-93-9). Água deionizada usada para todas as soluções e diluições foi obtida de um sistema Wasserlab Ultramatic GR (Barcelona, Espanha). Os presuntos frescos fatiados foram adquiridos em mercados da cidade (Zaragoza, Espanha). O filme celulose (15 μm de espessura) foi obtido na Envaflex S.A. (Zaragoza, Espanha).

2.2. Material Ativo de Bioembalagem

Os subprodutos de tomates utilizados para o trabalho foram fornecidos por uma indústria brasileira, localizada no Estado de São Paulo, resultado do processamento de três anos, 2018, 2019 e 2020, variedade H9553 representa o maior volume colhido do tomate. A amostra foi homogeneizada, parte foi fracionada em cascas e sementes, por um processo de decantação e flotação (GUMERATO; SCHMIDT; VITALI, 2005) as amostras foram secas em um liofilizador do modelo LS3000 (Terroni, São Carlos-SP,

Brasil), embaladas (200B Selovac, São Paulo, BRA) sob vácuo ($93.325.66 \text{ N / m}^2$) em sacos de polietileno de baixa densidade, e mantidas em -80°C em ultrafreezer (Panasonic, São Paulo, Brasil) até o momento das análises.

2.3 Otimização

Foram testados presunto curado e não curado, cozido com ervas e sem ervas para aplicação da embalagem. Para a análise de volatéis por SPME foram testados diferentes peso de amostra (0,2; 0,3; 1 e 1,5g). Para a otimização da embalagem foram testados 3 tipos de revestimento hidroximetilcelulose (CEC), carboxymetilcelulose (CMC) e peptine; diferentes surfactantes também foram testados, comercial, sorbitol e uma mistura sem surfactante, diferentes concentrações do extrato com compostos bioativos adicionados no revestimento também foram analisadas (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70%).

2.4. Preparação de bioembalagem ativa

A embalagem ativa é projetada com base na adição direta de antioxidantes no revestimento da embalagem. O material de embalagem desenvolvido foi baseado em uma camada de polímero de celulose (CL) da linha de produtos Nutraflex (45NK) fornecida pela Futamura UK Ltd (Burgos, Espanha) laminada juntamente com um adesivo biodegradável à base de água para aplicações em embalagens de alimentos da Samtack (Barcelona, Espanha) (NERÍN; WRONA, 2018; SONG et al., 2020). A concentração de 20% do extrato de subproduto de tomate foi incorporada na fórmula do adesivo. A mistura de revestimento e antioxidantes foi agitada em vórtex por 1 min para obter fase homogênea. O adesivo ativo foi espalhado na folha CL usando a máquina de revestimento K control coater da RK print coat instrument (Litlington, UK). Barra enrolada com fio fechado (número da barra: 4; código de cor: preto; diâmetro do fio: 0,51 mm) foi usada para revestimento. Os filmes foram deixados para secar. Enquanto isso, os filmes estendidos com o mesmo revestimento sem antioxidante natural foram usados, e folhas de celulose foram usadas como branco.

2.5. Avaliação da Qualidade

Com os filmes ativos obtidos foram produzidos bolsas com superfície de 12×12 cm² para embalagem do presunto. Em ambiente estéril cada fatia de presunto foi colocada na embalagem, com contato direto. Então, as bolsas (figura 1) foram seladas hermeticamente e armazenadas a 6 ± 1 °C por 20 dias. Todas as amostras foram preparadas em triplicata e retirada após 0, 7, 10, 14, 18 e 20 dias para a análise da avaliação de qualidade, capacidade antioxidante e segurança do material.



Figura 1. Amostra de presunto colocada na embalagem de polímero de celulose com revestimento de extrato de casca de tomate.

A qualidade do presunto cozido foi testada durante os experimentos avaliando diferentes propriedades organolépticas e parâmetros físico-químicos: análise visual por fotografias, composição de voláteis, oxidação de lipídios TBARS, medição de cor e valores de TVB-N. Todas as análises foram feitas em triplicata em 0, 7, 10, 14, 18 e 20 dias.

2.5.1. Fotografias

As fatias de presunto foram retiradas das embalagens 5 minutos antes do registro para evitar o efeito “blooming” com a câmera a 45 cm de altura e a um ângulo de 180°. As amostras foram iluminadas com luz natural e foi usado o modo manual com flash cancelado.

2.5.2. Composição de compostos voláteis

A análise de compostos voláteis foi conduzida, inicialmente, nos subprodutos de tomate e suas frações, a fim de selecionar a fração com maior quantidade de compostos para posterior aplicação nas embalagens. Além disso, foi realizado o perfil de compostos voláteis nas fatias de presunto conservadas em diferentes tipos de embalagens em vários dias. O método utilizado foi a headspace microextração em fase sólida (HS-SPME) acoplada a cromatografia gasosa com detecção por espectrometria de massa (GC-MS).

O procedimento consistiu em colocar 1 grama da amostra em um frasco de 20 mL. As condições de análise foram as seguintes: a amostra foi equilibrada a 80 °C por 2 minutos, e, em seguida, a fibra da SPME foi exposta à fase de headspace do frasco e extraída a 80 °C por 20 minutos. Após a extração, a fibra foi inserida na porta de injeção do cromatógrafo gasoso e desorvida por 2 minutos.

A determinação dos compostos foi realizada em um cromatógrafo a gás modelo 6890 N, conectado a um espectrômetro de massa modelo 5975 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA). Foi utilizada uma coluna HP-5MS GC (30 metros de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e espessura de filme de 0,25 µm) para separar os compostos. A injeção da amostra foi realizada no modo splitless. O hélio foi utilizado como gás de arraste a uma taxa de fluxo constante de 1,0 mL/min. O programa de temperatura do forno foi o seguinte: inicialmente a 40 °C por 5 minutos, seguido de um aumento de 10 °C por minuto até 300 °C, mantendo-se nessa temperatura por 5 minutos, resultando em um tempo total de execução de 35 minutos. O detector foi configurado no modo de aquisição SCAN (varrendo a faixa de massas de 45 a 500 m/z) para detectar o maior número possível de compostos. As temperaturas da entrada frontal, da fonte de íons e do quadrupolo foram definidas em 250 °C, 230 °C e 150 °C, respectivamente. A identificação final dos picos foi realizada por meio da comparação com a biblioteca de espectros de massas do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST).

2.5.3. Oxidação de lipídios - Teor de TBARS

A determinação de TBARS foi baseada no método proposto por (VYNCKE, 1970). Resumidamente, 5 g de presunto foram homogeneizados com 10 mL de 5 % de ácido tricloroacético (TCA) até que uma pasta uniforme fosse obtida, a suspensão foi então filtrada com membrana de teflon de 0,45 µm e 2 mL de filtrado foram misturados

com 2 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (20 mM em água desionizada). A mistura foi aquecida a 97 °C por 20 minutos e, em seguida, resfriado à temperatura ambiente. A solução de reação final foi submetida a absorvância de 532 nm. 1,1,3,3-tetrametoxipropano na faixa de concentração de 0,1 a 0,8 mg/kg foi usado para construir a curva de calibração, e os valores TBARS do presunto foram expressos como mg de malondialdeído por kg de amostra (mg MDA/kg de presunto).

2.5.4. Avaliação de cor

A cor da superfície do presunto foi medida usando um portátil medidor de croma na condição de iluminante C e observador 2° (CR- 400, Konica Minolta, Osaka, Japão). O medidor de cor foi calibrado com um quadro branco padrão ($Y = 93,7$, $x = 0,3130$, $y = 0,3191$). Diferentes posições na superfície da carne foram medidas e a cor foi expressa como L^* (claridade), a^* (vermelho-verde) e b^* (amarelo- Azulada).

2.5.5. Avaliação sensorial

A análise sensorial do presunto foi feita por um painel contendo 6 painelistas treinados. Foi realizado de acordo com as diretrizes de análises sensoriais (Padronização, 2003, 2006) e o método descrito em estudo anterior (WRONA et al., 2017b). Três parâmetros incluindo aparência, odor e aceitabilidade total foram usados para avaliar a qualidade do presunto, que foram avaliados usando uma escala descritiva de 5 pontos: 1 é muito ruim, 2 ruim, 3 aceitável, 4 bom e 5 muito bom. Uma pontuação alta indica que o produto é fresco. A aparência da carne estava relacionada com sua cor e textura. No processo de deterioração a cor do presunto ficava mais escuro e com a textura ressecada. O presunto fresco tem um cheiro característico, esse odor é modificado, e o odor azedo é liberado quando o presunto estraga.

2.5.6. Ensaios de microbiologia - Determinação do conteúdo TVB-N

O conteúdo de TVB-N foi determinado pela microdifusão de Conway método (CONWAY; BYRNE, 1933). Cinco gramas presunto foram homogeneizados com 15 mL de água em um saco Stomacher e, em seguida, 10 mL de 10% (w / v) TCA foi adicionado para eliminar a proteína. A pasta foi filtrada e centrifugado antes da análise. TVB-N foi

liberado pela mistura de 1 mL de sobrenadante com 1 mL de K_2CO_3 saturado e difundido em 1 mL de ácido sulfúrico 0,01 N. A titulação do ácido sulfúrico não reagido foi realizada com NaOH 0,01 N. A quantidade de TVB-N foi calculada por a seguinte equação:

$$TVB\ N = [(VH - VOH) \times 0,14 \times 25 / (VS \times W)] \times 100$$

Onde VH é o volume de ácido sulfúrico (1 mL), VOH é o volume de NaOH consumido na titulação, VS é o volume da amostra adicionada à célula de Conway (1 mL), W representa o peso da amostra (5 g). O TVB-N foi expresso em mg N / 100 g de presunto.

2.6. Teste de bio-embalagem ativa

2.6.1. Capacidade antioxidante

O método foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Pezo et al., (2006), em uma atmosfera enriquecida em radicais livres será aplicada nos extratos de subprodutos de tomate e nas embalagens biodegradáveis construídos com os materiais antioxidantes de acordo com o procedimento previamente otimizado. O método consiste na hidroxilação do ácido salicílico pelos radicais livres gerados a partir de um H_2O_2 aquoso aerossol, sob irradiação de luz UV. A atmosfera gerada enriquecida em radicais livres é transportada por um gás inerte através do saco plástico feito de material ativo e borbulha em uma solução de ácido salicílico. O ácido salicílico reage com os radicais livres não eliminados e forma o ácido 2,5-di-hidroxibenzóico (2,5-DHB) como composto principal. A análise quantitativa do 2,5-DHB e do ácido salicílico residual foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (Alliance 2695 Separations Module (Waters, Milford, MA, EUA)) com um Detector de Fluorescência de Varredura 474 (Waters, Milford, MA, EUA). Uma coluna de fase inversa de águas (100mm de comprimento, 4,6mm id, 3 μ m) foi utilizada Atlantis C18. A fase móvel foi uma mistura de tampão acetato aquoso (35mmol.L⁻¹, pH 5,8, 1,0 mL.min⁻¹) e metanol, 90:10 (v / v). O volume de injeção foi de 20 μ L. Os comprimentos de onda de excitação e emissão foram estabelecidos em 324 e 448 nm, respectivamente. A atividade de eliminação radical foi calculada utilizando a área do filme ativo e do filme controle. E expressos em % de hidroxilação.

2.6.2. Segurança de material - Testes de migração

A análise de migração foi realizada por imersão total das embalagens desenvolvidas no simulador de alimento, pedaços de filmes foram cortados (5 cm × 1 cm) e introduzidos em frascos de 20 mL. Depois disso, esses frascos foram mantidos em um forno por 10 dias a 20 ° C. Todas as experiências de migração foram realizadas em triplicada. Os simulantes, etanol 10% e 95%, de acordo com a legislação 2011/EU, foram utilizados para as análises de migração por LI-GC-MS e SPME-CG-MS (ambos com ionização de impacto eletrônico), de acordo com a metodologia de Ubeda et al. (2019).

2.7. Estatística

Os dados foram apresentados como a média dos valores obtidos para cada resultado. O teste t de Student foi realizado para comparar as diferenças entre as amostras no caso de análise de três médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Otimização

As amostras de subprodutos, cascas e sementes de tomate, de diferentes safras foram submetidas a análise de capacidade antioxidante, figura 5, para definir o a embalagem com o melhor desempenho nessa técnica de avaliação da capacidade antioxidante para elaboração das embalagens, a mesma metodologia foi utilizada por demais autores (DJEARI et al., 2021; OUAHIOUNE et al., 2022; SONG et al., 2020).

Dos parâmetros otimizados, primeiramente foram estudados dois tipos de presunto o curado e o cozido cada um tem as suas propriedades, o curado tem o tempo de prateleira longo que necessitariam de um período de 2 anos para analisar o impacto da embalagem na conservação do alimento, já o cozido tem o tempo de prateleira menor, sendo uma melhor escolha para analisar o perfil de oxidação lipídica. Dentre os presuntos cozidos encontramos no mercado a opção comercial de com e sem ervas e especiarias, ao comparar os dois por HS-SPME- GC-MS encontramos nos produtos com ervas picos de timol e cimene que poderiam influenciar diretamente a deterioração e o tempo de prateleira por terem efeito antimicrobiano natural, uma vez que os produtos sem ervas e

especiarias não apresentaram essas substâncias esse foi escolhido para aplicar a bioembalagem e analisar a aceitação sensorial e oxidação lipídica.

Para a análise de voláteis por HS-SPME- GC-MS foram testados diferentes peso de amostra de presunto fresco (0,2; 0,3; 1 e 1,5g), com a avaliação de quantidade e intensidade de picos. A quantidade de 0,2 e 0,3g apresentaram ausências de 4 picos quando comparados com as 1 e 1,5g. O perfil cromatográfico das amostras com 1 e 1,5g apresentaram se iguais no número de picos, e com pequena variação de intensidade, sendo então escolhido 1g para identificação de compostos voláteis, já apresentam os mesmos compostos e tendo uma menor quantidade de amostras.

Para a produção da embalagem foram testados três diferentes tipos de revestimentos. A hidroximetilcelulose (CEC) apresenta boa aderência e apresenta característica termoselante, porém não está presente na lista positiva de componentes químicos que podem estar em contato com alimento (Commission Regulation (EU) n°10/2011), por isso foi descartado (RESTUCCIA et al., 2010). Já a peptine está na lista positiva (Commission Regulation (EU) n°10/2011) e apresentou aderência, porém não é termoselante, sendo descartável por não ser possível a produção das embalagens. A carboxymetilcelulose (CMC) apresentou características desejáveis e aderência ideal, além de ser regulamentada como aditivo alimentar (E466, Regulation EC, n°1333/2008), essa foi escolhida para ser utilizada com o filme de celulose para a aplicação na embalagem.

A utilização de dois surfactantes foi verificada, sendo um comercial e o sorbitol, esses foram comparados com a formulação sem surfactante, todos apresentaram boa extensão, lacunas no revestimento. O surfactante comercial foi descartado por não ser biodegradável, e o sorbitol por ter um limite de migração que não pode exceder a 60 µg/g, e esses apresentaram o mesmo efeito das embalagens sem surfactantes, por isso não teve adição desse aditivo, e foi investigado a presença de surfactantes naturais no extrato.

As diferentes concentrações do extrato com compostos bioativos extraídos de subprodutos de tomate, fração casca (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70%) foram testados, foi verificado a solubilidade, a extensibilidade, e se eram termoselante. A máxima concentração solúvel foi até 60%, a mistura com 70% do extrato incorporada ao revestimento não apresentou as características necessários de um revestimento. A concentração de 10, 20, 30, 40, 50, 60% apresentou-se homogênea com o revestimento, todas apresentaram boa extensão, porém só a concentração de 10 e 20% eram termoselante, sendo que concentrações mais altas do extrato perdiam a propriedade de

fechar a embalagem. Sendo assim a embalagem foi elaborada com CMC (1,5%), sem adição de surfactante e com 20% de extrato de casca de tomate.

3.2. Teste no presunto cozido

3.2.1. Fotografias

A análise das fotos dos presuntos (Figura 2) mostrou que as fatias de presuntos armazenadas em bolsas com extrato de cascas após 20 dias não apresentaram crescimento visual de nenhum microrganismo (ativo) quando comparadas os produtos armazenados com a bolsa controle e da elaborada apenas com o revestimento, na figura 2, temos a presença de fungos e manchas nas fatias que foram armazenadas com a embalagem controle e com o revestimento. Além da presença de maior ressecamento do produto na embalagem controle, com a coloração avermelhada. Este fato pode ser devido à presença de compostos antioxidantes, principalmente compostos voláteis e não voláteis, identificados nos extratos utilizados para elaboração das embalagens.

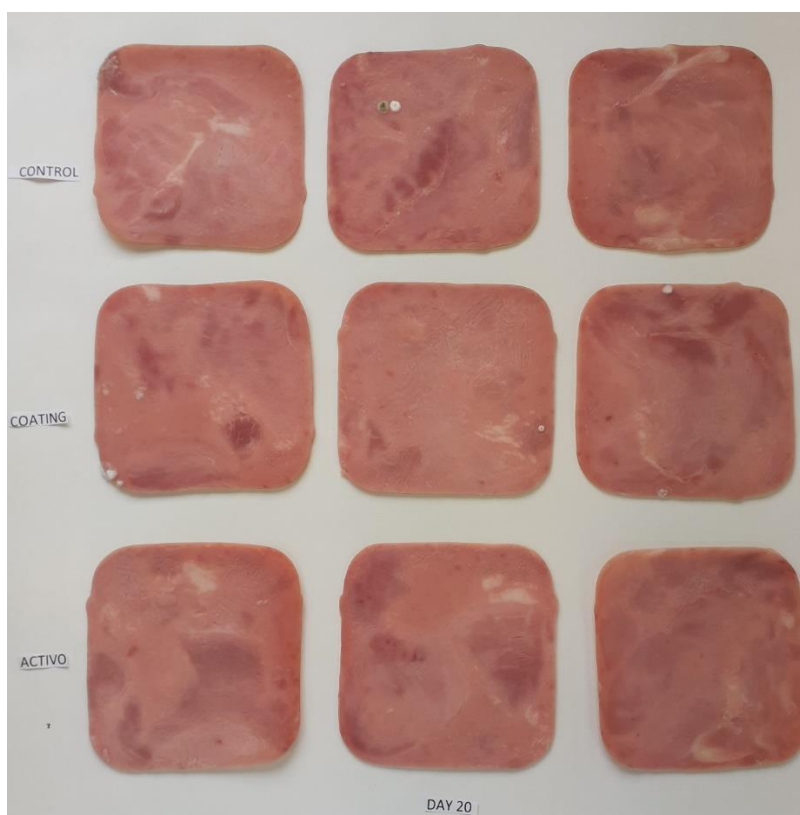


Figura 2. Amostra de fatias de presunto armazenadas em embalagens controle, com revestimento e com revestimento incorporado de extrato de cascas de tomate, após 20 dias de armazenamento.

3.2.2. Composição de compostos voláteis

O perfil de compostos voláteis bioativos de subprodutos de tomate e suas frações estão apresentados na tabela 1. A identificação dos compostos voláteis estão numerados de acordo com seu tempo de retenção. O tipo de modo de injeção é indicado para cada composto. Além disso, uma lista da presença de analitos bioativos em extratos específicos. Os antioxidantes naturais podem funcionar como necrófagos, seja prevenindo a formação de espécies reativas ou removendo-as antes que comecem a danificar os processos alimentares. Segundo a literatura (DJEHARI et al., 2021; OUAHIOUNE et al., 2022), as propriedades antioxidantes podem estar relacionadas a diversos compostos bioativos voláteis bioativos. O perfil de vinte e nove diferentes compostos voláteis bioativos foi obtido, tabela 1. Existem poucas publicações sobre a identificação de compostos voláteis compostos de subprodutos de tomate e eles estão focados em óleos essenciais obtidos das cascas.

De acordo com os resultados da Tabela 1, foram determinados 29 compostos voláteis, esses foram confirmados com biblioteca NIST e com o match maior que 900. Foram encontradas diferentes classes químicas, o que indica que os extratos obtidos possuem composição diferente de compostos voláteis, foram identificados ésteres, ácidos, aldeídos, álcoois e terpenos. Dentre os compostos identificados temos precursores de carotenoides e ácidos graxos, que estão presentes na fração lipídica dos subprodutos, como levantando por (JIA et al., 2023), temos uma mistura complexa de voláteis, que é essencial para o sabor do tomate; o estudo identificou 31 voláteis que alteram durante o amadurecimento do tomate, etileno desempenhou um papel crítico na redução de voláteis de apocarotenoides e na influência na biossíntese de carotenoides.

Tabela 1. Resultados da identificação dos compostos voláteis, presente em diferentes frações do subproduto de tomate.

Os compostos presentes nas diferentes amostras são marcados com o símbolo “x”.

n°	Tr	RI	Composto	CAS	Estrutura	Modo de Injeção	Fração do Tomate		
							Subproduto	Cascas	Semente
1	1.824	712	2-Propanone, 1-(dimethylamino)-	C ₅ H ₁₁ NO	15364-56-4	SPME	x	x	x
2	4,822	763	Toluene	C ₇ H ₈	108-88-3	SPME	x	x	x
3	5,398	782	2-Butenal, 3-methyl-	C ₅ H ₈ O	107-86-8	SPME	x	x	x
4	5.828	800	Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	66-25-1	SPME	x	x	x
5	7.369	854	2-Hexenal, (E)-	C ₆ H ₁₀ O	006728-26-3	SPME	x	x	-
6	8.250	1023	Ethanone, 1-(1-cyclohexen-1-yl)-	C ₈ H ₁₂ O	000932-66-1	SPME	x	x	x
7	8.580	905	3-Methylcyclopentyl acetate	C ₈ H ₁₄ O ₂	24070-70-0	SPME	x	x	-
8	9.862	958	2-Heptenal, (E)-	C ₇ H ₁₂ O	18829-55-5	SPME	x	x	x
9	9.924	962	Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	100-52-7	SPME	x	x	x
10	10.538	986	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	C ₈ H ₁₄ O	000110-93-0	SPME	x	x	-
11	11.373	1042	D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	5989-27-5	SPME	x	x	x
12	11.432	1043	2-Isobutylthiazole	C ₇ H ₁₁ NS	018640-74-9	SPME	x	x	-
13	11.613	1045	Benzeneacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	000122-78-1	SPME	x	x	x
14	11.874	1060	2-Octenal, (E)-	C ₈ H ₁₄ O	002548-87-0	SPME	x	x	x
15	14.250	1200	Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	000112-40-3	SPME	x	x	x
16	20.672	1700	Heptadecane	C ₁₇ H ₃₆	629-78-7	SPME	x	x	x
17	21,176	1900	Nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	629-92-5	LI	x	x	x
18	23.022	1919	5,9,13-Pentadecatrien-2-one, 6,10,14-trimethyl-, (E,E)-	C ₁₈ H ₃₀ O	001117-52-8	LI	x	x	x
19	23.389	1968	n-Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	000057-10-3	LI	x	x	x
20	23.707	1993	Hexadecanoic acid, ethyl ester	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	000628-97-7	LI	x	x	-
21	25.022	2133	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	000060-33-3	LI	x	-	x
22	25.281	2162	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	007619-08-1	LI	x	x	x
	25.323		(E)-9-Octadecenoic acid ethyl ester				x	x	x
23	25.548	2195	Octadecanoic acid, ethyl ester	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	000111-61-5	LI	x	x	x
24	26.003	2253	3-Methylbutyl hexadecanoate	C ₂₁ H ₄₂ O ₂	081974-61-0	LI	x	x	x
25	27.018	2386	9-Octadecenamide, (Z)-	C ₁₈ H ₃₅ NO	000301-02-0	LI	x	x	x
26	27.677	2449	Octadecanoic acid, 3-methylbutyl ester	C ₂₃ H ₄₆ O ₂	000627-88-3	LI	x	x	-
28	30.984	2600	Heptacosane	C ₂₇ H ₅₆	593-49-7	LI	x	x	x
29	32.941	2700	Octacosane	C ₂₈ H ₅₈	630-02-4	LI	x	x	x

3.2.3. Oxidação de lipídios

Mudança de TBARS durante o tempo de armazenamento verifica alteração da oxidação lipídica e da oxidação secundária que produz alcanos, aldeídos e cetonas são formados na fase final, responsáveis pelo ranço da carne e em seus produtos, e esses compostos podem ser detectados pelo ensaio TBARS (VYNCKE, 1970). Os resultados de TBARS de presunto embalado em filmes de controle, revestimento e antioxidantes

durante 20 dias a 6 °C são exibidos na figura 3. O valor inicial de TBARS foi de $0,08 \pm 0,003$ mg MDA / kg de amostra. Os valores de MDA aumentaram lentamente nos primeiros 7 dias para todas as amostras. No dia 10 os valores apresentaram uma ligeira diminuição para as amostras armazenadas nas embalagens controle e com antioxidantes, isso pode ser devido à decomposição do MDA em outros aldeídos e compostos voláteis ou reação com outros componentes do presunto, como proteínas e aminoácidos (PEREIRA DE ABREU et al., 2011; SONG et al., 2018). A partir do 14º dia, os valores de TBARS do grupo controle aumentaram rapidamente. As fatias embaladas em filmes antioxidantes apresentaram valores mais baixos comparado com o grupo de controle e de revestimento.

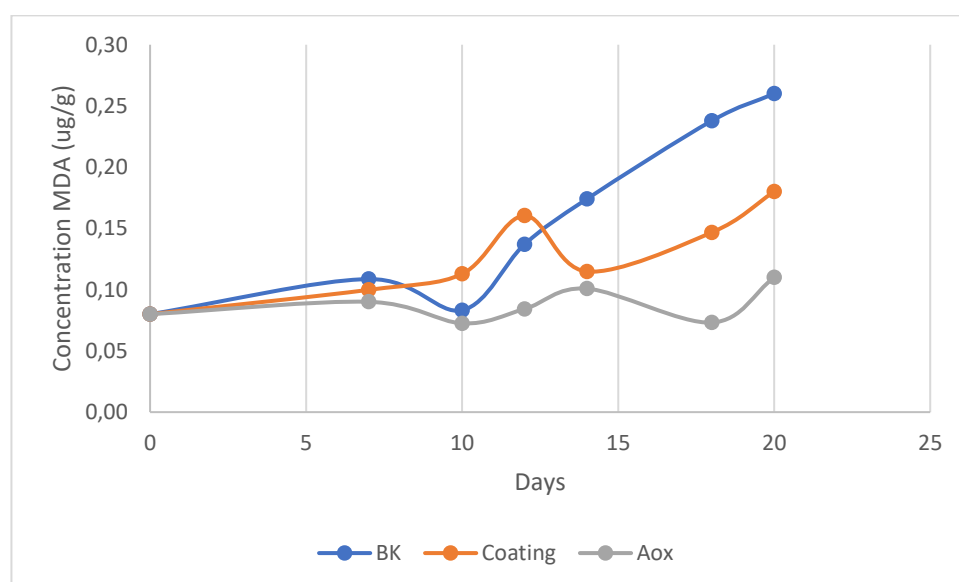


Figura 3. Alteração de TBARS dos presuntos em embalagens controle, com revestimento e revestimento ativo de tomate após 20 dias de armazenamento.

No dia 20, a concentração de MDA para filmes contendo extratos de casca de tomate foi de $0,11 \pm 0,02$, para os com revestimento $0,18 \pm 0,02$, e os filmes controle apresentaram $0,26 \pm 0,04$ mg / kg de presunto. Estes resultados indicam a eficácia da do extrato de casca de tomate para retardar a oxidação de lipídios, os resultados mostraram efeito inibitório na oxidação lipídica da carne, se compararmos o valor obtido do dia 0 para o dia 20.

Segundo Ouahioune et al., (2022), valores aceitáveis para análise de oxidação lipídica determinada por TBARS é de até $0,5 \mu\text{g MDA/g}$, acima disso normalmente correspondem ao desenvolvimento de um odor desagradável. Portanto, os valores de

TBARS das nossas amostras com filmes ativo de extrato de subproduto de tomate durante todo o período de armazenamento foram inferiores aos permitidos, a percepção da oxidação lipídica, nem no branco no último dia de análise. Assim, estes resultados indicam que ambos os filmes ativos de base biológica incorporados com os subprodutos alimentares, tiveram o efeito mais protetor no atraso da oxidação da gordura do produto. Além disso, também podem ser adequados para embalar outros tipos de alimentos, como carne e outros derivados. No entanto, testes de escalonamento deste tipo de embalagem são obrigatórios para avaliar sua viabilidade comercial e econômica e agregar valor aos subprodutos de diversas indústrias.

3.2.4. Avaliação de cor

A cor é outro parâmetro importante que indica o processo de deterioração do produto. Durante o armazenamento, a mioglobina é oxidada a metamioglobina e a cor muda de vermelho para marrom (SONG et al. 2020). A evolução dos valores de a^* , L^* e b^* como uma função de tempo de armazenamento é mostrado na figura 4.

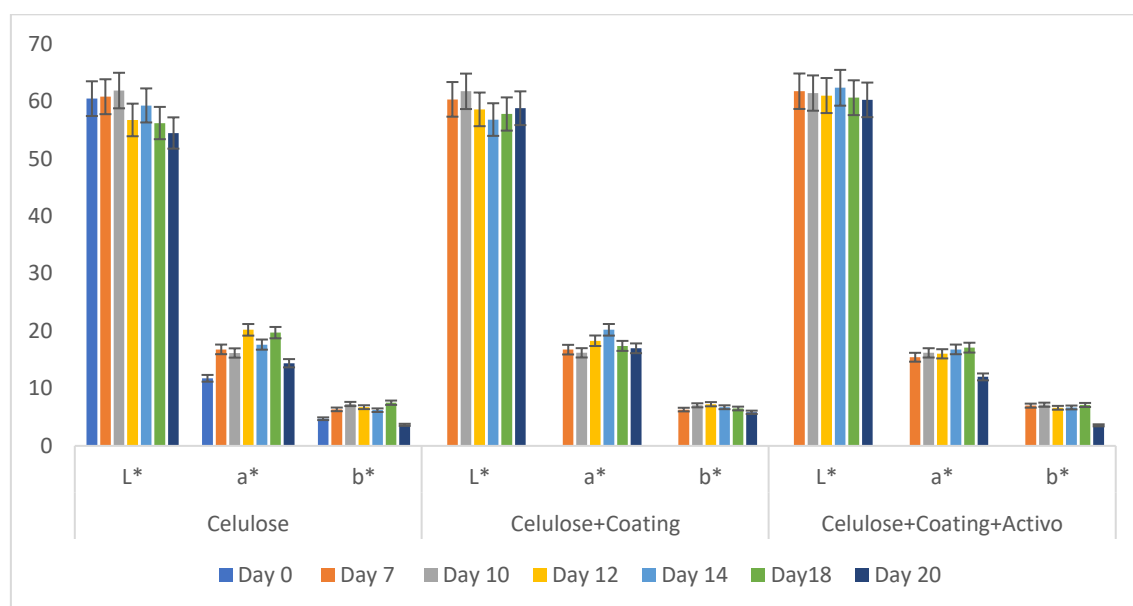


Figura 4. Alteração da coloração dos presuntos em embalagens controle, com revestimento e embalagem ativo com extrato de cascas de tomate após 20 dias de armazenamento.

Como pode ser visto, uma aparente diminuição dos valores de L^* , a^* e b^* durante o armazenamento foi observada para todas as fatias embaladas em filmes controle, com

revestimento e com revestimento e ativo. Porém, essa queda para os parâmetros a^* e b^* é mais acentuada para as fatias armazenadas nas com a embalagem controle. Em contraste, as fatias armazenadas com o filme ativo apresentaram uma significativa queda apenas no último dia analisado, mostrando maior estabilidade de coloração. Já o parâmetro L^* se manteve estável, pode ser explicado pelas alterações estruturais causadas pela desnaturação das proteínas, que aumenta a absorção e dispersão da luz na superfície (SONG et al. 2020).

3.2.5. Avaliação sensorial

A oxidação lipídica na carne levam ao desenvolvimento de sabor estranho e à descoloração, a carne emite odor rançoso devido à oxidação de proteínas e lipídios (FAUSTMAN et al. 2010). O aparecimento e o odor podem ser o fator mais significativo para a carne e seus produtos, o que pode afetar a aceitabilidade dos consumidores. As pontuações do presunto obtidas na análise sensorial durante o tempo de armazenamento são mostradas na tabela 2. Cada amostra tem três réplicas e foi pontuada por seis painelistas, de modo que os resultados são os valores médios de 18 escores.

No início do armazenamento, os escores sensoriais de aceitabilidade e aroma não apresentaram diferenças no dia 0 e 7. As pontuações diminuíram durante o tempo de armazenamento e o presunto embalado em filmes controle e com coating não foram aceitáveis após 14 dias, com pontuação total de aceitabilidade menor que 3. As pontuações sensoriais de presunto embaladas com filmes ativos foram maiores do que as fatias de presunto em filme controle e apenas com revestimento, e passaram não ser aceitáveis apenas no vigésimo dia. Os agentes antioxidantes retardam a degradação do presunto embalada por filmes ativos liberados com odor menos desagradável. Este resultado da análise sensorial indicou que os filmes ativos revestidos com extrato de cascas de tomate melhorariam a qualidade sensorial de fatias de presunto durante o armazenamento.

Tabela 2. Análise sensorial de presunto York em embalagens controle, com revestimento e com revestimento e ativo, em diferentes dias.

Dias	Amostras	Aceitabilidade	Max score	Aroma
Dia 0	Controle	5	5	presunto fresco
	Coating	5	5	presunto fresco
	Ativo	5	5	presunto fresco
Dia 7	Controle	5	5	presunto fresco
	Coating	5	5	presunto fresco
	Ativo	5	5	presunto fresco
Dia 10	Controle	3	5	presunto não fresco, desagradável
	Coating	4	5	presunto fresco
	Ativo	5	5	presunto fresco
Dia 12	Controle	3	5	presunto não fresco, desagradável
	Coating	3	5	presunto não fresco
	Ativo	4	5	presunto não fresco
Dia 14	Controle	2	5	presunto não fresco, desagradável, podre
	Coating	2	5	presunto não fresco, desagradável, podre
	Ativo	4	5	presunto não fresco
Dia 18	Controle	2	5	sem presunto fresco, desagradável, podre
	Coating	2	5	presunto não fresco, desagradável, podre
	Ativo	4	5	presunto não fresco
Dia 20	Controle	1	5	presunto não fresco, desagradável, podre
	Coating	2	5	presunto não fresco, desagradável, podre
	Ativo	2	5	presunto não fresco, desagradável

3.2.6. Ensaio de microbiologia

TVB-N é um termo geral da amônia, dimetilamina, trimetilamina e outros compostos nitrogenados básicos voláteis, que é um parâmetro comumente usado para caracterizar o frescor da carne e seus produtos. Seu nível aumenta como resultado de atividades de deterioração bacteriana e enzimas endógenas (CAI, CHEN, WAN, & ZHAO, 2011; OZOGUL et al., 2010).

As embalagens não apresentaram atividade microbiológica, e não foram observadas diferenças entre nenhum dos três filmes produzidos. A *Listeria*

monocytogenes foi escolhida como marcador, estas apresentaram crescimento e os valores foram próximos aos das contagens bacterianas totais. O resultado de TVB-N ficou alto em todas as fatias embaladas com os três filmes testado, mostrando que o extrato ativo das sementes de tomate, provenientes do processamento industrial, não apresentaram atividade microbiana para a *Listeria monocytogenes*, que foi a única bactéria testada.

3.3. Teste de bioembalagem ativa

3.3.1. Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi realizada para três safras, em subprodutos de tomate, e suas frações, para determinar a amostra com atividade antioxidante maior. A figura 5 mostra um gráfico de barras que é um resumo dos resultados das capacidades antioxidantes de amostras dos extratos de cascas, sementes e subprodutos de tomate por CAOX. O ensaio radical hidroxil baseia-se na atividade de radicais livres de hidroxil, quando menor a porcentagem de hidroxilação maior a capacidade antioxidante. Como se pode ver, foi observada diferença significativa entre as amostras as safras, e foi escolhida a menor concentração para ser aplicada na embalagem, portanto as embalagens foram realizadas com o subproduto de tomate, safra de 2020.

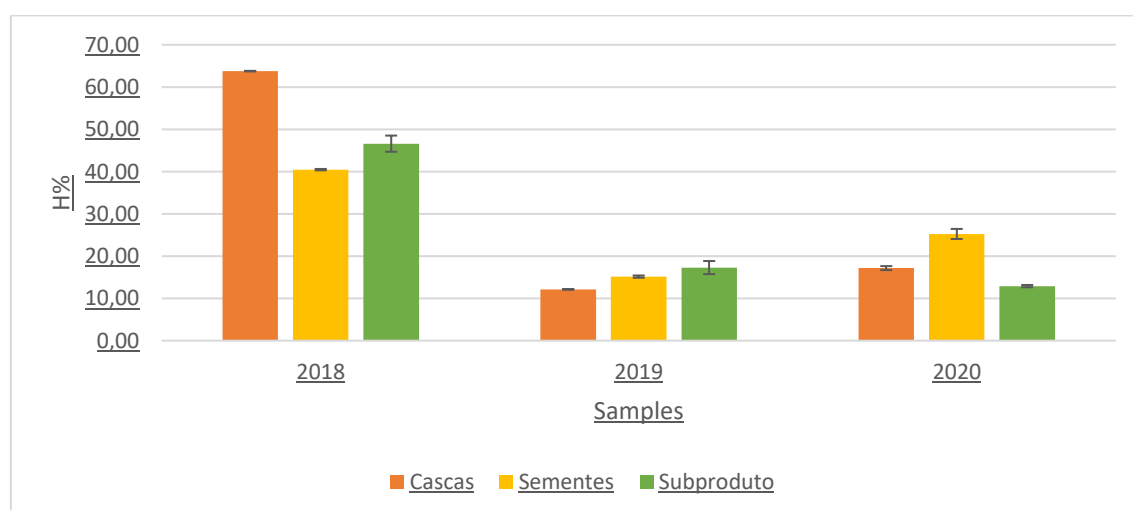


Figura 5. Os resultados do ensaio radical livre de filmes controle, coating e ativos.

As bolsas foram submetidas ao mesmo experimento, a bolsa controle obteve o 100% de hidroxilação, a com o revestimento 50,15% ($\pm 6,19$) e a bolsa elaborado com

extrato de cascas de tomate obteve 28,59% ($\pm 1,85$). A maior capacidade antioxidante do filme revestido com extrato de casca de tomate pode estar relacionada a diversos compostos voláteis e aos demais compostos bioativos presentes na amostra. Os resultados da capacidade antioxidante mostraram que os filmes ativos têm o potencial de estender a vida útil de fatias de presunto.

3.3.2. Testes de Migração e Avaliação de Risco

A mistura polimérica biodegradável com aditivos é um dos métodos mais eficazes para se obter um novo material com as propriedades desejadas. Além disso, eles podem operar como portadores para incorporar uma ampla variedade de aditivos, como agentes antioxidantes e antimicrobianos (SIRIPATRAWAN; HARTE, 2010; TAN et al., 2015). Bioembalagens e embalagens com ativos antioxidantes são novas áreas de tecnologia com efeito protetor contra danos oxidativos com a vantagem de sua sustentabilidade. Porém, materiais e embalagens em contato com alimentos não devem transferir seus componentes químicos para os alimentos através do processo de migração. Um teste de migração e avaliação de risco de novos filmes e de bioembalagens deve ser realizado para investigar se tem a migração de compostos da embalagem para o alimento.

Para garantir a segurança dos alimentos, todos os materiais de contato com alimentos devem estar em conformidade com a legislação, incluindo os biopolímeros, que devem ter apenas substâncias que podem estar presentes na migração, com valores de concentração abaixo do seu limite de migração específica. Se os compostos não estiverem incluídos nesta lista, a sua migração não deve ser encontrada acima de $0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PANSERI et al., 2018; UBEDA; AZNAR; NERÍN, 2019). Devido a este baixo valor, é importante utilizar metodologias analíticas com alta sensibilidade para identificação de compostos de migração e os compostos presentes no biopolímero podem apresentar um alto impacto sensorial no odor da embalagem e, portanto, se faz necessário testes de migração para saber se esses serão detectados em simulantes e no alimento (UBEDA; AZNAR; NERÍN, 2019).

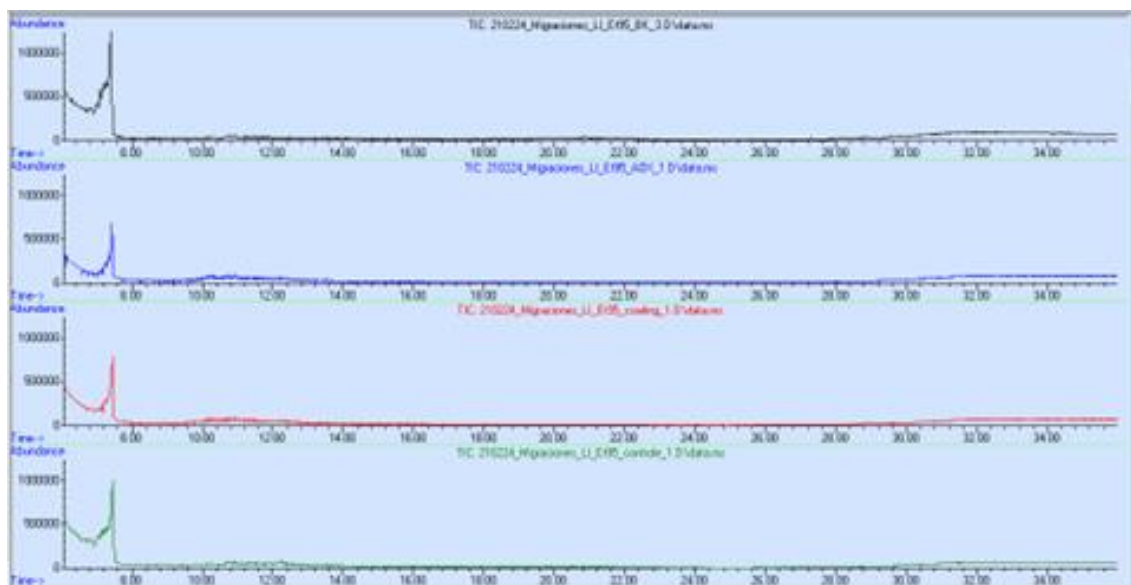


Figura 6. Cromatograma do solvente e das migrações dos filmes: Controle, revestimento, ativo.

Os cromatogramas, figura 6, obtidos de ambos os simuladores após a exposição aos biofilmes ativos foram comparados aos do biofilme branco, e aos do biofilme com revestimento e aos dos simuladores puros. Não foram detectados picos em ambos simulantes, etanol 10% e 95%, nem no dos compostos voláteis nem dos não voláteis. Resultados semelhantes foram obtidos por Ouahione et al., (2022) em uma nova embalagem antioxidante em carboximetilcelulose, onde não foi observada migração de compostos de ambos os tipos de embalagem. Portanto, os resultados experimentais aqui obtidos confirmaram que o biofilme ativo preparado é seguro e pode ser utilizado como bioembalagem antioxidante para preservação aumentar o tempo de prateleira de alimentos, resultou em conformidade com os limites de migração impostos pela regulamentação da UE, que não permite a migração de composto de embalagens para matrizes e alimentos, demonstrando assim a adequação do material preparado para contato com alimentos.

4. CONCLUSÃO

Foi desenvolvido com sucesso um novo biofilme antioxidante de celulose baseado na incorporação de extratos de subproduto de tomate. Este estudo relata o efeito benéfico das bioembalagens em amostras de presuntos armazenadas a 6 ± 1 °C, especialmente na capacidade antioxidante da embalagem e na diminuição da oxidação lipídica. Além disso, foram obtidos resultados satisfatórios na avaliação sensorial com amostras aceitáveis entre o 10º e 14º dia em comparação com as amostras controle. Os resultados obtidos demonstram que os filmes ativos revestidos com extrato de tomate podem liberar os radicais livres, inibir a oxidação de lipídios e, assim, estender a vida útil de fatias de presunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASGHER, M. et al. Bio-based active food packaging materials: Sustainable alternative to conventional petrochemical-based packaging materials. **Food Research International**, v. 137, p. 109625, 2020.
- BORZI, F. et al. Polyamide modified with green tea extract for fresh minced meat active packaging applications. **Food Chemistry**, v. 300, p. 125–242, 2019.
- CONWAY, E. J.; BYRNE, A. LXI. An absorption apparatus for the micro-determination of certain volatile substances. I. The micro-determination of ammonia. p. 419–429, 1933.
- DJEBARI, S. et al. Study of bioactive volatile compounds from different parts of *Pistacia lentiscus* L. extracts and their antioxidant and antibacterial activities for new active packaging application. **Food Control**, v. 120, n. June 2020, p. 107514, 2021.
- ESTEBAN, J.; LADERO, M. Food waste as a source of value-added chemicals and materials: a biorefinery perspective. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 5, p. 1095–1108, 2018.
- GALANAKIS, C. M. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by-products: A viewpoint of opportunities and challenges. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, p. 575–579, 2013.
- GIROTTI, F.; ALIBARDI, L.; COSSU, R. Food waste generation and industrial uses: A review. **Waste Management**, v. 45, p. 32–41, 2015.
- GUMERATO, H. .; SCHMIDT, F. L.; VITALI, A. A. **Equipamento Separador de Sementes e Peles de Frutos em geral e Processo de Separação de Sementes e Peles de Frutos em Geral** Vilage Marcas & Patentes S/C Ltda P.I 0400613-5 ABrazil Vilage Marcas & Patentes S/C Ltda P.I , , 13 set. 2005.
- JIA, L. et al. Expression patterns of volatile compounds during ‘FL 47’ tomato ripening and their response to exogenous methyl salicylate (MeSA) fumigation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 203, p. 112414, 1 set. 2023.
- LU, Z. et al. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, n. February, p. 172–187, 2019.
- MEHTA, D. et al. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2560–2568, 2018.
- NERÍN, C.; WRONA, M. **Polymers/Food Contact and Packaging Materials—Analytical Aspects**. 3. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2018.
- OUAHIOUNE, L. A. et al. Novel active biopackaging incorporated with macerate of carob (*Ceratonia siliqua* L.) to extend shelf-life of stored Atlantic salmon fillets (*Salmo salar* L.). **LWT**, v. 156, 15 fev. 2022.
- PANSERI, S. et al. Feasibility of biodegradable based packaging used for red meat storage during shelf-life: A pilot study. **Food Chemistry**, v. 249, n. December 2017, p. 22–29, 2018.

- PATEIRO, M. et al. Antioxidant active packaging systems to extend the shelf life of sliced cooked ham. **Current Research in Food Science**, v. 1, p. 24–30, 1 nov. 2019.
- PEZO, D.; SALAFRANCA, J.; NERÍN, C. Design of a method for generation of gas-phase hydroxyl radicals, and use of HPLC with fluorescence detection to assess the antioxidant capacity of natural essential oils. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 385, n. 7, p. 1241–1246, 2006.
- POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Optimization of extraction of high purity all-trans-lycopene from tomato pulp waste. **Food Chemistry**, v. 188, p. 84–91, 2015.
- RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. **Trends in Biotechnology**, v. 34, n. 1, p. 58–69, 2016.
- REGUENGO, L. M. et al. Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 152, 1 fev. 2022.
- RESTUCCIA, D. et al. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. **Food Control**, v. 21, n. 11, p. 1425–1435, 2010.
- SAINI, R. K.; MOON, S. H.; KEUM, Y. An updated review on use of tomato pomace and crustacean processing waste to recover commercially vital carotenoids. **Food Research International journal**, v. 108, n. March, p. 516–529, 2018.
- SIRIPATRAWAN, U.; HARTE, B. R. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 8, p. 770–775, 2010.
- SOLTANI FIROUZ, M.; MOHI-ALDEN, K.; OMID, M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. **Food Research International**, v. 141, p. 110113, 2021.
- SONG, X. C. et al. Comparison of two antioxidant packaging based on rosemary oleoresin and green tea extract coated on polyethylene terephthalate for extending the shelf life of minced pork meat. **Food Packaging and Shelf Life**, 2020.
- TAN, Y. M. et al. Functional chitosan-based grapefruit seed extract composite films for applications in food packaging technology. **Materials Research Bulletin**, v. 69, p. 142–146, 2015.
- TORBICA, A. et al. Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 299–309, 2016.
- UBEDA, S.; AZNAR, M.; NERÍN, C. Determination of volatile compounds and their sensory impact in a biopolymer based on polylactic acid (PLA) and polyester. **Food Chemistry**, v. 294, n. May, p. 171–178, 2019.
- VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 72, n. 12, p. 1084–1087, 1 jan. 1970.
- WRONA, M. et al. Antioxidant packaging with encapsulated green tea for fresh minced meat. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 41, n. 2017, p. 307–313, 2017a.

WRONA, M. et al. Antioxidant packaging with encapsulated green tea for fresh minced meat. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 41, n. November 2016, p. 307–313, 2017b.

DISCUSSÃO GERAL

A utilização de subprodutos alimentares como ingredientes e aditivos pode melhorar a eficiência da utilização de recursos e reduzir o desperdício e proporcionar uma produção mais sustentáveis. Estudos anteriores mostraram que subprodutos vegetais ou de frutas têm grande potencial para serem utilizados como ingredientes funcionais para aumentar o valor nutricional de produtos de panificação (AMADO et al., 2014; GALANAKIS, 2013; GALVÃO et al., 2018; LUISA GARCÍA; CALVO; DOLORES SELGAS, 2009; MEHTA et al., 2018). A reciclagem ou a reutilização desses subprodutos, acumulados durante o processamento e disponíveis em grandes quantidades, podem reduzir os custos do tratamento. A obtenção de carotenoides, como o licopeno da casca do tomate, pode ser uma boa solução para a reutilização da casca obtida das indústrias de tomate, porém a adição direta de casca de tomate em produtos é uma solução mais barata do que o isolamento do licopeno (HERRERA; CÁMARA, 2010). Sendo assim, adicionar tomate, produtos de tomate ou licopeno à produtos alimentícios podem gerar produtos com benefícios para a saúde (CALVO; GARCÍA; SELGAS, 2008; LUISA GARCÍA; CALVO; DOLORES SELGAS, 2009; TANAKA; SHNIMIZU; MORIWAKI, 2012).

No processamento de tomate para a obtenção de produtos, como suco, molhos e extratos de tomate, alguns requisitos de qualidade precisam satisfazer os consumidores. Deste modo, alguns parâmetros de qualidade dos produtos à base de molho de tomate devem ser considerados muito importantes, tais como indicadores reológicos e de aparência, ou seja, consistência e cor. Foi relatado que os produtos à base de tomate caracterizados por uma alta viscosidade e uma cor vermelha são os preferidos pelos consumidores (TORBICA et al., 2016). O uso de ingredientes adicionais, com funcionalidade específica, pode, portanto, ajudar na modulação das propriedades dos produtos, dos atributos sensoriais, da estabilidade, bem como na produção sob medida para aplicações específicas (DIANTOM et al., 2017).

Uma alternativa para a utilização de subprodutos alimentares e a extração de óleo de semente de tomate, para isso foi analisado o perfil de compostos bioativos e qualidade do óleo. Quando analisamos o perfil fitosteróis no óleo de semente de tomate o β -sitosterol é mais abundante. O conteúdo de fitoesteróis em óleos vegetais é maior do que em outros tipos de alimentos. Han Yang et al. (2018) apontaram que óleos vegetais e cereais são as melhores fontes naturais de fitoesteróis dietéticos, o β -sitosterol como

principal fitosterol em óleos vegetais, e a maior quantidade de β -sitosterol nos óleos estudados foram no óleo de farelo de arroz ($4,93 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo), seguido por óleo de semente de perilla ($3,18 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo), óleo de milho ($2,66 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo) e óleo de linhaça ($2,37 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo). O teor de β -sitosterol encontrado nesse estudo no óleo de tomate (entre $2,92$ e $2,80 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo) foi superior ao valor de óleo de milho e de linhaça, ficando abaixo apenas do óleo de arroz e perilla. Como um dos fitoesteróis mais comuns em óleos vegetais, o campesterol é conhecido por ter efeitos redutores do colesterol devido à sua semelhança estrutural com o colesterol. Óleo de milho e óleo de farelo de arroz apresentaram os maiores teores de campesterol com mais $1,70 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo, o teor de campesterol do óleo de tomate ($0,13 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo) foi próximo ao teor de perilla ($0,18 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo). Dentre os quatro tocoferóis investigados, 3 estavam presentes nas sementes e óleos de tomate, sendo que δ -Tocopherol foi encontrado apenas na primeira safra estudada. O tocoferol com a maior concentração foi γ -Tocopherol com os valores de $1.116 \pm 0.12 \text{ mg.g}^{-1}$ do óleo (safra I) e $1.293 \pm 0.020 \text{ mg.g}^{-1}$ do óleo (safra II) e com $0.327 \pm 0.006 \text{ mg.g}^{-1}$ de amostra (safra I) e $0,282 \pm 0.005 \text{ mg.g}^{-1}$ de amostra (safra II). Já α -Tocopherol foi o ativo com a menor concentração encontrada, cerca de 0.070 mg.g^{-1} no óleo e 0.018 mg.g^{-1} de amostra. A somatória dos tocoferóis das diferentes safras não apresentou diferenças significativas entre si, com o valor de $1,317 \pm 0.1 \text{ mg.g}^{-1}$ do óleo (safra I) e $1,360 \pm 0.09 \text{ mg.g}^{-1}$ do óleo (safra II).

Os tocoferóis influenciam as propriedades antioxidantes do óleo, particularmente, o γ - tocoferol que evita a oxidação entre outros tocoferóis, como as isoformas α -tocoferóis e δ -tocoferóis (CHOE,2009). Os valores estão de próximos do estudo Sangeetha et al. (2023), que para a somatória de tocoferóis obteve valores cerca $1,2 \text{ mg.g}^{-1}$, também encontrou na sua composição o δ - tocoferóis, γ - tocoferóis, α - tocoferóis com valores similares no estudo. Durante et al. (2017) investigou a presença de α -tocopherol, β -tocopherol, δ -tocopherol, γ -tocopherol, α -tocotrienol, β -tocotrienol, δ -tocotrienol e γ -tocotrienol em sementes e a composição de tococromanóis em oleorresinas obtidas de sementes de tomate por CO_2 supercrítico, porém foram detectados e quantificados apenas α -tocopherol e γ -tocopherol, porém a somatória de tocoferóis encontrada na oleoresina de tomate (0.159 mg.g^{-1}) foi menor do que o obtido nesse estudo, cerca de $1,3 \text{ mg.g}^{-1}$ de óleo de semente de tomate.

A composição de minerais em subproduto alimentares também é um potencial a ser explorado, foram avaliados 8 minerais essenciais em subproduto indústrias de tomate e suas frações. O elemento de maior concentração foi o Mg para as amostras de sementes, com

valores variando de $6714,50 \pm 449,4$ a $9203,81 \pm 278,03 \mu\text{g.g}^{-1}$, nas cascas o K foi que apresentou os maiores teores, com valores entre $4014,73 \pm 76,8$ e $1199,77 \pm 17,54 \mu\text{g.g}^{-1}$, para o subproduto o K também está em destaque com concentrações de $8974,75 \pm 770,6$ a $18409,91 \pm 744,1 \mu\text{g.g}^{-1}$. Já os minerais que apresentaram menores quantidades nas amostras, foram o Zn nas sementes ($1,29 \pm 0,10$ a $3,44 \pm 0,01 \mu\text{g.g}^{-1}$) e no subproduto ($1,83 \pm 0,03$ a $3,96 \pm 0,18 \mu\text{g.g}^{-1}$), já as cascas apresentaram o menor de Cu variando de $9,6 \pm 0,05$ a $3,66 \pm 0,05 \mu\text{g.g}^{-1}$. Observa-se na tabela 1, capítulo II, que todas as amostras de sementes possuem quantidades estatisticamente iguais nos valores obtidos de Manganês, as demais análises apresentaram diferenças estatística entre as amostras, sendo que a maioria difere entre as indústrias e não entre safras. Essas variações provavelmente se devem ao clima, solo, cultivar e prática agrônômica e industriais distintas.

A utilização de subproduto industrial de tomate como fonte para magnésio pode ser uma alternativa para pessoas sem acesso ao leite e produtos lácteos, frutos do mar e nozes, que são as principais fontes, para garantir o mineral e a manutenção e o crescimento adequados e para o funcionamento dos nervos e músculos (NOSRATPOUR; JAFARI, 2018). Os minerais que apresentaram maiores teores nas cascas, comparando com as outras amostras foram o Zn e Na, os valores de Zn encontrados foram entre $19,96 \pm 1,13$ e $13,47 \pm 0,67 \mu\text{g.g}^{-1}$, que são próximos ao teor encontrado nas cascas de melão $23 \mu\text{g.g}^{-1}$ por Silva et al. (2020), o teor de sódio ($2779 \mu\text{g.g}^{-1}$) e de cálcio ($230 \mu\text{g.g}^{-1}$) são maiores em cascas de melão do que em cascas de tomate, já valores relatados de Mg ($1880 \mu\text{g.g}^{-1}$) e Fe ($37 \mu\text{g.g}^{-1}$) são maiores nas cascas de tomate, com $3321,01 \mu\text{g.g}^{-1}$ para Mg, e $73,37 \mu\text{g.g}^{-1}$ para Fe. O teor de Zn e Mg nas cascas de tomate também recebem destaque quando comparados as cascas de avocado, abacaxi e maracujá, respectivamente os teores de Zn foram 16, 8 e $6 \mu\text{g.g}^{-1}$ já para Mg os valores foram de 469, 1070 e $1062 \mu\text{g.g}^{-1}$, que estão abaixo da faixa encontrada para cascas de tomate proveniente do processamento industrial, de 3108,70 a $3903,48 \mu\text{g.g}^{-1}$ (MORAIS et al., 2014).

O reaproveitamento das cascas de tomate, proveniente do processo industrial, foi através da incorporação de cascas em molhos de tomate. Com o objetivo de melhorar a composição nutricional e o perfil de compostos bioativos, as propriedades e características dos molhos de tomate foram mensuradas. Para o molho de tomate controle foi encontrado um valor de $32,77 \pm 1,67 \text{ mgEAG.g}^{-1}$, esse valor está abaixo do que valores obtidos aos molhos incorporados com casca de tomate, $43,89 \pm 0,78 \text{ mgEAG.g}^{-1}$ para a formulação A e $49,68 \pm 0,89 \text{ mgEAG.g}^{-1}$ para a formulação B, isso mostra que a utilização das cascas de tomate ($49,45 \pm 1,67 \text{ mgEAG.g}^{-1}$) aplicada ao molho de tomate aumenta o teor de

compostos fenólicos totais, Tais valores aqui encontrados se aproximam dos encontrados por Valdez-Morales et al. (VALDEZ-MORALES et al., 2014) que ao avaliar sementes de tomate tipo saladette encontraram um teor de $73.8 \pm 9.8 \text{ mg EAG.g}^{-1}$. Chandra e Ramalingam (2011) e Katirci et al.(2020) avaliaram o teor de fenólicos totais em diferentes variedades de tomate e nos seus subprodutos e observou que as cascas de tomates das variedades apresentaram valores superiores ao da polpa, indicando que esta fração tem uma concentração de compostos fenólicos com o processamento. Porém, Katirci et al.(2020) encontrou valores de TPC em pastas de tomate comerciais concentradas menores do que nesse estudo ($20.10 \pm 0.17 \text{ mg EAG.100 g}^{-1}$) e caseiras ($11.12 \pm 0.53 \text{ mg EAG.100 g}^{-1}$) por Katirci et al.(2020) foram menores do que os encontrados nesse estudo. Os flavonoides totais e compostos fenólicos totais foram mais abundantes nos pães elaborados com sementes de tomate, com concentrações de $12.17 \pm 0.75 \text{ mgGAE/g}$ e $27.11 \pm 1.11 \text{ mgGAE/g}$, respectivamente. O teor de licopeno é um composto bioativo, foi quantificado nas cascas de tomate e nas formulações de molho. O resultado da quantificação de licopeno realizada das formulações de molho de tomate incorporados com cascas de subprodutos industriais de tomate estão apresentados na tabela 1, capítulo V. A formulação controle apresentou os menores teores de licopeno ($44,67 \pm 2,67 \text{ mg.100g}^{-1}$), a formulação A apresentou teores de licopeno de $50,78 \pm 1,67 \text{ mg.100g}^{-1}$, a formulação B apresentou os maiores teores de licopeno ($54,12 \pm 4,87 \text{ mg.100g}^{-1}$), esses valores quando comparada com a formulação controle teve aumento de cerca 10% e 20% do teor de licopeno, para a formulação A e B, respectivamente. Farahnaky (2008) relatou que o pó da pele também proporciona proteínas, celulose e pectinas, representando, assim, um bom candidato a ser usado para modular a absorção de água e propriedades reológicas dos alimentos, com efeito benéfico à utilização de pó de pele na formulação de ketchup, melhorando assim as suas propriedades de textura.

A análise de componentes principais (figura 2, capítulo IV) demonstrou que, devido às diferenças no perfil dos molhos de tomate, foi possível realizar uma discriminação segura das amostras em três grupos distintos: controle, formulação A e formulação B. Assim, os resultados do PCA corroboram nossas descobertas de que o enriquecimento do molho de tomate com cascas de tomate provenientes do processamento industrial é uma alternativa interessante para aprimorar suas propriedades bioativas e a capacidade antioxidante. Na análise de componentes principais (PCA) com dados da análise sensorial (figura 3, capítulo IV) sozinha explica 72,39%, podemos observar a formação de três grupos, o grupo 1 (vermelho) corresponde a formulação controle, o grupo 2 (verde) a

formulação de molho de tomate A e o grupo 3 (azul) a formulação de molho de tomate B. Com os loadings (figura 3B, capítulo IV) podemos observar que o parâmetro sensorial responsável para o agrupamento do grupo A foi o sabor, e os grupos B e C foram influenciados pela nota da aparência. No entanto, é importante pesquisar maneiras de melhorar a aceitação sensorial dos produtos, como reduzir a porcentagem de cascas, diminuir o tamanho das cascas ou usar cascas em pó. Outra alternativa seria o processamento do molho de tomate com as cascas de tomate desde o início, conforme descrito por Pagliomonte et al. (2023) e Feitosa et al. (2023), que prepararam o molho de tomate com os subprodutos desde o início, a formulação durante o processo.

Uma forma de aplicar e realizar o reaproveitamento de subprodutos de tomate e a utilização desse para produção de pães e biscoitos. Nesse estudo, foi utilizado a investigação do efeito da substituição da farinha de trigo por subprodutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), a fração de casca de tomate moída com cascas inteiras (CT), a adição de semente de tomate (ST), a adição dos subprodutos composto por cascas e sementes (RT) e, um produto comercial intitulado como tomate em pó (TP) nas propriedades tecnológicas, na qualidade nutricional e características físicas-química dos pães. A farinha de trigo utilizada, apresenta na sua composição 2g/100g de fibras, a casca de tomate, no entanto apresentou o maior teor de fibra, com 72.90 ± 0.52 g/100g, seguida pelo subproduto, que teve um valor de 51.47 ± 0.08 g/100g e o tomate em pó comercial com 46.02 ± 0.72 g/100g. As sementes de tomate também apresentaram uma quantidade considerável de fibra, com 40.08 ± 0.63 g/100g. Os resultados estão de acordo com os valores descritos por outros autores (HERRERA; CÁMARA, 2010; LU et al., 2019), e mostram que esse subproduto é uma fonte de fibras dietéticas.

Ao analisar as propriedades tecnológicas dos pães elaborados com diferentes ingredientes, observamos que os valores que mais se aproximaram do Pão Controle foram os pães feitos com sementes de tomate e tomate em pó comercial. Esses pães apresentaram valores para volume específico, área e largura, o que sugere que mantiveram características semelhantes ao pão controle em termos de textura e estrutura. Com base nos resultados apresentados, podemos concluir que o subproduto de tomate, e suas frações pode ser utilizado com sucesso na formulação de pães enriquecidos com fibras, sem afetar negativamente a qualidade e as propriedades tecnológicas de um pão de forma.

A análise dos compostos bioativos revelou diferenças significativas entre os componentes do tomate, em relação aos carotenoides. A casca de tomate apresentou o

maior teor de β -caroteno, com 12.20 ± 0.33 mg/100g, enquanto o tomate em pó comercial teve o menor teor de β -caroteno, com 3.14 ± 0.11 mg/100g. O licopeno também foi o mais abundante nas cascas de tomate, com 36.52 ± 0.48 mg/100g, em comparação com 4.39 ± 0.16 mg/100g no tomate em pó comercial. Quanto aos flavonoides totais (mg GAE/g) e compostos fenólicos totais (mg GAE/g), as sementes de tomate tiveram os maiores valores, com 12.17 ± 0.75 e 27.11 ± 1.11 , respectivamente. O tomate em pó comercial apresentou os menores valores para flavonoides totais, com 7.51 ± 0.23 , e compostos fenólicos totais, com 16.51 ± 0.75 (mg GAE/g). A capacidade antioxidante foi avaliada através dos métodos DPPH e ORAC. As cascas de tomate apresentaram uma maior capacidade antioxidante com DPPH, 126.76 ± 1.82 μ mol TE/g, para a ORAC o maior valor foi obtido para as sementes de tomate, com 145.33 ± 4.1 μ mol TE/g. Os dados apresentados estão de acordo com apresentados por (LU et al., 2019; POOJARY; PASSAMONTI, 2015; REGUENGO et al., 2022) porém para o teor de licopeno em subproduto de tomate, foi relatado uma menor concentração por Meehta et al., (2018) com valores cerca 10mg/100 de licopeno na do que a encontrada nesta pesquisa.

Os resultados indicaram variações significativas nos teores dos compostos bioativos e da capacidade antioxidante dos pães elaborados. Os carotenoides, como o β -caroteno e o licopeno, foram detectados apenas nas cascas de tomate, no subproduto de tomate e no tomate em pó comercial, esses compostos estavam presentes em quantidades abaixo do limite de detecção nos pães elaborados com sementes de tomate e no pão controle. As cascas de tomate têm as maiores concentrações de β -caroteno e licopeno, com destaque para os pães com cascas de tomate, esse resultado está ligado a alta concentração nas cascas de tomate, mas também pode ser a relação de que parte das cascas incorporadas estavam íntegras e deve proteção por parte pela defesa dos carotenoides pela parede celular. grande parte dos carotenoides e polifenóis é descartada junto com as cascas e sementes, pois estão quimicamente ligados às proteínas e fibras alimentares (COMAN et al., 2020; VINHA et al., 2014).

Além de utilizar os subprodutos de tomate em aplicação direta, como foi o caso da aplicação em molhos e em pães, podemos realizar a extração dos compostos bioativos presentes para o reaproveitamento em novas matrizes. Com isso, foi realizado nesse estudo o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis e bioativas incorporadas com os extratos das amostras. Aplicar essas embalagens ativas em presunto cozido e determinar a eficiência da nova embalagem ativa na inibição da oxidação lipídica e na extensão da vida útil, mantendo as características de qualidade. Identificar e quantificar

os principais voláteis, semivoláteis, e os compostos aromáticos, no material e simuladores de migração. Os teores de capacidade antioxidante de amostras dos extratos de cascas, sementes e subprodutos de tomate por CAOX. O ensaio radical hidroxil baseia-se na atividade de radicais livres de hidroxil. As bolsas foram submetidas ao mesmo experimento, a bolsa controle obteve o 100% de hidroxilação, a com coating 50,15% ($\pm 6,19$) e a bolsa elaborado com extrato de cascas de tomate obteve 28,59% ($\pm 1,85$). A maior capacidade antioxidante do filme revestido com extrato de casca de tomate está relacionada ao alto teor ativos e compostos voláteis. Os resultados da capacidade antioxidante mostraram que os filmes ativos têm o potencial de estender a vida útil do presunto.

A análise das fotos dos presuntos (Figura 2, capítulo IV) mostrou que as fatias de presuntos armazenadas em bolsas com extrato de cascas após 20 dias não apresentaram crescimento visual de nenhum microrganismo (ativo) quando comparadas os produtos armazenados com a bolsa controle e da elaborada apenas com o revestimento. Este fato pode ser devido à presença de compostos antioxidantes, principalmente compostos voláteis e não voláteis, identificados nos extratos utilizados para elaboração das embalagens. O perfil de compostos voláteis bioativos de subprodutos de tomate e suas frações estão apresentados na tabela 1, capítulo VI. propriedades antioxidantes podem estar relacionadas a diversos compostos bioativos voláteis bioativos. De acordo com os resultados da Tabela 1, capítulo IV, foram determinados 29 compostos voláteis, esses foram confirmados com biblioteca NIST e com o match maior que 900. Foram encontradas diferentes classes químicas, o que indica que os extratos obtidos possuem composição diferente de compostos voláteis, foram identificados ésteres, ácidos, aldeídos, álcoois e terpenos. Existem poucas publicações sobre a identificação de compostos voláteis compostos de subprodutos de tomate e eles estão focados em óleos essenciais obtidos das cascas.

A mudança de TBARS durante o tempo de armazenamento verifica alteração da oxidação lipídica e da oxidação secundária que produz alcanos, aldeídos e cetonas são formados na fase final, responsáveis pelo ranço da carne e em seus produtos, e esses compostos podem ser detectados pelo ensaio TBARS (VYNCKE, 1970). Os resultados de TBARS de presunto embalado em filmes de controle, revestimento e antioxidantes durante 20 dias a 6 °C são exibidos na figura 3, capítulo IV. O valor inicial de TBARS foi de $0,08 \pm 0,003$ mg MDA / kg de amostra. Os valores de MDA aumentaram lentamente nos primeiros 7 dias para todas as amostras. No dia 10 os valores apresentaram

uma ligeira diminuição para as amostras armazenadas nas embalagens controle e com antioxidantes, isso pode ser devido à decomposição do MDA em outros aldeídos e compostos voláteis ou reação com outros componentes do presunto, como proteínas e aminoácidos (SONG et al., 2018). A partir do 14º dia, os valores de TBARS do grupo controle aumentaram rapidamente. As fatias embaladas em filmes antioxidantes apresentaram valores mais baixos comparado com o grupo de controle e de revestimento.

A cor é outro parâmetro importante que indica o processo de deterioração do produto. Durante o armazenamento, a mioglobina é oxidada a metamioglobina e a cor muda de vermelho para marrom (SONG et al. 2020). A evolução dos valores de a^* , L^* e b^* como uma função de tempo de armazenamento é mostrado na figura 4. Como pode ser visto, uma aparente diminuição dos valores de L^* , a^* e b^* durante o armazenamento foi observada para todas as fatias embaladas em filmes controle, com revestimento e com revestimento e ativo. Porém, essa queda para os parâmetros a^* e b^* é mais acentuada para as fatias armazenadas com a embalagem controle. Em contraste, as fatias armazenadas com o filme ativo apresentaram uma significativa queda apenas no último dia analisado, mostrando maior estabilidade de coloração.

A aceitação sensorial foi realizada, para investigar mudanças detectadas pelos consumidores. O aparecimento e o odor podem ser o fator mais significativo para a carne e seus produtos, o que pode afetar a aceitabilidade dos consumidores. As pontuações do presunto obtidas na análise sensorial durante o tempo de armazenamento são mostradas na tabela 2, capítulo IV. No início do armazenamento, os escores sensoriais de aceitabilidade e aroma não apresentaram diferenças no dia 0 e 7. As pontuações diminuíram durante o tempo de armazenamento e o presunto embalado em filmes controle e com coating não foram aceitáveis após 14 dias, com pontuação total de aceitabilidade menor que 3. As pontuações sensoriais de presunto embaladas com filmes ativos foram maiores do que as fatias de presunto em filme controle e apenas com revestimento, e passaram não ser aceitáveis apenas no vigésimo dia.

A capacidade antioxidante foi realizada para três safras, em subprodutos de tomate, e suas frações, para determinar a amostra com atividade antioxidante maior. A figura 5 mostra um gráfico de barras que é um resumo dos resultados das capacidades antioxidantes de amostras dos extratos de cascas, sementes e subprodutos de tomate por CAOX, como o melhor resultado para cascas de tomate, essa foi utilizada para o desenvolvimento de embalagem ativa, e as bolsas foram submetidas ao mesmo experimento, a bolsa controle obteve o 100% de hidroxilação, a com o revestimento

50,15% ($\pm 6,19$) e a bolsa elaborado com extrato de cascas de tomate obteve 28,59% ($\pm 1,85$). A maior capacidade antioxidante do filme revestido com extrato de casca de tomate pode estar relacionada a diversos compostos voláteis e aos demais compostos bioativos presentes na amostra.

Com isso, fechamos o estudo de reaproveitamento dos subprodutos de tomate mostrando que a extração de compostos bioativos e aplicação em embalagem é eficaz e têm o potencial de estender a vida útil de fatias de presunto. Assim, como aplicação em alimentos, molhos de tomate e pães, para o desenvolvimento de produtos alimentícios mais nutritivos e sustentáveis. E a extração de óleo de semente tomate para aplicação na indústria de alimento ou consumo direto. Todas as formas de reaproveitamento e aplicação contribuem para a redução do desperdício alimentar, com grande potencial sensorial, nutricional e econômico.

REFERÊNCIAS DA DISCUSSÃO GERAL

- AMADO, I. R. et al. Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology. **Food Chemistry**, v. 165, p. 290–299, 2014.
- CALVO, M. M.; GARCÍA, M. L.; SELGAS, M. D. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. **Meat Science**, v. 80, p. 167–172, 2008.
- CHANDRA, H. M.; RAMALINGAM, S. Antioxidant Potentials of Skin, Pulp, and Seed Fractions of Commercially Important Tomato Cultivars. **Food Sci. Biotechnol**, v. 20, n. 1, p. 15–21, 2011.
- COMAN, V. et al. Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 91, p. 157–225, 2020.
- DIANTOM, A. et al. Effect of added ingredients on water status and physico-chemical properties of tomato sauce. **Food Chemistry**, v. 236, p. 101–108, 2017.
- DURANTE, M. et al. Seeds of pomegranate, tomato and grapes: An underestimated source of natural bioactive molecules and antioxidants from agri-food by-products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, n. July, p. 65–72, 2017.
- FARAHNAKY, A. et al. The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup. **Journal of Texture Studies**, v. 39, n. 2, p. 169–182, abr. 2008.
- GALANAKIS, C. M. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by-products: A viewpoint of opportunities and challenges. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, p. 575–579, 2013.
- GALVÃO, A. M. M. T. et al. Edible coating based on modified corn starch/tomato powder: Effect on the quality of dough bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, n. November 2017, p. 518–524, 2018.
- HERRERA, P. G.; CÁMARA, M. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, n. 4, p. 707–711, 2010.
- KATIRCI, N. et al. Differences in antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of commercial and homemade tomato pastes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 4, p. 249–254, maio 2020.
- LU, Z. et al. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, n. February, p. 172–187, 2019.
- LUISA GARCÍA, M.; CALVO, M. M.; DOLORES SELGAS, M. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. **Meat Science**, v. 83, n. 1, p. 45–49, 2009.

- MEHTA, D. et al. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2560–2568, 2018.
- MORAIS, L. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014.
- NOSRATPOUR, M.; JAFARI, S. M. **Bioavailability of minerals (Ca, Mg, Zn, K, Mn, Se) in food products**. [s.l.] Elsevier, 2018. v. 1
- POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Optimization of extraction of high purity all-trans-lycopene from tomato pulp waste. **Food Chemistry**, v. 188, p. 84–91, 2015.
- REGUENGO, L. M. et al. Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 152, 1 fev. 2022.
- SANGEETHA, K. et al. Extraction, characterization, and application of tomato seed oil in the food industry: An updated review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 11, 1 mar. 2023.
- SILVA, M. A. et al. Melon (*Cucumis melo* L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods? **Trends in Food Science and Technology**, v. 98, n. July 2018, p. 181–189, 2020.
- SONG, X. C. et al. Comparison of two antioxidant packaging based on rosemary oleoresin and green tea extract coated on polyethylene terephthalate for extending the shelf life of minced pork meat. **Food Packaging and Shelf Life**, 2020.
- TANAKA, T.; SHNIMIZU, M.; MORIWAKI, H. Cancer Chemoprevention by Carotenoids. p. 3202–3242, 2012.
- TORBICA, A. et al. Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 299–309, 2016.
- VALDEZ-MORALES, M. et al. Phenolic Content and Antioxidant and Antimutagenic Activities in Tomato Peel, Seeds, and Byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 23, p. 5281–5289, jun. 2014.
- VINHA, A. F. et al. Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 197–202, 2014.
- VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 72, n. 12, p. 1084–1087, 1 jan. 1970.
- XUE, L. et al. Comparative advantages of chemical compositions of specific edible vegetable oils. **Oil Crop Science**, v. 8, n. 1, p. 1–6, 1 mar. 2023.

CONCLUSÃO GERAL

As sementes de tomate, provenientes dos subprodutos, apresentam na sua composição teores de flavonoides, fenólicos e capacidade antioxidante por ORAC e DPPH. A acidez e os índices de peróxidos dos óleos extraídos destas sementes se apresentam dentro da legislação para óleos vegetais e são comparáveis às de óleos convencionais. As sementes provenientes do processamento de tomates apresentam potencial para serem utilizadas como novos ingredientes para a indústria de alimentos ou como fonte para a extração de óleos comestíveis. As sementes dos subprodutos de tomate representam uma importante fonte de compostos bioativos e, portanto, poderia ser mais bem valorizada. O aspecto econômico é muito importante na sua utilização, mas ambiental e os aspectos da saúde humana têm cada vez mais peso nos últimos anos.

Os subprodutos industriais de tomate, sementes e cascas apresentaram na sua composição oito minerais essenciais. Assim esses produtos têm potencial para serem utilizadas como novos ingredientes na indústria de alimentos ou pela sociedade, contribuindo para as necessidades diárias de minerais essenciais, colaborando para o enriquecimento de produtos, diminuição das carências nutricionais e possivelmente do efeito de fome oculta em alimentos processados. Considerando-se os teores de minerais encontrados os subprodutos industriais de tomate são alternativas viáveis para uso como ingredientes em produtos alimentares, a fim de agregar valor nutricional a outros alimentos. Além disso, o uso de subprodutos alimentares para projetar e desenvolver produtos inovadores com valor agregado é importante para a sustentabilidade e o meio ambiente, sendo uma solução para reduzir perdas de alimentos, desperdícios e impacto ambiental.

O enriquecimento dos molhos de tomate com casca de tomate é uma opção interessante para aumentar a ingestão de licopeno, a incorporação de cascas de tomates ao molho pronto de tomate aumentou o teor de licopeno em mais de 20%, compostos fenólicos, ácido ascórbico e fibras dietéticas, também melhorou as propriedades tecnológica, e trouxe uma percepção sensorial. O que justifica a sua utilização para a elaboração de ingredientes alimentares fornecendo uma alternativa eficiente para o seu reaproveitamento com potenciais efeitos de promoção da saúde, promissores para aumentar a atividade antioxidante de produtos industrializados, como aditivo natural. No entanto, um aumento na concentração de cascas reduziu a aceitabilidade sensorial, esse

estudo abre o espaço para estudar a sensorial com outras formas de aplicação das cascas e diferentes processamento de molhos.

O subproduto industrial de tomate e suas frações cascas e sementes, podem ser utilizados para a suplementação em pães, substituindo parcialmente a farinha de trigo. Esses pães apresentam propriedades nutricionais aprimoradas, com maior teor de fibra alimentar, carotenoides, compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante. Consequentemente, o subproduto de tomate e suas frações podem ser utilizados com sucesso como ingredientes alimentares para o desenvolvimento de novos produtos da panificação, essa descoberta é promissora para o desenvolvimento de produtos alimentícios mais nutritivos e sustentáveis, contribuindo para a redução do desperdício alimentar, com grande potencial sensorial, nutricional e econômico.

Os resultados obtidos demonstram que os filmes ativos revestidos com extrato de tomate podem liberar os radicais livres, inibir a oxidação de lipídios e, assim, estender a vida útil de fatias de presunto. A quantidade usada do extrato previne a oxidação lipídica do presunto e estende a vida de prateleira do produto. Os compostos bioativos presente no extrato de casca de tomate podem combater os radicais livres dentro da embalagem sem o processo de migração, assim as propriedades organolépticas do presunto não seriam afetadas e podem ser usada na produção industrial de bioembalagens antioxidantes.

Com as informações alcançadas foi possível conhecer melhor o subproduto industrial de tomate brasileiro e levantar novas possibilidades para aplicação como ingrediente, e fonte de compostos bioativos a ser explorada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

- ABUSHITA, A. A.; DAOOD, H. G.; BIACS, P. A. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2075–2081, 2000.
- ADAY, M. S.; YENER, U. Assessing consumers' adoption of active and intelligent packaging. **British Food Journal**, v. 117, n. 1, p. 157–177, 2015.
- AHVENAINEN, R.; HURME, E. Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety. **Food Additives and Contaminants**, v. 14, n. 6–7, p. 753–763, 1997.
- AMADO, I. R. et al. Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology. **Food Chemistry**, v. 165, p. 290–299, 2014.
- ANDRÉS, A. I. et al. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. **Meat Science**, v. 129, p. 62–70, 2017.
- ANETTA BARSKA; WYRWA, J. Consumer perception of active and intelligent food packaging. **Problems of agricultural economics**, v. 4, n. 349, p. 138–159, 2016.
- AÑIBARRO-ORTEGA, M. et al. Valorisation of table tomato crop by-products: Phenolic profiles and in vitro antioxidant and antimicrobial activities. **Food and Bioproducts Processing**, v. 124, p. 307–319, 1 nov. 2020.
- ANVISA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2017. 2017a.
- ANVISA. **RESOLUÇÃO RDC No-166, DE 24 DE JULHO DE 2017 - Dispõe sobre a validação de métodos analíticos e dá outras providências**. Brasil: [s.n.]. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&data=25/07/2017&pagina=87>>. Acesso em: 17 set. 2023b.
- ANVISA, M. DA S.-M. A. N. DE V. S.-A. **Instrução Normativa nº87/2021** -. [s.l: s.n.].
- ASGHER, M. et al. Bio-based active food packaging materials: Sustainable alternative to conventional petrochemical-based packaging materials. **Food Research International**, v. 137, p. 109625, 2020.
- ASIOLI, D. et al. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. **Food Research International**, v. 99, p. 58–71, 1 set. 2017.
- AZZI, A. Many tocopherols, one vitamin E. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 61, p. 92–103, 2018.
- BABBAR, N. et al. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 391–396, jan. 2011.
- BAO, C. et al. The delivery of sensitive food bioactive ingredients: Absorption mechanisms, influencing factors, encapsulation techniques and evaluation models. **Food Research International**, v. 120, n. February, p. 130–140, 2019.

- BARBA, F. J. et al. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 49, p. 96–109, 2016.
- BARROS, H. D. F. Q.; GRIMALDI, R.; CABRAL, F. A. Lycopene-rich avocado oil obtained by simultaneous supercritical extraction from avocado pulp and tomato pomace. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 120, p. 1–6, 2017.
- BELOVIĆ, M. et al. Tomato pomace powder as a raw material for ketchup production. **Food Bioscience**, v. 26, n. October, p. 193–199, 2018.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A RAPID METHOD OF TOTAL LIPID EXTRACTION AND PURIFICATION. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 92, n. August, p. 57–65, 1959.
- BORGES, G. D. S. C. et al. Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology. **Food Research International**, v. 44, n. 3, p. 708–715, abr. 2011.
- BORZI, F. et al. Polyamide modified with green tea extract for fresh minced meat active packaging applications. **Food Chemistry**, v. 300, p. 125–242, 2019.
- BOT, A. Phytosterols. **Encyclopedia of Food Chemistry**, v. 1, p. 225–228, 2019.
- BRITO, L.; MELO, L. A Produção Mundial e Brasileira de Tomate. **Dieese**, p. 19, 2010.
- BRODY, A. L. **Packaging of Foods**. Second Edi ed. [s.l.] Elsevier, 2014. v. 3
- CALVO, M. M.; GARCÍA, M. L.; SELGAS, M. D. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. **Meat Science**, v. 80, p. 167–172, 2008.
- CARINI, E. et al. Effect of Flour , Gelatin and Salt on Water Status of Tomato Sauce. p. 129–133, 2015.
- CAROCHO, M.; FERREIRA, I. C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, v. 51, n. 1, p. 15–25, 2013.
- CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science and Technology**, v. 71, n. November 2017, p. 107–120, 2018.
- CASTRO-LÓPEZ, C. et al. Fluctuations in phenolic content, ascorbic acid and total carotenoids and antioxidant activity of fruit beverages during storage. 2016.
- CHANDRA, H. M.; RAMALINGAM, S. Antioxidant Potentials of Skin, Pulp, and Seed Fractions of Commercially Important Tomato Cultivars. **Food Sci. Biotechnol**, v. 20, n. 1, p. 15–21, 2011.
- CHENG, M. H.; PATEL, K. M.; CHANG, D. W. An Introduction to Principles and Practice of Lymphedema Surgery. **Principles and Practice of Lymphedema Surgery**, p. 1–2, 1 jan. 2016.
- CHIU, Y. T. et al. Encapsulation of lycopene extract from tomato pulp waste with gelatin and poly(gamma-glutamic acid) as carrier. **Journal of agricultural and food**

chemistry, v. 55, n. 13, p. 5123–30, 27 jun. 2007.

CONWAY, E. J.; BYRNE, A. LXI. An absorption apparatus for the micro-determination of certain volatile substances. I. The micro-determination of ammonia. p. 419–429, 1933.

CORSO, M. et al. Specialized phenolic compounds in seeds: structures, functions, and regulations. **Plant Science**, v. 296, p. 110471, jul. 2020.

COYAGO-CRUZ, E. et al. Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties. **Food Chemistry**, v. 277, n. May 2018, p. 480–489, 2019.

CUNHA, L. C. M. et al. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. **Food Research International**, v. 111, n. May, p. 379–390, 2018.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORFOVÉS, C.; BARTOTLOMÉ, B. Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC – Fluorescein) Assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 48–54, 2004.

DEL VALLE, M.; CÁMARA, M.; TORIJA, M.-E. Chemical characterization of tomato pomace. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 2, p. 930–944, 2007.

DIANTOM, A. et al. Effect of added ingredients on water status and physico-chemical properties of tomato sauce. **Food Chemistry**, v. 236, p. 101–108, 2017.

DJEBARI, S. et al. Study of bioactive volatile compounds from different parts of Pistacia lentiscus L. extracts and their antioxidant and antibacterial activities for new active packaging application. **Food Control**, v. 120, n. June 2020, p. 107514, 2021.

DOMÉNECH-ASENSI, G. et al. Effect of the addition of tomato paste on the nutritional and sensory properties of mortadella. **Meat Science**, v. 93, n. 2, p. 213–219, 1 fev. 2013.

DURANTE, M. et al. Seeds of pomegranate, tomato and grapes: An underestimated source of natural bioactive molecules and antioxidants from agri-food by-products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, n. July, p. 65–72, 2017.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436–446, 1978.

ELLER, F. J. et al. Extraction and analysis of tomato seed oil. **JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 87, n. 7, p. 755–762, 2010.

ESPINOSA-PARDO, F. A. et al. Extraction of phenolic compounds from dry and fermented orange pomace using supercritical CO₂ and cosolvents. **Food and Bioproducts Processing**, v. 101, p. 1–10, jan. 2017.

ESTEBAN, J.; LADERO, M. Food waste as a source of value-added chemicals and materials: a biorefinery perspective. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 5, p. 1095–1108, 2018.

FAHIMDANESH, M. Evaluation of Physicochemical Properties of Iranian Tomato Seed Oil. **Journal of Nutrition & Food Sciences**, v. 03, n. 03, 2013.

- FARAHNAKY, A. et al. The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup. **Journal of Texture Studies**, v. 39, n. 2, p. 169–182, abr. 2008.
- FARHADI, K. et al. Determination of phenolic compounds content and antioxidant activity in skin, pulp, seed, cane and leaf of five native grape cultivars in West Azerbaijan province, Iran. **Food Chemistry**, v. 199, p. 847–855, maio 2016.
- FERGUSON, J. J. A. et al. Curcumin potentiates cholesterol-lowering effects of phytosterols in hypercholesterolaemic individuals. A randomised controlled trial. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 82, p. 22–35, 2018.
- FIORELLA, CARDENAS-TORO; P. ALCÁZAR-ALAY, S. C. et al. Pressurized liquid extraction and low-pressure solvent extraction of carotenoids from pressed palm fiber : Experimental and economical evaluation. **Food and Bioproducts Processing**, v. 4, p. 90–100, 2015.
- FLAKELAR, C. L. et al. A rapid method for the simultaneous quantification of the major tocopherols, carotenoids, free and esterified sterols in canola (*Brassica napus*) oil using normal phase liquid chromatography. **Food Chemistry**, v. 214, p. 147–155, 2017.
- FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y. et al. The effects of bioactive compounds from plant foods on mitochondrial function: A focus on apoptotic mechanisms. **Food and Chemical Toxicology**, v. 68, p. 154–182, 2014.
- GALANAKIS, C. M. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by-products: A viewpoint of opportunities and challenges. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, p. 575–579, 2013.
- GALVÃO, A. M. M. T. et al. Edible coating based on modified corn starch/tomato powder: Effect on the quality of dough bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, n. November 2017, p. 518–524, 2018.
- GEORGE, B. et al. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. **Food Chemistry**, v. 84, n. 1, p. 45–51, 2004.
- GIROTTI, F.; ALIBARDI, L.; COSSU, R. Food waste generation and industrial uses: A review. **Waste Management**, v. 45, p. 32–41, 2015.
- GONZALES-BARRON, U.; BUTLER, F. A COMPARISON OF VISUAL ASSESSMENT AND DIGITAL FRACTAL TEXTURE ANALYSIS OF BREAD-CRUMB FEATURES. **Using Cereal Science and Technology for the Benefit of Consumers**, p. 395–400, 1 jan. 2005.
- GORDON, M. H. Factors affecting lipid oxidation. In: **Understanding and Measuring the Shelf-Life of Food**. [s.l.] Elsevier, 2004. p. 128–141.
- GUMERATO, H. ; SCHMIDT, F. L.; VITALI, A. A. **Equipamento Separador de Sementes e Peles de Frutos em geral e Processo de Separação de Sementes e Peles de Frutos em Geral** Vilage Marcas & Patentes S/C Ltda P.I 0400613-5 ABrazil Vilage Marcas & Patentes S/C Ltda P.I , , 13 set. 2005.
- GUSTAVSSON, J. et al. **Global food losses and FW: Extent, causes and prevention**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/mb060e/mb060e.pdf>>.
- HALLIWELL, B. Biochemistry of Oxidative Stress. **Angewandte Chemie**

International Edition in English, p. 1147–1150, 2007.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Letters to the Editors THE DEFINITION AND MEASUREMENT OF ANTIOXIDANTS IN. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 18, n. 1, p. 125–126, 1995.

HAMZA, A. Utilization of Agro-industrial residues in Alexandria: Experience and prospects. **Biological Wastes**, v. 29, n. 2, p. 107–121, 1989.

HERRERA, P. G.; CÁMARA, M. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, n. 4, p. 707–711, 2010.

IBGE. Agropecuária Estatística da produção agrícola. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, n. Fevereiro, p. 81, 2018.

JIA, L. et al. Expression patterns of volatile compounds during ‘FL 47’ tomato ripening and their response to exogenous methyl salicylate (MeSA) fumigation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 203, p. 112414, 1 set. 2023.

KALOGEROPOULOS, N. et al. LWT - Food Science and Technology Bioactive phytochemicals in industrial tomatoes and their processing byproducts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 2, p. 213–216, 2012.

KARLA, A. S. M.; FLÁVIO, L. S. The tomato paste quality attributes along the industrial processing chain. **African Journal of Food Science**, v. 13, n. 10, p. 215–224, 31 out. 2019.

KARUNANITHI, S. Optimization of Process Parameters of Ohmic Heating for Improving Yield and Quality of Tomato Seed Oil. **International Journal of Pure & Applied Bioscience**, v. 7, n. 3, p. 104–114, 15 jun. 2019.

KATIRCI, N. et al. Differences in antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of commercial and homemade tomato pastes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 4, p. 249–254, maio 2020.

KAUR, D. et al. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 108, n. 2, p. 711–718, 2008.

KHLEBNIKOV, A. I. et al. Improved quantitative structure-activity relationship models to predict antioxidant activity of flavonoids in chemical, enzymatic, and cellular systems. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, v. 15, n. 4, p. 1749–1770, 2007.

KIPS, L. et al. A novel spiral-filter press for tomato processing: process impact on phenolic compounds, carotenoids and ascorbic acid content. **Journal of Food Engineering**, v. 213, p. 27–37, 2017.

KNOBLICH, M.; ANDERSON, B.; LATSHAW, D. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids †. v. 1170, n. October 2004, p. 1166–1170, 2005.

KONAGAYA, K. et al. Monitoring mature tomato (red stage) quality during storage using ultraviolet-induced visible fluorescence image. **Postharvest Biology and Technology**, v. 160, 1 fev. 2020.

KRINSKY, N. I. Carotenoids as Antioxidants. v. 9007, n. 01, p. 8–10, 2001.

KUMAR, Y. et al. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 6, p. 796–812, 2015.

LIM, K. J. A. et al. Extraction of bioactive compounds from mango (*Mangifera indica* L. var. Carabao) seed kernel with ethanol–water binary solvent systems. **Journal of Food Science and Technology**, 2019.

LIU, F. et al. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**, v. 204, n. 1, p. 159–166, 2010.

LLOYD, K.; MIROSA, M.; BIRCH, J. Active and Intelligent Packaging. **Food Science - Encyclopedia of Food Chemistry**, v. 3, p. 177–182, 2019.

LOPEZ-RUBIO, A.; GAVARA, R.; LAGARON, J. M. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, n. 10, p. 567–575, 2006.

LU, Z. et al. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, n. February, p. 172–187, 2019.

LUCINI, L. et al. Phenolic fingerprint allows discriminating processed tomato products and tracing different processing sites. **Food Control**, v. 73, p. 696–703, 2017.

LUISA GARCÍA, M.; CALVO, M. M.; DOLORES SELGAS, M. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. **Meat Science**, v. 83, n. 1, p. 45–49, 2009.

MAJID, I. et al. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 4, p. 454–462, 2018.

MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 1, DE 30 DE JANEIRO DE 2012. Brasil: [s.n.]. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=629707739>>. Acesso em: 17 set. 2023.

MARQUES, F. et al. Contextualizando a Elevada Prevalência de Anemia na População Portuguesa: Percepção, Caracterização e Preditores: Um Sub-Estudo do EMPIRE. **Medicina Interna**, v. 23, p. 25–37, 2016.

MEHTA, D. et al. Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2560–2568, 2018.

MENSOR, L. L. et al. Screening of Brazilian Plant Extracts for Antioxidant Activity by the Use of DPPH Free Radical Method. **Phytotherapy Research**, v. 130, p. 127–130, 2001.

MILANI, J.; MALEKI, G. Hydrocolloids in Food Industry. **Food Industrial Processes - Methods and Equipment**, n. February, p. 18–34, 2012.

MIR, S. A. et al. Effect of plant extracts on the techno-functional properties of biodegradable packaging films. **Trends in Food Science and Technology**, v. 80, n. February, p. 141–154, 2018.

MOLENA, L. A.; GUERREIRO, L. M. M.; DELEO, J. P. B. Anuário 2018 - 2019:

Restrospectiva 2018 e Perspectiva 2019. **Hortifruti Brasil**, v. 185, n. Janeiro, p. 1–50, 2019.

MORAIS, L. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014.

MOUDACHE, M. et al. Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 229, p. 98–103, 2017.

NAVARRO-GONZÁLEZ, I. et al. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. v. 44, p. 1528–1535, 2011.

NAVIGLIO, D. et al. Characterization of high purity lycopene from tomato wastes using a new pressurized extraction approach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 15, p. 6227–6231, 2008.

NERÍN, C.; WRONA, M. **Polymers/Food Contact and Packaging Materials—Analytical Aspects**. 3. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2018.

NEVES, D. A. et al. Chemical and nutritional characterization of raw and hydrothermal processed jambu (*Acmedella oleracea* (L.) R.K. Jansen). **Food Research International**, 2018.

NGUEFACK, J. et al. Food preservative potential of essential oils and fractions from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against mycotoxigenic fungi. **International Journal of Food Microbiology**, v. 131, n. 2–3, p. 151–156, 2009.

NOSRATPOUR, M.; JAFARI, S. M. **Bioavailability of minerals (Ca, Mg, Zn, K, Mn, Se) in food products**. [s.l.] Elsevier, 2018. v. 1

OH, Y. S. Bioactive compounds and their neuroprotective effects in diabetic complications. **Nutrients**, v. 8, n. 8, p. 1–20, 2016.

OUAHIOUNE, L. A. et al. Novel active biopackaging incorporated with macerate of carob (*Ceratonia siliqua* L.) to extend shelf-life of stored Atlantic salmon fillets (*Salmo salar* L.). **LWT**, v. 156, 15 fev. 2022.

OZYURT, V. H.; ÇAKALOĞLU, B.; OTLES, S. Optimization of cold press and enzymatic-assisted aqueous oil extraction from tomato seed by response surface methodology: Effect on quality characteristics. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 5, 1 maio 2021.

PANSERI, S. et al. Feasibility of biodegradable based packaging used for red meat storage during shelf-life: A pilot study. **Food Chemistry**, v. 249, n. December 2017, p. 22–29, 2018.

PAPAIIOANNOU, E. H.; KARABELAS, A. J. Lycopene recovery from tomato peel under mild conditions assisted by enzymatic pre-treatment and non-ionic surfactants. **Acta Biochimica Polonica**, v. 59, n. 1, 2012.

PATEIRO, M. et al. Antioxidant active packaging systems to extend the shelf life of sliced cooked ham. **Current Research in Food Science**, v. 1, p. 24–30, 1 nov. 2019.

PEZO, D.; SALAFRANCA, J.; NERÍN, C. Design of a method for generation of gas-phase hydroxyl radicals, and use of HPLC with fluorescence detection to assess the

antioxidant capacity of natural essential oils. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 385, n. 7, p. 1241–1246, 2006.

PINGRET, D.; FABIANO-TIXIER, A.-S.; CHEMAT, F. Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. **Food Control**, v. 31, n. 2, p. 593–606, jun. 2013.

POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Extraction of lycopene from tomato processing waste : Kinetics and modelling. **FOOD CHEMISTRY**, v. 173, p. 943–950, 2015a.

POOJARY, M. M.; PASSAMONTI, P. Optimization of extraction of high purity all-trans-lycopene from tomato pulp waste. **Food Chemistry**, v. 188, p. 84–91, 2015b.

PRABHASHANKAR, B. et al. Enhanced cytotoxic and apoptosis inducing activity of lycopene oxidation products in different cancer cell lines. **Food and Chemical Toxicology**, v. 97, p. 265–276, 2016.

PRIOR, R. L. **Oxygen radical absorbance capacity (ORAC): New horizons in relating dietary antioxidants/bioactives and health benefits** *Journal of Functional Foods* Elsevier Ltd, , 1 out. 2015.

RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. **Trends in Biotechnology**, v. 34, n. 1, p. 58–69, 2016.

REALINI, C. E.; MARCOS, B. Active and intelligent packaging systems for a modern society. **Meat Science**, v. 98, n. 3, p. 404–419, 2014.

REBOUL, E. et al. Enrichment of tomato paste with 6% tomato peel increases lycopene and beta-carotene bioavailability in men. **The Journal of nutrition**, v. 135, n. 4, p. 790–4, abr. 2005a.

REBOUL, E. et al. Enrichment of Tomato Paste with 6% Tomato Peel Increases Lycopene and {beta}-Carotene Bioavailability in Men. **J. Nutr.**, v. 135, n. 4, p. 790–794, 1 abr. 2005b.

REGUENGO, L. M. et al. Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 152, 1 fev. 2022.

RESTUCCIA, D. et al. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. **Food Control**, v. 21, n. 11, p. 1425–1435, 2010.

ROBERTSON, G. **Food Packaging. Principles and Practice**. [s.l: s.n.].

ROBERTSON, G. L. **Packaging and food and beverage shelf life**. [s.l.] Elsevier, 2011.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A GUIDE TO ANALYSIS IN**. Washington DC, USA: [s.n.].

ROMANO, R. et al. Effect of tomato by-products in the diet of Comisana sheep on composition and conjugated linoleic acid content of milk fat. **International Dairy Journal**, v. 20, n. 12, p. 858–862, 2010.

SAHA, D.; BHATTACHARYA, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food : a critical review. v. 47, n. 6, p. 587–597, 2010.

- SAINI, R. K.; MOON, S. H.; KEUM, Y. An updated review on use of tomato pomace and crustacean processing waste to recover commercially vital carotenoids. **Food Research International journal**, v. 108, n. March, p. 516–529, 2018.
- SANGEETHA, K. et al. Extraction, characterization, and application of tomato seed oil in the food industry: An updated review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 11, 1 mar. 2023.
- SARAIVA, L. E. F. et al. LWT - Food Science and Technology Development and application of edible film of active potato starch to extend mini panettone shelf life. **LWT - Food Science and Technology**, v. 73, p. 311–319, 2016.
- SAYGILI, H.; GÜZEL, F.; ÖNAL, Y. Conversion of grape industrial processing waste to activated carbon sorbent and its performance in cationic and anionic dyes adsorption. **Journal of Cleaner Production**, v. 93, p. 84–93, 2015.
- SCHAEFER, D.; CHEUNG, W. M. Smart Packaging: Opportunities and Challenges. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 1022–1027, 2018.
- SEAL, C. E.; KRANNER, I.; PRITCHARD, H. W. Quantification of seed oil from species with varying oil content using supercritical fluid extraction. **Phytochemical Analysis**, v. 19, n. 6, p. 493–498, nov. 2008.
- SHAHZAD, N. et al. Phytosterols as a natural anticancer agent: Current status and future perspective. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 88, p. 786–794, 2017.
- SHAO, D. et al. Separation Methods and Chemical and Nutritional Characteristics of Tomato Pomace. **Northwest A&F University**, v. 56, n. 1, p. 260–268, 2013.
- SHAO, D. et al. Thermal and storage characteristics of tomato seed oil. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 191–197, 2015.
- SILVA, M. A. et al. Melon (*Cucumis melo* L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods? **Trends in Food Science and Technology**, v. 98, n. July 2018, p. 181–189, 2020.
- SINDHU, R. et al. Conversion of food and kitchen waste to value-added products. **Journal of Environmental Management**, n. February, p. 0–1, 2019.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965.
- SIRBU, A.; ARGHIRE, C. Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 220–227, 2017.
- SIRIPATRAWAN, U.; HARTE, B. R. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 8, p. 770–775, 2010.
- SOGI, D. S. Biological evaluation of tomato waste seed meals and protein concentrate. **Food Chemistry**, v. 89, p. 53–56, 2005.
- SOLTANI FIROUZ, M.; MOHI-ALDEN, K.; OMID, M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. **Food Research International**, v. 141, p. 110113, 2021.

- SONG, X. C. et al. Comparison of two antioxidant packaging based on rosemary oleoresin and green tea extract coated on polyethylene terephthalate for extending the shelf life of minced pork meat. **Food Packaging and Shelf Life**, 2020.
- SZABO, K. et al. Antimicrobial and antioxidant properties of tomato processing byproducts and their correlation with the biochemical composition. **LWT**, v. 116, 1 dez. 2019.
- TAN, C. X. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. **Journal of Functional Foods**, v. 54, n. October 2018, p. 381–392, 2019.
- TAN, Y. M. et al. Functional chitosan-based grapefruit seed extract composite films for applications in food packaging technology. **Materials Research Bulletin**, v. 69, p. 142–146, 2015.
- TANAKA, T.; SHNIMIZU, M.; MORIWAKI, H. Cancer Chemoprevention by Carotenoids. p. 3202–3242, 2012.
- TOMAS, M. et al. Industrial processing versus home processing of tomato sauce : Effects on phenolics , flavonoids and in vitro bioaccessibility of antioxidants. **Food Chemistry**, v. 220, p. 51–58, 2017.
- TOMAS, M. et al. Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. **Food Research International**, v. 106, n. October 2017, p. 129–135, 2018.
- TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. **Food Research International**, v. 38, n. 5, p. 487–494, jun. 2005.
- TORBICA, A. et al. Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 299–309, 2016.
- UBEDA, S.; AZNAR, M.; NERÍN, C. Determination of volatile compounds and their sensory impact in a biopolymer based on polylactic acid (PLA) and polyester. **Food Chemistry**, v. 294, n. May, p. 171–178, 2019.
- VALDEZ-MORALES, M. et al. Phenolic Content and Antioxidant and Antimutagenic Activities in Tomato Peel, Seeds, and Byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 23, p. 5281–5289, jun. 2014.
- VALLVERDÚ-QUERALT, A. et al. Changes in phenolic profile and antioxidant activity during production of diced tomatoes. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1700–1707, 2011.
- VIEIRA, V. et al. Phenolic profile, antioxidant and antibacterial properties of *Juglans regia* L. (walnut) leaves from the Northeast of Portugal. **Industrial Crops and Products**, v. 134, n. April, p. 347–355, 2019.
- VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 72, n. 12, p. 1084–1087, 1 jan. 1970.
- WANG, Z. et al. Ultrasound-assisted enzyme catalyzed hydrolysis of olive waste and recovery of antioxidant phenolic compounds. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 44, p. 224–234, 2017.

WRONA, M. et al. Antioxidant packaging with encapsulated green tea for fresh minced meat. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 41, n. 2017, p. 307–313, 2017a.

WRONA, M. et al. Antioxidant packaging with encapsulated green tea for fresh minced meat. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 41, n. November 2016, p. 307–313, 2017b.

XUE, L. et al. Comparative advantages of chemical compositions of specific edible vegetable oils. **Oil Crop Science**, v. 8, n. 1, p. 1–6, 1 mar. 2023.

YAGCI, S. et al. Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 368, p. 130847, 30 jan. 2022.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, WU. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–550, 1999.

ZUORRO, A.; FIDALEO, M.; LAVECCHIA, R. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 49, p. 567–573, 2011a.

ANEXOS

ANEXO I – DECLARAÇÃO REFERENTE AO PATRIMÔNIO GENÉTICO



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
 SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO
Comprovante de Cadastro de Acesso
Cadastro nº AB1E730

A atividade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do cadastro: **AB1E730**
 Usuário: **UNICAMP**
 CPF/CNPJ: **46.068.425/0001-33**
 Objeto do Acesso: **Patrimônio Genético**
 Finalidade do Acesso: **Pesquisa**

Espécie

Solanum lycopersicum

Título da Atividade: **Identificação de Compostos Bioativos dos Subprodutos Industriais de Tomate (Solanum lycopersicum L.) e Aplicação em Matrizes Alimentares e no Desenvolvimento de Embalagens Bioativas**

Equipe

Letícia Cardoso Silva **UNICAMP**
Helena Teixeira Godoy **UNICAMP**

Data do Cadastro: **04/06/2019 13:29:00**
 Situação do Cadastro: **Concluído**



Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
 Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em 13:29 de 04/06/2019.



SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO
 DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
 E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL
 ASSOCIADO - **SISGEN**

ANEXO II – PLATAFORMA BRASIL

 CEPUNICAMP COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS	
--	---	---

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Resíduos Industriais de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.): Caracterização e aplicação em alimentos

Pesquisador: Letícia

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 58835616.0.0000.5404

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.649.196

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa, intitulado "Resíduos Industriais de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.): caracterização e aplicação em alimentos", que irá constituir a Dissertação (Mestrado) de uma aluna na Faculdade de Engenharia de Alimentos- Unicamp. Indústrias de alimentos geram grandes quantidades de resíduos e sub-produtos, que são nutricionalmente importantes fontes e contêm grandes quantidades de compostos bioativos. Estes podem ser utilizados como aditivos alimentares naturais. A importância dos aditivos alimentares naturais está crescendo devido à ampla utilização e demanda por compostos naturais em alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos. O tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) contém quantidade elevada de compostos fenólicos, carotenoides, sendo o principal constituinte o licopeno, que fornece a cor vermelha ao fruto, sendo um dos vegetais mais consumidos no mundo, in natura ou processado. Devido à estrutura química do licopeno ($C_{40}H_{56}$) ele age como um dos melhores supressores biológicos de radicais livres, especialmente derivados de oxigênio. A quantidade de licopeno é cerca de três vezes maior na pele do tomate e cinco vezes maior em resíduos de tomate do que em outros produtos a base de tomate. Portanto, o objetivo deste projeto será a caracterização dos resíduos de tomate, com análise centesimal, teor de licopeno, teor de compostos fenólicos, e capacidade antioxidante.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126			
Bairro: Barão Geraldo		CEP: 13.083-887	
UF: SP	Município: CAMPINAS		
Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@fcm.unicamp.br	



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.849.198

Posteriormente, a fração das cascas de tomates, proveniente do subproduto industrial, será aplicado em diferentes porcentagens ao molho de tomates comerciais e será avaliados os atributos sensoriais por meio da análise de aceitação. Além disso, será realizada a caracterização do perfil lipídico da semente de tomate e do pó de cascas de tomate, proveniente do subproduto industrial.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O presente projeto tem como objetivo determinar a composição físico-química, quantificar os carotenoides e compostos fenólicos totais, e avaliar a atividade antioxidante com espécies reativas de oxigênio e nitrogênio presentes em resíduos industriais da produção de polpa de tomate. Além disso, aplicar o material isento de sementes em molhos de tomate prontos para consumo, avaliando a melhora dos atributos alimentícios.

Objetivo Secundário:

Caracterizar do subproduto de tomate: análise centesimal (carboidratos, lipídios, proteínas, cinzas, fibras solúveis e insolúveis), teor de licopeno; teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante.

Otimizar um método de extração do licopeno a partir da casca do tomate, utilizando água e etanol, solventes "verde".

Comparar a quantificação de licopeno pelo método de Cromatografia Líquida com análise espectrofotométrica; analisar e quantificar o licopeno presente nas cascas de tomate, liofilizadas e moídas. Quantificar e identificar o perfil lipídico do óleo da semente de tomate.

Aplicar em diferentes porcentagens as cascas de tomate em molho pronto de tomate, avaliar a melhora de atributos e aplicar análise sensorial de aceitação do produto final.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos aos julgadores podem estar relacionados ao preparo da formulação. Para garantir a procedência das matérias-primas, os subprodutos serão submetidos à sanitização, congelamento a -80°C e os demais ingredientes serão adquiridos em estabelecimentos com rigoroso controle de qualidade. O preparo da formulação será de acordo com as normas de Boas Práticas de Fabricação estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Benefícios:

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
 Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
 UF: SP Município: CAMPINAS
 Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.849.198

Não há benefícios diretos aos participantes da pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um projeto de pesquisa relativo à Dissertação (Mestrado) de uma aluna orientada por uma docente do Departamento de Ciência de Alimentos (DCA) da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA)/Unicamp. Serão recrutados 70 participantes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA-PRIMA

Serão analisados resíduos industriais da produção de polpa de tomate fornecidos por indústria brasileira, de duas safras distintas, cada lote de amostra será homogeneizado, fracionado e separado adequadamente até o momento das análises. Os ensaios serão realizados no Laboratório de Análise Instrumental de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP.

4.2 EQUIPAMENTOS

Para quantificação dos carotenoides e compostos fenólicos será utilizado um sistema cromatográfico de ultra alta eficiência (UPLC Acquity Waters), equipado com sistema de bombas binário, injetor automático, forno de coluna e detector de arranjo de diodos (DAD). As análises de fenólicos totais, capacidade antioxidante e estimativa do teor de licopeno serão realizadas em leitora de microplacas FLUOstar Omega (BMG LABTECH) com comprimento de onda específico para cada um dos métodos de análise, usando com microplacas de 96 poços. E quantificação e perfil lipídico serão realizados em um cromatógrafo à gas Agilent 7890 acoplado com um analisador de massas (GC-MS), do tipo quadrupolo (Agilent 5975c).

4.3 ANÁLISE CENTESIMAL

O teor de proteínas, lipídios, cinzas, umidade, carboidratos e fibras foram determinados de acordo com as normas analíticas do Oficial Método de Análises (AOAC), 2012.

4.4 SEPARAÇÃO DE CASCA E SEMENTE DO RESÍDUO INDUSTRIAL DE ATOMATADOS

A separação da casca e da semente será realizada utilizando um sistema separador de sementes e peles de frutos em geral, o processo ocorre por decantação e flotação (natural ou forçada) das peles e sementes do resíduo industrial. O sistema é composto por um reservatório de decantação e flotação (natural ou forçada) interligado à dispositivos de filtragem, possuindo um intensificador e uma bomba capaz de recircular a água propiciando um circuito fechado. As cascas serão colhidas a partir da filtragem e as sementes ficarão no fundo e serão então obtidas (Gumerato, 2005).

4.5 ANÁLISE DE CAROTENÓIDES – LICOPENO

Extração de Licopeno

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.649.196

Será realizada uma extração de licopeno das cascas utilizando como solvente extrator água e etanol, em diferentes porcentagens para verificar a mistura com o maior rendimento. Para essa investigação, será utilizado um planejamento fatorial fracionado 24-1 cujas variáveis serão: temperatura de extração (x_1), tempo de extração (x_2), a porcentagem de água em etanol (x_3) e volume de solvente (x_4) sobre o rendimento de licopeno (Y mg/g ou Y %). As variáveis independentes serão codificadas em dois níveis, como -1 e 1 (Tabela 1). O desenho completo consistirá de 11 pontos experimentais incluindo três repetições de análises como ponto central (codificados como 0). Os 11 ensaios serão realizados de forma aleatória a fim de minimizar os efeitos dos fatores não controlados. Os valores obtidos serão também comparados com a extração da metodologia proposta por Rodriguez-Amaya (2001), com adaptações de Coutinho (2015). Para essa extração será utilizada 1g de amostra triturada, que serão exaustivamente extraídas com acetona (3 x 15mL). Depois as frações de 15mL serão unidas e particionadas com uma mistura de éter etílico e éter de petróleo (1:1) (v/v) totalizando 20mL, e cerca de 100mL de água (e posterior partição com mais 50mL de água) para retirada da acetona. A fração etérea será adicionada de uma solução de hidróxido de potássio (2,5%) em metanol e mantida ao abrigo de luz e em temperatura ambiente por 16h (overnight). Após a partição em 20mL de uma mistura de éter etílico e éter de petróleo (1:1) (v/v), e água (3 x 100mL) para retirada de todo material saponificado e resíduos de hidróxido de potássio. A fração etérea será evaporada em evaporador rotativo. O extrato seco será suspenso em 5mL de metanol, filtrado em Millex (PVDF) com diâmetro de poro de 0,22 μ m e injetado em sistema cromatográfico.

Análise Cromatográfica

A análise cromatográfica será realizada de acordo com o método proposto por Coutinho (2015), que consiste em uma fase móvel inicial composta por uma mistura de acetonitrila/água (87/13) (v/v), com gradiente linear alterando a fase móvel para 100% de acetonitrila em 4,2min, e vazão de 0,733mL.min⁻¹. A temperatura do forno da coluna será fixada em 40°C, com o detector de arranjo de diodos e coluna cromatográfica Hypersil Gold C18 (100mm x 2,1mm, 1,8 μ m) (Thermo). Os picos de cada forma de carotenoides serão identificados por comparação dos tempos de retenção e espectros na região do UV obtidos do DAD e co-cromatografia. A quantificação será realizada por padronização externa, soluções padrão serão utilizadas para a construção das curvas de calibração (área de pico x teor de carotenoides) e as concentrações serão calculadas e expressas em mg.100g⁻¹ de amostra.

4.6 ANÁLISE DE COMPOSTOS FENÓLICOS

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.649.196

A metodologia de quantificação de compostos fenólicos totais será realizada seguindo a metodologia proposta por Singleton & Rossi (1965), com adaptações. Os extratos para a avaliação de fenólicos totais serão provenientes de 1g de amostra, e será utilizando metanol como solvente extrator. O volume será padronizado para melhor extração do produto, e será utilizado um banho de ultrassom por 10min. A reação se baseia na mistura de um extrato metanólico dos resíduos, ou separadamente as cascas e sementes de tomate, com 100L de reagente de Folin-Ciocalteu e uma de solução 7,5% de carbonato de sódio. Essa mistura é mantida em temperatura ambiente, ao abrigo de luz por um período de 2h e posteriormente analisada em leitora de microplacas no comprimento de onda 760nm. O resultado das amostras será comparado com uma curva analítica de ácido gálico com seis pontos equidistantes, todos em triplicatas, a regressão linear dessa curva será submetida à análise de variância (ANOVA $p < 0,05$) e os resultados das amostras serão expressos em equivalente em ácido gálico.

4.7 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

A determinação de atividade antioxidante será realizada pela capacidade de absorção do radical oxigênio (ORAC) de acordo com a metodologia proposta por Dávalos (2004), que consiste no preparo de uma solução de tampão fosfato (pH 7,4) (para solubilizar a fluoresceína e o AAPH), solução de fluoresceína sódica e solução de AAPH (2,2'-Azobis (2-metil-propionamida) dicloridrato). A análise será realizada misturando 120L de solução de fluoresceína sódica, 20L de solução metanólica do material (ou padrão da curva analítica) e 80L de solução de AAPH. Será construída uma curva analítica de ácido gálico com sete pontos equidistantes, todos em triplicata e com concentração variando, e uma curva analítica de Trolox com 5 pontos equidistantes, todos em triplicata. A regressão linear de cada uma das curvas será submetida à análise de variância (ANOVA $p < 0,05$) e os resultados das amostras serão expressos em equivalente em ácido gálico e equivalente trolox. Outro método que será usado para avaliar a capacidade antioxidante desse trabalho é das espécies Reativas de Oxigênio (ERO) e de Nitrogênio (ERN), que será realizada de acordo com a metodologia de Gomes et al (2007), a qual consiste em um leitor de microplacas, para a fluorescência (UV/VIS), e as medições de luminescência. Os valores serão calculados a partir das curvas de percentagem de inibição, utilizando o software GraphPad Prism 5. A quercetina será utilizada como controle positivo nos ensaios de eliminação dos radicais livres.

4.8 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO ÓLEO DE SEMENTE DE TOMATE

As sementes serão separadas a partir do material industrial por um sistema de decantação e

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.649.198

flotação já explicado. Separação de casca e semente do Resíduo Industrial de Atomatados, antes da extração do óleo, as sementes serão trituradas em um moinho triturador. O óleo de semente de tomate será então extraído de acordo com a metodologia descrita por Shao et. al. (2012), usando hexano (98.5%), a proporção do solvente/sólido será de 5/1 (v/p) com velocidade de agitação de 400rpm e o tempo e temperatura para uma condição ótima de extração do óleo serão estabelecidos. Após a extração, o extrato de hexano (solução de óleo) será separado do resíduo sólido (semente de tomate) por centrifugação a 5000rpm durante 10min a 4°C. O hexano será removido por um evaporador de vácuo rotativo à temperatura ambiente. A quantificação e perfil lipídico serão realizados em um cromatógrafo gasoso Agilent 7890 acoplado com um analisador de massas (GC-MS), do tipo quadrupolo (Agilent 5975c) e as condições cromatográficas serão estabelecidas.

4.9 APLICAÇÃO DE CASCAS DE TOMATE EM MOLHO PRONTO DE TOMATE

Os produtos serão desenvolvidos utilizando molhos prontos de tomate enriquecidos com cascas de tomate, proveniente dos subprodutos industriais, que foram separadas de acordo com item 4.4. Serão realizadas três diferentes formulações com concentrações de 5, 10 e 20% de cascas em molhos e uma formulação controle. A sensorial do produto será realizada por análise de aceitação, em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Nutrição da Faculdade de Alimentos da UNICAMP, sendo as amostras, apresentadas em temperatura ambiente com um acompanhamento. Serão realizados estudos para avaliar a aceitação e/ou rejeição dos consumidores às amostras de molho de tomate adicionadas de semente e casca de tomate. O teste será aplicado para julgadores em copos codificados com números aleatórios de três dígitos, e a amostra controle também será servida entre as amostras codificadas. Os provadores registrarão suas notas em fichas com escala hedônica de 9cm para cada atributo estudado, aparência, textura, sabor e da amostra em geral. E os indivíduos serão questionados quanto à intenção de compra.

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os experimentos serão realizados em triplicatas e os resultados serão apresentados na média, desvio padrão (DP) e variância. Os dados serão submetidos à análise de variância (ANOVA). Para determinar diferenças entre os tratamentos será aplicado o teste de Tukey em nível de 95% de significância, utilizando o software Statistic, versão 8.0.

4.11 VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS

Para aplicação dos métodos de determinação de licopeno e de compostos fenólicos nos subprodutos de tomates será utilizado o procedimento de validação. Os parâmetros a serem

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.849.198

avaliados serão seletividade, limite de detecção, limite de quantificação, linearidade, precisão, exatidão, e recuperação seguindo o guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos da ANVISA, 2003. Para verificar a aceitação e intenção de compra, será realizado um teste de sensorial da cor, sabor, textura e impressão global dos molhos de tomates. Os julgadores provarão todas as amostras à temperatura de ambiente, indicando em uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, o quanto gostam ou desgostam e intenção de compra.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados a Folha de Rosto, assinada pelo Diretor da FEA, o documento com Informações Básicas do Projeto, o Projeto detalhado e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendência 1: de acordo com o cronograma que consta no Projeto detalhado esta pesquisa foi iniciada em Março/Abril 2015 e término previsto para Janeiro/Fevereiro 2017, com a defesa da Dissertação. No cronograma não consta a data de início dos testes sensoriais, nos quais estarão envolvidos os participantes da pesquisa. Solicita-se ao proponente que esclareça a data em que serão iniciados os testes sensoriais.

Resposta: Foi adicionado ao cronograma no projeto detalhado, que análise será realizada durante os meses de setembro a outubro deste ano, com as análises dos dados da sensorial.

Pendência 2: Solicita-se ao proponente que mencione o orçamento e a fonte de recursos para financiamento deste projeto.

Resposta: Os molhos de tomates prontos e os subprodutos para a construção do produto para a sensorial serão doados por duas indústrias Brasileiras, os brindes e a impressão dos termos de consentimentos serão custeados pelos pesquisadores.

Pendência 3: Solicita-se à proponente que mencione no Projeto detalhado os testes relativos à análise sensorial, os critérios de inclusão e de exclusão dos participantes da pesquisa.

Resposta: Foi acrescentado ao Projeto detalhado e a Plataforma os critérios de Inclusão e de Exclusão.

Critério de Exclusão: A análise de Sensorial do produto será realizada com alunos, professores e servidores da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. O único critério de inclusão foi à aceitação do participante em realizar a análise sensorial, concordando em experimentar e expressar sua satisfação com o produto analisado.

Critério de Exclusão: Não será recomendado a participação de pessoas com alergia de tomate e de produtos à base de tomate. A faixa etária será estabelecida entre 18 e 60 anos.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.649.198

Pendência 4: A proponente afirma no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que "Acompanhamento e assistência: Os pesquisadores responsáveis estarão a disposição para esclarecer quaisquer dúvidas durante e após a participação na pesquisa. Porventura se você não se sentir bem após o consumo das amostras, será acompanhado ao CECOM pelos pesquisadores." Esta frase necessita ser modificada pois o CECOM presta atendimento médico e odontológico apenas à comunidade universitária (docentes, alunos e funcionários) e não está mencionado no projeto se os participante desta pesquisa serão recrutados entre essas 3 categorias de servidores da Unicamp.

Resposta: Foi acrescentado ao projeto que o recrutamento para os julgadores será realizado com as 3 categorias da UNICAMP, alunos, funcionários e professores, portanto se ocorrer alguma eventualidade, todos poderão ser encaminhados ao CECOM. Essa análise será realizada com alunos, professores e servidores da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA/UNICAMP), em Campinas/SP. O número total de participantes será no mínimo 70 provadores não treinados, o critério de inclusão será a aceitação do participante em realizar a análise sensorial, concordando em experimentar e expressar sua satisfação com o produto analisado. Não será recomendada a participação de pessoas com alergia de tomate e de produtos à base de tomate e será aceita a participação de provadores coma faixa etária entre 18 e 60 anos.

Pendência 5: A proponente deve apresentar informações sobre como, onde e de que forma será feito o recrutamento dos participantes da pesquisa.

Resposta: Foi acrescentado ao Projeto detalhado que os julgadores do produto na análise sensorial serão convidados a participar e não serão treinados.

Pendência 6: A frase "não será recomendado a participação de pessoas com alergia de tomate e de produtos à base de tomate" foi substituída por "Não será aceita a participação de pessoas com alergia de tomate e de produtos à base de tomate. ", no projeto. As recomendações também foram acatadas e o oferecimento de brindes não irá se realizar. Essa informação foi retirada do Termo de Consentimento.

Considerações Finais a critério do CEP:

- O sujeito de pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).
- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (quando aplicável).

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.649.198

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

- Lembramos que segundo a Resolução 466/2012, item XI.2 letra e, "cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento".

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_735754.pdf	12/07/2016 14:38:40		Aceito
Outros	CartaResposta12julho.pdf	12/07/2016 14:38:11	Letícia	Aceito

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

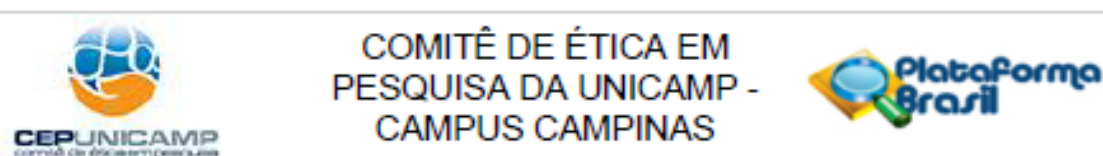
UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



Continuação do Parecer: 1.849.198

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	12/07/2016 14:35:56	Letícia	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TermodeConsetimentoModificado.pdf	12/07/2016 14:35:21	Letícia	Aceito
Outros	CartaResposta.pdf	30/06/2016 14:56:26	Letícia	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TermodeConsetimento.pdf	30/06/2016 14:55:43	Letícia	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoFinalCorrigido.pdf	30/06/2016 14:55:00	Letícia	Aceito
Outros	AtestadoMatricula.pdf	10/06/2016 14:29:38	Letícia	Aceito
Folha de Rosto	fOLHADEROSTO.pdf	08/06/2016 16:25:28	Letícia	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETOFINAL.pdf	08/06/2016 16:24:31	Letícia	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINAS, 26 de Julho de 2016

Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br

ANEXO III – FORMULÁRIO APLICADO NA SENSORIAL

Questionário – Perfil do Consumidor

Faixa Etária: ☐ Menos de 25 anos ☐ De 25 a 35 anos ☐ Mais de 36

Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino

Escolaridade: ☐ Ensino fundamental incompleto

☐ Ensino fundamento completo

☐ Ensino médio incompleto

☐ Ensino médio completo

☐ Superior incompleto

☐ Superior completo

☐ Pós Graduação

Análise de Consumo

Com qual frequência você consome molhos de tomates:

☐ Diariamente

☐ Semanalmente

☐ Quinzenalmente

☐ Mensalmente

Quais são os pratos que você utiliza molho de tomate:

Avaliação Sensorial de Molho de Tomate

Você está recebendo uma amostra de molho de tomate. Por favor avalie primeiramente o visual do molho e responda as questões de 1 a 3.

1. Cor

Desgostei muitíssimo

Gostei MUITÍSSIMO

2. Aroma

Desgostei muitíssimo

Gostei MUITÍSSIMO

3. Aparência

Desgostei muitíssimo

Gostei MUITÍSSIMO

Por favor, coloque o molho de tomate sobre a massa de macarrão e avalie os próximos itens:

4. Sabor _____
 Desgostei muitíssimo _____ Gostei MUITÍSSIMO
5. Textura _____
 Desgostei muitíssimo _____ Gostei MUITÍSSIMO
6. Impressão Global _____
 Desgostei muitíssimo _____ Gostei MUITÍSSIMO
7. Intenção de Compra: Marque com X a sua intenção de compra.
☐ Decididamente eu compraria
☐ Provavelmente eu compraria
☐ Talvez sim/ Talvez não
☐ Provavelmente eu não compraria
☐ Decididamente eu não compraria
8. O que você acha da concentração de casca neste molho de tomate.
- _____
- Menos do que o ideal Ideal Mais do que ideal
9. O que você acha da presença de semente de tomate neste molho de tomate
- _____
- Menos do que o ideal Ideal Mais do que ideal
10. O que você acha da acidez neste molho de tomate.
- _____
- Menos do que o ideal Ideal Mais do que ideal

ANEXO IV – DADOS SENSORIAS

Provedores	Fonte de Fibras - 987						Enriquecido com cascas - 111						Formulação Controle					
	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global
1	3,9	4,7	6,8	5,9	5,0	3,5	5,3	5,1	5,5	5,2	5,9	5,4	6,7	7,7	5,2	9,0	7,4	6,4
2	3,4	3,6	2,2	4,3	3,2	4,1	3,1	3,0	5,2	6,5	8,1	5,9	7,9	6,5	7,9	7,4	5,0	6,5
3	6,9	7,7	9,0	6,6	5,4	6,9	4,8	2,3	6,3	2,3	1,0	3,2	9,0	8,0	8,9	9,0	8,4	8,6
4	7,6	8,4	8,4	8,7	8,0	8,6	5,0	5,0	7,5	9,0	9,0	7,0	9,0	9,0	9,0	8,4	8,4	8,6
5	6,4	6,0	6,8	6,4	6,6	6,3	6,6	5,4	6,7	6,0	5,0	5,5	7,5	7,5	7,6	6,3	7,7	7,4
6	4,2	5,9	4,1	3,9	5,4	5,1	1,7	1,4	1,2	2,1	1,7	1,7	7,5	7,8	7,2	8,5	8,7	8,3
7	3,9	2,6	4,5	5,0	2,4	3,0	0,3	0,5	5,4	1,6	1,1	1,7	7,9	6,3	5,4	8,8	4,8	7,4
8	8,1	6,8	4,3	5,5	4,1	4,1	6,0	6,0	7,7	7,7	3,4	5,9	8,4	8,2	9,0	9,0	9,0	9,0
9	2,5	4,0	2,3	3,2	2,7	3,9	1,9	1,4	2,7	2,8	2,7	3,0	1,6	1,8	3,1	3,0	2,8	3,0
10	4,8	5,9	4,4	6,9	5,5	3,9	4,4	2,2	5,1	5,4	4,7	5,6	8,7	5,7	5,4	7,3	7,4	7,1
11	7,3	7,4	7,1	5,0	5,0	5,2	7,7	6,2	7,2	4,6	4,8	4,9	7,7	7,6	7,3	6,4	7,5	7,6
12	3,7	3,6	7,5	5,9	3,6	4,6	4,3	3,6	8,4	8,6	4,3	6,4	9,0	9,0	9,0	8,6	8,6	8,6
13	3,7	3,1	2,4	3,6	1,3	5,7	2,0	1,4	0,9	0,7	1,2	1,3	5,3	5,3	5,1	3,1	4,1	4,5
14	5,1	5,7	8,6	6,9	3,9	7,0	4,8	5,1	4,8	5,7	2,4	5,4	6,1	6,7	5,6	8,2	8,2	7,7
15	7,3	7,7	6,2	6,8	5,8	5,9	7,3	6,9	5,9	4,4	5,4	4,6	8,4	8,1	7,7	8,2	7,7	7,7
16	5,0	4,4	7,6	5,0	5,0	4,8	3,7	3,6	5,7	3,7	3,6	3,6	5,2	6,7	4,5	4,1	8,3	6,5
17	3,5	3,7	3,2	6,1	2,3	5,1	2,1	2,3	1,3	0,3	0,0	1,1	6,8	6,8	6,4	5,0	7,6	6,9
18	4,6	1,8	4,8	4,7	6,0	5,2	8,9	2,8	8,1	9,0	0,8	3,7	9,0	9,0	9,0	8,8	9,0	9,0
19	7,2	3,8	7,9	4,4	3,9	3,8	7,4	5,0	7,7	5,5	4,1	3,7	6,6	6,8	7,6	5,8	6,4	6,3
20	6,7	2,4	1,5	4,6	3,7	3,1	6,7	3,6	6,9	5,6	2,2	5,9	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	9,0
21	6,6	5,9	6,3	3,3	3,9	5,1	6,8	3,7	7,4	7,8	4,2	7,5	8,5	7,5	4,0	8,5	6,4	7,7
22	2,2	2,6	2,1	6,0	2,6	2,2	2,3	2,3	0,1	1,3	2,9	1,7	6,9	6,6	4,2	5,1	4,9	6,0
23	7,4	4,4	3,7	4,9	3,7	4,9	6,0	1,9	0,6	0,3	0,4	0,8	8,0	7,7	7,3	7,9	8,0	8,2
24	4,1	5,9	3,7	6,4	6,9	5,9	6,8	5,7	4,6	5,8	2,6	4,8	6,9	3,2	5,5	6,6	3,0	5,6
25	1,6	3,3	8,0	2,6	4,7	3,2	5,3	1,8	6,2	5,9	0,9	2,9	8,5	8,5	7,8	8,1	7,5	7,8
26	6,4	5,9	5,2	1,4	6,4	2,3	7,4	8,3	8,8	7,9	8,6	8,6	9,0	9,0	8,6	8,4	8,6	8,7
27	8,3	9,0	8,7	9,0	8,8	9,0	7,0	5,4	4,6	3,5	2,8	3,2	8,8	9,0	8,6	8,9	7,5	8,9
28	7,4	7,5	5,9	8,2	7,8	6,8	8,1	7,1	4,8	6,1	2,4	5,0	8,4	8,6	8,3	9,0	9,0	7,8
29	3,9	3,9	4,3	3,0	3,6	2,2	2,6	2,8	4,0	3,5	3,2	3,2	5,6	5,7	7,3	8,6	5,4	7,7
30	5,3	1,9	7,7	7,7	4,7	4,6	2,3	2,2	4,5	5,1	4,1	4,9	8,5	8,4	8,4	8,3	6,2	6,9
31	2,5	6,0	4,8	2,3	7,8	3,7	1,0	0,0	4,4	4,2	0,0	1,7	4,5	1,8	6,8	6,8	6,8	5,8
32	5,0	5,0	7,7	6,9	4,9	5,9	7,8	4,8	7,4	4,8	3,8	4,8	9,0	9,0	9,0	8,3	7,9	8,4
33	4,3	3,6	4,0	4,5	6,5	3,7	6,7	5,6	5,5	5,3	5,9	6,8	6,5	6,6	6,7	7,2	6,9	7,5
34	5,6	5,7	5,9	6,0	5,8	6,2	6,2	6,6	6,1	6,5	6,7	6,8	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5	8,5
35	3,9	3,2	3,4	8,5	4,4	4,5	2,7	0,7	2,2	7,3	4,0	3,9	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
36	8,6	8,9	9,0	8,9	6,6	8,9	8,4	3,4	8,9	9,0	2,6	4,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,9	9,0
37	3,5	3,6	1,3	0,6	0,5	3,5	1,4	1,3	1,6	1,4	1,4	1,4	9,0	9,0	9,0	5,1	9,0	6,4
38	3,0	4,6	1,9	3,6	2,1	2,1	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2	2,3	4,6	5,4	6,4	6,5	6,5	6,9
39	5,3	3,0	4,4	4,0	1,1	4,2	5,2	5,2	4,7	2,6	1,4	2,3	6,1	6,4	5,6	3,6	6,6	7,0
40	7,5	6,8	6,4	7,1	5,9	6,1	7,2	7,1	7,3	6,8	6,0	6,5	6,9	6,9	6,8	7,0	6,7	6,8
41	4,7	6,7	5,7	4,6	2,8	4,1	5,0	3,2	0,7	4,7	0,8	0,7	7,3	7,9	9,0	7,7	7,4	8,2
42	8,8	8,7	8,7	8,7	4,7	8,8	8,8	8,6	6,3	3,3	3,4	3,4	8,9	8,9	8,7	6,8	8,9	7,8

Provedores	Fonte de Fibras - 987						Enriquecido com cascas - 111						Formulação Controle					
	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global
43	6,8	0,0	6,8	1,4	2,0	4,7	7,7	0,0	6,1	7,8	0,0	2,4	6,8	9,0	8,2	8,2	8,2	8,2
44	7,7	7,7	7,2	4,4	2,5	4,9	3,9	4,0	5,9	2,5	2,5	4,8	7,6	7,2	5,6	4,5	6,4	7,7
45	3,2	4,9	4,6	6,1	3,3	3,4	5,9	6,8	4,8	2,6	2,4	3,4	7,1	5,7	8,4	8,3	5,0	8,2
46	8,1	8,1	5,1	5,2	5,9	6,7	8,6	8,6	7,7	7,7	7,6	8,1	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
47	5,5	3,1	7,2	7,2	3,1	5,2	4,2	1,2	7,1	5,8	3,6	3,5	6,1	7,0	7,0	8,2	8,0	7,5
48	8,4	8,4	6,9	7,1	2,7	5,4	7,8	6,3	7,1	6,4	2,8	6,3	8,6	8,6	8,6	8,3	8,3	8,6
49	4,9	3,3	6,0	6,1	3,1	3,9	2,2	2,1	4,8	4,8	2,1	2,7	6,8	6,5	7,7	4,9	6,8	5,6
50	8,8	8,8	8,7	4,3	8,9	4,6	8,9	8,8	4,3	8,8	4,1	4,3	8,8	8,9	8,8	4,1	4,2	8,3
51	8,9	7,7	6,8	4,9	5,6	7,0	8,8	6,7	6,9	0,0	0,0	0,0	8,6	8,8	8,9	9,0	8,8	9,0
52	8,5	7,1	8,6	8,6	6,3	6,7	8,3	8,0	8,5	8,4	2,4	5,8	8,6	8,6	8,4	8,4	8,6	8,4
53	3,1	3,1	5,2	5,9	3,6	5,0	2,7	2,7	3,9	2,9	3,0	2,9	3,0	4,1	4,1	4,7	4,6	4,8
54	2,7	4,3	3,2	5,0	4,1	4,0	5,8	3,8	5,3	3,3	2,8	4,1	4,5	1,7	4,3	5,3	4,8	5,2
55	4,9	3,2	7,0	5,0	2,4	4,9	4,5	3,7	8,1	8,6	6,7	7,8	4,8	6,8	8,4	8,4	8,5	7,2
56	0,5	0,6	4,3	4,7	0,6	4,6	1,2	1,2	0,7	0,5	0,7	0,7	5,9	5,9	3,6	0,8	0,9	1,1
57	1,4	3,5	1,1	4,6	1,2	6,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	5,7	5,6	7,7	7,8	7,7	7,0
58	3,2	3,2	8,1	8,8	7,1	3,5	2,0	2,1	7,4	8,8	3,4	3,9	7,4	7,4	9,0	3,5	8,4	4,5
59	4,9	4,7	5,0	3,1	2,7	3,8	6,2	5,9	6,4	3,6	3,8	4,1	6,9	7,0	7,3	7,3	7,6	6,8
60	2,9	4,6	4,6	3,4	2,6	3,2	9,0	9,0	9,0	9,0	6,1	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
61	1,6	1,1	1,0	1,9	1,2	1,4	1,5	1,0	1,2	1,3	0,9	1,4	4,9	8,1	4,7	1,6	3,6	3,8
62	5,9	5,8	4,8	4,4	4,7	5,9	3,9	4,3	5,3	5,9	6,2	5,9	6,4	6,1	5,2	3,2	4,0	4,6
63	4,9	4,5	6,6	7,1	5,7	5,9	7,8	7,4	7,9	5,3	6,6	7,3	8,1	8,1	7,5	8,6	8,0	8,3
64	7,7	8,2	4,5	3,2	4,1	4,2	7,4	6,7	8,1	5,4	4,7	5,1	8,1	8,7	8,4	6,8	8,6	7,8
65	5,2	3,1	5,2	7,0	2,7	4,2	5,0	3,6	5,6	5,0	2,3	4,3	7,3	7,2	6,8	7,5	7,4	7,6
66	3,9	2,7	3,2	3,6	1,9	3,0	4,3	3,8	5,5	6,8	2,5	5,0	7,8	5,9	6,7	6,7	6,8	6,2
67	1,9	1,9	3,0	2,7	1,9	1,0	6,8	6,8	4,5	6,8	4,4	6,3	9,0	9,0	9,0	8,9	9,0	8,9
68	5,1	6,7	2,0	3,3	6,6	4,6	4,1	3,2	6,5	7,6	7,6	5,1	8,5	7,3	8,9	8,8	7,1	7,2
69	4,3	3,9	4,1	4,2	2,1	3,0	3,1	3,2	3,3	4,1	4,1	3,0	7,7	7,8	8,6	6,3	8,0	8,3
70	6,1	4,5	2,3	4,6	7,4	5,2	3,0	1,4	4,4	2,1	2,2	3,1	7,6	7,7	3,9	3,4	7,6	5,1
71	2,5	2,4	2,5	2,4	2,3	1,8	3,1	2,9	3,1	8,5	3,6	4,6	7,3	7,4	5,6	9,0	3,9	7,6
72	5,1	4,6	4,3	4,4	4,4	4,6	3,8	3,8	4,4	3,2	4,4	3,3	7,7	7,7	7,7	8,2	8,2	8,6
73	1,8	1,9	7,1	5,9	1,9	4,6	2,6	2,6	5,8	2,7	2,7	4,1	7,5	7,6	7,6	8,1	7,8	8,8
74	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,4	8,3	8,4	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
75	3,6	4,6	5,0	4,6	5,0	1,2	0,6	0,1	0,5	0,0	0,5	0,1	9,0	8,2	7,7	8,6	8,8	8,7
76	8,9	4,4	6,2	9,0	9,0	8,2	4,8	3,3	3,4	7,2	9,0	7,4	8,9	8,9	9,0	4,5	9,0	6,0
77	7,0	7,6	7,7	6,8	6,4	6,8	6,4	5,8	7,2	6,4	6,0	6,3	7,8	7,5	7,7	7,2	7,4	7,4
78	4,7	4,7	4,8	5,6	4,9	4,9	5,5	5,0	5,8	4,1	4,1	4,5	7,6	7,6	7,7	6,8	6,9	7,0
79	2,5	2,0	3,2	2,4	3,1	2,3	2,1	2,3	1,6	4,4	3,5	4,9	5,7	7,0	4,8	8,4	7,1	8,0
80	4,5	7,8	6,9	7,8	3,8	7,1	5,0	5,9	7,3	7,5	3,8	6,3	8,5	8,5	8,6	8,6	6,6	8,2
81	6,1	4,4	5,1	6,3	3,8	6,2	5,3	3,9	5,8	4,5	2,4	3,2	7,9	7,0	7,7	8,6	6,6	8,2
82	5,3	5,1	6,8	5,9	6,3	6,5	6,1	5,0	5,9	4,2	4,5	5,0	6,9	6,8	7,2	6,9	6,4	7,3
83	3,5	3,1	4,1	4,1	3,4	3,7	4,6	4,0	4,4	4,1	2,1	4,1	6,0	5,9	5,9	5,8	5,9	5,9
84	4,4	3,7	2,7	2,8	3,8	3,4	4,3	3,2	3,9	2,3	4,4	3,9	6,2	7,7	6,9	7,0	7,1	7,2

Provedores	Fonte de Fibras - 987						Enriquecido com cascas - 111						Formulação Controle					
	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global
85	8,4	1,7	8,5	3,8	0,5	4,8	8,3	4,0	6,0	5,7	0,5	3,6	9,0	9,0	7,5	8,4	8,9	8,0
86	4,8	4,8	5,7	5,7	4,9	4,8	5,8	5,9	3,5	5,2	3,6	3,5	8,1	8,1	4,8	7,4	4,8	6,5
87	6,4	8,6	7,7	6,8	6,8	7,2	6,8	6,8	6,8	5,9	6,0	6,5	8,7	8,8	9,0	8,0	7,7	8,1
88	6,4	3,6	3,9	5,0	6,2	5,0	6,6	4,1	5,1	6,5	5,5	5,5	6,8	4,3	5,7	2,3	4,4	4,5
89	7,6	7,2	8,5	5,3	4,1	7,7	8,0	8,3	8,2	8,7	7,3	8,6	7,5	7,3	5,5	8,1	8,0	7,7
90	3,3	2,3	1,1	3,1	1,1	3,1	3,1	5,2	1,0	0,0	1,9	2,3	5,3	5,4	5,4	1,9	7,2	5,5
91	5,8	5,7	5,9	5,1	5,1	5,7	7,7	7,7	6,4	6,4	5,7	5,8	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
92	8,6	8,6	7,8	7,3	5,8	6,9	7,2	7,5	5,5	7,1	2,4	6,4	8,0	6,9	7,5	7,2	7,2	7,7
93	7,4	7,5	7,2	7,8	7,7	8,3	7,4	5,5	7,8	5,9	5,1	5,2	7,2	7,7	7,3	4,9	6,1	5,6
94	5,4	5,3	9,0	2,8	6,3	6,4	0,0	1,4	9,0	6,0	5,2	2,8	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,8
95	3,0	2,1	4,9	0,7	1,3	2,8	5,0	4,3	5,4	2,0	0,4	1,5	7,4	7,7	7,7	7,7	7,9	7,9
96	2,5	5,8	4,5	2,2	3,7	4,7	2,3	2,1	6,2	2,5	1,2	1,4	7,3	6,6	6,8	1,7	6,0	2,2
97	8,4	6,0	5,8	2,3	3,6	3,8	8,6	5,0	3,4	1,2	0,8	3,2	8,7	8,8	8,6	4,5	8,2	6,1
98	5,9	4,9	6,1	5,2	2,1	6,6	5,7	6,3	5,9	5,1	4,4	5,1	6,7	6,7	7,8	6,0	7,2	6,6
99	2,3	2,4	2,4	3,8	2,6	1,9	3,1	2,9	3,2	2,5	1,1	1,4	6,9	7,2	6,8	7,5	7,6	7,5
100	8,8	8,9	8,9	8,9	8,9	8,0	8,7	8,6	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	9,0
101	6,0	5,9	7,6	7,2	3,7	5,5	5,7	4,1	7,0	5,1	3,3	3,8	6,0	7,1	5,2	5,4	7,9	5,5
102	6,8	6,1	6,4	6,1	4,6	5,4	5,6	5,2	4,2	4,4	3,5	4,1	4,5	4,4	4,0	2,3	3,2	2,2
103	6,4	4,6	7,0	7,7	3,3	5,1	6,0	3,8	6,8	8,1	2,9	6,6	8,3	8,4	5,9	9,0	7,0	8,7
104	5,9	7,6	4,7	3,9	6,6	4,2	5,1	4,4	6,2	6,5	5,0	5,8	6,0	4,0	4,5	7,4	5,6	4,4
105	5,5	3,5	5,4	4,8	2,8	3,0	5,3	5,9	5,6	6,8	4,1	5,0	6,2	4,2	6,8	7,7	7,3	6,9
106	6,8	6,1	5,9	6,2	6,0	6,5	5,5	5,8	3,3	3,3	1,1	4,4	9,0	6,8	5,4	5,1	5,2	6,0
107	5,0	5,1	7,6	7,5	5,9	6,3	4,1	4,8	6,1	6,5	5,3	5,4	6,7	6,8	7,5	8,1	7,6	7,8
108	4,5	5,0	3,2	1,4	2,4	4,0	4,5	5,7	7,1	7,0	2,7	6,2	6,2	7,7	6,7	6,8	8,6	6,8
109	4,4	4,4	3,5	3,4	4,4	3,7	5,2	5,2	3,3	1,6	1,7	2,6	4,9	4,9	4,9	3,4	5,0	4,7
110	4,2	4,1	5,9	5,6	6,1	4,1	5,8	4,5	4,6	3,1	3,2	4,5	6,9	6,8	6,8	6,4	6,3	5,6
111	7,0	5,6	6,9	5,2	1,7	3,0	7,1	6,6	6,0	4,0	3,2	4,0	8,4	8,5	8,5	8,6	8,6	8,9
112	6,0	6,7	5,9	5,9	5,4	6,0	5,0	6,8	7,4	7,4	6,7	6,6	6,8	6,8	7,8	6,5	6,2	6,8
113	5,3	4,6	3,5	5,5	4,5	6,0	5,2	3,5	4,3	6,0	3,5	4,5	5,9	7,3	7,6	7,7	7,7	8,6
114	8,9	8,9	8,3	8,8	8,6	8,7	4,8	8,6	8,1	8,2	9,0	8,5	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,9
115	7,0	3,5	7,7	6,7	6,9	7,1	7,3	3,2	2,3	3,2	3,2	3,1	7,4	7,5	3,2	8,1	8,3	7,7
116	4,7	3,5	6,8	5,5	4,0	4,6	3,7	3,1	6,6	3,0	0,3	2,3	6,9	6,9	7,0	7,6	8,2	7,6
117	5,3	4,0	5,6	3,5	4,8	5,0	2,1	3,9	3,7	2,4	5,0	2,5	7,7	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4
118	3,5	4,1	9,0	9,0	4,1	5,4	8,9	6,7	9,0	7,8	7,8	7,8	6,4	9,0	9,0	8,6	9,0	9,0
119	4,4	4,0	5,5	4,2	5,7	6,3	7,4	3,9	5,1	2,8	1,6	2,7	8,1	9,0	8,9	3,8	6,4	5,2
120	6,4	7,3	7,0	6,2	5,8	6,3	6,7	7,7	7,3	6,4	5,5	6,1	8,1	7,9	7,8	8,2	6,6	7,1
121	6,4	7,4	8,0	7,4	7,5	7,6	6,8	6,8	7,7	7,5	7,3	7,5	7,3	8,3	8,4	8,1	8,5	8,5
122	3,3	6,6	5,8	6,9	7,0	6,6	2,3	4,0	4,0	7,4	7,5	7,2	7,8	8,6	8,7	8,6	8,8	8,6
123	5,8	4,2	3,4	3,2	3,9	4,9	6,0	6,4	6,6	2,8	2,9	2,6	9,0	6,5	6,6	7,3	6,4	7,8
124	8,6	7,7	7,8	7,8	7,9	8,7	6,8	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	8,5	8,9	8,2	1,0	8,7	2,3
125	7,4	2,6	4,0	5,5	6,0	7,0	5,3	5,1	7,6	7,0	6,0	7,2	7,8	6,3	6,4	7,7	5,7	7,1
126	5,4	4,1	7,4	6,4	4,3	6,6	7,4	6,3	8,9	8,0	3,9	6,4	9,0	8,6	2,9	5,3	8,5	5,3

Provedores	Fonte de Fibras - 987						Enriquecido com cascas - 111						Formulação Controle					
	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global	Cor	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Imp. Global
127	3,0	8,0	6,1	6,9	8,2	8,6	7,0	5,9	5,4	4,5	5,2	4,6	8,5	8,8	7,9	7,3	8,7	8,4
Média	5,4	5,0	5,6	5,3	4,6	5,1	5,2	4,5	5,4	5,0	3,7	4,4	7,4	7,4	7,2	6,9	7,2	7,2
DP	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1	1,8	2,3	2,3	2,3	2,5	2,3	2,1	1,4	1,6	1,6	2,1	1,6	1,6
CV (%)	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,12	0,10	0,12	0,12	0,08	0,09	0,11	0,12	0,12	0,14	0,12	0,12

ANEXO V – CERTIFICADO DE PUBLICAÇÃO



CERTIFICADO DE PUBLICAÇÃO

Data Submissão: 13/07/2020

Data Aprovação: 07/08/2020

Data Publicação: 19/09/2020

Certificado Nº: 200700635

Certificamos que o trabalho intitulado "MINERAIS ESSENCIAIS EM SUBPRODUTOS DE INDUSTRIAIS DE TOMATE" de autoria de Leticia Cardoso, Laura Gardenal, Joyce Grazielle Siqueira Silva, Juliana Azevedo Lima Pallone, José Teixeira Filho, Helena Teixeira Godoy foi PUBLICADO como um Capítulo do livro digital TECNOLOGIA DE ALIMENTOS TÓPICOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS - VOLUME 2, uma obra organizada por Carlos Alberto Martins Cordeiro conforme registro na Câmara Brasileira do Livro sob ISBN 978-65-87196-26-8. Os metadados da obra foram indexados e depositados através do DOI 10.37885/200700635 o qual comprova a sua autenticidade. Os autores mantêm os Direitos Autorais dos seus respectivos trabalhos.

Reinaldo Cardoso

Editor-Geral

