UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MICHELE SCARTON

DESAFIOS TECNOLÓGICOS DE MASSAS ALIMENTÍCIAS INTEGRAIS COM RÓTULO LIMPO À BASE DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) PARA O BRASIL

TECHNOLOGICAL CHALLENGES OF CLEAN LABEL WHOLE GRAIN PASTA BASED ON WHEAT (*TRITICUM AETIVUM*) TO BRAZIL

CAMPINAS
2024

MICHELE SCARTON

DESAFIOS TECNOLÓGICOS DE MASSAS ALIMENTÍCIAS INTEGRAIS COM RÓTULO LIMPO À BASE DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) PARA O BRASIL

TECHNOLOGICAL CHALLENGES OF CLEAN LABEL WHOLE GRAIN PASTA BASED ON WHEAT (*TRITICUM AETIVUM*) TO BRAZIL

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 Tecnologia de Alimentos.

Thesis presented to the Faculty of Food Engineering of the Universidade Estadual de Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor, in Food Technology.

Supervisor/Orientador: Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA, E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI.

CAMPINAS

2024

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

Sca78d

Scarton, Michele, 1988-
Desafios tecnológicos de massas alimentícias integrais com rótulo limpo à base de trigo (*Triticum aestivum*) para o Brasil / Michele Scarton. – Campinas, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Cereal. 2. Materiais granulados. 3. Trigo - Moagem. 4. Tecnologia de Alimentos. 5. Fibras. I. Clerici, Maria Teresa Pedrosa Silva. II. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Technological challenges of clean label whole grain pasta based on wheat (*Triticum aestivum*) to Brazil
Palavras-chave em inglês:
Grain
Granular materials
Wheat - Milling
Food technology
Fibers
Área de concentração: Tecnologia de Alimentos
Titulação: Doutora em Tecnologia de Alimentos
Banca examinadora:
Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici [Orientador]
Adriane Elisabete Antunes de Moraes
Elizabeth Harumi Nabeshima
Luiz Carlos Gutkoski
Paula Fernanda Pinto da Costa
Data de defesa: 25-06-2024
Programa de Pós-Graduação: Tecnologia de Alimentos

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)
- ORCID do autor: https://orcid.org/0000-0001-8396-219X
- Currículo Lattes do autor: http://lattes.cnpq.br/7498130531582789

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Profa. Dra. Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP (Campinas, SP)

(Presidente)

_____

Profa. Dra. Adriane Elisabete Antunes de Moraes

Faculdade de Ciências Aplicadas – UNICAMP (Limeira, SP)

(Membro titular)

_____

Dra. Elizabeth Harumi Nabeshima

Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL (Campinas, SP)

(Membro titular)

_____

Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski

Universidade Federal Fronteira Sul – UFFS (Laranjeiras do Sul, PR)

(Membro titular)

_____

Profa. Dra. Paula Fernanda Pinto da Costa

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA (Itaqui, RS)

(Membro titular)

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros titulares encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertações/Teses e na Secretaria do Programa de Pós-Graduação.

Dedico este trabalho aos meus amados pais,
Emerson (*in memorian)* e Claudete Scarton,
ao meu irmão Emerson Ricardo, e
ao meu amor, Simael Rosim.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, agradecemos o apoio ao programa de pós-graduação, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, nº do processo 140791/2017-5), agradecemos o financiamento à pesquisa que foi fundamental para a realização deste estudo.

À Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) pela estrutura, excelência de ensino, e oportunidades valiosas que agora fazem parte não somente da minha tese, mas do meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC), pela doação dos grãos de trigo utilizados para a produção das farinhas e massas alimentícias deste estudo.

Aos professores e funcionários da Universidade Estadual de Campinas, em especial os que compõe a Faculdade de Engenharia de Alimentos, em especial à Prof. Dra. Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici, por toda orientação acadêmica que permitiu que este estudo se desenvolvesse da melhor forma possível, e pela amizade sincera desenvolvida ao longo destes anos.

Aos membros da banca examinadora, pela gentileza e cordialidade ao contato, além de considerações valiosas, presença, e visões que muito enriquecem este trabalho.

Aos meus amados familiares, em especial à minha mãe, Claudete, e ao meu irmão, Emerson Ricardo, que ocupam grande espaço no meu coração. Muito obrigada por dividirem comigo esta caminhada rumo a realização de um sonho, e por terem proporcionado muito auxílio durante toda minha vida.

À memória de meu pai e meu melhor amigo, Emerson Antonio Scarton, que com grande pesar, partiu antes de ver este trabalho finalizado. Agradeço pelo seu exemplo de vida, de amor e de paciência, e pelo seu orgulho por mim. Este trabalho me trouxe lembranças

constantes de sua presença, onde seu valioso auxílio na obtenção das fotos das massas alimentícias ou nas sugestões para o texto foi marcante.

Ao meu amado noivo Simael Rosim, por todo o amor e oportunidade para construirmos uma vida juntos, e que me mantiveram firme nos propósitos de boa execução desse trabalho. Também aos meus sogros, Moises e Márcia Rosim, e família Moreira-Rosim, obrigada pelo amor, estímulo, carinho e compreensão, mesmo nos momentos mais difíceis.

À memória de minha tia, Evelize Regina Scarton, pessoa forte e amorosa, a qual sentimos grande saudade pela sua partida. Ela esteve em muitos momentos, e possuía grande apreço pelos meus estudos, com presença constante em nossos dias.

Às estudantes PROFIS, e atualmente graduandos da nossa Universidade, Vitoria Helisa Burgon, Natália Costa, Melissa, Maria Fernanda e Evanilson, que estagiaram em diferentes momentos deste projeto, pelo carinho, inteligência e dedicação.

Às amigas Amanda Rios Ferreira, Bruna Tagliapietra e Rebeca S. Reyes, que também contribuíram de forma substancial e pela participação nos estudos em coautoria.

Aos amigos integrantes do grupo Food4You, em diferentes momentos. Agradeço muito a vocês pela boa convivência, momentos de trocas de experiência e amizade, além de parcerias nos estudos deste trabalho.

Aos técnicos e auxiliares de laboratório do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em especial a Izilda, Leila, Sandra e Sr. Nilo, não somente pela limpeza, organização e instruções para a utilização correta de equipamentos, mas especialmente pela valiosa amizade.

Aos queridos amigos mestrandos e doutorandos, em especial à amiga e “mana” Ludmilla C. de Oliveira e todos que tive a oportunidade de conhecer e conviver, mesmo que rapidamente durante a realização deste trabalho.

Aos amigos de todas as horas Ellen Camilla Silva e Frederico Miranda, da querida ESALQ, escola em que obtive experiência profissional e pessoal que me permitiram alcançar a pós-graduação.

Às professoras e amigas de profissão, Juliana Carusi, Ana Claudia V. Moreira, Renata Cavalaro, Simone R. Campos, Mari Goretti e Denise Theodoro, ao qual possuem meu carinho e admiração, e que muito me auxiliaram com sua experiência e amizade no período em que realizei este trabalho. Agradeço também aos amigos e professores Mário Lopes, Anderson Manzini, José Adilson, Guilherme Moisés Corrêa e Ana Claúdia das Neves, e tantos outros que também contam com meu carinho e estima.

Aos meus colegas de profissão das Escolas SENAI Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini e SENAI Ivan Fábio Zurita (Araras), e de todas as empresas do ramo alimentício que pude trabalhar, e aos meus queridos estudantes que tem me oferecido a preciosa oportunidade de atuar nesta linda profissão de ensinar.

Ao Laboratório de Apoio Central (LAC - UNICAMP), em especial à Química Bianca Wopereis. pelo auxílio prestado para obtenção das imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura utilizadas nesta tese.

Ao Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI – UNICAMP), em especial à Rosa Helena Aguiar, que nos auxiliou com equipamentos para a seleção e classificação dos grãos de trigo.

Aos profissionais da saúde, de ensino e de pesquisa, que a partir da ciência, do sacrifício e do trabalho em condições desoladoras dedicaram suas vidas para a recuperação de nossa saúde física e mental durante o período da pandemia COVID19. Igualmente a todos àqueles que infelizmente durante este período tiveram a perda de irmãos, amigos e familiares, que possamos recordar estes sacrifícios.

A todos que de diferentes formas estiveram envolvidos na minha vida e neste trabalho: Deus os abençoe!

"Pode parecer óbvio, mas, por incrível que pareça, este tema é relativamente recente internacionalmente porque os sistemas alimentares organizaram-se de tal maneira que não estão garantindo alimentação saudável e, portanto, não estão garantindo saúde das populações. Ao contrário, a base dessas três grandes crises - climática, pandemia de obesidade e persistência da desnutrição - são os sistemas alimentares."

Elisabetta Recine, presidente do Conselho Nacional de Segurança Alimentar (CONSEA)

RESUMO

As massas alimentícias integrais (MAI) possuem importante apelo nutricional, sendo fonte de compostos antioxidantes, minerais e fibras. Porém, seu consumo ainda é estrito, e como apontado em estudos, diversos fatores poderiam contribuir para um maior consumo de alimentos integrais, tais como a harmonização de padrões de identidade e qualidade que orientem suas características tecnológicas, nutricionais e sensoriais, e a criação de memórias alimentares afetivas sobre estes produtos. No Brasil e em outros países não produtores do trigo durum (*Triticum durum* Desf.), a utilização trigo comum (*Triticum aestivum* L.) apresenta-se como uma alternativa mais viável economicamente. O objetivo desta tese foi avaliar e propor soluções para os desafios que envolvem a produção de MAI à base de trigo comum no Brasil. Este estudo foi dividido em capítulos. No Capítulo 1, está apresentada a introdução geral sobre a temática da tese. O Capítulo 2, exibe revisão sobre desafios e oportunidades para as MAI, onde foi verificada a necessidade de harmonização dos aspectos regulatórios e estabelecimento de protocolos analíticos próprios para estes produtos, além do incentivo à criação de hábitos de consumo destes. O Capítulo 3 aborda um estudo experimental realizado sobre a qualidade tecnológica, microestrutura e composição nutricional de MAI comerciais do mercado nacional, onde foi constatada a necessidade do desenvolvimento de padrões de qualidade para estes produtos. No Capítulo 4, foram produzidas farinhas 100% integrais a partir de trigo comum por três diferentes tipos de moagem, que foram utilizadas como matéria-prima para a produção de dois formatos distintos de MAI ("*fusilli*" e "*fettuccine"*). As farinhas foram avaliadas quanto à sua granulometria, microestrutura e composição nutricional, enquanto as MAI foram avaliadas quanto à sua qualidade de cozimento, através de análises de tempo ótimo de cozimento, perda de sólidos, e absorção de água. Para a produção das MAI, foi utilizada extrusão à frio e foram registrados os parâmetros de tempo e temperatura de processamento. A microestrutura das MAI foi avaliada através de Microscopia Eletrônica de Varredura e microscopia óptica. Neste estudo, também foi proposto um novo método de avaliação de defeitos de MAI que pudesse ser empregado por produtores de MAI. Deste modo, neste capítulo foi possível constatar a importância do método de moagem e sua influência no processamento e nas características tecnológicas das MAI. O Capítulo 5, compreende o livro desenvolvido como atividade de extensão durante o período de pandemia, onde foram elaboradas receitas diversas utilizando farinha de trigo integral, veiculadas em redes sociais para incentivo ao consumo e criação de memórias afetivas quanto aos alimentos integrais, incluindo as MAI. Deste modo, conclui-se que a presente tese fornece subsídios para melhor compreensão dos desafios para a produção

de MAI, e propõe ações para melhoria de sua qualidade tecnológica e para incentivar o seu consumo.
Palavras-chave: *grão; materiais granulosos; trigo – moagem; tecnologia de alimentos; fibras.*

ABSTRACT

Wholegrain pasta (WGP) has an important nutritional appeal as a source of antioxidant compounds, minerals, and fibers. However, its consumption is still restricted, and as pointed out in studies, several factors could contribute to greater consumption of wholegrain foods, such as the harmonization of identity and quality standards that guide their technological, nutritional, and sensory characteristics, and the creation of affective food memories about these products. In Brazil and other countries that do not produce durum wheat (*Triticum durum* Desf.), the use of common wheat (*Triticum aestivum* L.) presents itself as a more economically viable alternative. The objective of this thesis was to evaluate and propose solutions to the challenges involved in the production of WGP based on common wheat in Brazil. This study was divided into chapters. Chapter 1 presents the general introduction on the thesis theme. Chapter 2 presents a review of challenges and opportunities for WGP, where the need for harmonization of regulatory aspects and establishment of specific analytical protocols for these products was identified, in addition to encouraging the creation of consumption habits for these products. Chapter 3 addresses an experimental study carried out on the technological quality, microstructure, and nutritional composition of commercial WGP on the national market, where the need for the development of quality standards for these products was identified. In Chapter 4, 100% whole wheat flours were produced using three different types of milling, which were used as raw material to produce two different WGP formats ("*fusilli*" and "*fettuccine*"). The flours were evaluated for their particle size, microstructure, and nutritional composition, while the WGP were evaluated for their cooking quality, through analyses of optimal cooking time, solids loss, and water absorption. To produce WGP, cold extrusion was used, and the processing time and temperature parameters were recorded. The microstructure of the WGP was evaluated through Scanning Electron Microscopy and optical microscopy. This study also proposed a new method for evaluating WGP defects that could be used by WGP producers. Thus, this chapter demonstrated the importance of the milling method and its influence on the processing and technological characteristics of WGP. Chapter 5 includes the book developed as an extension activity during the pandemic period, where several recipes were prepared using whole wheat flour and shared on social media to encourage consumption and create affective memories regarding whole foods, including WGP. Thus, it is concluded that this thesis provides support for a better understanding of the challenges for the production of WGP, and proposes actions to improve its technological quality and to encourage its consumption.

Keywords: *grain, granular materials; wheat – milling; food technology; fibers.*

SUMÁRIO

· CAPÍTULO 1·

Introdução Geral

.....

Este capítulo apresenta introdução geral sobre os temas abordados nos Capítulos de 1 a 5, os incluindo os objetivos da pesquisa e breve explicação sobre a organização da tese.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Entre as massas alimentícias disponíveis no mercado, as massas alimentícias integrais (MAI) têm ganhado destaque nas dietas modernas devido aos seus benefícios nutricionais e à consciência crescente em relação à saúde.

Estas massas são feitas a partir de farinhas integrais, que incluem todos os componentes do grão de trigo: farelo, endosperma e gérmen. Uma das principais características das MAI é a presença de fibra alimentar. As fibras alimentares são carboidratos complexos que não são digeridos pelo sistema digestório humano (SLAVIN, 2004). Mesmo não sendo digeridas, as fibras alimentares apresentam funções essenciais na saúde do nosso organismo como, por exemplo, saciedade por mais tempo, regulação do fluxo e microbiota intestinal, e prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (SLAVIN, 2013; LIE et al., 2018). Além do alto conteúdo de fibras, outros compostos que contribuem para a saúde podem ser encontrados nos alimentos à base de farinha de trigo integral, sendo estes os compostos antioxidantes, como ácidos fenólicos e fitosteróis, e derivados do ácido benzóico ou ácido cinâmico, que estão presentes no farelo (ARAVIND et al., 2012; CHEN et al., 2015).

As fibras são essenciais para a saúde digestiva, auxiliando na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, tais como diabetes, câncer colorretal e obesidade, devido à redução de picos glicêmicos após refeições, maior saciedade, e manutenção do adequado trânsito e microbiota intestinais. Outro benefício das massas integrais está relacionado aos nutrientes que são preservados no processo de fabricação da farinha, tais como minerais, como ferro e magnésio, vitaminas e compostos antioxidantes (HIRAWAN et al., 2010; OKARTER et al., 2010).

No entanto, apesar de sua evidente qualidade nutricional, o consumo de MAI, assim como de outros alimentos integrais ainda necessita de estímulo à inclusão na alimentação diária. Como indicado por diversos estudos, entre os desafios para o aumento deste consumo, salientam-se a ausência de padrões de qualidade, a falta de hábitos de consumo de alimentos integrais, ausência de métodos de produção e de avaliação da qualidade tecnológica e sensorial próprios para estas massas (ARIYA et al., 2022; FERRUZZI et al., 2014).

Desta forma, o presente trabalho buscou a compreensão destes desafios para a produção, comercialização e consumo de MAI, assim como a geração de subsídios para a melhoria da qualidade tecnológica e estímulo ao consumo dos alimentos integrais, com ênfase nas MAI.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar os desafios para a criação de padrões de identidade e qualidade para MAI secas à base de trigo comum (*T. aestivum* L.) produzidas nacionalmente e sem utilização de ingredientes ou aditivos, e contribuir com conhecimento e ações para promoção de seu consumo.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar o estado da arte sobre os desafios para a qualidade de MAI através de revisão de literatura;
- Avaliar se massas alimentícias secas comercializadas no Brasil, classificadas como "integrais", atendem à classificação da legislação brasileira, através de análises da qualidade tecnológica e de cozimento, assim como pela observação da rotulagem nutricional das mesmas;
- Investigar o efeito do tipo de moagem nas MAIs produzidas a partir de farinhas de trigo 100% integral através de avaliação das características tecnológicas, qualidade de cozimento, microestrutura e composição centesimal destas massas;
- Promover a produção caseira e o consumo de alimentos integrais a partir de um material gráfico, no formato livro de receitas.

3 ORGANIZAÇÃO

No Capítulo 2 encontra-se a revisão sobre os desafios pertinentes à produção e comercialização de MAI do ponto de países diversos. No Capítulo 3, encontra-se o trabalho experimental de estudo de MAI comercializadas no Brasil, com foco na nova legislação. No Capítulo 4, apresenta-se o estudo com utilização de métodos diversos de moagem de trigo comum, visando produzir MAI 100% integrais, sem o emprego de outros ingredientes ou aditivos, propondo-se além de novos métodos de moagem, uma metodologia de avaliação de processo e de defeitos nas MAI. No Capítulo 5, apresenta-se o trabalho de extensão universitária, que trata-se de um livro de receitas utilizando-se farinha integral em diversas preparações alimentícias, visando-se também a popularização do consumo e conhecimento dos alimentos integrais, com ênfase no aporte de fibras alimentares.

Nos Capítulos 6 e 7, são apresentadas a discussão e conclusão geral, abordando-se as principais considerações sobre o presente trabalho.

4 REFERÊNCIAS

ARAVIND, N. et al. Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. **Food Chemistry**, v. 130, n. 2, p. 299–309, 15 jan. 2012.

ARIYA, M. et al. The barriers to whole-grain consumption among Iranian students. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 1 dez. 2022.

CHEN, C.-Y. O.; KAMIL, A.; BLUMBERG, J. B. Phytochemical composition and antioxidant capacity of whole wheat products. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 66, n. 1, p. 63–70, 2015.

FERRUZZI, M. G. et al. Developing a Standard Definition of Whole-Grain Foods for Dietary Recommendations: Summary Report of a Multidisciplinary Expert Roundtable Discussion. **Advances in Nutrition: An International Review Journal**, v. 5, n. 2, p. 164–176, 2014.

HIRAWAN, R. et al. Antioxidant properties of commercial, regular- and whole-wheat spaghetti. **Food Chemistry**, v. 119, n. 1, p. 258–264, 2010.

LIE, L. et al. The association of dietary fiber intake with cardiometabolic risk in four countries across the epidemiologic transition. **Nutrients**, v. 10, n. 5, p. 1–12, 2018.

OKARTER, N.; LIU, R. H. Health benefits of whole grain phytochemicals. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n. 3, p. 193–208, mar. 2010.

SLAVIN, J. Whole grains and human health. **Nutrition Research Reviews**, v. 17, n. 01, p. 99, 2004.

SLAVIN, J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. **Nutrients**, v. 5, p. 1417–1435, 2013.

· CAPÍTULO 2·

Finding whole-grain pasta quality: what are the challenges and opportunities?

.....

Este capítulo apresenta uma revisão sobre os desafios para a produção e comercialização de MAI, e foi submetido para publicação no periódico Food Science and Technology (SBCTA).

FINDING WHOLEGRAIN PASTA QUALITY: WHAT ARE THE CHALLENGES AND OPPORTUNITIES?

Michele Scarton[a], Amanda Rios Ferreira[b], Bruna Lago Tagliapietra[c], Jorge Herman Behrens[d], Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici[e]*

[a]*michele.scartonbr@gmail.com*

[b]*a163601@dac.unicamp.br*

[c]*bruna_tagliapietra@hotmail.com*

[d]*behrens@unicamp.br*

[e]*mclerici@unicamp.br*

Institution: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculty of Food Engineering, Department of Food Science and Nutrition, Campinas, São Paulo, Brazil.

ABSTRACT

This review approaches the challenges and opportunities regarding wholegrain pasta's quality. Bibliometric maps were created to help visualize wholegrain pasta studies' main themes and chronology. Most research findings have focused on digestibility and nutritional enhancement, although concerns such as raw materials and processing conditions require further investigation. The main challenges are regulatory harmonization and developing quality standards to evaluate and produce wholegrain pasta. Thus, further research is necessary to overcome these challenges and improve wholegrain pasta's technological and sensorial quality.

Keywords: processing; milling techniques; cereal science; nutrition; food technology; fibers.

ABBREVIATIONS LIST: WGP = wholegrain pasta; WWF= wholegrain wheat flour.

1 Introduction

Wholegrain pasta (WGP) consumption has increased globally since research findings and nutritional recommendations associate the intake of wholegrain cereals with direct health benefits (Guo et al., 2022). These effects are mainly related to the components of the bran layer, such as fibers, antioxidants, and minerals (Slavin, 2004; Okarter & Liu, 2010; Baky et al., 2022).

The fibers are carbohydrate polymers that are not digested or absorbed in the small intestine of the human gastrointestinal tract. However, fiber ingestion is essential for health, and daily intake is recommended by consuming fruits, vegetables, and wholegrains.

According to its characteristics, dietary fiber can be classified into soluble and insoluble fractions. Insoluble fiber is bulky, resistant to enzymatic degradation, and related to intestinal transit regulation and satiety. It is also helpful in controlling the glycemic index after meals. Due to its role in intestinal health, it prevents constipation and colorectal cancer occurrence (Baky et al., 2022; Castro et al., 2018), and reduces the risk of chronic non-communicable diseases (Jonnalagadda et al., 2011). In contrast, soluble fibers, such as beta-glucans, pectin, and mucilage, have a gelling capacity and are fermentable by benefic microorganisms, such as *Bifidobacterium*, responsible for short-chain fatty acids production and protective effects of the intestine (Baky et al., 2022). As indicated in the review study of Gong et al. (2019), whole wheat cereals did not significantly change the intestinal microbiome. However, the ingested ferulic acid –a compound found mainly in wheat bran fractions - increased the abundance of beneficial microorganisms, such as lactic acid bacteria (BAL) and Bifidobacteria, that could reduce intestinal inflammation.

Indeed, phenolic compounds in the human diet have potential health benefits due to their antioxidant and anti-inflammatory properties. Studies on wholegrain products have pointed out that phenolic acids and components derived from benzoic or cinnamic acid were predominant in wholegrain wheat flour (WWF) due to the presence of bran.

For example, in the study of Zaupa et al. (2014), analyzing the antioxidant phenolic acids content in durum wheat bran, ferulic acid was the main antioxidant (50.2 to 210.4 mg/100 g), followed by p-coumaric acid (3.4 to 8.7 mg/100 g) and sinapic acid (1.7 to 7.6 mg/100 g).

Phytosterols, which are substances related to health-promoting effects due to the reduction of total and low-density lipoprotein (LDL) cholesterol levels (Salehi et al., 2021), are also present in grains such as wheat grains, identified and quantified as β-sitosterol, campesterol, stigmasterol, and brassicasterol (Bartłomiej et al., 2012).

Despite the mentioned studies regarding the nutritional benefits of wholegrain products consumption, most sensory studies with consumers highlight descriptors such as “brittle,” “coarse,” and “unpleasant flavor” for WGP (Manthey & Schorno, 2002; Marti et al., 2017). Moreover, instrumental assessments of cooking quality have shown that these products have a higher cooking loss after cooking, resulting in higher adhesiveness than semolina pasta. However, there is still scarce literature on the technological and sensory evaluation of WGP

that could be useful for its quality improvement.

Quality is a multifactor concept that incorporates product's chemical composition, physical structure, and relationship to safety, nutrition, and overall sensory perceptions. It also refers to a product's capacity to present desirable and expected attributes of color, texture, and flavor that could be measured and predicted (Cardello, 1995).

In this context, the present work aims to establish an overview of the challenges regarding WGP's quality and evaluate the opportunities for the best quality of these products (the graphical abstract can be visualized in Appendix 1).

2 State-of-the-art of WGP studies

A bibliographic search was done using five databases: Web of Science, ScienceDirect, *Scopus*, *Scielo*, and *Google Scholar*. Studies published from 2011 through 2023 were selected using the following search terms: "whole grain AND pasta", "wholemeal AND pasta", "whole wheat grain AND pasta", "whole wheat AND pasta", and "whole grain pasta AND quality". Titles, abstracts, and keywords were searched. There was no restriction regarding the language of the papers.

For the elaboration of Figures 1 and 2, the Elsevier Scopus database was explored using the following search sequence: "wholegrain pasta" AND "food" AND "wheat flour" AND NOT "gluten-free". The articles were screened by reading the title and abstract, and all documents unrelated to the topic were excluded. All original articles that investigated and reported information on WGP from 2011 through 2023 were included. The information from the articles generated by the research was selected and exported in CSV format and later used to build bibliometric maps of the occurrence of terms using the VOSviewer v1.6.19 software (Leiden University, Netherlands).

Based on the inclusion and exclusion criteria, 29 articles were selected and used to create the bibliometric map. The occurrence network shown in Figure 1 was built considering a minimum of three occurrences of the keywords found in the selected publications. Figure 1 provides an overview of WGP research, showing that the most significant search terms are assigned in a network of clusters (each color represents a different cluster), where larger nodes represent more frequently used keywords. As a result of this analysis, 387 keywords were part of the occurrence network, resulting in 39 linked items and four distinct clusters.

Figure 1 shows the chronology of WGP research. First, the studies were related to biomarkers of wheat types and food composition. In the latest studies, the interest of researchers

has focused on aspects related to the nutritional value of pasta, digestibility, and levels of compounds with health benefits, such as antioxidants and dietary fibers.

In Figure 2, the largest cluster (red lines) is related to studies about cooking and food composition (antioxidants, mineral content). The second cluster (green) presented keywords mainly related to some of the most frequently used food analyses for pasta: hardness, chemistry characterization, and starch evaluation.

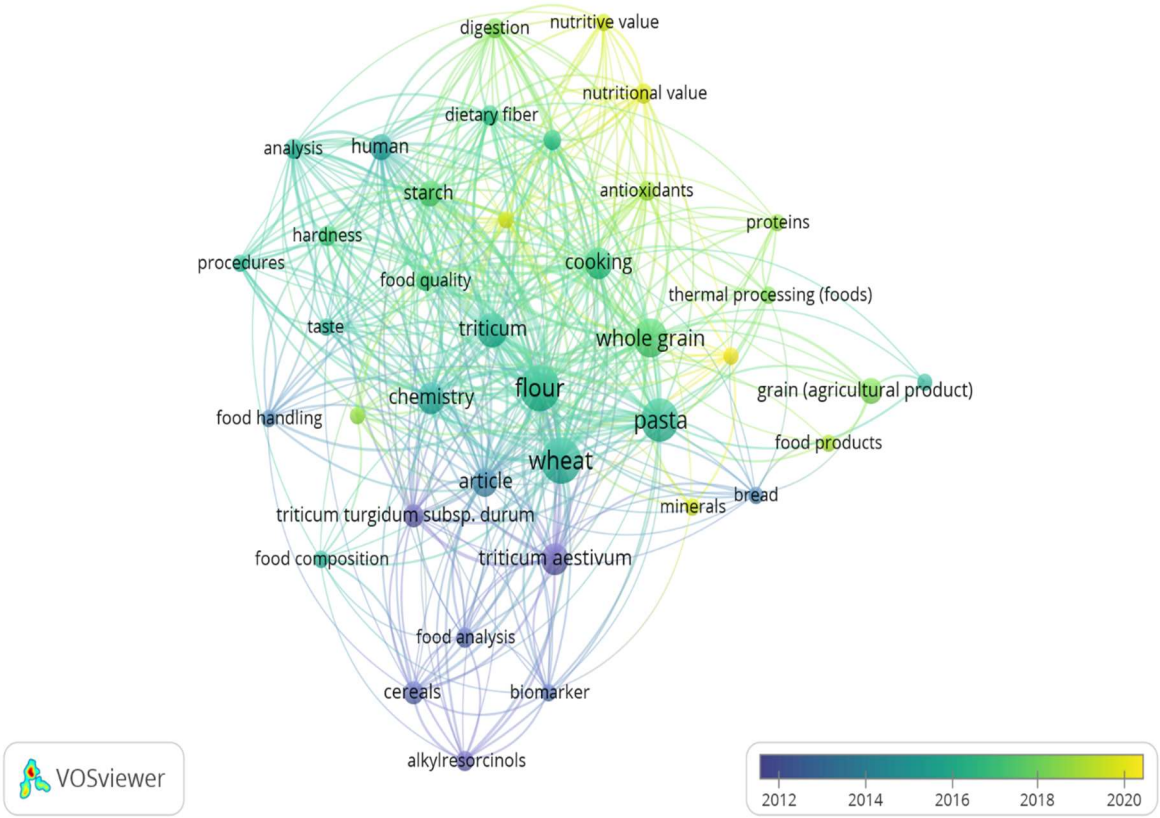


Figure 1. Keywords co-occurrence of wholegrain pasta (WGP) studies developed by VOSviewer v1.6.19. Source: from authors (2023).

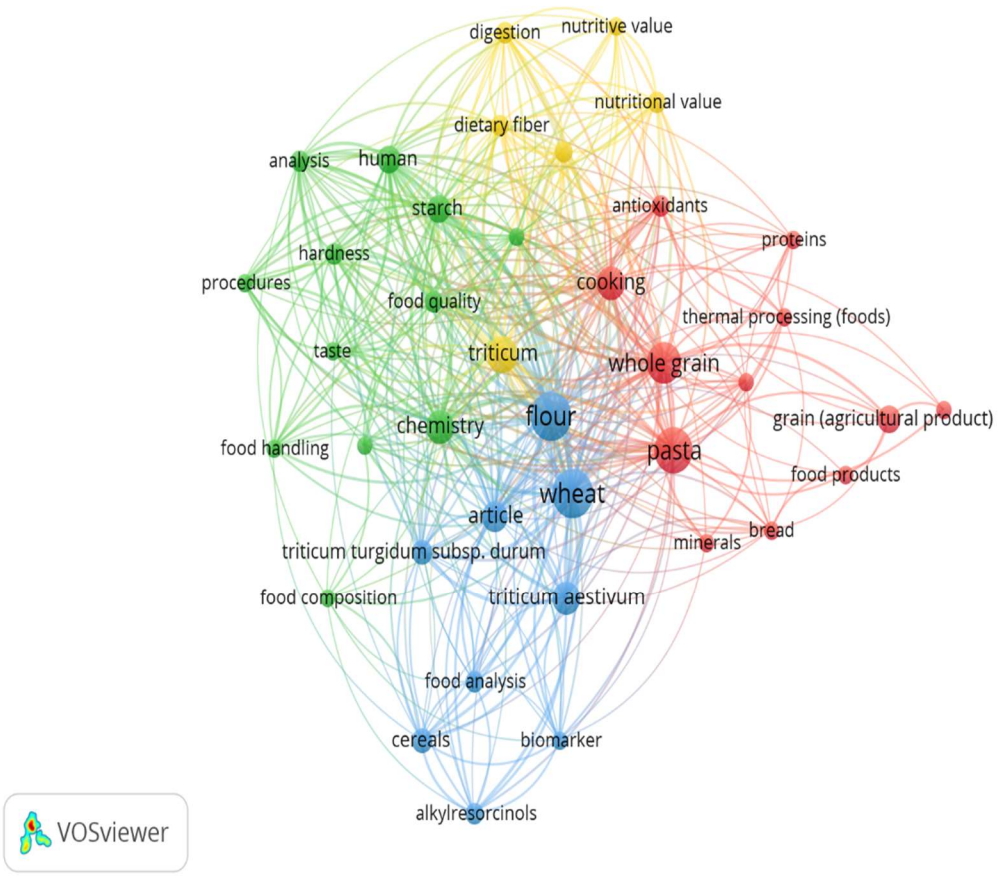


Figure 2. Keywords co-occurrence map and chronological classification of wholegrain pasta (WGP) studies developed by VOSviewer v1.6.19. Source: from authors (2023)

After evaluating the collected data, it was possible to identify challenges related to the processing and consumption of WGP, which will be detailed in the following sections.

3 Challenges and Opportunities Regarding WGP

3.1 Regulatory Issues

Regulatory issues play a crucial role in the food industry, ensuring the safety and integrity of food products and establishing quality standards. Adhering to these standards guarantees that consumers receive products of consistent quality, taste, and nutritional value. Considering the WGP regulation, there is a global effort for consensual regulation, and many countries, such as Brazil and Malaysia, recently developed definitions for wholegrain products, as presented by Van der Kamp et al. (2022). Many efforts have been made to harmonize quality standards and composition, aiming to provide direction to the industry and comprehensive information to the consumer. Some examples of current definition standards are:

- For European Union countries, there is no legal definition of WGP. Regulation 1308/2013 only mentions that wholegrains are “grains from which only part of the end has been removed, irrespective of characteristics produced at each stage of milling”;
- Although Italy belongs to the European Union, it has its own legislation for pasta products. “Whole wheat semolina pasta" is defined as the product obtained from hydration, formatting, and consequent drying of dough prepared exclusively with whole wheat semolina and water. The regulation presents pasta quality's composition and physical-chemical parameters, including WGP. The production of pasta with common wheat is not allowed (Italia, Ministero dell'Agricoltura, Della Sovranità Alimentare e delle Foreste, 2001);
- In Brazil (2022), “wholegrain products,” including WGP, should contain at least 30% wholegrains, and this quantity should exceed the refined grain proportion. Also, the percentage of wholegrains in the product's composition should be mentioned on the nutritional label. The use of reconstituted or recombined WWF is allowed, but its quantities should ensure that all anatomical components of grain are present in the typical proportion that occurs in intact caryopsis. This flour will also be declared in the list of ingredients as reconstituted WWF, followed by the common name of the grain.
- The United States Food and Drug Administration (FDA), in Sec. 139.138 of the Code of Federal Regulations, points out some of the nomenclature and composition requirements for WGP but without a specific definition or quality standards. However, the FDA has standards and regulations for the use of claims such as "whole" or "whole grain" on food labels (United States Food and Drug Administration, 2006). When a food is labeled "whole" or "wholegrain", it generally means that it contains all parts of the grain -- the bran, endosperm, and germ. The FDA also has specific guidelines for using the"100% wholegrain" claim on food labels. This means that all the ingredients in the product are whole, without adding refined ingredients.

Wheat is the most recommended grain used as a raw material for pasta production (*Triticum* spp.). It is the second most important crop worldwide, and in 2022, more than 777 million tons of this cereal were harvested (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023). Wheat is preferred for pasta making due to its ability to form a gluten matrix, which maintains structure during processing and cooking.

This cereal belongs to the grass family (*Poaceae*). Its edible part is oval or rounded, sized between 5 and 9 mm, and weighs between 35 and 50 mg. Its flour or derived ingredients, such as starch and protein isolates, are consumed in several food products, such as pasta, bread, cake, and biscuits, and they are also used as a thickener in creams, desserts, or sauces.

The global consensus and standards direct the selection of durum wheat semolina as the most appropriate raw material for pasta production. The durum wheat has an amber-colored kernel and significant gluten-forming protein content. Different from common wheat, which is widely cultivated worldwide, durum wheat is very restricted, representing 3–5% of global wheat production. It is cultivated in regions of the Mediterranean Basin and North America, and when milled, it results in semolina that could be used for pasta, bread, and couscous production (De Vita & Taranto, 2019).

Furthermore, WGP's challenges are linked to WWF regulation issues, as seen by the following definitions provided by several countries or international actions:

- According to the Code of Federal Regulations of the U.S. Food and Drug Administration (2022), WWF is prepared by the milling of clean wheat, maintaining all the natural constituents of the grains, and more than 90% of this flour must pass through a 2.36 mm sieve, and not less than 50% must pass through an 850 µm sieve;
- In the Canadian Food and Drug Regulation (2023), WWF must contain at least more than 95% of the constituents of the original grain. It also needs to present some quality parameters of composition: an ash content of not less than 1.25 percent (at dry basis, d.b.) and not more than 2.25 percent, and a maximum moisture content of 15 percent. For granulometry, the requirements are that not less than 90 percent pass through an nº eight sieve (2380 µm) and not less than 50 percent through an nº 20 sieve (840 µm);
- The Argentine Food Code defines “wholegrain flour” as the product obtained by grinding the wholegrain of wheat, which, according to granulometry, can be classified as coarse, medium, or fine, and the maximum contents are 15.5 g/100 g for moisture and 2.3 g/100 g for ash (Código Alimentario Argentino, 2022);
- In Spanish legislation, WWF is the product resulting from the grinding of whole cereals by different processes, with one or more grinding stages during which the components of the grains are separated. The denomination is made with the name “whole flour” or “wholegrain flour,” followed by the name of the cereal from which it comes. Bran flour is the product of mixing flour with bran from one or more cereals.

Spanish legislation also defines micronized flour as one in which at least 95% of the particles pass through the sieve with the smallest granulometry, that is, with a particle size of less than 100 μ (Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones Con Las Cortes, 2016).

- According to the FDA, WWF, or graham flour, could be defined as food prepared by grinding cleaned wheat, other than durum wheat and red durum wheat, that presents the following granulometry characteristics: not less than 90 percent passed through a 2.36 mm sieve, and not less than 50 percent passed through an 850 μm sieve (U.S. Food and Drug Administration, 2023).
- In Brazil, according to Normative Instruction nº 8 of 2005 (BRASIL, 2005), wheat flour is a product made with wheat grains or other species of wheat through crushing or milling from the complete processing of the clean grain with or without the germ. As for the quality standards for WGF, the standard presents criteria regarding the physical-chemical composition of this product, which must present a maximum fatty acidity of 100 mg KOH/100 g, a maximum ash content of 2.5%, and a minimum protein content of 8%, without definitions about particle size distribution. The limit of losses is 2% of the grain or 10% of the bran.

The WWF regulation consequently affects the composition and labeling of wholegrain products, including WGP. It was observed that when there are definitions for these products, they differ according to national regulatory authorities, which can be difficult for the industry and confusing for consumers.

The WGP lacks studies on selecting the best suitable wheat species, which is a significant challenge. Most WGP studies make use of whole wheat semolina or WWF. Durum wheat (*Triticum turgidum ssp*. durum) is the most used wheat variety in WGP studies (Chillo et al., 2008; West et al., 2013; Ciccoritti et al., 2017; Suo et al., 2023), followed by common wheat (*T. aestivum*) (Bock et al., 2015; Vignola et al., 2018; Wahanik et al., 2021).

Common wheat is used in pasta production in countries that do not produce durum wheat and do not have adequate equipment for milling this cereal. This lowers the high cost of imports and makes a more accessible product available to consumers. However, there is a lack of quality parameters for common-wheat-based pasta, and other protein-rich ingredients, such as eggs and wheat gluten, are needed to meet consumer demand for flavor and color, given that durum semolina pasta has a yellow color and *al dente* firmness after cooking.

Wheat milling aims to reduce the particle size of wheat fragments and separate the starchy endosperm, which contains mainly starch and gluten-forming proteins, from the outer layers of the wheat kernel, including the bran and germ. The milling techniques and equipment have evolved, starting from grinding stones used to crush grains manually, improved using animal traction, wind, or water as mechanical energy, and in the Industrial Revolution introduced mechanized milling processes and enhanced the scale of production that significantly increased the milling capacity for wheat flour production and allowed the WF refining.

Technological investment in flour refining created new methods and equipment for flour and semolina production, such as the roll mills. In the roller milling process, the wheat grain passes through a series of corrugated and smooth rollers, causing the separation of endosperm, bran, and germ fractions.

However, in WWF, the presence of bran is desirable (Prabhasankar & Rao, 2001). The stone mill was the first equipment used for its production. It consists of passing the wheat grains between two stones, which causes grain fragmentation due to the compression, shear, and abrasion forces (Cappelli et al., 2020).

It is also possible to obtain WWF with the products from the roller milling methods after a subsequent mixture of bran and germ with endosperm flour within natural proportions. That could occur through two processes: recombination or reconstitution. In recombination, the grains are milled and sieved in the same way to produce the refined flour, but the fractions are remixed to produce WWF. For reconstitution, bran and flour not from the same batch could be mixed, maintaining the same proportions in the intact grain. This is usually done when the bran undergoes some post-grinding or heat treatment for stabilization by enzymatic inactivation. In this case, it is necessary to invest not only in the processes involving the bran but also in equipment for recombining the fractions (Doblado-Maldonado et al., 2012; Ross & Kongraksawech, 2018). When producing WWF in roller mills, some conditions differ from those used for stone milling. For example, conditioning is obtained by adding water to the grains to increase bran toughness and improve the separation between the endosperm and bran fractions, which is optional in stone mills.

The WWF composition and characteristics have many components that could influence the quality of pasta. For example, the fiber fragments of bran affect the water-holding capacity, dough hydration, and gluten-matrix development. Damaged starch influences the pasta's cooking properties, affecting the cooking time and firmness of WGP.

Each method will result in a distinct particle size distribution and composition, and raw materials requirements exist for semolina for pasta production but not for WWF, which motivates more research. In the Bressiani et al. (2019) study, the authors evaluated the effect of the particle size of WWF on the thermo-mechanical properties of flour through Mixolab equipment. They found that particle size influences the functionality of the gluten network. In their studies, Deng et al. (2017) and Deng & Manthey (2019) explored single-pass and multipass milling systems for producing WWF blends intended for *spaghetti*. They found that blends of semolina with either fine or coarse bran led to firmer pasta after cooking, with minimal cooking loss.

Understanding the milling processes of the raw materials is essential for predicting WGP quality. Thus, given the valuable information that could be obtained and the diversity of wheat varieties and WWF obtention methods, more investment in WWF research for WGP production is still required.

For example, Cappelli et al. (2020) investigated the impact of stone milling parameters on the yield, productivity, and energy efficiency of milling common WWF. They found that preconditioning the wheat significantly influenced the rheological properties of the dough, particularly in the context of bread making. This insight suggests that the preconditioning stage should also be considered when processing WGP, hinting at potential benefits for pasta quality.

Aside from the raw materials, another opportunity for composition challenges is the use of other wheat varieties, as explored by the authors Suo et al. (2023), who evaluated WGP produced with pigmented and ancient wheat. The main advantages of these raw materials were increased phenolic content and antioxidants, which were associated with greater sensory acceptability compared to pasta formulated only with durum wheat semolina.

In addition to the composition and varieties of wheat, another fundamental aspect to be considered for WGP is the presence of contaminants. As addressed in the review by Gómez et. al. (2020). focused on whole grain breads, the contamination by residues of pesticides (herbicides applied pre-harvest), insecticides, and mycotoxins (mainly aflatoxin and deoxynivalenol - DON) can be found in greater quantities in wheat bran fractions, and consequently, in whole grain foods. Aiming the quality and food safety, Capelli & Cini et al. (2021) emphasize the importance of adopting sustainable practices in both the cultivation and processing phases of WWF production. This approach includes efforts to minimize the use of pesticides and fertilizers, promote responsible soil management, and reevaluate milling processes to improve energy efficiency to enhance the sustainability of WWF production.

3.2 Production processes of WGP

Pasta production begins with the hydration of the dry ingredients (flours or starches), followed by the formatting of the dough, which could be manual or toward the use of equipment such as cold extrusion, thermoplastic extrusion, or laminators. The obtained fresh pasta could also be dried by several methods for humidity removal – ambient temperatures, convection-air ovens, or pasta dryers with specific thermal ramps. Considering the diversity of WWF, different types of WGP could be made.

Table 1 summarizes information on the processing and characteristics of WGP studies reviewed in the literature. The WGP ingredients maintained clean label characteristics without using additives or ingredients such as eggs or vital gluten. The composition of WGP was predominantly based on durum wheat semolina, and all articles addressed the regulation of each country of study.

As observed in several studies, the methods for WGP production were not adapted, considering the differences caused by bran interference in the gluten matrix.

Considering the formats, the studies that evaluated long pastas were predominant. It is essential to highlight that the processing parameters, such as the quantity of water for pasta hydration, mixing time, and drying conditions, directly influence the pasta production process and are related to flour characteristics, especially considering WWF (Deng & Mantey, 2019). However, few studies have focused on the influence of processing conditions on WGP quality. For example, in Bock et al. (2015) study about the quality and processing comparison between refined wheat flour pasta and WGP, the higher temperatures (>80°C) encouraged the formation of a compact gluten network in refined pasta that contains a substantial number of hydrophobic interactions. In contrast, the same conditions result in a structured network in WGP, which is less driven by hydrophobic interactions. The authors also verified that low-temperature drying produces a gluten network with properties comparable to semolina pasta. Thus, more studies could be conducted to verify the real needs of WGP production or process adaptation.

3.3 Technological Quality of WGP

The semolina pasta presents consolidated analysis parameters for its quality due to the development of standards for raw materials and pasta production, drying, and packaging.

Table 1. Compiled from studies from 2017 to 2023 on the properties of whole grain pasta (continues).

Authors and country	Objective of the study	Ingredients	Samples	Processing conditions	Cooking Loss (%)	OCT (min.)	Water absorption (g/100 g)	Hardness (N)	Main Findings
Marti et al. 2017 Italy	Characterize commercial wholegrain dry *spaghetti* samples representative of the Italian market from both molecular and electronic senses (electronic nose and electronic tongue)	Wholegrain organic durum wheat semolina, or Wholegrain durum wheat semolina.	10 WGP	Industrial processing (conditions n.m.)	3.38 – 4.7	n.m.	107.8 – 155.2	n.e.	Quantification of higher ε-poly-L-lysine and furosine levels were correlated to heat damage, characterized by e-nose sensors as "more bitter" (3 of 10 samples). There was no significant difference between organic and conventional WGP

Where: n.e. = not evaluated; n.m. = not mentioned; WGP = wholegrain pasta; WWF= wholegrain wheat flour; OCT = Optimal Cooking Time.

Table 1. Compiled from studies from 2017 to 2023 on the properties of whole grain pasta (continues).

Authors and country	Objective of the study	Ingredients	Samples	Processing conditions	Cooking Loss (%)	OCT (min.)	Water absorption (g/100 g)	Hardness (N)	Main Findings
Vignola et al. 2018 Argentina	Developed dry WGP spaghetti with WWF of 2 wheat cultivars and produced 2 different types of wheat flour and evaluate the influence of flour particle size on cooking parameters and texture	WWF (*T. aestivum*) from 2 cultivars (Klein Guerrero and Baguette Premium), 0.1% salt	2 control pastas and 4 WGP	Labscale processing. Mixing and water are added to dry ingredients for 3 minutes to obtain a homogeneous dough, extruded (domestic pasta extruder) without vacuum. Drying program: 30 °C (30 min., without humidity control), 45 °C (17.5 h, 75% RU). Stored at room temperature	5.7 – 6.4	13.0 – 15.0	119.0 – 133.0	26.1 – 31.2	The WGP showed greater hardness and lower values of water absorption, swelling index, and Optimal cooking time in comparison to control

Where: n.e. = not evaluated; n.m. = not mentioned; WGP = wholegrain pasta; WWF= wholegrain wheat flour; OCT = Optimal Cooking Time.

Table 1. Compiled from studies from 2017 to 2023 on the properties of whole grain pasta (continues).

Authors and country	Objective of the study	Ingredients	Samples	Processing conditions	Cooking Loss (%)	OCT (min.)	Water absorption (g/100 g)	Hardness (N)	Main Findings
Diantom et al. 2019 Italy	Identify analytical protocols to evaluate cooked pasta (dry *penne rigate*) quality with a multi-scale analysis of four commercial kinds of pasta	Pasta composition: Control pasta -- durum wheat semolina (100%); WGP - wholegrain durum wheat semolina (100%); *veggie pasta*; *gluten-free pasta*	Four distinct pastas of the same brand (control, WGP, veggie, gluten-free)	Industrial processing (conditions n.m.)	n.e.	9.0	n.e.	7.6	Control and WGP had a more pronounced viscoelastic behavior, higher hardness, higher mobility of the more rigid protons than veggie and gluten-free pasta

Where: n.e. = not evaluated; n.m. = not mentioned; WGP = wholegrain pasta; WWF= wholegrain wheat flour; OCT = Optimal Cooking Time.

Table 1. Compiled from studies from 2017 to 2023 on the properties of whole grain pasta (continues).

Authors and country	Objective of the study	Ingredients	Samples	Processing conditions	Cooking Loss (%)	OCT (min.)	Water absorption (g/100 g)	Hardness (N)	Main Findings
Wójtowicz et al. 2020 Poland	Determine the effect of flour on the chemical composition, nutritional value, and quality properties of extrusion-cooked *spaghetti*	White wheat flour (*T. aestivum*), wholegrain wheat flour (n.e.), white spelt wheat flour, and wholegrain spelt flour	Four pastas (one to each flour)	Labscale processing. Mixture and hydration of ingredients (32% of moisture) for 15 min, resting of dough (30 min), extrusion in a single-screw extruder (screw speed of 100 rpm, 85 °C in section I, 105 °C in section II, 75 °C in the cooling section and 65 °C at the die plate). Drying at 40 °C until 7% of moisture. Storage at room temperature	11.9	6.0	222.6	6.7	WGPs showed the higher cooking loss and water-holding capacity, and were less firm than the other pasta

Where: n.e. = not evaluated; n.m. = not mentioned; WGP = wholegrain pasta; WWF= wholegrain wheat flour; OCT = Optimal Cooking Time.

Table 1. Compiled from studies from 2017 to 2023 on the properties of whole grain pasta (continues).

Authors and country	Objective of the study	Ingredients	Samples	Processing conditions	Cooking Loss (%)	OCT (min.)	Water absorption (g/100 g)	Hardness (N)	Main Findings
Wahanik et al. 2021 Brazil	Evaluate the use of natural-colored concentrates in WGP fresh *spaghetti*	Wholegrain wheat flour and refined wheat flour (*Triticum aestivum*) ratios - 60:40, 70:30, 65:35). 1,5% Yellow concentrate (safflower extract), 2% pink concentrate (cherry, purple sweet potato, apple, and radish extracts)	12 pastas (2 response surface designs for each colored concentrate, and two control pasta (70% wholegrain flour and 30% refined wheat flour) with the inclusion of concentrates in 1, 1.5, or 2%	Labscale processing. Mixing and hydration of dry ingredients for 3 min to obtain homogeneous dough, extrusion (cold extruder, without vacuum). Stored at refrigeration (4ºC)	3.6 – 4.5	3.5 – 4.0	93.0 – 106.8	n.e.	Yellow pasta (60:40 and 1% yellow concentrate) and pink pasta (70:30 and 1% pink concentrate) showed similar texture, weight gain, and cooking loss to the control pasta. The natural-colored concentrates inclusion contributed to the increase in antioxidant capacity

Where: n.e. = not evaluated; n.m. = not mentioned; WGP = wholegrain pasta; WWF= wholegrain wheat flour; OCT = Optimal Cooking Time.

Table 1. Compiled from studies from 2017 to 2023 on the properties of whole grain pasta (final).

Authors and country	Objective of the study	Ingredients	Samples	Processing conditions	Cooking Loss (%)	OCT (min.)	Water absorption (g/100 g)	Hardness (N)	Main Findings
Suo et al. 2023 Italy, China	Evaluate consumer's acceptability, bioactive compounds, and antioxidant activity and physical quality of WGP (dry *Paccheri*) made with two different wheat varieties	Durum wheat semolina, Durum whole wheat flour (Senatore Cappelli), pigmented durum whole wheat flour (Grano Mischio)	1 Control pasta 100% durum semolina, and 2 WGP	Industrial processing (conditions n.m.)	5.0 – 5.9	14.0	n.e.	31.5 – 35.3	The pigmented WGP presented the highest total phenolic content after cooking and showed no significative differences of control pasta for cooking loss and texture

Where: n.e. = not evaluated; n.m. = not mentioned; WGP = wholegrain pasta; WWF= wholegrain wheat flour; OCT = Optimal Cooking Time.

However, for WGP, the same range of technological evolution was not observed, and the methods are adapted for data collecting but still without clear parameters of desirable characteristics or defects.

Frequently, WGP is categorized as “darker” or “brittle” compared to semolina pasta, but without proper evaluation methods. Since WGP has no specifications for evaluating cooking quality, this is the main challenge in creating quality standards.

Considering the color analysis, the addition of bran modifies the color of the pasta, resulting in a darker (reduction of L* value), less yellowish (reduction of b* value), and reddish (an increase of a*) color (Vignola et al., 2018). These modifications occur due to the fractions from the pigmented pericarp layer present in the bran fraction. They could be influenced by aspects such as flour production method, final granulometry of WWF, flour composition, or oxidation degree of compounds of flour. Thus, the color evaluation of the WWF used as raw material for WGP could be an important parameter in evaluating the possible degradation of bran-colored compounds.

The cooking quality methods for pasta include weight increase, cooking loss, or water absorption. The bran's strong tendency to absorb water may result in the water competing with other flour components for hydration, such as starch and gluten, influencing the firmness of WGP (Roozendaal et al., 2012).

One of the most reported defects to WGP, as shown in Table 2, is related to the interruption of the gluten network and the impacts of the weakening of the gluten network or by-products derived from the bran or germ components. According to Vignola et al. (2018), the WGP may have a more fragile and brittle structure, with more significant starch leaching in the cooking water (loss of solids) and surface adhesiveness. The presence of the germ also affects the final texture of the WGPs, as the by-products generated by the lipoxygenases also interfere with the formation of cross-links in the gluten network, weakening it (Brandolini & Hidalgo, 2012).

The cooking loss is related to the lixiviation of components such as starch or soluble proteins during cooking, total cooking time, and textural properties, such as stickiness, firmness, hardness, or adhesiveness. The color comparison before and after cooking, or the presence of spots, is also used as a comparative quality method related to the raw material extraction rate and conservation of carotenoid content, especially for wheat semolina pasta.

Focusing on the new quality evaluation methods, in a study developed by Badaró

et al. (2022), the authors evaluated the application of Near-infrared hyperspectral Imaging as a non-destructive method for identifying the fiber distribution in pasta based on semolina (*T. durum*) and bamboo fiber.

Other important aspects that could be better developed for WGP are related to food safety, from the evaluation of bioactive compounds and mycotoxins. In the study by Tibola et al. (2015), the authors evaluated the presence of deoxynivalenol (DON) and found that mycotoxin levels were superior in bran layers of wheat-milled fractions. Mycotoxins indicate failures in grain processing, and the main challenge is establishing protocols for the main mycotoxins found in wheat and considering the mycotoxin presence as a criterion for WGP quality control.

3.4 Sensory Acceptance of WGP

According to research by the International Food Information Council (IFIC, 2018), 80% of consumers recognize wholegrain food products as beneficial to health. However, as highlighted in the review study of Schaffer-Lequart et al. (2017), it is still a challenge to meet consumers' sensory expectations for tasteful and convenient wholegrain foods. The characteristics of the grains and the techniques used in processing affect these products' appearance, flavor, and texture (Ferruzzi et al., 2014).

Considering the appearance of WGP, the presence of bran causes a rough surface texture and a higher rate of breaks and defects, due to the action of the fibers in the formation of the gluten network (Manthey & Schorno, 2002; Marti et al., 2017; Chen et al., 2015). Thus, regarding new milling methods, studies with bran micronization, such as ultracentrifugal milling (Khalid et al., 2017) and cryogenic milling methods (De Bondt et al., 2021) are being used for WWF and could be applied to WGP formulations.

The germ has a high lipid composition, predisposing the flour to oxidative rancidity and bitterness. The unsaturated oils are more susceptible to oxidation, and enzymes that degrade lipid compounds are inactive when wheat kernels are intact and dry. However, when plant tissue breaks down, oxidation reactions occur sequentially, starting with the hydrolysis of glycerides by lipases, phospholipases, and hydrolases. Afterward, these free polyunsaturated fatty acids could be oxidized by lipoxygenases, producing fatty acid hydroperoxides, which are later converted into aldehydes, ketoacids, and oxidized fatty acids, responsible for the residual flavors of rancidity and the bitter taste (Mandarino, 1994).

Table 2. Defects related to wholegrain pasta.

Defects	Related causes
Dark coloring and color change after cooking	Effect of staining outer bran layers, enzymatic browning
Fragile and brittle structure of cooked pasta	Interference of bran and germ in the formation of the gluten network; weakening of the protein network by the fibers and excessive leaching of amylose during cooking
Excessive adhesiveness and stickiness	Excessive leaching of amylose during cooking, forming a superficial layer of starch on the pasta
Residual bitter taste	Lipid oxidation (germ); 5-hydroxymethylfurfural aldehyde derivative; low molecular weight peptides; free phenolic acids (bran)
Presence of undesirable aftertaste (“grassy”, “branny”)	Compounds derived from lipid oxidation, the catalytic action of endogenous enzymes on compounds derived from bran and germ

Considering the opportunities for a better understanding of sensory acceptance, we also highlight the use of instrumental sensory analysis methods. For example, in a study by Marti et al. (2017), the authors applied sensory evaluation techniques associated with the quantitative and qualitative study of aromatic compounds, using equipment such as the electronic tongue (*E-Tongue*) and the electronic nose (*E-Nose*) to assess the influence of drying temperatures in bitter taste intensity of commercial WGP. The authors found that the sensor could discriminate the samples of WGP classified as “bitter” due to its furosine content as a marker of excessive heat damage. Thus, it could be a non-destructive analysis method for better quality of WGP.

In a study by West, Duizer, and Seetharaman (2013), the authors found that despite the nutritional benefits associated with intact whole foods, they were darker in color, rougher, and firmer than refined ones. They could also develop odors and unwanted flavors that the consumer more easily perceives. The authors also studied the interference of the percentage of incorporation of WWF in the characteristics of flavor and texture of the WGP. The texture of the WGP was affected by incorporation, with the lowest values

of firmness associated with the highest percentages of replacement. For the sensory analysis, it was observed that the bitterness increased in the same proportion as the incorporation of WWF. The sweetness decreased in the same proportion, and the tasters perceived odors such as grass and cereals.

The recommendation for semolina-based pasta is that the wheat semolina has at least 90% of its particle size between 150 and 340 µm (Rosentrater & Evers, 2018). However, those values were not established for WWF, and there is still the need for more studies regarding the granulometry evaluation for WGP production. In the study accomplished by Chen et al. (2011), the authors verified the influence of bran granulometry in wholegrain noodle-type pasta based on a Chinese wheat cultivar (Shannong 2, protein content of 12.5%) with the addition of three types of bran granulometry (coarse: 1.5 to 2 mm; medium: 0.43 to 1 mm; fine: 0.16 to 0.43 mm). The noodles received amounts between 10 and 20% of bran. The authors found that the increase in added bran reduced the scores attributed to the control's appearance, palatability, softness, and flavor (refined wheat flour), with the maximum addition of bran being 10%.

Despite the importance of sensory evaluation, the methods applied in studies were limited to either affective measurements or descriptive analysis by trained judges. In this sense, novel sensory evaluation techniques such as penalty analysis (a combination of affective and Just-About-Right methods) and Temporal Dominance of Sensations (TDS) could be helpful for the establishment of quality standards for WGP. These methods could be correlated with sensory texture profile and TPA analyses to evaluate texture parameters of cooked WGP, such as hardness, cohesiveness, gumminess, elasticity, chewiness, and adhesiveness. They could also be explored for these pastas. Changes in the texture of pasta with different ingredients in the formulations and, mainly, in WGP with increased dietary fiber content. Pasta with fibers presents a decrease in firmness due to the interruptions caused by the fibrous fraction in the gluten network (Aravind et al., 2012; West et al., 2013).

Regarding improving sensory acceptance opportunities, we identified that new WGP formulation studies using ingredients for better nutritional value and appearance, such as clear fibers, have an advantage in the lower impact on the color and appearance of pasta (Ferreira et al. 2022). Also, natural colors and flavoring ingredients, such as turmeric, sweet potato, and carrots, could contribute to the best acceptance of WGP, as

explored by Wahanik et al. (2021). As an example, Laureati et al. (2016) evaluated the impact of wheat bran on the sensory quality of kinds of pasta (based on durum wheat) and the effect of information on fiber enrichment on consumer acceptability and expectations. Fiber content labeling negatively impacted more than 20% of expected product quality. For pasta with 30% wheat bran, the fiber was sensorially perceived and compromised the acceptability of the product. For consumers who usually prefer whole-grain foods, higher levels of bran in WGP increased consumer expectations for a healthier product. In contrast, for non-consumers, expectations about the product's healthiness with 30% bran added did not offset the change in the taste of pasta.

It is important to highlight the importance of encouraging the consumption of wholegrain foods, considering that most consumers do not have access to or are not in the habit of eating wholegrains.

4 Conclusion

The WGP are important sources of nutrients and compounds that promote health, but many challenges remain in understanding their sensory and cooking properties. The need for greater consensus on WGP identity and quality evaluation methods impacts the producing industries and consumers, highlighting the need for increased investment in these products research. As a result, a better understanding of the characteristics of WGPs and the challenges associated with their increased dietary inclusion is required. According to the current research, the use of novel wheat varieties and nutritional and technological improvements to WGP are still required.

Acknowledgments

This work was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Brazil, for the scholarship funding [grant numbers: 132004/2016-0; 140805/2020-6; 140791/2017-5; 312660/2023-5]; and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) postgraduate program funding [code-001].

References

Aravind, N., Sissons, M. J., Fellows, C. M., Blazek, J., & Gilbert, E. P. (2012). Effect of inulin soluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties

of durum wheat spaghetti. *Food Chemistry*, *132*(2), 993–1002. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.085

Baky, M. H., Salah, M., Ezzelarab, N., Shao, P., Elshahed, M. S., & Farag, M. A. (2022). Insoluble dietary fibers: structure, metabolism, interactions with human microbiome, and role in gut homeostasis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(7), 1954–1968. Retrieved from https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2119931

Bartłomiej, S., Justyna, R. K., & Ewa, N. (2012). Bioactive compounds in cereal grains – occurrence, structure, technological significance and nutritional benefits – a review. *Food Science and Technology International*, *18*(6), 559–568. Retrieved from https://doi.org/10.1177/1082013211433079

Bock, J. E., West, R., Iametti, S., Bonomi, F., Marengo, M., & Seetharaman, K. (2015). Gluten structural evolution during pasta processing of refined and whole wheat pasta from hard white winter wheat: The influence of mixing, drying, and cooking. *Cereal Chemistry*, *92*(5), 460–465. Retrieved from https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-14-0152-R

Brandolini, A., & Hidalgo, A. (2012). Wheat germ: Not only a by-product. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(1), 71–74. Retrieved from https://doi.org/10.3109/09637486.2011.633898

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. (2005). *Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da farinha de trigo, conforme o anexo desta instrução normativa* (Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005). Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2022). *Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais e pseudocereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais* (RDC nº 712, de 1º de julho de 2022). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 06/07/2022.

Bresciani, A., Pagani, M. A., & Marti, A. (2022). Pasta-Making Process: A Narrative Review on the Relation between Process Variables and Pasta Quality. *Foods*, 11(3), 256. Retrieved from https://doi.org/10.3390/foods11030256

Castro, M. L. G., Larregain, C. C., Coscarello, E. N., & Aguerre, R. J. (2018). Fibers: Healthy Component in Whole Wheat and Rye Flours. In T. E. Coldea (Ed.), *Food Engineering.* Intechopen. Retrieved from www.intechopen.com

Cappelli, A., Oliva, N., & Cini, E. (2020). Stone milling versus roller milling: A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics. *Trends in Food Science and Technology*, 97, 147–155. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.008

Cappelli, A.; Cini, E. (2021). Challenges and Opportunities in Wheat Flour, Pasta, Bread, and Bakery Product Production Chains: A Systematic Review of Innovations and Improvement Strategies to Increase Sustainability, Productivity, and Product Quality. *Sustanaibility*, 13(5), 2608. Retrieved from https://doi.org/10.3390/su13052608

Cardello, A. V. (1995). Food Quality: relativity, context and consumer expectations. *Food Quality and Preference*, 6(3), 163-170. Retrieved from https://doi.org/10.1016/0950-3293(94)00039-X

Chen, C.-Y. O., Kamil, A., & Blumberg, J. B. (2015). Phytochemical composition and antioxidant capacity of whole wheat products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *66*(1), 63–70. Retrieved from https://doi.org/10.3109/09637486.2014.971228

Chen, J. S., Fei, M. J., Shi, C. L., Tian, J. C., Sun, C. L., Zhang, H., Ma, Z., & Dong, H. X. (2011). Effect of particle size and addition level of wheat bran on quality of dry white Chinese noodles. *Journal of Cereal Science*, *53*(2), 217–224. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.12.005

Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Protopapa, A., & Del Nobile, M. A. (2008). Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of Cereal Science*, *47*(2), 144–152. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.03.004

Ciccoritti, R., Taddei, F., Nicoletti, I., Gazza, L., Corradini, D., D'Egidio, M. G., & Martini, D. (2017). Use of bran fractions and debranned kernels for the development of pasta with high nutritional and healthy potential. *Food Chemistry*, *225*, 77–86. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.005

De Vita, P., & Taranto, F. (2019). Durum Wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) Breeding to Meet the Challenge of Climate Change. In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, D. V. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. Springer International Publishing. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8

De Bondt, Y., Hermans, W., Moldenaers, P., & Courtin, C. M. (2021). Selective modification of wheat bran affects its impact on gluten-starch dough rheology,

microstructure and bread volume. *Food Hydrocolloids*, 113, 106348. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106348

Deng, L., Elias, E. M., & Manthey, F. A. (2017). Influence of Durum Genotype on Whole Wheat and Traditional Spaghetti Qualities. *Cereal Chemistry,* 94(5), 857-865. Retrieved from https://doi.org/10.1094/CCHEM-03-17-0062-R

Deng, L., & Manthey, F. A. (2019). Flowability, wet agglomeration, and pasta processing properties of whole-durum flour: Effect of direct single-pass and multiple-pass reconstituted milling systems. *Cereal Chemistry*, *96*(4), 708–716. Retrieved from https://doi.org/10.1002/cche.10167

Diantom, A., Curti, E., Carini, E., Boukid, F., Mattarozzi, M., Vodovotz, Y., Careri, M., & Vittadini, E. (2019). A multi-scale approach for pasta quality features assessment. *LWT*, *101*, 285–292. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.004

Doblado-Maldonado, A. F., Pike, O. A., Sweley, J. C., & Rose, D. J. (2012). Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 119–126. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.02.015

España, Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones Con Las Cortes. (2016). Aprueba la norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales (Real Decreto 677/2016, de 16 de diciembre de 2016). Pub. L. No. 677/2016, 1. Retrieved from https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-11951

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. (2023). *World Food Situation - FAO Cereal Supply and Demand Brief*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/

United States Food and Drug Administration – FDA. (2006). *Draft Guidance for Industry and FDA Staff Whole Grains Label Statement Availability*. https://www.regulations.gov/docket/FDA-2006-D-0298

United States Food and Drug Administration – FDA. (2023). *Requirements for Whole Wheat Flour*. Sec. 137.200, volume 2. Whole Wheat Flour Code of Federal Regulations Title 21. U.S. Department of Health and Human Services. Retrieved from https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-137/subpart-B/section-137.200

Ferreira, A. R., Felisberto, M. H. F., Neves, E. C. A., Behrens, J. H., & Clerici, M. T. P. S. (2022). Comparative study of the partial replacement of *Triticum durum* semolina in

fettuccine pasta by bamboo fiber and young bamboo culm flour. *Research, Society and Development*, *11*(2), e37811225728. Retrieved from https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25728

Ferruzzi, M. G., Jonnalagadda, S. S., Liu, S., Marquart, L., McKeown, N., Reicks, M., Riccardi, G., Seal, C., Slavin, J., Thielecke, F., Van der Kamp, J.-W., & Webb, D. (2014). Developing a Standard Definition of Whole Grain Foods for Dietary Recommendations: Summary Report of a Multidisciplinary Expert Roundtable Discussion. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, *5*(2), 164–176. Retrieved from https://doi.org/10.3945/an.113.005223

Gómez, M., Gutkoski, L. C., Bravo-Nuñez, A. (2020). Understanding whole-wheat flour and its effect in breads: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 1-25. Retrieved from https://doi.org/10.1111/1541-4337.12625

Gong, L., Chi, H., Wang, J., Zhang, H., Sun, B. (2019). *In vitro* fermentabilities of whole wheat as compared with refined wheat in different cultivars. *Journal of Functional Foods*, 52, 505-515. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464618306042

Guo, H., Wu, H., Sajid, A., & Li, Z. (2022). Whole grain cereals: the potential roles of functional components in human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(30), 8388–8402. Retrieved from https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1928596

Italia, Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste - MASAF. (2001). Regolamento per la revisione della normativa sulla produzione e commercializzazione di sfarinati e paste alimentari, a norma dell'articolo 50 della legge 22 febbraio 1994, n. 146 (Decreto del Presidente della Repubblica 9 febbraio 2001, n. 187).

Jonnalagadda, S. S., Harnack, L., Hai Liu, R., McKeown, N., Seal, C., Liu, S., & Fahey, G. C. (2011). Putting the Whole Grain Puzzle Together: Health Benefits Associated with Whole Grains--Summary of American Society for Nutrition 2010 Satellite Symposium. *Journal of Nutrition*, 141(5), 1011S-1022S. Retrieved from https://doi.org/10.3945/jn.110.132944

Khalid, K. H., Manthey, F., & Simsek, S. (2017). Whole grain wheat flour production using an ultracentrifugal mill. *Cereal Chemistry*, *94*(6), 1001–1007. Retrieved from https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-17-0117-R

Laureati, M., Conte, A., Padalino, L., Del Nobile, M. A., & Pagliarini, E. (2016). Effect

of Fiber Information on Consumer's Expectation and Liking of Wheat Bran Enriched Pasta. *Journal of Sensory Studies*, *31*(4), 348–359. Retrieved from https://doi.org/10.1111/joss.12218

Mandarino, J. M. G. (1994). *Componentes do trigo: caracteristicas fisico-quimicas, funcionais e tecnológicas.* Londrina: EMBRAPA-CNPSo.

Manthey, F. A., & Schorno, A. L. (2002). Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. *Cereal Chemistry*, *79*(4), 504–510. Retrieved from https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.4.504

Marti, A., Cattaneo, S., Benedetti, S., Buratti, S., Abbasi Parizad, P., Masotti, F., Iametti, S., & Pagani, M. A. (2017). Characterization of Whole Grain Pasta: Integrating Physical, Chemical, Molecular, and Instrumental Sensory Approaches. *Journal of Food Science*, *82*(11), 2583–2590. Retrieved from https://doi.org/10.1111/1750-3841.13938

https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2772

Okarter, N., & Liu, R. H. (2010). Health benefits of whole grain phytochemicals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *50*(3), 193–208. Retrieved from https://doi.org/10.1080/10408390802248734

Prabhasankar, P., & Haridas Rao, P. (2001). Effect of different milling methods on chemical composition of whole wheat flour. *European Food Research and Technology*, *213*(6), 465–469. Retrieved from https://doi.org/10.1007/s002170100407

Roozendaal, H., Abu-Hardan, M., & Frazier, R. A. (2012). Thermogravimetric analysis of water release from wheat flour and wheat bran suspensions. *Journal of Food Engineering*, *111*(4), 606–611. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.009

Rosentrater, K. A., & Evers, A. D. (2018). Extrusion processing of pasta and other products. In K. A. Rosentrater, A. D. Evers (Eds.), *Kent's Technology of Cereals* (cap. 10; p. 657–698). Amsterdam: Elsevier. Retrieved from https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100529-3.00010-4

Ross, A. S., & Kongraksawech, T. (2018). Characterizing whole-wheat flours produced using a commercial stone mill, laboratory mills, and household single-stream flour mills. *Cereal Chemistry*, *95*(2), 239–252. Retrieved from https://doi.org/10.1002/cche.10029

Salehi, B., Quispe, C., Sharifi-Rad, J., Cruz-Martins, N., Nigam, M., Mishra, A. P., Konovalov, D. A., Orobinskaya, V., Abu-Reidah, I. M., Zam, W., Sharopov, F., Venneri, T., Capasso, R., Kukula-Koch, W., Wawruszak, A., & Koch, W. (2021). Phytosterols:

From Preclinical Evidence to Potential Clinical Applications. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 599959. Retrieved from https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2020.599959/full

Schaffer-Lequart, C., Lehmann, U., Ross, A. B., Roger, O., Eldridge, A. L., Ananta, E., Bietry, M. F., King, L. R., Moroni, A. V., Srichuwong, S., Wavreille, A. S., Redgwell, R., Labat, E., & Robin, F. (2017). Whole grain in manufactured foods: Current use, challenges, and the way forward. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(8), 1562–1568. Retrieved from https://doi.org/10.1080/10408398.2013.781012

Slavin, J. (2004). Whole grains and human health. *Nutrition Research Reviews*, *17*(1), 99. Retrieved from https://doi.org/10.1079/NRR200374

Suo, X., Pompei, F., Bonfini, M., Mustafa, A. M., Sagratini, G., Wang, Z., & Vittadini, E. (2023). Quality of wholemeal pasta made with pigmented and ancient wheats. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *31*. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100665

Tibola, C. S., Fernandes, J. M. C., Guarienti, E. M., & Nicolau, M. (2015). Distribution of Fusarium mycotoxins in wheat milling process. *Food Control*, *53*, 91–95. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.01.012

Van der Kamp, J. W., Jones, J. M., Miller, K. B., Ross, A. B., Seal, C. J., Tan, B., & Beck, E. J. (2022). Consensus, global definitions of whole grain as a food ingredient and of whole grain foods presented on behalf of the whole grain initiative. *Nutrients*, *14*(1). Retrieved from https://doi.org/10.3390/nu14010138

Van der Kamp, J. W., Poutanen, K., Seal, C. J., & Richardson, D. P. (2014). The HEALTHGRAIN definition of "whole grain." *Food and Nutrition Research*, *58*. Retrieved from https://doi.org/10.3402/fnr.v58.22100

Vignola, M. B., Bustos, M. C., & Pérez, G. T. (2018). Comparison of quality attributes of refined and whole wheat extruded pasta. *LWT - Food Science and Technology*, *89*, 329–335. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.062

Wahanik, A. L., Neri-Numa, I. A., Pastore, G. M., Felisberto, M. H. F., Campelo, P. H., & Clerici, M. T. P. S. (2021). Technological and antioxidant characteristics of pasta with whole wheat flour and natural colored concentrates. *Research, Society and Development*, *10*(3), e7110312072. Retrieved from https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13072

West, R., Duizer, L., & Seetharaman, K. (2013). The effect of drying and whole grain

content on the pasting, physicochemical and qualitative properties of pasta. *Starch/Staerke*, *65*(7–8), 645–652. Retrieved from https://doi.org/10.1002/star.201200212

West, R., Seetharaman, K., & Duizer, L. M. (2013). Effect of drying profile and whole grain content on flavour and texture of pasta. *Journal of Cereal Science*, *58*(1), 82–88. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.03.018

Zaupa, M., Scazzina, F., Dall'Asta, M., Calani, L., Del Rio, D., Bianchi, M. A., Melegari, C., De Albertis, P., Tribuzio, G., Pellegrini, N., & Brighenti, F. (2014). *In vitro* bioaccessibility of phenolics and vitamins from durum wheat aleurone fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*(7), 1543–1549. Retrieved from https://doi.org/10.1021/jf4

· CAPÍTULO 3·

Estudo de caso: massas comerciais do mercado brasileiro contendo farinha integral antes da legislação RDC nº712 de 2022

.....

Este capítulo apresenta um estudo experimental sobre a avaliação de rotulagem e qualidade de cozimento de MAI comercializadas como integrais no Brasil, e será submetido para publicação no periódico Ciência Rural.

Estudo de caso: massas comerciais do mercado brasileiro contendo farinha integral antes da legislação RDC nº 712/2022

CASE STUDY: COMMERCIAL PASTA ON THE BRAZILIAN MARKET CONTAINING WHOLE FLOUR BEFORE LEGISLATION RDC Nº 712/2022

Michele Scarton[1], Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici[1*]

[1]Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil.

*Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Rua Monteiro Lobato, 80, 13083-862, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: mclerici@unicamp.br.

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a rotulagem e qualidade de cozimento de massas alimentícias à base de trigo consideradas integrais para discussão e subsídio sobre a regulamentação de alimentos integrais, que ocorreu antes da legislação RDC nº 712 de 2022. Foram avaliadas a rotulagem e qualidade de cozimento de 14 massas alimentícias descritas como "integrais" no rótulo, de formatos diversos (3 com formato "*farfalle*", 4 "*fusilli*", 2 "penne" e 5 "*spaguetti"*). Para a análise de rotulagem nutricional, foram coletados dados dos ingredientes e de informação nutricional das porções. Para avaliação da qualidade de cozimento, foram avaliados o tempo ótimo de cozimento, perda de sólidos, aumento de peso e firmeza. Também foi avaliada a cor visual e microestrutura das massas. Os resultados foram analisados utilizando-se a Análise de Componentes Principais. Para a rotulagem, observou-se a utilização de ingredientes para aporte de fibras e minerais, como farelo e fibra de trigo, e ingredientes proteicos para reforço da rede de glúten, sem utilização de aditivos. Considerando-se o teor de fibras, todas as massas alimentícias puderam ser classificadas como "fonte de fibras". Quanto à qualidade de cozimento, verificou-se que a firmeza está inversamente relacionada à absorção de água e perda de sólidos, e que estes parâmetros foram influenciados tanto pelo formato como pela composição das massas alimentícias. Das amostras avaliadas, oito apresentaram perdas de sólidos superiores à 6%, porém ainda não há padrões específicos

para qualidade de cozimento destas massas alimentícias com farinhas integrais. Para a avaliação da aparência e microestrutura, a tonalidade visual das massas variou entre amarelo ocre e marrom, e observou-se a presença de fragmentos de fibras nas bordas das massas, principalmente para formatos *farfalle* e *penne*. Através deste estudo, foi possível verificar que a legislação RDC nº 712 de 2022 foi importante para regulamentação do mercado, uma vez que 7 das 9 massas analisadas como integrais, fizeram uso de farelos e fibras, sem usar a farinha integral de trigo, mostrando realmente que o consumidor estava confuso e que a demanda realizada pelos órgãos do consumidor estava correta e que havia urgência da legislação para regulamentar o setor.
Palavras-chave: cereais; fibras; grãos inteiros; trigo.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the labeling and cooking quality of wheat-based pasta considered as "wholegrain" for discussion and support on the regulation of wholegrain foods that occurred before legislation RDC 712/2022. The labeling and cooking quality evaluation of 14 pastas samples described as "wholegrain", with different formats (3 "*farfalle*", 4 "*fusilli*", 2 "*penne*" and 5 "*spaghetti*"). For the nutritional labeling analysis, data on the ingredients and nutritional information of the portions were collected. To evaluate cooking quality, the optimal cooking time, loss of solids, mass increase, and firmness were evaluated. The visual color and microstructure of the pasta samples were also evaluated. The results were analyzed using Principal Component Analysis. For labeling, the use of ingredients to provide fiber and minerals, such as bran and wheat fiber, and protein ingredients to reinforce the gluten network was observed, without the use of additives. Considering the fiber content, all pasta could be classified as a "source of fiber". Regarding cooking quality, it was found that firmness was inversely related to water absorption and loss of solids and that these parameters were influenced by both the shape and composition of the pasta. Of the samples evaluated, eight showed solid losses greater than 6%, but there are still no specific standards for the cooking quality of pastas with wholegrain flour. Regarding the appearance and microstructure, the visual tone of the pasta varied between ocher yellow and brown, and the presence of fiber fragments was observed on the edges of the pasta, especially for *farfalle* and *penne* formats. Through this study, it was possible to verify that legislation RDC nº 712 of 2022 was important for regulating the market, since 7 of the 9 pastas analyzed as "wholegrain", made use of bran

and fiber, without using whole wheat flour, really showing that the consumer could be misled by the labeling of these pastas. Thus, the demand made by consumer organizations was correct and there was an urgency for legislation to regulate the sector in Brazil.
Keywords: cereals; fibers; wholegrains; wheat.

1 INTRODUÇÃO

As massas alimentícias integrais (MAI), por possuírem a farinha ou a sêmola/semolina de trigo integral na sua composição, apresentam maiores teores de vitamina E, folato, ferro, magnésio compostos antioxidantes, e principalmente, fibra alimentar em relação às massas alimentícias formuladas com sêmola ou farinhas refinadas (Kristensen et al., 2010; Hirawan & Beta, 2014). Estes compostos promovem efeitos benéficos à saúde, e por este fator, muitas iniciativas globais buscam o estímulo ao consumo de integrais. No entanto, a falta de informações do que deve ser considerado integral e a ausência de padrões de qualidade para os alimentos integrais, como salientada em estudo de Andrade et al. (2023), torna um desafio para produtores e consumidores de MAI.

No Brasil, uma das primeiras regulamentações para massas alimentícias foi o Decreto-lei estadual nº 15.642 de 1946 (SÃO PAULO, 1946), que em seu conteúdo tratava sobre os padrões de qualidade e ingredientes para estes produtos. No entanto, não havia menção sobre massas alimentícias com o uso de farinhas ou sêmolas de trigo integral. Esta norma foi revogada pelo Decreto-lei nº 211, em 30 de março de 1970 (SÃO PAULO, 1970), e somente houve uma regulamentação para massas alimentícias com validade nacional em 1978, com a Resolução nº 12 (BRASIL, 1978), da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, pertencente ao Ministério da Saúde. Esta norma fixava os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de diversos alimentos, e entre estes, as de massas alimentícias. Deste modo, as massas alimentícias contendo farinhas integrais seriam classificadas como “tipo integral”, e deveriam trazer no rótulo, a declaração "farinha integral de trigo". No entanto, esta Resolução não instituía padrões de composição ou de qualidade específicos para as MAI.

A Resolução nº 12/1978 teve vigência até o ano de 2000, sendo revogada pela Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 90, de 18 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000a), instituída pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. A partir deste mesmo ano, ocorreu um importante avanço para a qualidade de MAI com a criação da Resolução

RDC nº 14, de 21 de fevereiro de 2000 (BRASIL, 2000b), norma específica para fixação de padrões de identidade e qualidade de massas alimentícias. Esta foi a primeira regulamentação que trazia a definição de MAI como sendo aquelas produzida a partir de farinha de trigo e farinha de trigo integral e ou fibra de trigo. Além das informações dos parâmetros de qualidade físico-químicos e sensoriais, em seu item 9.3, a citada legislação mencionava que na rotulagem das MAI deveriam constar o percentual de farinha de trigo integral e ou de fibra de trigo utilizada. No entanto, não eram especificadas quais as proporções de fibra de trigo ou de farinha de trigo integral mínimas que deveriam estar presentes para esta classificação.

Em 2005, ocorreu a revogação da RDC nº14 de 2000 pela RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), norma que dispunha sobre o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Deste modo, ela se aplicava a diversos produtos à base de cereais, incluindo as massas alimentícias. Porém, diferentemente da legislação anterior, não há menção às MAI, seja em termos de definição ou de parâmetros de qualidade e composição, o que representou um desafio para produtores e consumidores, visto que as MAI já se encontravam inseridas no mercado e com crescente demanda, impulsionada pelas informações e pesquisas acerca dos benefícios do consumo de fibras e compostos bioativos presentes nos cereais integrais.

Em 2020, a partir da Consulta Pública nº 811 de 06 de abril de 2020 (BRASIL, 2020), foram conduzidos estudos em diversos setores de produção e comércio de produtos integrais. Foram também realizadas pesquisas e estudos experimentais em Universidades e centros de Pesquisa de todo o país, que foram fundamentais para a publicação da legislação RDC nº493 de 22 de abril de 2021. Esta norma dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais para classificação e identificação de alimentos integrais. A partir desta Resolução, declara-se como produto integral àquele composto por, no mínimo, 30% de ingredientes integrais; e cuja quantidade destes ingredientes sejam superiores à quantidade dos ingredientes refinados (BRASIL, 2021). Esta legislação entrou em vigor em 22 de abril de 2022, e o prazo para a adequação das indústrias produtoras de MAI a estas orientações foi de 24 meses, finalizando em abril de 2024. Como complemento da RDC nº493/2021, no ano seguinte foi publicada a RDC nº 711, de 1° de julho de 2022 (BRASIL, 2022a), que dispõe sobre os requisitos sanitários de diversos produtos à base de cereais, entre estes as massas alimentícias, e revoga a RDC nº 263/2005. Conjuntamente publicada, a RDC nº712 de 1º de julho de 2022 (BRASIL,

2022b), estabeleceu as novas diretrizes para a composição e rotulagem de alimentos contendo cereais e pseudocereais para classificação como integral, e revogou a RDC nº493/2021, sendo a norma atualmente vigente para a composição e rotulagem de alimentos contendo cereais integrais.

Apesar do grande avanço em entendimento trazido pela legislação brasileira atual, ainda há lacunas sobre as características tecnológicas próprias das MAI. Deste modo, o presente estudo apresenta o estudo de caso iniciado anteriormente à legislação RDC nº 712/2022, visando a compreensão dos parâmetros de qualidade de cozimento e de composição de MAI comercializadas no Brasil, tanto de produção nacional como importadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

As massas alimentícias secas categorizadas como integrais em sua rotulagem frontal durante o ano de 2020, de marcas comerciais distintas, foram adquiridas em comércio varejista da cidade de Campinas, São Paulo, e estocadas em local seco e em temperatura ambiente até as análises. Ao total, foram avaliadas 14 amostras de massas alimentícias nacionais (9 amostras) e importadas (5 amostras), sendo 9 curtas (formatos "*farfalle*", "*fusilli*" e "penne") e 5 longas ("*spaguetti*"*),* conforme descrição na Tabela 1.

2.2 Métodos

2.2.1 Avaliação da rotulagem nutricional

Foram coletadas as informações de rotulagem, tais como fabricante, lista de ingredientes, e a composição nutricional quanto ao valor energético, teor de carboidratos totais, proteínas, gorduras totais, saturadas e trans, assim como os teores de fibra alimentar e sódio.

2.2.2 Características tecnológicas das massas

Foram realizadas as análises de umidade das amostras cruas utilizando-se a metodologia n°44-01.01, da *American Association of Cereal Chemists International* (AACC, 2010). Para avaliar as características de cozimento das massas alimentícias avaliadas, estas foram preparadas a partir do cozimento de uma porção de 25 g em 300 mL de água. Foram realizadas as análises de tempo ótimo de cozimento (TOC), a partir

do método n°66-50.01 (AACC, 2010), com adaptações de Gull et al. (2015), e a de aumento de peso e de perda de sólidos pelas metodologias descritas por Gull et al. (2015).

2.2.3 Firmeza das massas

As massas alimentícias foram preparadas conforme TOC específico para cada amostra (item 2.2.2), resfriadas com lavagem em 150 mL de água (21°C), colocadas em placas de Petri e deixadas em temperatura ambiente para resfriamento por 10 minutos. A firmeza das massas alimentícias cozidas foi mensurada em texturômetro modelo TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK), com célula de carga de 25 Kg, célula de calibração de 5 kg, corpo de prova A/LKB-F e software próprio do equipamento e parâmetros do método n°66-50.01 (AACC, 2010). Foi aplicado o modelo de máxima força de cisalhamento sobre unidades de MAI enfileiradas, utilizando os parâmetros do método n°66-50.01 (AACC, 2010), com adaptações: velocidade pré-teste (1,0 mm/s), velocidade teste (0,17mm/s), velocidade pós-teste (10 mm/s). Os valores de altura e distância foram alterados conforme o mais adequado para cada formato de MAI. Esta análise foi realizada em nove repetições, e os resultados foram expressos em Newtons (N).

2.2.4 Microestrutura das massas alimentícias

A avaliação da microestrutura foi realizada utilizando-se microscopia óptica em microscópio Olympus, modelo BX51/BX52 (Olympus, Japão) e as imagens foram obtidas com câmera digital modelo Canon PowerShot A620/7,1 megapixels, acoplada ao equipamento. Para a análise, as massas alimentícias foram cozidas conforme TOC e pequenos fragmentos destas foram coletados e colocados em lâmina de vidro com lamínula sobre a amostra, com observação em luz polarizada.

2.2.5 Análise estatística dos resultados

Os dados de qualidade de cozimento das massas alimentícias foram avaliados utilizando-se a análise de componentes principais (ACP) para a obtenção de diagramas de ordenação, utilizando o programa estatístico PAST, versão 4.0 (NATURAL HISTORY MUSEUM, 2020), de uso gratuito.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão descritos os ingredientes das massas alimentícias contendo farinhas ou sêmolas integrais. Quanto aos ingredientes utilizados, observou-se que não houve a utilização de aditivos para nenhuma das amostras de MAI, mantendo-se a característica de rótulo limpo destes produtos

Tabela 1. Ingredientes e teor de fibras de massas alimentícias categorizadas como integrais comerciais.

Identificação	Ingredientes	Origem
FA1	Sêmola integral de trigo durum e água	Importada (Itália)
FA2	Sêmola de trigo durum, farelo de trigo e monocloridrato de L-Lisina.	Nacional
FA3	Sêmola de trigo durum integral	Importada (França)
FU1	Sêmola de Trigo Durum, Farelo de trigo e monocloridrato de L-Lisina	Nacional
FU2	Sêmola enriquecida com ferro e ácido fólico, farelo de trigo e fibra de trigo.	Nacional
FU3	Sêmola integral de trigo *durum* e água	Importada (Itália)
FU4	Sêmola de trigo durum, farelo de trigo e monocloridrato de L-Lisina.	Nacional
PE1	Sêmola integral de trigo durum.	Importada (Itália)
PE2	Farinha de trigo integral e farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico.	Nacional
SP1	Sêmola de trigo durum, farelo de trigo e clara de ovos e monocloridrato de L-lisina	Nacional
SP2	Sêmola enriquecida com ferro e ácido fólico, farelo de trigo e fibra de trigo.	Nacional
SP3	Farinha de Trigo Integral e Glúten de Trigo	Nacional
SP4	Sêmola integral de trigo *durum* e água	Importada (Itália)
SP5	Sêmola de trigo durum, farelo de trigo e clara de ovo.	Nacional

[1]Massas alimentícias: FU – formato "*fusilli";* SP – formato *"spaguetti'"* FA – formato *"farfalle";* PE – formato *"penne".*

Conforme a legislação brasileira atual, o uso de aditivos e coadjuvantes tecnológicos é permitido, desde que estes sejam seguro para o consumo humano, possuam justificativa de uso e que sejam utilizados no menor nível necessário (BRASIL, 2023). Das 14 massas alimentícias analisadas, 8 destas (FA1, FA3, FU3, PE1, PE2, SP3, SP4 e SP5) utilizavam a farinha integral ou a sêmola integral de trigo como o primeiro ingrediente.

No entanto, na legislação brasileira até a data em que haviam sido adquiridas as massas, não havia definições quanto à composição das farinhas integrais, assim como para produtos integrais. Pela ausência de requisitos de quantidades mínimas, ou declaração obrigatória da proporção adicionada de farinha integral nos rótulos, houve a demanda dos órgãos de proteção ao consumidor para que fosse sanada as diversas dúvidas sobre o que era integral ou não.

Observou-se que para as MAI importadas, foi utilizada a sêmola integral de trigo durum integral como único ingrediente, caracterizando-as assim como 100% integrais. Tal fator está relacionado ao PIQ dos países de origem para estes produtos (Itália e França), onde são exigidas somente a utilização de trigo durum para massas alimentícias e a reconstituição ou recombinação de farinhas não é permitida.

A recombinação é o processo em que há a recomposição da fração de farelo retirada após o refino da farinha de trigo, sendo permitida em diversos países. Na legislação brasileira atual, é aceita a recombinação e a reconstituição da farinha. A reconstituição ocorre quando há a mistura de endosperma farináceo, farelo e gérmen de um mesmo lote de grãos, desde que em quantidades e proporção típica do grão inteiro e mencionada claramente no rótulo. Para pelo menos 6 MAI nacionais (FA2, FU1, FU2, FU4, SP1 e SP5), houve a utilização da sêmola de trigo durum com a adição de farelo. Além do uso de farinha ou sêmola integral, observou-se também a adição de ingredientes fontes de fibras, tais como farelo e fibra de trigo nas massas cujos ingredientes eram a sêmola de trigo durum (FU4, SP1) ou sêmola enriquecida com ferro e ácido fólico (FU2, SP2), provavelmente para a reconstituição.

O farelo de trigo é o subproduto obtido no processo de moagem para obtenção de farinhas de trigo refinadas, pertencente às camadas externas do grão de trigo. No farelo, podem estar presentes além das fibras, compostos como vitaminas e minerais. Podem também estar conjuntamente aderido o gérmen, que fornece principalmente teores lipídicos.

No caso da fibra de trigo, trata-se das frações de fibras isoladamente extraídas a partir do farelo, podendo ser classificadas como solúveis ou insolúveis. As fibras insolúveis do trigo, como a celulose, hemicelulose e lignina, aceleram o trânsito intestinal e contribuem para a saciedade, enquanto as fibras solúveis (β- glucanas) formam géis com alta viscosidade que são fermentáveis por bactérias intestinais, possuindo ação prebiótica (SLAVIN, 2013). Porém, as fibras interferem na formação da rede de glúten nas MAI, e podem enfraquecer a estrutura das MAI, tornando-as mais quebradiças (FOSCHIA et al., 2015).

Além da farinha, sêmola ou farelo de trigo, foi observada a utilização de ingredientes proteicos, como o glúten de trigo e clara de ovos. Segundo FUAD & PRABHASANKAR (2010), estes ingredientes visam contribuir para a redução da perda de sólidos e da adesividade das massas alimentícias. Para as MAI, estes ingredientes podem contribuir para o reforçamento da estrutura e redução da lixiviação de fibras que ocorre durante o cozimento, contribuindo para a redução da perda de sólidos. Na massa alimentícia SP1, observa-se também a adição de monocloridrato de L-lisina, que se trata de um ingrediente utilizado para enriquecimento em aminoácidos de farinhas e produtos à base de cereais (ITAL, 2021).

Para a Tabela 2, onde podem ser observadas as características de composição nutricional das MAI, destaca-se que a composição destas foi semelhante quanto aos teores de valor energético, carboidratos, proteínas, gorduras e sódio, mas distintas quanto ao conteúdo de fibras.

É também válido destacar que as massas alimentícias FU2 e PE2 informaram em sua rotulagem o uso de farinha de trigo integral com adição de ferro e ácido fólico. Conforme às legislações vigentes durante o período da amostragem deste estudo, a RDC nº150, de 13 de abril de 2017 (BRASIL, 2017), revogada pela atual legislação, RDC nº 604, de 10 de fevereiro de 2022 (BRASIL, 2022), a adição de ferro e ácido fólico para enriquecimentos de farinhas de trigo não se aplica às farinhas de trigo integrais ou farinhas de trigo durum, sendo obrigatório somente para farinhas de trigo refinadas de trigo comum. Tal fator é justificado pela limitação tecnológica na adição e estabilidade dos aditivos adicionados para fortificação nestas farinhas. Portanto, não seria necessária a aplicação destes enriquecedores nutricionais nas amostras de massas alimentícias mencionadas.

Conforme pode ser observado na formulação de massas alimentícias, foi possível a obtenção de MAI 100% integrais, como indicado por todas as amostras importadas e pela MAI de produção nacional SP3. Nesta amostra em particular, verifica-se que houve a adição de glúten de trigo na formulação. Tal ação ocorre para complementação proteica da massa alimentícia, visto que as farinhas a base de trigo comum comercializadas nacionalmente apresentam menores teores proteicos em relação às sêmolas de trigo durum.

De acordo com os ingredientes das massas alimentícias informados pelos fabricantes, à luz da nova legislação (BRASIL, 2021), que possui como critério que pelo menos 30% dos ingredientes devem ser integrais e superiores à quantidade dos ingredientes refinados, 7 das 9 massas alimentícias produzidas nacionalmente (FA2, FU1, FU2, FU4, SP1, SP2 e SP5) não seriam consideradas como MAI. Portanto, 77% das amostras comerciais de massas alimentícias de produção nacional avaliadas não poderiam ser classificadas como integrais. Visto que houve a adição de farelo e fibra de trigo, conforme a legislação atual poderão ser considerados como ingredientes integrais a mistura de farinha refinada, farelo e gérmen, desde que estes ingredientes estejam em quantidades que garantam que os componentes originais do grão, sendo declarados na lista de ingredientes como "farinha integral de trigo reconstituída".

Considerando os dados de composição nutricional disponíveis nas embalagens das MAI, descritas na Tabela 2, nas porções avaliadas (80 g), as quantidades de fibras alimentares (totais) estiveram entre 2,1 g e 8 g. Considerando-se a norma de rotulagem vigente para as massas alimentícias quando iniciado o estudo de caso (BRASIL, 2012), revogada pela RDC Nº 429, de 8 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020), para serem consideradas como “fonte de fibras” os alimentos deveriam apresentar 2,5 g em uma única porção. Conforme a Instrução Normativa IN nº 75 de 8 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020), que trata sobre requisitos técnicos para a declaração nutricional de produtos alimentícios, os alimentos processados poderiam ser categorizados como fonte de fibras quando fornecerem, no mínimo, 10% do valor diário recomendado de ingestão, que para esta norma é de 25 g de fibras alimentares. Para poderem apresentar a alegação nutricional de “alto conteúdo de fibras”, é necessário que o produto alimentício supra 20% do valor diário recomendado (5 g). Portanto, 11 MAI analisadas neste estudo poderiam ser classificadas como apresentando alto conteúdo de fibras.

Quanto aos teores de umidade das massas alimentícias avaliadas (Tabela 3), verificou-se que todas apresentaram valores conforme o recomendado por Marti et al. (2016). Segundo estes autores, a umidade inferior a 14% é fundamental para que não haja o desenvolvimento de fungos ou bolores, e para que a qualidade do produto seja mantida durante a estocagem. Pela antiga legislação, o parâmetro de umidade para massas alimentícias era de até 13% (BRASIL, 2010). Porém, segundo a legislação brasileira atual (BRASIL, 2021), não há requisitos ou padrões para o teor de umidade para massas alimentícias.

Sobre as propriedades de cozimento (Tabela 3), avaliada utilizando a ACP (Figura 1), quanto à avaliação de perdas de sólidos, foram verificados em trabalhos sobre a qualidade de massas alimentícia que as perdas de até 9% são desejáveis para as massas alimentícias. Deste modo, as MAI comerciais apresentaram perda de sólidos dentro dos valores recomendados.

Para o TOC das massas alimentícias, expresso na Tabela 3, foram observados valores diferentes do que o tempo médio recomendado no rótulo pelos fabricantes para o cozimento ideal, o que pode ser explicado pela preferência do consumidor por massas *al dente*, onde a gelatinização do amido no centro da massa é incompleta (BROCKWAY, 2001).

No entanto, é válido ressaltar que estes valores são adequados para as massas alimentícias convencionais, que não possuem em sua composição as fibras presentes nas MAI que interferem na formação da rede de glúten (FOSCHIA et al., 2015). Para o aumento de massa após cozimento (Tabela 3), os valores foram próximos aos estudos de VIGNOLA et al. (2018), com massas com sêmola de trigo e integrais, que apresentaram valores entre 119 e 151%, sendo que os menores valores foram atribuídos às MAI, o que foi justificado devido à presença de partículas maiores de farelo presentes. Este efeito também foi similar ao observado em estudo de LI et al. (2023), sobre os efeitos do tamanho do farelo de trigo na reologia de pães com diferentes farinhas integrais. Os autores observaram que a absorção de água do farelo com maior tamanho de partícula (550 μm) foi menor em comparação com outros tamanhos menores de farelo, o que pode ter sido atribuído a uma menor superfície de contato com a água do que partículas menores. Outro fator apontado pelos autores foi que a moagem mais intensa ocasiona aumento dos teores de amido danificado, o que contribui para maior absorção de água.

Tabela 2. Composição nutricional declarada de massas alimentícias contendo farinhas ou sêmolas integrais na porção[1]

Parâmetros	**Massas alimentícias[1]**													
	FA1	**FA2**	**FA3**	**FU1**	**FU2**	**FU3**	**FU4**	**PE1**	**PE2**	**SP1**	**SP2**	**SP3**	**SP4**	**SP5**
Valor Energético (Kcal)	275,0	294,0	271,0	271,0	274,0	270,0	271,0	282,0	279,0	288,0	274,0	263,0	270,0	272,0
Carboidratos (g)	51,0	60,0	56,0	56,0	58,0	53,0	56,0	56,0	60,0	59,0	58,0	58,0	53,0	54,0
Proteínas (g)	10,0	8,7	10,0	10,0	8,2	9,5	10,0	9,2	9,2	10,0	8,2	9,8	9,5	11,0
Gorduras Totais (g)	2,0	1,7	0,8	0,8	1,0	2,0	0,8	1,6	1,1	1,0	1,0	1,2	2	1,1
Gorduras Saturadas (g)	0,4	0,3	0	0	0	0,4	0	0,4	0,3	0,3	0	0,2	0,4	0
Gorduras Trans (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibra Alimentar (g)	6,4	2,1	5,6	5,6	5,0	5,2	5,6	6,4	5,9	2,1	5,0	5,4	5,2	8,0
Sódio (mg)	4,0	15,0	0	0	0	0	0	24,0	80,0	8,6	0	0	0	0

[1]Massas alimentícias integrais: FU – formato *fusilli;* SP – formato *espaguete;* FA – formato *farfalle;* PE – formato *penne.* Valores considerando a porção de 80 g de massa alimentícia cozida.

Tabela 3. Qualidade de cozimento de massas alimentícias com farinhas ou sêmolas integrais comerciai

Identificação	Umidade (%)	TOC experimental (seg.)	TOC Recomendado pelo fabricante (seg.)	Perda de sólidos (%)	Aumento de massa (%)	Firmeza (N)
FA1	9,99±0,08	540	600	6,43±0,75	123,96±7,85	3,98±0,77
FA2	11,92±0,12	510	420	5,74±0,78	104,76±4,08	3,48±0,42
FA3	8,70±0,04	540	720	9,07±1,31	102,25±1,21	5,53±0,40
FU1	10,32±0,14	570	420	5,68±0,72	105,44±7,91	6,02±1,38
FU2	9,41±1,36	480	360	5,30±0,64	116,17±2,32	1,72±0,41
FU3	9,54±0,04	570	660	8,10±0,86	129,67±1,71	5,65±0,56
FU4	10,74±0,17	780	420	6,05±0,11	98,09±3,10	6,64±0,41
PE1	10,11±0,04	780	600	5,69±1,06	109,66±4,86	6,93±0,35
PE2	12,12±0,12	660	420	4,56±0,44	117,26±2,72	9,43±0,47
SP1	9,31±1,10	780	480	8,46±1,69	139,96±2,23	2,91±0,07
SP2	9,44±0,22	540	360	4,36±0,79	114,96±2,46	3,29±0,30
SP3	10,67±0,06	840	570	7,73±0,60	147,20±4,64	4,51±0,17
SP4	9,32±0,05	540	600	9,05±1,18	152,85±7,05	2,27±0,14
SP5	10,48±0,09	540	600	7,94±0,72	98,66±2,79	2,45±0,11

[1]Média±desvio padrão; Massas alimentícias: FU – formato *fusilli;* SP – formato *spaguetti ;*FA – formato *farfalle;* PE – formato *penne.*

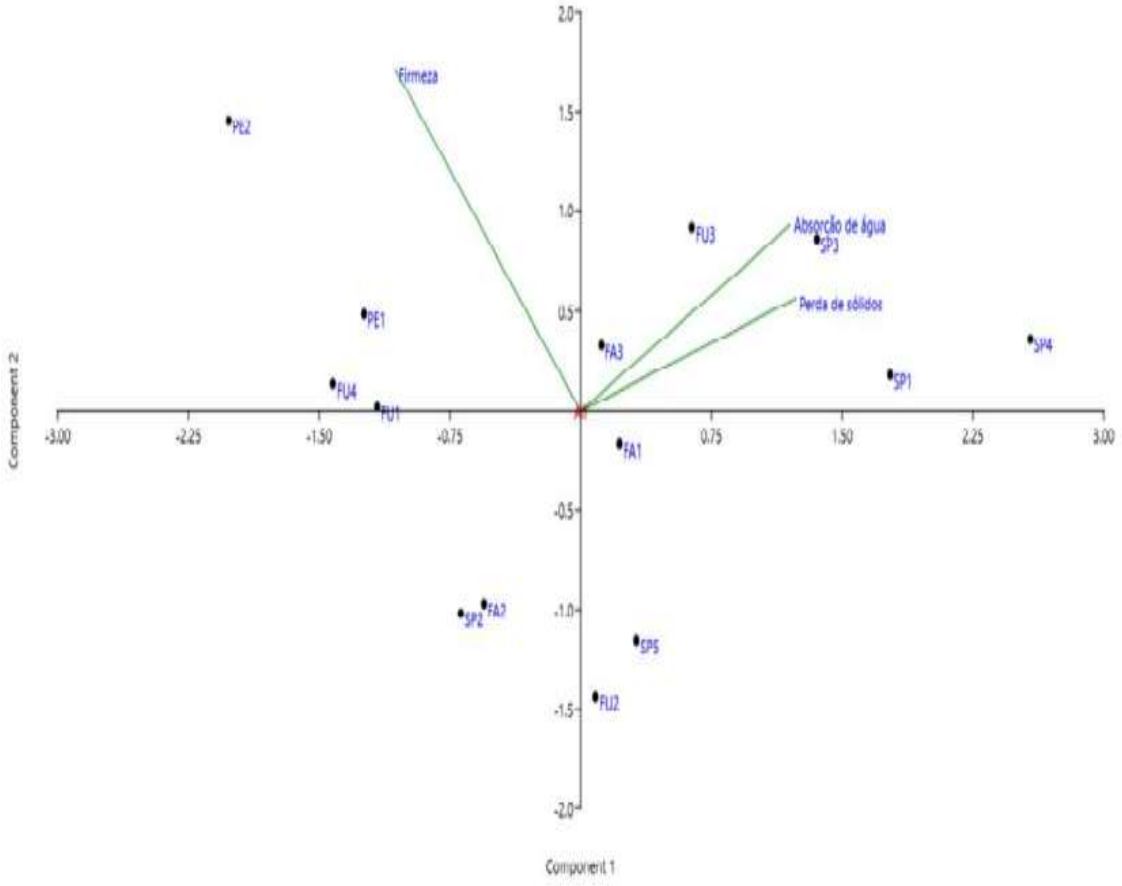
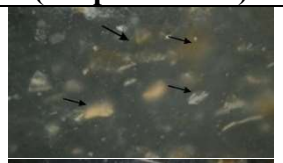
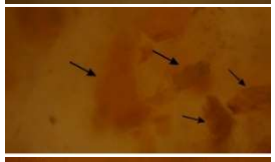
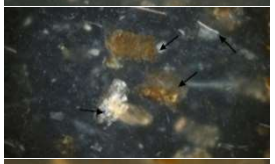
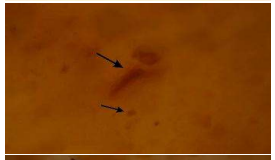
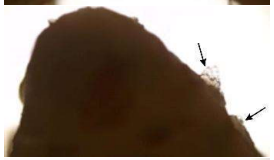
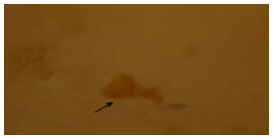
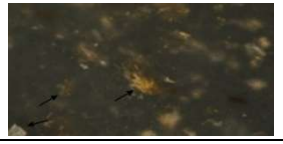


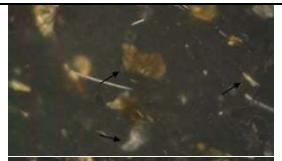
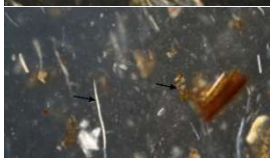
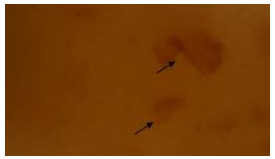
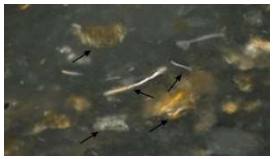
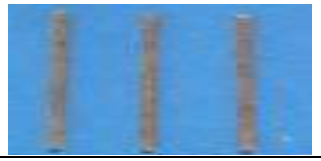
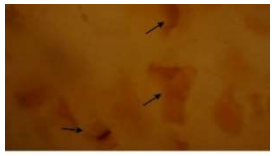
Figura 1. Análise de Componentes principais para as propriedades tecnológicas de massas alimentícias categorizadas como massas alimentícias integrais. Fonte: Autoria própria (utilizando-se *Software* PAST 4.09 para Sistema Operacional Windows).

Figura 2. Análise de microscopia para as massas alimentícias contendo farinhas ou sêmolas integrais comerciais (continua)[1].

Identificação da amostra	Aspecto visual	Cor visual	Aspecto superficial (aumento 60x)	Aspecto das bordas (aumento 60x)	Lâmina de microscopia (luz polarizada)
FA1					
FA2					
FA3					
FU1					
FU2					
FU3					

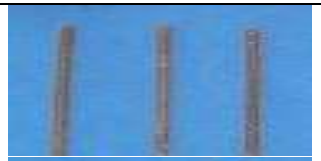
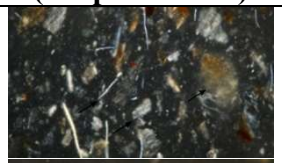
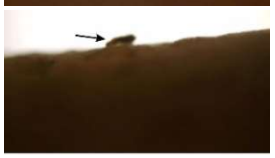
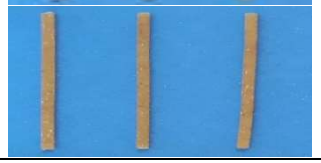
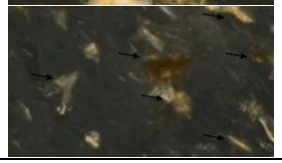
[1]Massas alimentícias: FU – formato *fusilli;* SP – formato *espaguete;* FA – formato *farfalle;* PE – formato *penne.* Flechas na figura são indicativas dos fragmentos de fibras presentes.

Figura 2. Análise de microscopia para as massas alimentícias contendo farinhas ou sêmolas integrais comerciais (continua).

Identificação da amostra	Aspecto visual	Cor visual	Aspecto superficial (aumento 60x)	Aspecto das bordas (aumento 60x)	Lâmina de microscopia (luz polarizada)
FU4					
PE1					
PE2					
SP1					
SP2					

[1]Massas alimentícias: FU – formato *fusilli;* SP – formato *espaguete;* FA – formato *farfalle;* PE – formato *penne.* Flechas na figura são indicativas dos fragmentos de fibras presentes.

Figura 2. Análise de microscopia para as massas alimentícias contendo farinhas ou sêmolas integrais comerciais (final).

Identificação da amostra	Aspecto visual	Cor visual	Aspecto superficial (aumento 60x)	Aspecto das bordas (aumento 60x)	Lâmina de microscopia (luz polarizada)
SP3					
SP4					
SP5					

[1]Massas alimentícias: FU – formato *fusilli;* SP – formato *espaguete;* FA – formato *farfalle;* PE – formato *penne.* Flechas na figura são indicativas dos fragmentos de fibras presentes.

Para o atributo firmeza, observou-se que a massa PE2 apresentou maior firmeza após o cozimento A partir da ACP, observada na Figura 1, foi possível verificar que o parâmetro firmeza está inversamente relacionado à perda de sólidos e à absorção de água.

Quanto a microestrura das massas alimentícias, como pode ser observado na Figura 2, foi possível verificar a presença de fragmentos de fibras e sua influência no rompimento da matriz da massa, e que após o cozimento foi visível a presença de fragmentos de pericarpo nas bordas das massas. O pericarpo é a camada de proteção do grão de trigo, denominada farelo, e que é usualmente removida quando há o processamento da farinha refinada, mas na farinha integral esta fração permanece. Além de sua função protetora no grão de trigo, o pericarpo também contém compostos importantes para a saúde humana, como as fibras alimentares, e compostos fitoquímicos, como flavonoides e carotenoides, que têm propriedades antioxidantes (SLAVIN, 2004; LEGLAND et al., 2022).

De modo geral, mesmo as massas alimentícias de mesmo formato ou fabricante diferiram entre si, tanto em qualidade de cozimento quanto visualmente, como pode ser observado na Figura 2, o que indica que as características de sua composição de ingrediente e formato influenciaram as propriedades de cozimento das massas alimentícias.

Para as MAI importadas, foi possível a formulação baseada em 100% de sêmola integral, o que atende à legislação específica dos países exportadores, o que resulta também em benefícios nutricionais trazidos pelas frações de farelo. No entanto, para as massas alimentícias categorizadas como integrais produzidas nacionalmente, estes benefícios podem não estarem sendo alcançados. Além disso, com a atualização da legislação, será necessária a adequação do rótulo, que atualmente não traz ao consumidor as informações sobre a porcentagem de farinhas e/ou ingredientes integrais presentes nas MAI.

A partir da análise da microestrutura e comparação entre os rótulos, para as massas alimentícias produzidas nacionalmente foi predominante a utilização de farelo de forma a reconstituir esta fração na farinha ou sêmola refinada. No entanto, as propriedades de cozimento e aparência destas massas alimentícias foram influenciadas negativamente, aumentando-se a perda de sólidos no cozimento e impactando na aparência destas massas e manutenção de sua estrutura.

4 CONCLUSÃO

A partir deste estudo, foram verificadas a rotulagem nutricional e qualidade tecnológica das MAI disponíveis no mercado, contatando-se que os principais desafios estão relacionados

à grande diversidade de características de cozimento, de coloração e propriedades nutricionais. Observou-se que maiores absorções de água na massa resultaram em maior perda de sólidos e massas alimentícias menos firmes, o que se relaciona justamente com sua composição. Verificou-se também que os fragmentos de farelo presentes ocasionam ruptura da matriz das massas. Constatou-se também a necessidade de reformulação de massas alimentícias nacionais para que estas possam ser categorizadas como "integrais" visando atender à legislação atual e fornecer informações de rotulagem mais claras aos consumidores.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes (Código Financeiro 001), pela manutenção do Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Campinas; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelas bolsas de doutorado concedidas (Processos 140791/2017-5 e 312786/2020-4). Agradecem também à Vitória Helisa Burgon, pelo auxílio na realização das análises de qualidade de cozimento e rotulagem deste trabalho, e ao Programa de Formação Interdisciplinar Superior (ProFIS) pela bolsa de iniciação Científica concedida.

REFERÊNCIAS

AACC. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Saint Paul: Cereals & Grains Association, 2010. Method 44-01.01: Calculation of percent moisture; Method 66-50.01: Pasta and Noodle Cooking Quality—Firmness.

ANDRADE, G. C. et al. Whole grain products in Brazil: the need for regulation to ensure nutritional benefits and prevent the misuse of marketing strategies. Revista de Saúde Pública, v.57, n.1, 2023. Available from:<https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057004790>. Accessed: nov. 30, 2023. doi: 10.11606/s1518-8787.2023057004790.

BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, Ministério da Saúde. Resolução nº12 de 1978. Aprova as seguintes normas técnicas especiais, do estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1978. Available from:< https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1978/res0012_30_03_1978.html>. Acessed: dez. 29, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos". Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 184, p. 368-369, 22 set. 2005. Available from:< https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html>. Acessed: nov. 10, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 211-E, Seção 1, 01 nov. 2000. Available from:< https://antigo.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_93_2000.pdf/0dc5ef73-f581-4bb7-873f-70fcbffd93f3?version=1.0>. Accessed: dec. 15, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 14, de 21 de fevereiro de 2000. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia ou Macarrão. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 de fevereiro de 2000. Available from: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0014_21_02_2000.html>. Accessed: jan. 11, 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de novembro de 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC n° 150, de 13 de abril de 2017. Dispõe sobre o enriquecimento das farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido fólico. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, nº73, 17 de abril de 2017. Available from: <https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_150_2017_.pdf/a873d3b9-3e93-49f3-b6c5-0f45aefcd348>. Accessed: jan. 14, 2024.

BRASIL. Consulta Pública n° 811, de 6 de abril de 2020. Proposta de Resolução de Diretoria Colegiada - RDC que dispõe sobre os requisitos para identificação como integral e para destaque dos ingredientes integrais na rotulagem dos alimentos contendo cereais. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 de abril de 2020. Available from:<

https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3390773/Consulta+P%C3%BAblica+n%C2%BA+811-2020.pdf/8090fcc0-0398-45b1-a2e4-294cbceeeec9>. Accessed: nov. 27, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados.. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, nº195, 9 de outubro de 2020. Available from: <https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/RDC_429_2020_.pdf/9dc15f3a-db4c-4d3f-90d8-ef4b8053738>. Accessed: nov. 27, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Instrução Normativa IN n° 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, nº195, 9 de outubro de 2020. Available from:< https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f>. Accessed: jan. 14, 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 493, de 15 de abril de 2021. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença
de ingredientes integrais. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, n°74 de 22 de abril de 2021. Available from: <https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3390773/RDC_493_2021_.pdf/363fcc3c-27ea-4274-b4af-b74c4444d84e>. Accessed: jan. 15, 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 604, de 10 de fevereiro de 2022. Dispõe sobre o enriquecimento obrigatório do sal com iodo e das farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido fólico destinados ao consumo humano. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, nº33 de 16 de fevereiro de 2022. Available from:<https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6394607/RDC_604_2022_.pdf/e60cf59a-ecec-4921-832f-37cef89268da>. Accessed: jan. 15, 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 711, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF,

n. 126, 6 jul. 2022. Available from:< https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_711_2022_.pdf/f9212b72-7d2d-451f-b21b-7a7fb9b94a81>. Accessed: nov. 10, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 711, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais e pseudocereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 126, 6 jul. 2022. Available from:<https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_712_2022_.pdf/86a76ca0-96f3-4b63-97b7-ab1814503f13. Accessed: mar. 23, 2024.

BROCKWAY, B.E. Pasta. In: DENDY, D.A.V.; DOBRASZCZYK, B.J. Cereals and cereal products: chemistry and technology. Gaithersburg: Aspen Publishers, 2001. Chap. 10 p.311-321.

FOSCHIA, M.. et al. How combinations of dietary fibres can affect physicochemical characteristics of pasta. LWT - Food Science and Technology, v.61, n.1, p.41-46, 2015. Available from:< https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.010>. Accessed: 12 jun., 2023.

FUAD, T.; PRABHASANKAR, P. Role of ingredients in pasta product quality: A review of recent developments. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v.50, n.8, p.787-798, 2010. Available from:<https://doi.org/10.1080/10408390903001693>. Accessed: 11 oct., 2023.

GULL, A. et al. Optimization and functionality of millet supplemented pasta. Food Science and Technology, v.35, n.4, p.626-632, 2015. Available from: https://doi.org/10.1590/1678-457X.6745. Accessed: 09 oct., 2023.

HIRAWAN, R. et al. Antioxidant properties of commercial, regular- and whole-wheat spaghetti. Food Chemistry, v.119, n.1, p.258–264, 2010. Available from:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.022>. Accessed: 15 jun., 2023.

ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Massas Alimentícias Industrializadas: nutrição com praticidade e sabor. REGO, R. A., VIALTA, A., CERIBELLI, L. F. 1 ed. Instituto de Tecnologia de Alimentos, BB Editora: ABIMAPI, 2021.

KRISTENSEN, M. et al. Wholegrain vs. refined wheat bread and pasta. Effect on postprandial glycemia, appetite, and subsequent ad libitum energy intake in young healthy adults. Appetite, v.54, n.1, p.163-169, 2009. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.10.003>. Accessed: 09 oct., 2023.

LEGLAND, D. et al. Synchrotron Based X-ray Microtomography Reveals Cellular Morphological Features of Developing Wheat Grain. Applied Sciences, v.12, n.3454, 2022. Available from:<https://doi.org/10.3390/app12073454>. Accessed: jun. 15, 2023.

LI, C. et al. Effect of bran particle size on rheology properties and baking quality of whole wheat flour from four different varieties. LWT, v.175, 2023, 114504, Available from:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114504>. Accessed: jul. 13, 2024.

MARTI, A. et al. Pasta: Quality Testing Methods. In: WRIGLEY, C. W.; KOUSHIK, H. C.; FAUBION, S. J. Encyclopedia of Food Grains. Oxford: Academic Press, 2016. p.161-165.

NATURAL HISTORY MUSEUM. Past versão 4.09 para-Windows, 2020. University of Oslo. Available from:<https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past>. Accessed: nov. 19, 2023.

SÃO PAULO. Diretoria Geral da Secretaria da Interventoria. Decreto-lei nº15.642, de 9 de fevereiro de 1946. Aprova o Regulamento do Policiamento da Alimentação Pública. Palácio do Governo do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 9 fev. 1946. Available from:<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto.lei/1946/decreto.lei-15642-09.02.1946.html>. Accessed: nov. 11, 2023.

SÃO PAULO. Diretoria Geral da Secretaria da Interventoria. Decreto-lei nº211, de 30 de março de 1970. Dispõe sobre normas de promoção, preservação e recuperação da saúde, no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde, e dá providências correlatas. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 31 mar. 1970. Available from:<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto.lei/1970/decreto.lei-211-30.03.1970.html>. Accessed: 09 oct., 2023.

SLAVIN, J. Whole grains and human health. Nutrition Research Reviews, v.17, n.1, p.99-110, 2004. Available from:<https://doi.org/10.1079/NRR200374>. Accessed: 24 jul. 2023.

SLAVIN, J. Fiber and prebiotics; mechanisms and health benefits. Nutrients, v.5, n.4, p.1417-1435, 2013. Available from:<https://doi.org/10.3390/nu5041417>. Accessed: 10 oct., 2023.

VIGNOLA, M.B. et al. Comparison of quality attributes of refined and whole wheat extruded pasta. LWT - Food Science and Technology, v.89, n.329–335, p.2018. Available from:< https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.062>. Accessed: 24 jul. 2023.

WAHANIK, A.L. et al. How to make pastas healthier. Food Reviews International, v.34, n.1, p.1-18, 2016. Available from: <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1210634>. Accessed: 17 jun. 2023.

· CAPÍTULO 4·

Microstructure and quality of wholegrain pasta based on wheat flour (T. aestivum) obtained from distinct milling methods

.....

Este capítulo apresenta um estudo experimental sobre o desenvolvimento e avaliação de MAI 100% integrais com farinhas 100% integrais obtidas a partir de métodos de moagem de trigo comum, e será submetido para publicação no periódico International Journal of Gastronomy and Food Science.

MICROSTRUCTURE AND QUALITY OF WHOLEGRAIN PASTAS WITH *TRITICUM AESTIVUM FROM DISTINCT MILLING METHODS*

Michele Scarton[a*], Rebeca Salvador Reyes[b], Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici[a*]

[a]Department of Food Science and Nutrition, School of Food Engineering, Universisade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, São Paulo, Brazil.
[b]Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Peru.

* Corresponding author: *mclerici@unicamp.br* (M.T.P.S. Clerici), UNICAMP, Monteiro Lobato St., 80, 13083-862, Campinas, Sao Paulo, Brazil.
Email addresses: michele.scartonbr@gmail.com (M. Scarton), *rsalvador@utp.edu.pe* (R. S. Reyes), *mclerici@unicamp.br* (M.T.P.S. Clerici).

ABSTRACT

For wholegrain pasta (WP) producers, there are difficulties in ensuring an appealing and healthy meal for consumers - being the lack of raw materials specifications the main challenge, mostly for WP of common wheat (*Triticum aestivum* L.), used by countries that do not produce *T. durum* semolina. This study aimed to make WP with *T. aestivum* wholegrain flour (WF) from three milling methods (recombined WF; direct milling + break system of a roll mill; direct milling + break and reduction systems of a roll mill). It was made WP of two formats – *fusilli* and *fettuccine* for each one of the flours. The granulometry, color, nutritional composition, fineness modulus, and microstructure of the flours were evaluated. For WP, the technological quality (process parameters, visual defects, optimal cooking time, firmness, color before and after cooking, water absorption, and loss of solids) and microstructure were evaluated. The fineness modulus of all WF did not differ significantly (2.36±0.05 to 2.58±0.11), but the distribution of granulometry differed according to the milling method. For the microstructure analysis of WP, it was perceived the interference of fiber particles in the gluten matrix, mostly in WP with recombined WF (WFE1 and WFU1). The *fusilli* WP made with recombined WF (RFU1) presented the highest loss of solids (10.05±0.90%), and the WFE2 presented the best cooking quality and reduction of defects, indicating that cooking quality could be affected by raw materials properties and pasta formats. The present study showed that it is possible to obtain

good quality WP based only on common wheat flours, with better processing using direct milling methods to *fusilli* and *fettuccine* formats.

Keywords: cereals; food technology; processing; quality control; mill; bread wheat; whole foods; wholemeal.

Glossary of acronyms:

RF: Refined flour, produced in a Quadrumat senior roller mill system; **WF**: wholegrain flour; **WP**: wholegrain pasta; **WF1**: recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; **WF2**: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; **WF3**: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; **RFE**: *fettuccine* pasta produced with 100% RF; **FE1**: 100% WF1 *fettuccine* pasta; **FE2**: 100% WF2 fettuccine pasta; **FE3**: 100% WF3 *fettuccine* pasta. **RFU**: *fusilli* pasta produced with 100% RF; **FU1**: 100% WF1 *fusilli* pasta; **FU2**: 100% WF2 *fusilli* pasta; **FU3**: 100% WF3 *fusilli* pasta.

1 Introduction

According to the Whole Grains Council (2004), wholegrain foods are those that contain all the essential parts of the grain seed and their nutrients in their original proportions. Thus, grains (corn, rice, triticale, oats, millet, or wheat, for example) could be milled for WF production. Among the mentioned cereals, wheat grains stand out as a major raw material for bread, pasta, and biscuits production due to their nutritional and technological characteristics.

For consumers, the term “wholegrain foods” refers to healthier and more nutritious foods, as exemplified by research by Maschio et al. (2023), on the perception of Brazilian consumers, mainly due to its dietary fiber content.

Dietary fibers are complex carbohydrates that are not digested by the human digestive system, but with an essential role in health, satiety, regulation of intestinal microbiota, and prevention of chronic non-communicable diseases, such as cardiovascular diseases, obesity, and type 2 diabetes (Slavin, 2013). In addition to the high fiber content, wholegrain products have other compounds that contribute to the maintenance of health, such as antioxidants (phenolic acids, phytosterols, derivatives of benzoic acid or cinnamic acid), which are present

in the pericarp layers, components of the bran fraction (Aravind et al., 2012; Chen, Kamil & Blumberg, 2015).

Despite the nutritional benefits brought by the presence of bran, technological and sensory problems are accentuated due to the weakening of the gluten network due to the presence of bran fibers and due to biochemical modifications, such as lipid oxidation of WF. Thus, WP present some defects, such as brittle structure and residual bitterness, which can affect their sensory acceptability (Vignola, Bustos & Pérez, 2018; Laureati et al., 2016).

Another challenge for producing WP is related to the raw material. As for the type of wheat used, *Triticum durum* semolina is one of the traditional raw materials for pasta. However, durum wheat is not cultivated in countries that also do not have various equipment for its processing, and which therefore use other species of wheat, such as common wheat (*Triticum aestivum* L.), which is widely cultivated around the world and mainly used in breads and cakes. The WF can be obtained by different methods, such as grinding in a stone mill, knife mill or roller mill. Recombined wholegrain flour, produced by mixing refined wheat flour, contained mainly by the endosperm, with the bran fraction, which corresponds to the outer layers of the wheat grain, can also be used.

Some studies on WP have contributed to the understanding of which technological factors of ingredients or processes could contribute to obtaining good quality WP, focused mainly on spaghetti-type pasta (Steglich et al., 2015; Wahanik et al., 2016). However, no studies have yet been presented that could support the best choice of pasta formats that comply with the characteristics of WF produced from common wheat to obtain WP with better processing quality and more attractive to consumers. This study aimed to obtain and characterize 100% WFs obtained from three methods of grinding of common wheat grown in Brazil (a recombined WF obtained from roll mill process of conditioned wheat and mixture of fractions; a WF submitted to direct milling in knife mill and posterior milling on break system of a labscale roller mill; a WF obtained from direct milling in knife mill and posterior milling on the break and reduction systems of a labscale roller mill).

These flours were used to produce two different pasta formats – *fettuccine and fusilli* - of 100% WP from these flours, and evaluate the cooking quality, process variables, technological quality and microstructure of these pastas.

2 Material and methods

2.1 Raw materials, reagents, and equipments

Common wheat grains (*T. aestivum* L.) from cultivar IAC 389 (ATAKAMA), developed by Instituto Agronômico de Campinas (IAC, São Paulo, Brazil), were selected to be used for WF production (as detailed in Appendix 2). It has a medium maturation cycle and low plant height. It is also resistant to very common wheat plant diseases, such as Powdery Mildew, leaf rust (*Puccinia triticina*) and blast (*Pyricularia grisea* or *Magnaporthe grisea*). To ensure traceability, the grains were harvested without usage of pesticides, sun-dried at Fazenda Experimental Santa Elisa (22°52'29.4"S, 47°04'31.1"W), and kept in refrigeration storage (10º C) until grinding. The chemical reagents, glassware, and equipment were common to a food technology laboratory.

2.2 Classification and properties of wheat grains

The sampling and classification of wheat grains were carried out considering the parameters of Brazilian legislation (Brasil, 2010). Grain moisture analysis was carried out according to method nº 44-15.02 (AACC, 2010), Test Weight was determined using a test weight determiner (Gehaka, São Paulo, Brazil), and results were expressed in kg/hL. The Falling Number was determined using a Perten instrument Falling Number device according to the AACC 56-81.04 method (AACC, 2010). Determinations of hardness were performed Single-Kernel Characterization System (SKCS), model 4100 (Perten Instruments), by method 55-31.01 (AACC, 2010).

2.3 Flour production

From the cleaned wheat grains, four flours were produced using different milling methods, these being:

RF (control): wheat was conditioned at 15% humidity for 28 hours and ground in an experimental Quadrumat Senior mill (Brabender, Duisburg, Germany). Grains were prepared according to method no. 26-05.01 of AACC (2010). The breaking flour fraction was subjected to the reducing system to obtain refined flour;

Recombined WF (WF1): the wheat was conditioned to 14% moisture and ground in the same way as the RF flour and subsequently the bran and bran fractions were added to the RF;

Direct milled WF – break system (WF2): obtained by grinding the wholegrain in a knife mill model Renard MFC-180-75-01 (São Paulo, Brazil), equipped with a 2mm sieve,

and passing it through the breakage of the Quadrumat Senior experimental mill, without passing through the sieves;

Direct milling WF – break and reduction systems (WF3): produced by grinding of the wholegrain wheat in the same way as for WF2, with the addition of passing the sample through the reduction system of the Quadrumat Senior experimental mill, without passing through sieves.

2.4 Technological evaluation of flours

2.4.1 Granulometry (Fineness Modulus)

The flours produced were analyzed using Produtest model T sieve shaker equipment (Produtest, *São Paulo*, Brazil) according to the methodology 66-20.01 of the American Association of Cereal Chemists (AACCI, 2010), using the appropriate sieves with openings of 35, 40, 60, 80 and 100 mesh. The fineness modulus was calculated according to the methodology of Ramappa et al. (2010).

2.4.2 Flour Composition

The composition of the flours obtained was evaluated using the methodologies for moisture, lipids, ash, and proteins, by methods nº 44-15A, 30-25.01, 08-01, and 46-13-01, respectively (AACC, 2010). Total dietary fiber was quantified by enzymatic-gravimetric method nº 985.29 (AOAC 2005) and 32-05.01 (AACC, 2010), using a Megazyme kit (Megazyme International, 2015). The total carbohydrate content was calculated by difference, also considering the fiber content (100 - (% protein +%lipids in ethereal extract +% moisture +% ash + %total fiber)).

2.4.3 Microscopy of flour samples

The samples were evaluated by optical microscopy with polarized light, using an Olympus microscope, model BX51/BX52 (Olympus, Japan) and the images were obtained using a Canon PowerShot A620/7.1 megapixel digital camera.

2.5 Preparation of pastas

To produce the pasta samples (as detailed in Appendix 2), the flours (obtained as described in item 2.3) were hydrated according to each flour requirement, mixed for 3 minutes

at speed 1, and then, for 3 minutes at speed 2, using a household mixer (KitchenAid, USA), and water (quantity according to necessary hydration) was added by constant dripping during this period. The dough was covered with PVC film for the rest period (10 minutes) before extrusion. The pasta was obtained by cold extrusion (batch of 300 g of dry ingredients for *fettuccine* pasta and 350 g for *fusilli* pasta).

For short pasta, the *fusilli* matrix was used in a Pastaia II extruder (Italvisa, São Paulo, Brazil) and the cutting speed was regulated to obtain units with an average size of 2 to 3 cm. For long pasta, the *fettuccine* matrix was used, and the pasta units were manually cut with an average length of 20 to 25 cm. 4 *fusilli* pastas (RFU, WFU1, WFU2 and WFU3) and 4 *fettuccine* pastas (RFE, WFE1, WFE2 and WFE3) were produced with 100% of the flours RF, WF1, WF2 and WF3, respectively. The pasta was dried in a TE-394/2 laboratory oven (Tecnal, Piracicaba, Brazil), according to its characteristics (*fusilli* pasta: dried on trays; *fettuccine* pasta: dried on pasta drying rack). The pastas were dried according to the following: 40 °C for 2 hours; 50 °C for 1 hour; 40 °C for 1 hour, with monitoring of relative humidity conditions (between 30 to 45% of Relative Humidity). After the stabilization period (20°C for 24 hours), the samples were packaged in polyethylene film bags and stored in an air-conditioned room with a controlled temperature (20°C) until use.

2.6 Processing parameters

The process parameters for each of the pastas were recorded, as follows:

• *Hydrated dough (in g)*: the amount of water required to obtain the desirable hydration;

• *Losses due extrusion (LDE, %):* total weight of dough adhered to parts belonging to the extrusion equipment. Calculated by the formula:(total weight of losses due extrusion x 100) / hydrated dough).

• *Extrusion duration* (*in s.*)*:* monitored time required to extrude completely the pasta dough;

• *Extrusion rate (in g/s.)*: calculated by the formula: Losses due extrusion/Total extrusion duration;

• *Pasta yield (in g):* quantity of pasta produced at the end of the extrusion process (in grams);

• *Losses during drying (LDD, %)*: total weight of pasta units lost during the drying process, resulting from falling off the drying racks or breakage during the drying process. Calculated by the formula: total weight of losses due drying x 100 / pasta yield.

2.7 Microstructure of pastas

The evaluation was carried out using optical microscopy, as described in item 2.3.3. For analysis, the samples were cooked according to the Optimal Cooking Time (OCT), and small fragments of pasta samples were collected and placed on a glass microscope slide, with a coverslip over the sample. For the Scanning Electron Microscopy (JEOL JSM 5800 LV, Tokyo, Japan), images with magnification of 60x and 200x at 10 kV were obtained for raw and cooked pasta samples. The cooked samples (according to OCT) were previously dried for 24 hours at 40ºC) before analysis.

2.8 Visual evaluation of WP

The technological characteristics and occurrence of defects in the raw pasta samples were evaluated, based on 25 pasta units, randomly chosen. The evaluation was carried out for pasta, considering the parameters of unit size (cm), diameter (mm) and distance between screw formations (in mm, for *fusilli* pasta). All measurements were evaluated using a metal Vernier caliper. The most common characteristics and defects were also visually identified. Images of the quality characteristics of raw and cooked pasta were obtained using a USB portable digital microscope AFR – VMD-1000X (AFR Tools, Sao Paulo, Brazil).

2.9 Cooking quality of pastas

The OCT and loss of solids were evaluated according to the method 66-50.01 of AACC (2010), and water absorption according to Gull, Prasad and Kumar (2015) . The firmness of cooked pasta and color of dry and cooked pasta samples were also evaluated using a texturometer model TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, United Kingdom) equipped with 25 kg load cells, 5 kg and probe A/LKB-F. The maximum prediction strength model was used in (3 units of fusilli pasta or 4 units of *fettuccine*), and the analysis conditions adjusted as described in method no. 66-50.01 (AACC, 2010). Ten repetitions were performed for each WP; the results were expressed in Newtons (N).

2.10 Instrumental color and Color distribution

The color analysis of dry pasta and after cooking were evaluated using a 45-OL XE-MiniScan HunterLab CR-400 portable colorimeter (Hunter Associates Laboratory, Inc., Virginia, USA), with standard equipment calibration and D65 illuminant. The parameters L*, a * and b * were obtained by the CIELab system.

The color differences (ΔE) of pastas before and after cooking were calculated and interpreted according to the methodology of Mokrzycki and Tatol (2011).

Recognizing the heterogeneity of color across the pasta samples' surfaces, the color distribution was determined by computerized imaging. This process was based on the protocol delineated by Ayustaningwarno et al. (2021), with certain modifications. To elaborate, pasta samples – both raw and cooked – of two different types (*fusilli* and *fettuccine*), amounting to 20 in total, were arranged on a white background and illuminated with light at 5400 K. Captured by a 24.2 MP digital color camera (Sony α6000 with a 16-50 mm lens, f/3.5-5.6, set at 50 mm), the camera was mounted 30 cm away from the samples, adjusted to ISO-100, with an aperture of f/6.3, and an exposure time of 1/80 seconds.

Subsequent stages included color calibration, adjusting the white balance, and eliminating the background through Adobe Photoshop 2020. The resulting images were saved as TIFF files. These files were then analyzed using the ImageJ software, paired with the Color Inspector 3D v. 2.3 plugin.

2.11 Statistical data analysis

All data obtained were presented as means±standard deviation, and statistical differences between mean values were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Scott-Knott test at 95% confidence, using the SisVar software, version 5.6 (Ferreira, 2000).

3 Results and discussion

In Table 1 it is possible to verify the stages of RF and WF production, as well as the obtained pastas. The visual differences in color and appearance of the samples will be discussed in subsequent items.

3.1 Classification and composition properties of wheat grain and flour

According to visual classification criteria, the wheat grain sample has 0.34 ± 0.08 of foreign matter and impurities, 0.24 ± 0.01 of grains damaged by insects, 0.19 ± 0.00 of moldy or heat-damaged grains, and 0.91 ± 0.25 of cracked/broken grains. Based on these results, and according to Brazilian legislation (BRASIL, 2010), the wheat sample was classified as a type 2. The hectoliter weight was 77.62 ± 0.14kg.hL1, and the grain hardness was 56.75 ± 1.19, being classified as medium-hard grain (AACC, 2010). According to Miranda et al. (2018), the hardness parameter affects the milling and processing quality of wheat, and impairs the

damaged starch content and particle size, being an important tool to verify the suitability of the grain to a certain food product.

In general, the proximate composition of WF was near to those obtained by the authors Carcea et al. (2020) for moisture (12.9 to 15.2%), protein (12.6% to 14.1%), ash (1.76 to 2.41%), lipids (1.8 to 3.0 %) and total dietary fiber content (9.8 to 11.9%).

The moisture was below 14% for all samples, which is essential for conservation during storage. As for proteins, all samples presented a content above the minimum recommended by current Brazilian legislation of 8% (Brasil, 2010), which is beneficial for their use in pasta, which requires higher protein flours. Concerning ash content, WF1, WF2, and WF3 did not present a significant difference but presented significantly higher levels than RF, which confirms that the greater the proportion of bran in the flour, the greater the ash content, since these are mineral salts present mainly in the outer layers of the grains.

Regarding lipid content, WF1, WF2 and WF3 flours did not differ from each other and presented significantly higher levels than RF. The WF, due to the presence of germ, has a high lipid composition compared to refined flour, because the germ contains between 6 and 12.6% lipids.

Regarding carbohydrate content, it was observed that there was no difference between refined flour and WF. Pasta stands out as an energy source in the diet, mainly due to its carbohydrate content.

Considering the total dietary fiber content, this fraction is not digestible, but contributes to satiety and intestinal function (Foschia et al., 2015).

For the color analysis of the flour samples, it was found that RF was lighter (lower L value) and less reddish (lower a* value), differentiating itself from WF for these parameters. As for the b* parameters, RF and WF1 did not show significant differences between them. There was no significant difference between WF2 and WF3 for the parameters L*, a* and b*, but these differed significantly from the recombined flour (WF1). Therefore, the change in the milling process affects the color of these, especially when comparing the recombined flour with those obtained by direct milling. Analyzing the particle size of the flours produced (Table 3), it was observed that the RF had a finer particle size, with more than half of the flour passing through the 100 mesh sieve (<0.149 mm). For WF, the granulometry distribution was quite diverse, showing that the processing has a significant effect on the characteristics of the obtained WF. On a wide perspective, WF presented predominant granulometry between 60 and

80 mesh. Considering the fineness modulus, the WF samples were coarser than RF due to the properties of the wheat bran fragments.

Table 1. Composition and color analysis of flours obtained from grinding common wheat (*Triticum aestivum* IAC 389)[1].

Parameters (g/100g)	RF	WF1	WF2	WF3
Moisture	12.62 ± 0.08^{B}	13.51 ± 0.06^{Aa}	12.01 ± 0.07^{Cb}	12.03 ± 0.03^{Cb}
Protein	16.54 ± 0.20^{A}	$15.88 \pm 0.24^{Bn.s}$	$16.25 \pm 0.15^{An.s}$	$15.89 \pm 0.13^{Bn.s}$
Ash	0.36 ± 0.02^{B}	$1.34 \pm 0.13^{An.s}$	$1.62 \pm 0.25^{An.s}$	$1.53 \pm 0.01^{An.s}$
Lipids in ethereal extract	0.49 ± 0.19^{B}	$1.13 \pm 0.10^{An.s}$	$1.34 \pm 0.21^{An.s}$	$1.46 \pm 0.03^{An.s}$
Total dietary fiber	4.04 ± 0.11^{B}	$15.61 \pm 0.18^{An.s}$	$16.73 \pm 0.10^{An.s}$	$15.46 \pm 0.82^{An.s}$
Digestible carbohydrates	65.95	52.53	52.05	53.63
Instrumental color				
L*	64.27 ± 0.18^{A}	56.52 ± 0.97^{Ba}	54.03 ± 0.38^{Cb}	53.85 ± 0.34^{Cb}
a*	$+1.56 \pm 0.03^{C}$	$+3.08 \pm 0.24^{Bb}$	$+3.63 \pm 0.21^{Aa}$	$+3.67 \pm 0.07^{Aa}$
b*	$+9.63 \pm 0.12^{B}$	$+9.94 \pm 0.30^{Bb}$	$+11.94 \pm 0.32^{Aa}$	$+11.86 \pm 0.21^{Aa}$
Visual Aspect				

[1]RF: Refined flour, produced in a Quadrumat senior roller mill system; WF: wholegrain flour; WP: wholegrain pasta; WF1: recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; WF2: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; WF3: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFE: fettuccine pasta produced with 100% RF. [2]Calculated by difference (100 – (%protein + %lipids in ethereal extract + %moisture + %ash)); results expressed as mean±standard deviation; different lowercase or uppercase letters on the same line indicate that the means differ statistically at a 5% significance level by the *Scott-Knott* test. N.S or n.s = not significative difference between means.

In the literature, those effects were also observed. For example, Carcea et al. (2020) produced and evaluated WF from common wheat from different milling methods (stone milling and roller milling) and observed that although the proximate composition did not differ significantly between the milling methods, the particle size distribution of the samples was

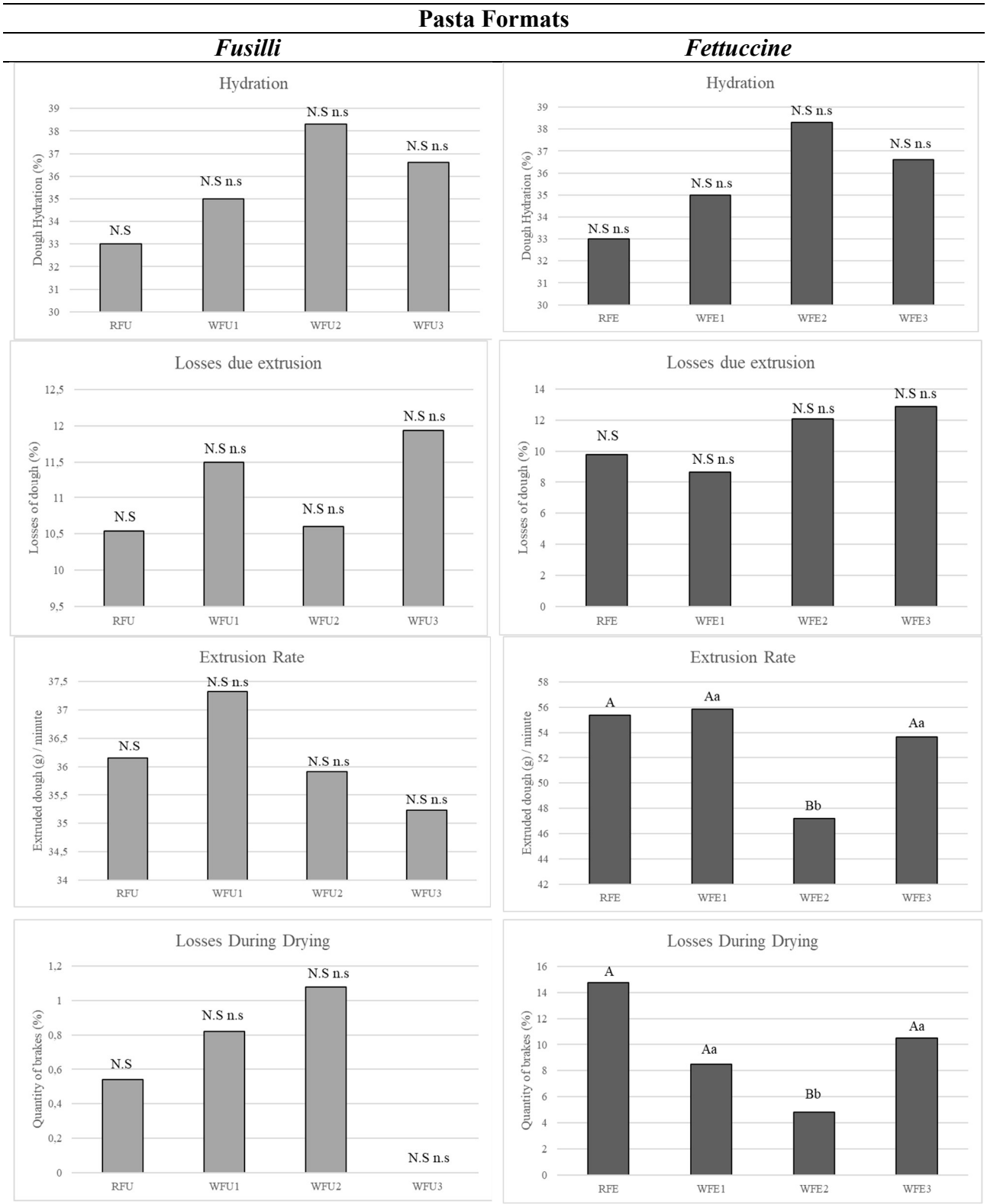
different. Vignola, Bustos and Pérez (2018), evaluated WF obtained by grinding on cyclonic mill and knife mill and found that the WF presented different particle size distributions, and the RF (used as control) had the highest proportion of particles with sizes less than 125 µm, while WF had between 30% and 33% of their composition with sizes between 210 µm and 350 µm.

3.2 Microscopic analysis of flours

In Table 3 and Table 4, it is possible to observe from the images obtained that the WF presents dispersed bran fragments. Using polarized light (Table 3), it was possible to distinguish the starch granules (which feature the Maltese cross) from the bran fragments. The recombined WF (WF1) presents larger fragments when compared to direct milling flours (WF2 and WF3), possibly due to the sieving processes to separate the bran, without shearing the fiber.

3.3 Pasta processing parameters

All the WP were formulated with 100% of WF, being classified as "wholegrain product" considering the current Brazilian legislation (Brasil, 2021). There were no studies found in the literature that evaluated such WP parameters. Thus, a methodology that allows a better comprehension of the processing could lead to a better understanding of the cooking properties of WP. Regarding the parameters for monitoring the production of WP, the results are shown in Fig. 1. Regarding the losses due to the extrusion process (%LDE, dough retained in equipment), the values were greater for *fusilli* pasta, which also required a longer extrusion time in comparison to *fettuccine* pasta format. In terms of final yield, this was higher for *fusilli* pasta, which was mainly related to drying losses, which were higher for *fettuccine*-type pasta, which may have been caused by the weakening of the pasta structure caused by the presence of fibers, which means that the WPs cannot be supported on the drying racks.



[1]Losses due extrusion (LDE, %): total weight of losses due extrusion x 100 / hydrated dough; Extrusion rate (in g/s.): Losses due extrusion/Total extrusion duration; Losses during drying (LDD, %): weight of losses due drying x 100) / pasta yield. [2]Different lowercase or uppercase letters on the same bar indicate that the means differ statistically at a 5% significance level by the *Scott-Knott* test. N.S or n.s = not significative difference between means.

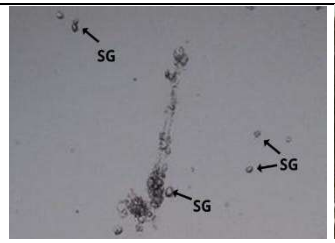
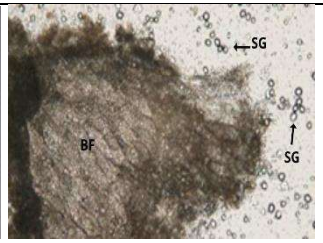
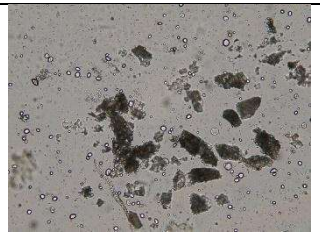
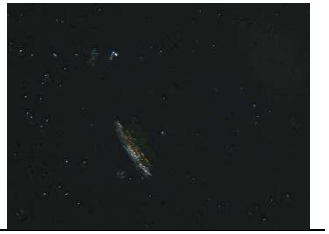
Figure 1. Monitoring parameters of *fettuccine* (FE) and *fusilli* (FU) pastas[1,2]

Table 2. Granulometry and fineness modulus of the produced flours.[1]

Sieves (*mesh*)	RF		WF1		WF2		WF3	
	% Retained	Cumulative % Ret.	% Retained	Cumulative % Ret.	% Retained	Cumulative % Ret.	% Retained	Cumulative % Ret.
35 (500 µm)	0.26 ± 0.19[c]		25.60 ± 1.44[a]		25.84 ± 0.55[a]		19.38 ± 1.11[b]	
40 (420 µm)	0.23 ± 0.16[c]	0.49 ± 0.35	2.71 ± 0.24[b]	28.31 ± 1.65	2.73 ± 0.02[b]	28.57 ± 0.56	4.86 ± 0.11[a]	24.24 ± 1.21
60 (250 µm)	4.94 ± 2.72[c]	5.43 ± 2.88	15.06 ± 4.27[b]	43.37 ± 2.78	23.62 ± 2.56[a]	52.19 ± 3.04	22.82 ± 0.17[a]	47.06 ± 1.39
80 (170 µm)	2.90 ± 0.42[c]	8.33 ± 3.25	19.56 ± 0.92[b]	62.93 ± 1.88	20.65 ± 0.86[a]	72.84 ± 3.68	18.22 ± 0.33[b]	65.28 ± 1.16
100 (149 µm)	21.66 ± 1.85[a]	29.99 ± 5.01	15.48 ± 2.91[b]	78.41 ± 2.30	7.31 ± 1.34[c]	80.15 ± 3.91	9.30 ± 1.02[c]	74.57 ± 2.15
Bottom (<149 µm)	70.01 ± 5.02[a]	-	21.59 ± 2.30[c]	-	19.85 ± 3.91[d]	-	25.43 ± 2.16[b]	-
Fineness modulus (FM)[2,3]		0.44 ± 0.11[b]		2.39 ± 0.04[a]		2.58 ± 0.11[a]		2.36 ± 0.05[a]

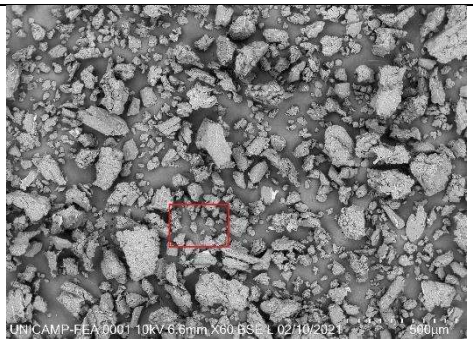
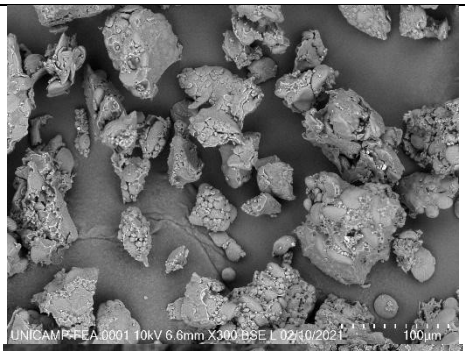
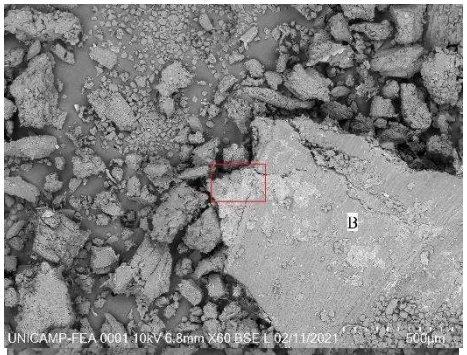
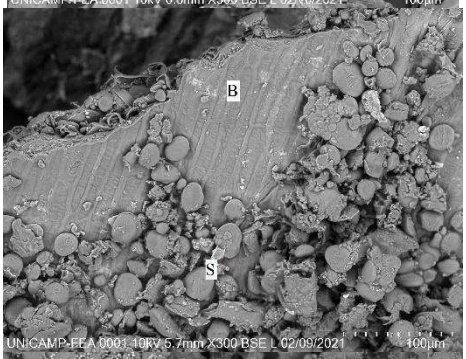
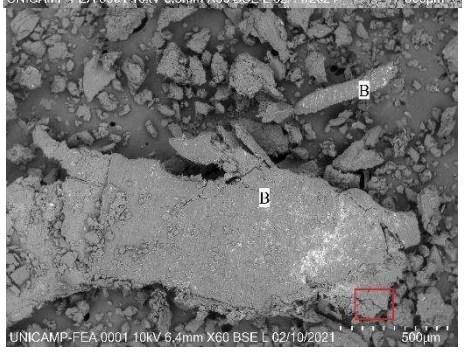
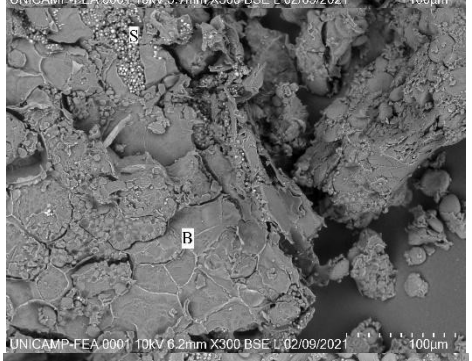
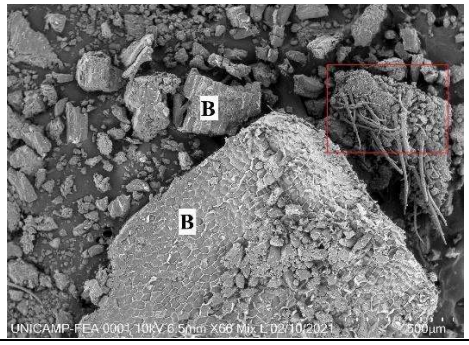
[1]RF: Refined flour, produced in a Quadrumat senior roller mill system; WF: wholegrain flour; WP: wholegrain pasta; WF1: recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; WF2: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; WF3: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving. [2]Equal lowercase letters on the same line indicate that the means do not differ statistically at a 5% significance level by the *Scott-Knott* test. [3]FM= (sum of %cumulative ret.)/100.

Table 3. Microscopy images of common wheat (*Triticum aestivum*) flours.[1,2]

Magnification	RF	WF1	WF2	WF3
10x				
10 x with polarized light				

[1]Images obtained by an optical light microscope. [2]RF: Refined flour, produced in a Quadrumat senior roller mill system; WF: wholegrain flour; WP: wholegrain pasta; WF1: recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; WF2: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; WF3: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving. SG = starch granules; BF = bran fragment.

Table 4. Images obtained by Scanning Electron Microscopy for common wheat flours (*T. aestivum*) produced by distinct methods[1,2]

Description	Magnification	
	60x	300x
RF		
WF1		
WF2		
WF3		

[1]Images obtained using a BSE filter.B = bran fragment; S= starch granules. [2]RF: Refined flour, produced in a Quadrumat senior roller mill system; WF: wholegrain flour; WP: wholegrain pasta; WF1: recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; WF2: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; WF3: wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving.

Considering the comparison between the processes of the same formats, it was found significative differences in %LDD and extrusion rate for the WFE2 (direct milling sample), highlighting that despite its minor extrusion rate, the losses in the process were reduced, showing that WF2 could be more suitable for *fettuccine* pasta production. It was also observed that for the *fettuccine* control pasta (RFE) these losses during drying also occurred, which indicates that common wheat RF is not the most appropriate for pasta production. However, it is important to highlight that when common wheat flour is used for pasta, as occurs in Brazil, other ingredients are commonly added, such as eggs and vital gluten, which contributes to strengthening the gluten network and better technological performance of these.

3.4 Technological parameters of pasta

In Fig. 2 it is possible to verify the aspect of the cooked pasta samples, and in Tables 5 and 6 the cooking characteristics of the pasta. Visually, it is possible to verify a rough appearance of the WP surface, as reported in a study by Gazza et al. (2022). Regarding the OCT in screw-shaped pasta, WP samples (WFU1, WFU2, and WF3) required longer cooking time than the control pasta (RFU), while WP the *fettuccine* format required less time compared to control pasta (RFE). For water absorption, the RFU pasta had a greater water absorption, explaining its shorter time in the OCT, but in the *fettuccine* format (RFE) its water absorption was the lowest among the pasta samples.

For the loss of solids, WP showed a greater loss compared to the control pasta (RFE, and RFU), due to the fibers of the WF that make the structure of the gluten network more fragile. Concerning the *fettuccine* format pasta, all obtained values below 7% of solid loss and did not differ statistically. However, in *fusilli*-type pastas, it was observed that the WFU1 (100% recombined WF) differed from WFU2 and WFU3, not presenting a good cooking quality due to a higher loss of solids and breakage during cooking. Therefore, the use of recombined WF is not recommended for *fusilli* WP, but rather for the *fettuccine* format. For the firmness of pastas, regardless of their shape, it was found that both RFU and RFE presented greater firmness and differed significantly from WP.

3.5 Instrumental color and color distribution

As for the color of the WP, whose data are described in Table 7, it was found that shades of brown were prevalent for all pastas.

Table 5. Cooking quality parameters of *fettuccine* (FE) pastas[1,2]

Cooking Quality Parameters	*Fettuccine* Pastas			
	RFE	**WFE1**	**WFE2**	**WFE3**
Moisture (%)	9.29 ± 0.68^{B}	9.68 ± 0.20^{Bb}	11.08 ± 0.29^{Aa}	10.69 ± 0.07^{Aa}
OCT[1] (sec)	540	660	660	660
Loss of Solids (%)	$5.68 \pm 0.40^{N.S}$	$6.17 \pm 0.25^{N.S\ n.s}$	$5.83 \pm 0.20^{N.S\ n.s}$	$5.46 \pm 0.47^{N.S\ n.s}$
Water Absorption (%)	32.34 ± 1.98^{B}	$36.20 \pm 1.16^{An.s}$	$34.46 \pm 0.78^{An.s}$	$35.49 \pm 0.20^{An.s}$
Firmness (N)	5.66 ± 0.58^{A}	4.98 ± 0.47^{Ba}	4.19 ± 0.40^{Cb}	4.75 ± 0.33^{Ba}

[1]Different lowercase or uppercase letters on the same line indicate that the means differ statistically at a 5% significance level by the *Scott-Knott* test. N.S or n.s = not significative difference between means.[2]RFE: *fettuccine* pasta produced with 100% refined wheat flour; FE1: 100% *fettuccine* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FE2: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFU: *fusilli* pasta produced with 100% of refined wheat flour; FU1: 100% *fusilli* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FU2: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving.

Table 6. Cooking quality parameters of *fusilli* (FU) pastas[1.]

Cooking Quality Parameters	*Fusilli* Pastas			
	RFU	**WFU1**	**WFU2**	**WFU3**
OCT[1] (s)	390	450	450	450
Moisture (%)	9.64 ± 0.26^{D}	9.98 ± 0.07^{Cb}	10.89 ± 0.03^{Ba}	11.40 ± 0.05^{Aa}
Loss of Solids (%)	3.78 ± 0.37^{B}	10.05 ± 0.90^{Ab}	5.62 ± 0.80^{Ba}	4.70 ± 0.39^{Ba}
Water Absorption (%)	39.81 ± 0.80^{A}	$37.19 \pm 1.14^{Bn.s}$	$37.05 \pm 0.78^{Bn.s}$	$37.76 \pm 0.59^{Bn.s}$
Firmness (N)	7.25 ± 1.10^{A}	$5.74 \pm 0.34^{Bn.s}$	$3.90 \pm 0.43^{Cn.s}$	$5.42 \pm 0.59^{Bn.s}$

[1]OCT = Optimal Cooking Time; Different lowercase or uppercase letters on the same line indicates that the means differ statistically at a 5% significance level by the *Scott-Knott* test. N.S or n.s = not significative difference between means. RFE: *fettuccine* pasta produced with 100% refined wheat flour; FE1: 100% *fettuccine* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FE2: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFU: *fusilli* pasta produced with 100% of refined wheat flour; FU1: 100% *fusilli* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FU2: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving.

Table 7. Color parameters of *fettucinne* (FE) and *fusilli* (FU) whole grain pastas (WP)[1,2]

WP[1]	Color parameters						Raw x Cooked ΔE
	***Fettuccine* pastas**						
	Dry Pastas			**Cooked Pastas**			
	L*	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	
RFE	52.69 ± 0.79^{A}	+3.54 ± 0.34^{C}	+14.27 ± 0.77^{C}	74.15 ± 0.99^{A}	+3.34 ± 0.03^{B}	+16.84 ± 0.41$^{N.S}$	21.63 ± 1.86
WFE1	34.22 ± 0.44^{Dc}	+7.34 ± 0.22^{Bb}	+15.92 ± 0.53^{Ba}	54.39 ± 0.51^{Cb}	+8.39 ± 0.59$^{An.s}$	+18.27 ± 1.01$^{N.S\ n.s}$	20.38 ± 0.09
WFE2	47.22 ± 0.79^{Cb}	+10.39 ± 0.14^{Aa}	+20.28 ± 0.27^{Ab}	56.25 ± 0.15^{Ba}	+8.11 ± 0.31$^{An.s}$	+17.21 ± 0.36$^{N.S\ n.s}$	9.83 ± 0.84
WFE3	48.80 ± 0.06^{Ba}	+10.21 ± 0.13^{Aa}	+20.55 ± 0.22^{Ab}	52.80 ± 0.25^{Dc}	+8.61 ± 0.13$^{An.s}$	+18.47 ± 0.49$^{N.S\ n.s}$	4.81 ± 0.36
	***Fusilli* pastas**						
WP[1]	**Dry Pastas**			**Cooked Pastas**			**Raw x Cooked ΔE**
	L*	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	
RFU	33.84 ± 0.30^{A}	+5.54 ± 0.16$^{N.S}$	+16.37 ± 0.62^{A}	47.77 ± 0.31^{A}	+3.83 ± 0.16^{C}	+15.34 ± 0.70^{A}	14.09 ± 0.57
WFU1	24.29 ± 0.78$^{Bn.s}$	+5.87 ± 0.23$^{N.S\ n.s}$	+11.57 ± 0.53$^{Bn.s}$	32.90 ± 0.78$^{Bn.s}$	+5.87 ± 0.15^{Bb}	+10.43 ± 0.46^{Cb}	8.73 ± 0.67
WFU2	25.16 ± 2.21$^{Bn.s}$	+6.34 ± 0.42$^{N.S\ n.s}$	+12.44 ± 0.58$^{Bn.s}$	33.33 ± 0.40$^{Bn.s}$	+6.63 ± 0.15^{Aa}	+13.04 ± 0.34^{Ba}	9.22 ± 0.85
WFU3	24.55 ± 0.45$^{Bn.s}$	+5.91 ± 0.20$^{N.S\ n.s}$	+11.85 ± 0.18$^{Bn.s}$	33.61 ± 0.91$^{Bn.s}$	+6.39 ± 0.18^{Aa}	+12.46 ± 0.28^{Ba}	9.10 ± 1.33

[1]Different lowercase or uppercase letters on the same column (for each pasta format) indicate that the means differ statistically at a 5% significance level by the *Scott-Knott* test. [2]N.S or n.s = not significative difference between means. [2]RFE: *fettuccine* pasta produced with 100% refined flour; FE1: 100% *fettuccine* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FE2: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFU: *fusilli* pasta produced with 100% of refined wheat flour; FU1: 100% *fusilli* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FU2: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving

For both *fusilli* and *fettuccine* pastas, WP with recombined flour (WFE1 and WFU1) was darker than the others, and WP in *fettuccine* format were lighter than *fusilli*. Regarding the parameter a*, all WP presented higher values of a* in the fettuccine format, and a more yellowish color in the fettuccine format, obtaining the highest values among all the pastas and formats presented, mainly WFE2 and WFE3. For the color of the cooked pasta, for parameters a* and b* there were differences due to milling and format. The color change was very noticeable after cooking (ΔE values above 3), which resulted in lighter cooked pastas (increase in L* value), and for the *fettuccine* format the changes were more evident. The colors of the WP produced were like those obtained in other studies with WP, such as in a study by Gazza (2022), which used varieties of Einkorn (*Triticum monococcum*) as raw materials. They obtained values of 58.05, 11.45, and 25.20 for the parameters L*, a*, and b* of cooked WP, respectively. Towards the color distribution analysis, it was possible to understand better the current color of the WP and its heterogenic distribution. It was found that the shades of brown are predominant for WP, mainly related to the flavonoid in fiber fragments (aleurone layer and seed coat) of wheat grains. Despite using the same wheat as raw material, the format and the type of flour impaired the visual color, as could be observed in Fig. 2 and 3.

3.6 Microstructure of pastas

Through microscopy (Table 8), as can be seen from the images of raw and cooked pasta, fiber fragments directly interfere with the structure of the pasta, causing breaks. Such behaviors were also verified by other authors, such as in a study by Steglich et al. (2015). It was possible to observe mainly fragments of pericarp, the outermost layers of wheat. For pasta produced with recombined flours (FE1 and FU1), the presence of larger fiber fragments was found, mainly visible at the edges of the WP units.

3.7 Visual assessment of defects

Regarding the evaluation of defects, the results of which are shown in Table 9, it was possible to observe that the FE2 sample presented the highest occurrence of pasta units with serrated edges, and the FE3 had the highest occurrence of the “twist” defect. In wholegrain *fusilli* pasta, the three effects evaluated occurred predominantly in WP.

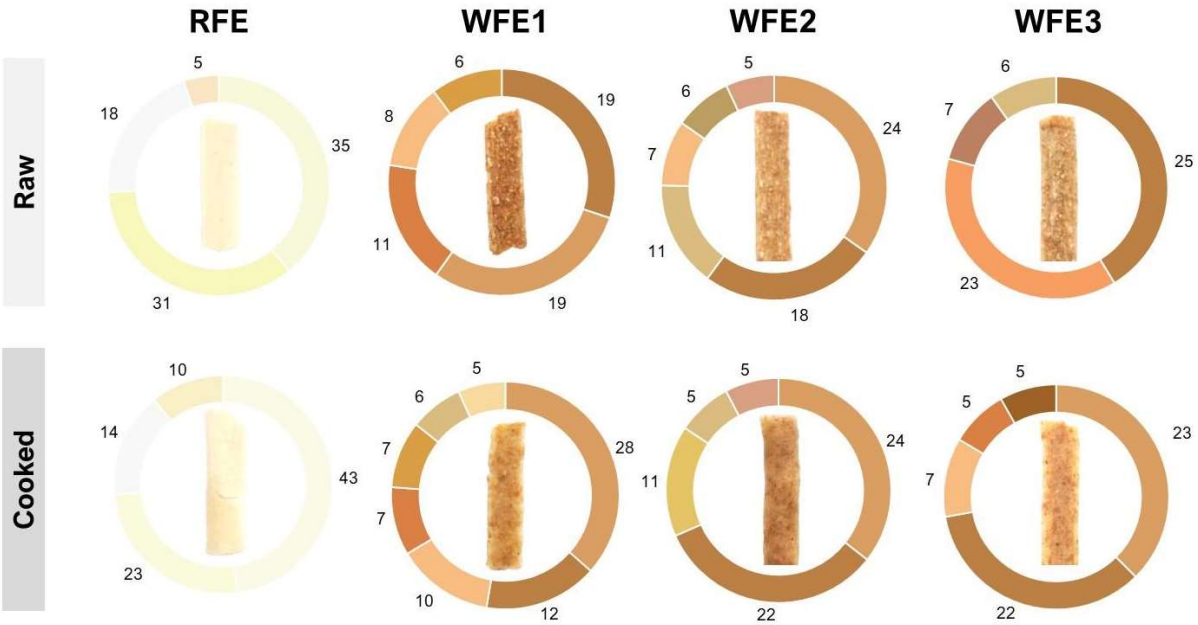


Figure 2. Color distribution analysis of raw and cooked *fettuccine* wholegrain pasta[1].
Source: from authors. RFE: *fettuccine* pasta produced with 100% refined flour; FE1: 100% *fettuccine* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FE2: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFU: *fusilli* pasta produced with 100% of refined wheat flour; FU1: 100% *fusilli* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FU2: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving

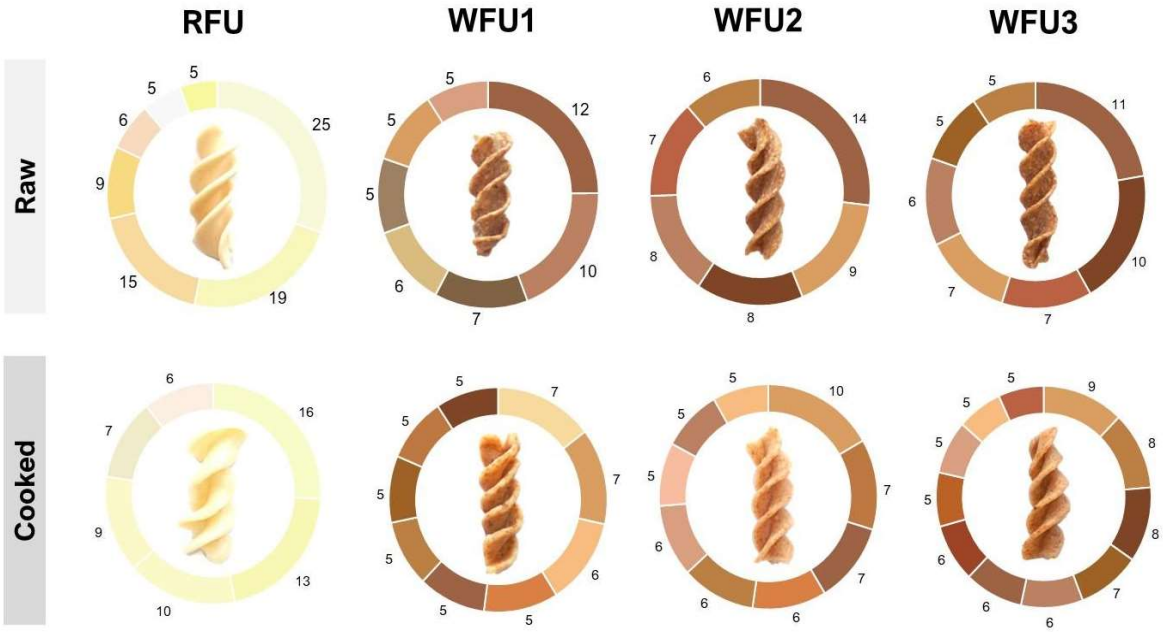
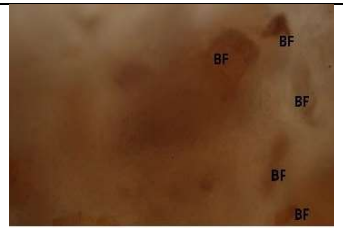
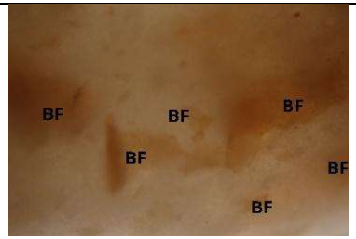
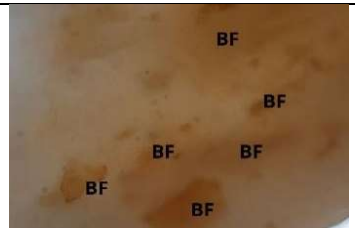
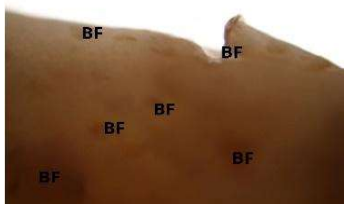
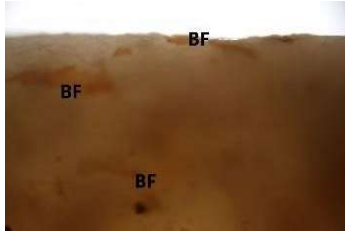
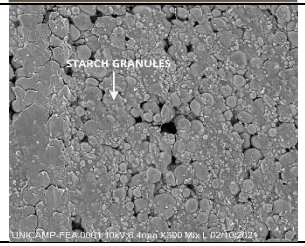
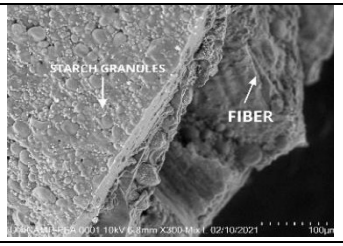
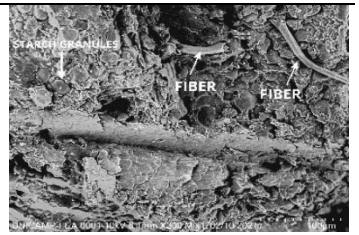


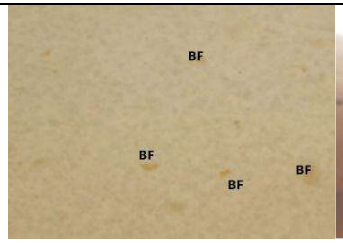
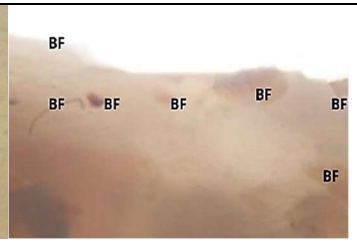
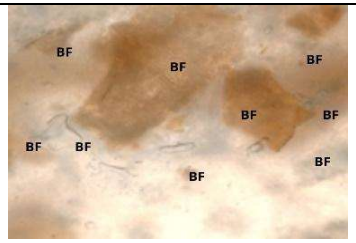
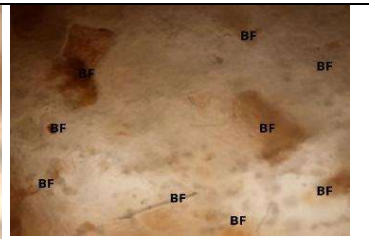
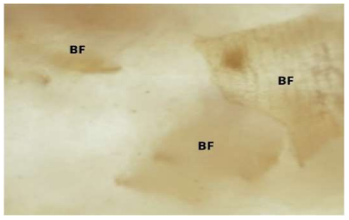
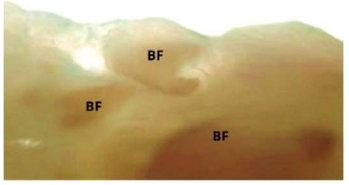
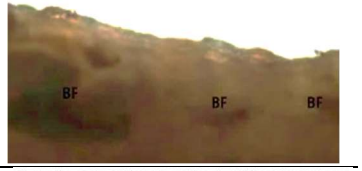
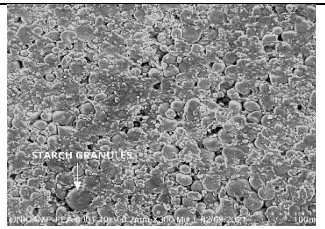
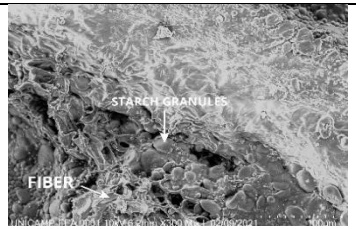
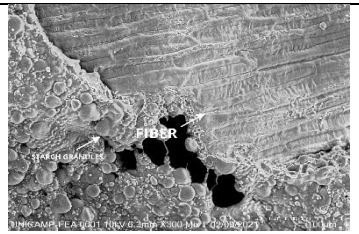
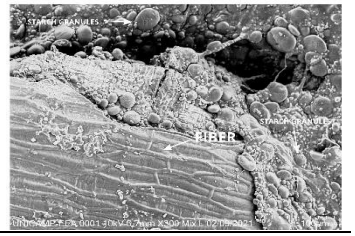
Figure 3. Color distribution analysis of raw and cooked *fusilli* wholegrain pasta[1].
Source: from authors. RFE: *fettuccine* pasta produced with 100% refined flour; FE1: 100% *fettuccine* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FE2: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFU: *fusilli* pasta produced with 100% of refined wheat flour; FU1: 100% *fusilli* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FU2: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving

Table 8. Microstructure of *fettuccine* (FE) and *fusilli* (FU) pastas, with identification of the bran fractions (BF)[1] (continue)

Sample	Part/Magnification	RFU	WFU1	WFU2	WFU3
***Fusilli*-type**	**Center/4x**				
	Edges/4x				
	SEM/ 300x				

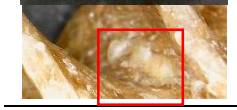
[1]Images obtained by an optical light microscope. BF= bran fragment. RFE: *fettuccine* pasta produced with 100% refined flour; FE1: 100% *fettuccine* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FE2: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFU: *fusilli* pasta produced with 100% of refined wheat flour; FU1: 100% *fusilli* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FU2: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving.

Table 8. Microstructure of *fettuccine* (FE) and *fusilli* (FU) pastas, with identification of the bran fractions (BF)[1] (final)

Sample	Part/Magnification	RFE	WFE1	WFE2	WFE3
***Fettuccine* -type**	**Center/4x**				
	Edges/4x				
	SEM/ 300x				

[1]Images obtained by an optical light microscope. BF= bran fragment. RFE: *fettuccine* pasta produced with 100% refined flour; FE1: 100% *fettuccine* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FE2: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFU: *fusilli* pasta produced with 100% of refined wheat flour; FU1: 100% *fusilli* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FU2: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving.

Table 9. Defects of *fettuccine* (FE) and *fusilli* (FU) pastas[1,2]

		***Fettuccine* format**				***Fusilli* format**			
		RFE	**WFE1**	**WFE2**	**WFE3**	**RFU**	**WFU1**	**WFU2**	**WFU3**
Visual aspect of the defect on pasta units		**Measurement of units**							
	Size (cm)	20.5 ± 3.8	21.5 ± 1.7	24.7 ± 3.1	22.5 ± 2.7	3.0 ± 0.2	3.1 ± 0.3	3.2 ± 0.4	3.4 ± 0.4
	Thickness (mm)	1.1 ± 0.0	1.2 ± 0.0	1.2 ± 0.2	1.1 ± 0.0	10 ± 0.0	10 ± 0.0	10 ± 0.0	10 ± 0.0
		Visual evaluation of defects (%)[2]							
	"Serrated"	16.0	16.0	28.0	12.0	[3]N/A	[3]N/A	[3]N/A	[3]N/A
	"Twist"	20.0	28.0	20.0	48.0	[3]N/A	[3]N/A	[3]N/A	[3]N/A
	Adherence	[3]N/A	[3]N/A	[3]N/A	[3]N/A	36.0	96.0	96.0	100.0
	Air bubbles	[3]N/A	[3]N/A	[3]N/A	[3]N/A	2.0	97.0	97.0	95.0

[1]Sample size (n=25 units of pasta); [2]frequency of occurrence of defects considering sample size (n=25 units of pasta); data as mean ± standard deviation. [1]Images obtained by an optical light microscope. BF= bran fragment. RFE: *fettuccine* pasta produced with 100% refined flour; FE1: 100% *fettuccine* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FE2: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fettuccine* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; RFU: *fusilli* pasta produced with 100% of refined wheat flour; FU1: 100% *fusilli* pasta made with recombined wholegrain flour, produced by a roller mill Quadrumat senior; FU2: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break system of a Quadrumat senior roller mill, without sieving; FE3: 100% *fusilli* pasta made with wholegrain flour, produced by grinding in a knife mill and then by a break and reduction systems of a Quadrumat senior roller mill, without sieving.

It should be noted that the pasta produced was formulated without the presence of ingredients that promote improvements in the pasta structure, such as eggs and emulsifying agents, that could contribute to a smooth surface and better cooking quality. No studies in the literature use the correlation between WP defects and processing conditions. In pasta production, machinery can help obtain pasta with better structural quality. For example, vacuum mixers allow the minimization of color loss after drying and the elimination of air bubbles in the WP, and continuous dryers with high temperatures can help to obtain WP with lower solids losses, and reduction of drying rates. adhesion and breaks.

4 Conclusions

From this study, it was possible to verify that it is possible to obtain 100% WF with different particle size distributions, using the reconstitution of WF and adapted direct milling processes, using knife mill and roller mill methods in an associative form. The milling method impaired the granulometric properties of the WF, which influenced the variables of the cold extrusion process. The cooking properties of WP made with the same WF were different between short (*fusilli*) and long (*fettuccine*) pasta formats. It was found that the recombined flour (WF1) was less suitable for the *fusilli* pasta format (WFU1), possibly due to the interference of larger fiber fragments in the structure, and the WFE2 WP presented the best conditions of cooking quality and quantity of defects. Thus, it is important to select the milling method of WF most suitable to each pasta format.

Acknowledgments

The authors are thankful to the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes* (Finance Code 001) for the support to the PostGraduate program of Food Technology of University of Campinas (UNICAMP); to *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq* for the doctoral scholarship granted (Process 140791/2017-5 and 312786/2020-4); the *Instituto Agronomico de Campinas (IAC)* for the *T. aestivum* wheat grains donation. They also thank Natalia Alves Costa, for her assistance in carrying out the cooking quality and labeling analyses of the WP, and the *Programa de Formação Interdisciplinar Superior (ProFIS)* for the Scientific Initiation Scholarship granted to Natalia.

References

AACC. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Saint Paul: Cereals & Grains Association, 2010. Method 08-01.01: Ash—basic method; Method 26-05.01: Guideline for the production of laboratory-milled whole wheat flour; Method 30-25.01: Crude fat in wheat, corn, and soy flour, feeds, and mixed feeds (Soxhlet); Method 32-05.01: Total dietary fiber; Method 44-15.02: Moisture-air-oven methods; Method 46-13.01: Crude protein-micro-Kjeldahl method; Method 55-31.01: Single-kernel characterization system for wheat kernel texture; Method 56-81.04: Determination of falling number; Method 66-20.01: Determination of granularity of semolina and farina: sieving method; Method 66-50.01: Pasta and noodle cooking quality—Firmness; Method 74-09.01: Measurement of bread firmness by Universal Testing Machine.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists, 1995. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington.

Aravind, N., Sissons, M., Egan, N., Fellows, C., 2012. Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. Food Chem, 130, 299-309. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.042

Ayustaningwarno, F., Fogliano, V., Verkerk, R., Dekker, M, 2021. Surface color distribution analysis by computer vision compared to sensory testing: Vacuum fried fruits as a case study. Food Research International, 143, 110230. ISSN 0963-9969. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110230

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 30 de dezembro de 2010. Estabelece o Regulamento Técnico do Trigo, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 01/12/2010. https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-38-2010_77847.html

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde (ANVISA/MS). Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 493, de 15 de abril de 2021. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15/04/2021. https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3390773/RDC_493_2021_.pdf/363fcc3c-27ea-4274-b4af-

b74c4444d84e#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20os%20requisitos%20de,da%20presen%C3%A7a%20de%20ingredientes%20integrais.

Carcea M, Turfani V, Narducci V, Melloni S, Galli V, Tullio V., 2020. Stone Milling versus Roller Milling in Soft Wheat: Influence on Products Composition. Foods; 9(1):3. https://doi.org/10.3390/foods9010003

Chen, C.-Y.O., Kamil, A., Blumberg, J.B., 2015. Phytochemical composition and antioxidant capacity of whole wheat products. Int. J. Food Sci. Nutr., 66(1), 63-70. http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2014.971228

Ferreira, D.F., 2000. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: 45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, 255-258.

Foschia, M., Peressini, D., Sensidonia, A., Brennan, M.A., Brennan, C.S., 2015. How combinations of dietary fibres can affect physicochemical characteristics of pasta. LWT - Food Sci Technol, 61(1), 41-46. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.010

Gazza, L., Galassi, E., Nocente, F., Natale, C., Taddei, F., 2022. Cooking Quality and Chemical and Technological Characteristics of Wholegrain Einkorn Pasta Obtained from Micronized Flour. Foods., 11(18), 2905. https://doi.org/10.3390/foods11182905

Gull, A.; Prasad, K.; Kumar, P., 2015. Optimization and functionality of millet supplemented pasta. Food Sci Tech, 35(4), 626-632. https://doi.org/10.1590/1678-457X.6745

Marti, A.; Cattaneo, S., Benedetti, S., Buratti, S., Abassi Parizad, P., Masotti, F., Iametti, S., Pagani, M.A., 2017. Characterization of Whole Grain Pasta: Integrating Physical, Chemical, Molecular, and Instrumental Sensory Approaches. J Food Sci, 82(11), 2583-2590. https://doi.org/10.1111/1750-3841.13938

Maschio, G., Stoll, L., Hoppe, A., Sant'Anna, V., 2023. Health, nutrition and sustainability are in the core heart of Brazilian consumers' perception of whole foods utilization. Int. J. Gastronom. Food Sci. 31, 100640. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100640

Miranda, M.Z. de, Guarienti, E.M., Scheeren, P. L., Bassoi, M.C., Só e Silva, M., Caierão, E., Castro, R.L. de, Tatsch, P. O., Albrecht, J. C., Caetano, V.R, 2018. Aplicação do SKCS no melhoramento e sua relação com outros parâmetros de qualidade. In: Seminario Internacional «1914-2014, un siglo de mejoramiento de trigo en la estanzuela, 2014, La Estanzuela, Uruguai, p. 221-230.

Mokrzycki, W., Tatol, M., 2011. Color difference Delta E: a survey. *Mach. Graph.Vis.*, *20*(4), 383–411. https://doi.org/http://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey

Ramappa, K.T., Batagurki, S.B., Karegoudar, A.V. Shranakumar, H., 2011. Study on effect of milling on quality and nutritive value of finger millets (*Eleusinecoracana*). Int J Agric Eng, 4(1), 64-70. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133290769

Slavin, J., 2013. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. Nutrients, 5, 1417-1435. https://doi.org/10.3390/nu5041417

Steglich, T., Bernin, D., Moldin, A., Topgaard, D., Langton, M., 2015. Bran Particle Size Influence on Pasta Microstructure, Water Distribution, and Sensory Properties. Cereal Chem, 92(6), 617–623. http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM-03-15-0038-R

Wahanik, A.L., Chang, Y.K., Clerici, M.T.P.S., 2016. How to make pastas healthier. Food Rev Int, 34(1), 52-69. https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1210634

· CAPÍTULO 5·

Livro de Receitas Fibra Todo Dia: Aprender para Consumir

.....

Este capítulo apresenta o livro de receitas para promoção do consumo de alimentos à base de farinha de trigo integral e propagação de conhecimento sobre fibras alimentares, produzido para publicação online.


Livro de Receitas :
Fibra Todo Dia
@FibraTodoDia
/FibraTodoDia
Aprender para consumir!

Título: Livro de Receitas: Fibra todo Dia – Aprender para Consumir

Autores: Michele Scarton; Maria Fernanda Mazziero Ronqui Pelatti, Melissa Amatti Priego; Evanilson Garcia Pessoa; Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Faculdade de Engenharia de Alimentos - FEA

Agradecimentos

Para que este livro chegasse agora em suas mãos, valiosos auxílios foram necessários, aos quais direcionamos aqui os nossos agradecimentos sinceros:

À Universidade Estadual de Campinas, em especial à Faculdade de Engenharia de Alimentos, que a partir de sua estrutura docente e de suas oportunidades de fomento ao trabalho científico e de extensão social, nos permitiu e viabilizou a execução deste trabalho, desde sua escrita até a edição.

Ao Programa de Formação Interdisciplinar Superior (ProFIS), que desde 2011 permite a inclusão social e a formação multidisciplinar de estudantes do ensino médio, agradecemos pelas bolsas de estudo e programa de estágio dos nossos membros Evanilson, Maria Fernanda e Melissa.

A todos os seguidores das páginas das redes sociais do Fibra Todo Dia, que se dispuseram a produzir novas receitas e momentos de memória afetiva com os alimentos integrais, agradecemos pela confiança e receptividade.

Aos familiares e amigos da nossa equipe de trabalho, que dispuseram de sua cozinha e de seus momentos de sábado, para serem os primeiros críticos e incentivadores das receitas aqui produzidas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas de estudo a nível de pós-graduação (Processo CNPq nº140791/ 2017-5) e produtividade em pesquisa (Processo CNPq n°312786/ 2020-4), pelo financiamento aos coordenadores deste projeto, que viabilizaram sua realização.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela manutenção de recursos ao programa de pós-graduação de nossa universidade (Processo CAPES 001), que permitiram a realização deste trabalho.

Sobre os autores

Michele Scarton

Doutoranda em Tecnologia de Alimentos pela UNICAMP. Mestra em Tecnologia de Alimentos pela UNICAMP (2017). Bacharela em Ciências dos Alimentos pela USP (2012). Técnica em Bioquímica CEETEPS (2012). Atua como Instrutora de Formação III na Escola SENAI Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini desde 2020. Possui experiência nas áreas de tecnologia de alimentos, com ênfase em produtos à base de cereais, raízes e tubérculos, em segurança de alimentos e programas de garantia da qualidade, e coorientou os estudantes durante a realização do Projeto Fibra Todo Dia.

Maria Fernanda Mazziero Ronqui Pelatti

Graduanda em Engenharia Química pela Unicamp desde 2021, após conclusão do Programa de Formação Interdisciplinar Superior (ProFIS), onde desenvolveu o projeto Fibra Todo Dia, atuando na escrita e preparo das receitas e postagens. É integrante da Propeq, empresa júnior de consultoria em Engenharia Química.

Melissa Amatti Priego

Graduanda em Engenharia Química pela Unicamp, concluiu o Programa de Formação Interdisciplinar Superior (ProFIS) - Unicamp, em 2021, onde participou como integrante do Projeto Fibra Todo Dia, contribuindo na produção de vídeos e testes de receitas para postagens das redes sociais do projeto. É integrante da Propeq, empresa júnior de consultoria em Engenharia Química.

Sobre os autores

Evanilson Garcia

Graduando em Engenharia de Alimentos Unicamp desde 2019, concluiu o Programa de Formação Interdisciplinar Superior (ProFIS) – Unicamp, foi Bolsista SAE e participou de diversas atividades de extensão em tecnologia de Alimentos, sendo membro do projeto Fibra Todo Dia.

Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

Formada em Farmácia Bioquímica pela Universidade Federal de Ouro Preto (1988), mestra em Ciências dos Alimentos pela Universidade Federal de Lavras (1991) e doutora em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (1997). Atualmente é professor Livre-Docente, MS 5.1 da Universidade Estadual de Campinas, na Faculdade de Engenharia de Alimentos, do Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição. Além do Projeto Fibra Todo Dia, orienta diversos projetos nas áreas de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em massas alimentícias, panificação, extrusão termoplástica, amidos, fibras, novos ingredientes e processos físicos para modificações de amidos e proteínas.

SUMÁRIO

O QUE É O FIBRA TODO DIA

O projeto "Fibra Todo Dia" teve como objetivo incentivar o consumo de produtos alimentícios integrais, a partir da divulgação de receitas à base de cereais e alimentos regionais como fontes de fibras e da divulgação de informações sobre a composição nutricional e benefício das fibras na alimentação, como uma ferramenta de promoção de saúde e de informação à comunidade.

Este projeto foi veiculado nas redes sociais com este nome, utilizamos as plataformas digitais Facebook e Instagram. Ele é a iniciação científica das estudantes Melissa Amatti Priego e Maria Fernanda Mazziero Ronqui Pelatti, estudantes vinculadas ao ProFIS – Programa de Formação Interdisciplinar Superior, e Evanilson Garcia, bolsista Auxílio Social SAE - Serviço de Apoio ao Estudante e estudante formado pelo programa ProFIS, sob a orientação da professora Dra. Maria Teresa Clerici, e coorientação da doutoranda Michele Scarton.

O ProFIS é um curso sequencial de ensino superior da UNICAMP, implementado desde 2011, voltado aos estudantes que cursaram o ensino médio em escolas públicas de Campinas (SP), sendo parte importante do desenvolvimento social da região. O SAE, por sua vez, é o principal órgão de assistência estudantil na Unicamp e visa o apoio aos estudantes para o seu desenvolvimento social e acadêmico pleno, contribuindo significativamente para sua permanência na Universidade. Deste modo, o Projeto Fibra Todo Dia buscou contribuir para a formação acadêmica e social de nossos estudantes, e para a divulgação científica.

COMO SURGIU O “FIBRA TODO DIA”?

Por Michele Scarton.

“Não há como contar sobre o surgimento do Fibra Todo Dia sem o contexto no qual este projeto se inseriu. Nos cabe recordar que o Projeto Fibra Todo Dia e este e-book foram resultados de um tempo difícil para todos, e muito marcante para a história mundial: a pandemia COVID-19.

Com o fechamento da UNICAMP, decretado pelo Reitor Marcelo Knobel, em 11 de março de 2020, as atividades de ensino, pesquisa e extensão ficaram suspensas, justamente após uma semana do início da iniciação científica do Profis da Melissa e da Maria Fernanda em nosso laboratório.

Com o repentino isolamento, surgiram também em todos a ansiedade, o medo, e a incerteza sobre como seriam as próximas semanas, ante ao crescente avanço da pandemia e ausência de vacinas. Como orientadoras, buscávamos formas para enfrentar o maior problema para o andamento do projeto, que eram a solidão e a insegurança, pois também nos sentíamos desta forma. Com o passar do tempo, nosso grupo passou a adotar as reuniões semanais *via web*, de modo a encontrar meios para desenvolvimento do projeto, que até então, era somente focado no desenvolvimento de massas alimentícias integrais. Vimos que mais do que um recurso educacional, aqueles momentos em que interagíamos com nossos colegas nos faziam muito bem.

Assim, comecei a lecionar alguns conceitos que seriam necessários para a Melissa e Maria Fernanda, e também para o Evanilson, que passou a integrar o grupo. Comecei a falar das fibras, da farinha integral, dos benefícios e desafios. E nestes momentos que constatamos como nos faltava um "repertório gastronômico" sobre os alimentos integrais. Por que nossos alimentos preferidos não eram integrais? O que de fato conhecíamos sobre eles?

Marcamos então um novo evento no sábado seguinte: cozinhar. Levamos os computadores para a cozinha, ligamos a *webcam* e começamos a preparar a receita compartilhada pela Melissa: bolo de chocolate integral. Cada qual em sua cozinha doméstica, com os materiais que tínhamos à disposição, registramos o bolo, testado com louvor durante o café da tarde, e criávamos boas memórias ali. Contamos para a nossa orientadora, professora doutora Maria Teresa, que ficou maravilhada. Com a sua experiência, ela viu o potencial que não havíamos notado. Ela nos disse que este momento deveria virar um projeto nas mídias sociais. E virou mesmo, com direito à nome, logotipo e *hashtag*.

Todas as manhãs de sábado, que era o dia da semana em que Melissa, Maria Fernanda e Evanilson não estavam em aula, testávamos as receitas que desenvolvíamos durante a semana, e preparávamos a redação dos textos, seleção das fotos, preparos de vídeos, postagens e acompanhamento das interações nas redes sociais. Os vídeos e fotos não foram tirados com recursos profissionais, pois o que visávamos era promover o alimento em si, no dia a dia e nas possibilidades de cada um.

Desde a primeira publicação em julho de 2020 até abril de 2021, visto o crescente número de seguidores, rompíamos a barreira do ambiente doméstico para propor o consumo de alimentos integrais para diversos públicos, que interagiam conosco, por meio de fotos de suas receitas e momentos de alegria partilhados, os quais alguns se encontrar ao final deste livro.

A partir deste trabalho, concluímos que as mídias sociais podem ser ferramentas de difusão de informação e um espaço de interação e aprendizado sobre o consumo de produtos integrais, efeitos benéficos das fibras alimentares na digestão e metabolismo, e sobre as relações entre sabor e saber.

Hoje vejo, que além de uma fundamental parte da minha tese sobre os desafios para massas alimentícias integrais, o Fibra Todo Dia foi para nós um momento de fortalecimento, e que aconteceu de forma tão proveitosa pela dedicação de cada um dos membros de nossa equipe e carinho que atribuíram a este projeto.

Esperamos que você, caro leitor e agora "seguidor" do Fibra Todo Dia, sinta todo o entusiasmo que temos por este trabalho, e que este livro lhe seja útil na construção de novas memórias afetivas e novos saberes sobre os alimentos integrais."

OLÁ, INTERNAUTAS!

O "Fibra Todo Dia" tem como objetivo propor versões de receitas saborosas e mais saudáveis para o consumo de alimentos fontes de fibras e regionais, principalmente nesse momento atual em que a manutenção da saúde é tão importante.

Assim, nestas páginas vocês poderão encontrar, muitas curiosidades, além das receitas e algumas técnicas para melhor elaborá-las.

Esperamos que vocês se desafiem na cozinha junto conosco e se deliciem com as comidinhas!

Um grande abraço de toda a equipe (Fig. 1).

#FTD!

Figura 1. *Equipe do Projeto "Fibra Todo Dia". Publicação veiculada pelo "Instagram", 11/ 07/ 2020. Fonte: própria autoria.*

AFINAL, O QUE SÃO FIBRAS ALIMENTARES?

Segundo a definição *da American Dietetic Association - ADA*, as fibras são componentes de partes comestíveis de plantas que não são digeridos pelo sistema digestório humano, representado na Figura 2.

Conforme suas características, as fibras podem ser classificadas como *solúveis* ou *insolúveis*.

As *fibras solúveis* sofrem hidratação, formando géis que auxiliam no funcionamento intestinal, saciedade e controle da glicemia. Algumas destas fibras também são *prebióticas*, ou seja, podem ser parcialmente fermentadas por microrganismos benéficos da nossa microbiota. As *fibras insolúveis* não formam géis pela absorção de água, sendo úteis para a saciedade e aumento do volume das fezes, auxiliando para que o intestino funcione regularmente.

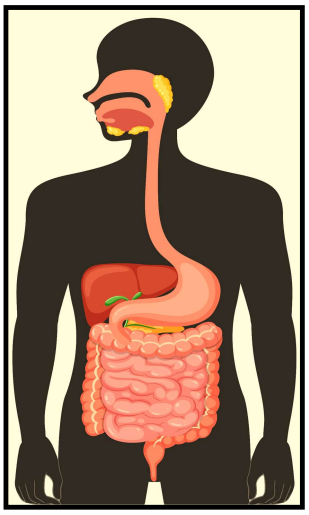


Figura 2. Representação do sistema digestório humano. Fonte: adaptado de https:/ / br.freepik.com/ vetores-gratis/ sistema-digestivo-medico-humano. Imagem de brgfx</ a>

BENEFÍCIOS DAS FIBRAS NA NOSSA SAÚDE

Quando o consumo de fibras é associado à uma dieta equilibrada, exercícios físicos e hábitos saudáveis, elas são importantes para a prevenção de muitas doenças, denominadas Doenças Crônicas Não-Transmissíveis – DCNT, como a diabetes tipo 2, a obesidade, hipertensão e as doenças cardiovasculares.

Outras doenças também podem ser evitadas pelo consumo regular de fibras, quando associado a hábitos saudáveis, tais como a diverticulite, o câncer colorretal e a hipercolesterolemia.

Assim, o consumo regular de fontes de fibras, tanto solúveis quanto insolúveis, é fundamental para a nossa saúde, como resumido na Figura 3, que se trata da postagem realizada nas mídias sociais Fibra Todo Dia sobre este tema.

Figura 3. Publicação sobre efeitos à saúde das fibras, veiculada pelo "Instagram", 23/ 07/ 2020. Fonte: autoria própria (design contém imagens gratuitas, https:/ / br.freepik.com/)

ONDE ESTÃO AS FIBRAS ALIMENTARES?

Elas estão presentes em muitos alimentos que consumimos diariamente, seja na forma *in natura,* ou como ingredientes do nosso café da manhã, almoço e jantar.

- ✓ **Frutas** – tais como ameixa e goiaba, principalmente na casca;
- ✓ **Legumes e verduras -** como a couve, alface, almeirão, brócolis, o chuchu, o quiabo e a abobrinha;
- ✓ **Cereais integrais, farelos** – como as farinhas integrais e o farelo de aveia;
- ✓ **Pseudocereais** – como o amaranto, a quinoa e o trigo sarraceno;
- ✓ **Leguminosas** - como o feijão, a soja, o grão-de-bico;
- ✓ **Raízes e Tubérculos** – como a batata-doce, a mandioca, a cenoura, o inhame e o cará;
- ✓ **Brotos comestíveis** – como o broto de bambu;
- ✓ **Castanhas** –como a castanha-do-Pará e a de caju.

QUANTA FIBRA DEVEMOS CONSUMIR?

A quantidade recomendada de fibras é de 25 g/ dia, mas estes valores podem ser diferentes conforme sexo, faixa etária e outras condições de saúde, como pode ser observado na Tabela 1.

A baixa ingestão de fibras pode acarretar problemas de saúde intestinal, tais como constipação. No entanto, a ingestão excessiva de fibras, que seria mais de 70 g por dia, poderá acarretar problemas, como inchaço, gases, diminuição do apetite, constipação ou diarreia. Para que não se tenha esses sintomas, deve-se evitar o excesso e consumir líquidos, principalmente água. Vale destacar que pessoas com doenças intestinais ou em tratamentos médicos devem seguir as orientações de consumo de fibras fornecidas por médicos ou nutricionistas.

Tabela 1. Consumo recomendado de fibras por faixa etária

Ingestão adequada de fibras (g/ dia)		
Idade (anos)	**Homem**	**Mulher**
4-8	25	25
9-13	31	26
14-18	38	26
19-30	38	25
31-50	38	25
51-70	30	21
>70	30	21
Grávidas	-	28
Lactantes	-	29

Fonte: Adaptado de Marlett, McBurney, Slavin, 2002

OS CEREAIS INTEGRAIS

São denominados cereais os frutos secos de plantas da família das gramíneas, tais como o milho, o arroz e o trigo. O grão do cereal pode ser dividido em três partes principais, observadas na Figura 5, sendo estas:

- **O endosperma** que é formado por carboidratos e proteínas, logo, a reserva energética do grão, correspondendo a aproximadamente 83% do grão
- **O farelo** é a estrutura mais externa, rica em fibras, que serve de proteção ao grão, corresponde a aproximadamente 14% do grão
- **O gérmen** contém a porção que origina uma nova planta e é rica em lipídios e proteínas, correspondendo a aproximadamente 3% do grão

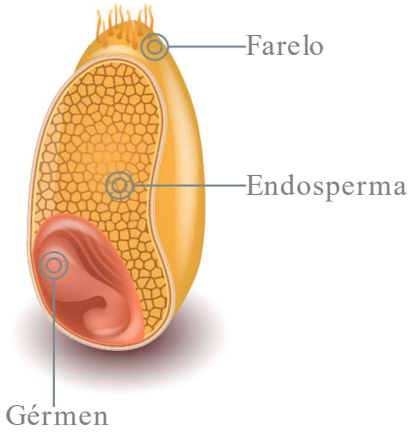


Figura 5. Representação de um grão de trigo e suas partes componentes. Fonte: imagem adaptada de: https:/ / www.abitrigo.com.br/ conhecimento/

FARINHA REFINADA E FARINHA INTEGRAL: QUAIS AS DIFERENÇAS?

A farinha de trigo refinada, também conhecida como "farinha branca" é aquela obtida a partir dos processos de moagem dos grãos de trigo, extração do endosperma farináceo e separação das frações de farelo e gérmen.

Na farinha integral, no entanto, as frações de farelo e de gérmen não são retiradas (no processo de moagem direta), ou então estas frações são adicionadas novamente à farinha refinada para reconstituí-la (no processo de reconstituição). Pela presença do farelo, a farinha integral apresenta uma coloração mais escura e mais heterogênea, como podemos observar na Figura 6.

Figura 6. Farinha refinada (esquerda) e farinha integral de grão inteiro (direita)
Fonte: própria autoria.

Porém, a maior diferença entre estas farinhas está na sua composição nutricional. Como pode-se observar na Figura 7, a farinha integral se destaca principalmente pelo seu conteúdo de fibras, e consequentemente possuirá um menor teor de carboidratos digeríveis. No farelo e no gérmen de trigo, também estão presentes os minerais, e compostos bioativos, que também são importantes para a nossa saúde.

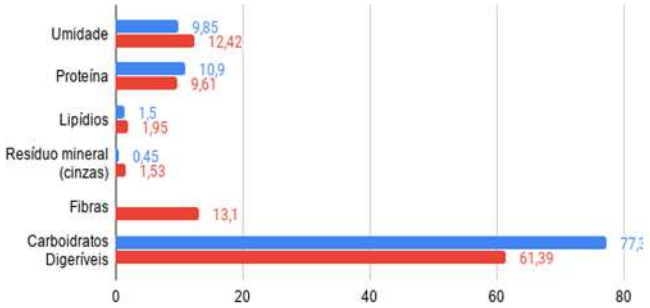


Figura 7. Composição nutricional da farinha refinada (em azul) e integral (em vermelho), quantidade em g/ 100 g
Fonte: própria autoria a partir de dados da USDA (2020).

FARINHA INTEGRAL: POR QUE NÃO É A MAIS PREFERIDA.

Mesmo com seu apelo nutricional, as farinhas integrais e os produtos integrais - tais como bolos, biscoitos e pães ainda não são os mais preferidos pela população.

A farinha branca refinada sempre foi a mais consumida?

Não! Por mais incrível que pareça, antigamente o processo de refino e separação das frações da moagem de trigo era mais difícil do que simplesmente sua moagem. Com o surgimento e popularização da utilização do processo de refino, houve uma drástica redução da utilização da farinha integral, e por isso, muitas pessoas ainda não estão familiarizados com os produtos integrais. Para o nosso consumo de "Fibra Todo Dia", a farinha integral foi bastante utilizada neste livro, justamente para mostrar que podemos sim ter diferentes produtos integrais saborosos e nutritivos!

OS VEGETAIS REGIONAIS: DIVERSIDADE E QUALIDADE

Como mencionamos anteriormente, as fibras estão presentes em uma diversidade de fontes vegetais. No Brasil, por termos regiões de clima tropical e diferentes ecossistemas, há uma grande biodiversidade e oferta de fontes de fibras, que variam entre as regiões.

Nas feiras e supermercados, podemos encontrar estes vegetais. Eles são cultivados principalmente pelos agricultores familiares, que utilizam estas atividades como meio de subsistência.

Porém, o que poderia ser muito aproveitado para o nosso benefício, segundo pesquisas, está sendo subutilizado, pois não estamos consumindo a quantidade diária recomendada de fibras! Algumas causas desse baixo consumo de fibras: devido à globalização e mudanças dos nossos hábitos de vida, temos cozinhado cada vez menos em nossos lares, e não estamos diversificando a nossa alimentação.

Temos ainda as frutas e vegetais nativos, cujos exemplos podemos encontrar na Figura 8. Os vegetais regionais também são a nossa identidade – é possível viajar o Brasil e se encantar com os sabores de cada localidade, e assim, relembrar a infância e os momentos familiares.

A monotonia alimentar leva a perda de identidade regional e cultural da alimentação, e também à desvalorização dos nossos alimentos locais. Faça um pequeno teste: olhando para a Figura 8, quais desses vegetais você já conhece ou já consumiu?

Que tal ajudarmos a resolver este problema com pequenas atitudes? Basta começar a incluir os vegetais regionais em receitas do nosso cotidiano!

Figura 8. Exemplos de vegetais regionais (da esq. para dir.): cará-do-ar (a); cupuaçu (b); jabuticaba (c). Fontes das Figuras: (a)Yam germplasm collection of Dioscorea bulbifera at genebank field" by IITA Image Library is licensed under CC BY-NC-SA 2.0. (b) Cupuaçu (Theobroma grandiflorum)" by Ricardo Solar (Bob) is licensed under CC BY-NC-SA 2.0.(c) Jaboticaba, Myrciaria cauliflora" by mmmavocado is licensed under CC BY 2.0.

RECEITAS DO "FIBRA TODO DIA"

ALFAJOR INTEGRAL

Ingredientes massa cortada:

- 1 ½ xícara de farinha integral (180 g)
- ½ xícara de amido de milho
- 150 g de margarina
- 8 colheres de sopa de açúcar de confeiteiro (96 g)
- 1 colher de sopa de essência de baunilha
- Doce de leite
- Coco ralado

Ingredientes massa pingada:

- 1 ½ xícara de farinha integral (180 g)
- 150 g de margarina
- 8 colheres de sopa de açúcar de confeiteiro (96 g)
- 1 colher de sopa de essência de baunilha

Recheios sugeridos:

- Doce de leite com coco
- Banana com cacau e aveia
- Doce de goiaba com *cream cheese* ou com creme de ricota
- Ganache de chocolate meio amargo

Equipamentos e utensílios:

- Balança
- Batedeira (opcional)
- Colher
- Copo de medida
- Copo ou cortador de biscoitos
- Forma
- Forno
- Rolo de massas
- Recipiente para misturar
- Saco de confeitar (massa pingada)

Rendimento: aproximadamente 500 g.

Tempo de preparo

2 h

Receita cedida por:
Dra. Rebeca Salvador Reyes

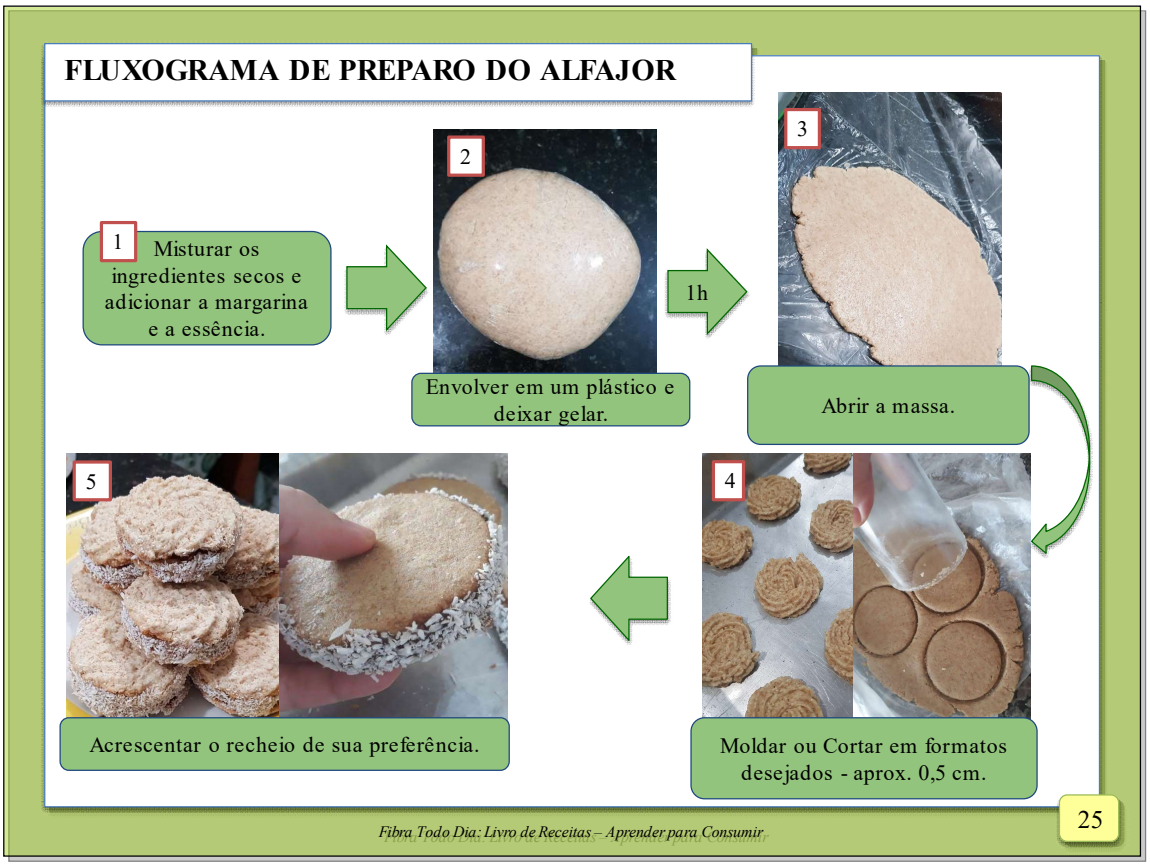
Modo de Preparo

1. Em uma vasilha, misturar os ingredientes secos e adicionar a margarina (a temperatura ambiente) e a essência.
2. Amassar todos os ingredientes até ficar uma massinha homogênea (uma consistência similar às argilas para crianças). Envolver a massa com plástico filme e deixar repousar na geladeira pelo menos 1 hora.
3. Abrir a massa com ajuda de um rolo até uma espessura de 0,5 cm aproximadamente, e cortar em discos (tamanho opcional).
4. Colocar os discos de massa numa forma e levar ao forno pré-aquecido a 180 °C por 15 minutos aproximadamente.
5. Depois, deixar os biscoitos resfriarem por alguns minutos, rechear e cobrir com açúcar ou coco ralado.

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 25.

Armazenamento:

Coloque os alfajores recheados em um recipiente bem vedado para mantê-los crocantes por mais tempo. Guardar em refrigeração (10 °C), por até 5 dias.


FLUXOGRAMA DE PREPARO DO ALFAJOR
1
Misturar os ingredientes secos e adicionar a margarina e a essência.
2
Envolver em um plástico e deixar gelar.
1h
3
Abrir a massa.
4
Moldar ou Cortar em formatos desejados - aprox. 0,5 cm.
5
Acrescentar o recheio de sua preferência.
Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir
25

BISCOITOS INTEGRAIS DE BATATA-DOCE

Ingredientes

- 2 e ½ xícara de farinha de trigo integral (380 g)
- 1 xícara (chá) de batata-doce cozida e triturada com casca (120 g)
- 1 xícara (chá) de açúcar demerara, ou mascavo (200 g)
- 1/ 3 de xícara (chá) de manteiga (65 g)
- 2 colheres (sopa) de mel (30 g)
- 1 colher (sopa) de fermento químico (15 g)
- 2 ovos (126 g)
- Cacau em pó, e/ ou canela em pó, e/ ou coco ralado, e/ ou gengibre em pó para saborizar (opcional) ou cobrir os biscoitos - quanto

Equipamentos e utensílios

- Colheres
- Fogão
- Forno
- Panela
- Rolo de massa
- Sacos plásticos
- Vasilha grande

Tempo de preparo

1 h e 40 min

Rendimento: aproximadamente 45 unidades (15 g).

Modo de Preparo

1. Cozinhar a batata-doce com casca, e tritura-la (com o garfo, ou em processador de alimentos).
2. Misturar os ovos com um garfo para homogeneizar a clara e a gema.
3. Em uma vasilha, adicionar a farinha integral, o açúcar e o fermento (ingredientes secos).
4. Adicionar a manteiga, os ovos, o mel e a batata-doce triturada com casca nos ingredientes secos, e misturar até formar uma massa homogênea. Caso desejar, adicionar cacau, canela em pó ou outros ingredientes e especiarias secos para saborizar a massa (ou parte da massa, caso deseje mesclar).
5. Envolver a massa em plástico e deixa-la na geladeira por pelo menos 40 minutos.
6. Retirar a massa do saco plástico e dividi-la em 2 ou 3 porções.
7. Fazer a modelagem da massa, conforme desejado (enfarinhar a mesa, caso necessário). Nesta etapa, pode-se adicionar ingredientes sobre os biscoitos, caso desejado (coco ralado, cacau).
8. Colocar os biscoitos sobre uma assadeira (preferencialmente rasa, como uma forma de pizza) untada e enfarinhada e levar ao forno pré-aquecido a 200 ºC até que a parte de baixo dos biscoitos esteja dourada (aproximadamente 12-15 minutos).
9. Retirar os biscoitos das formas, até assar todos os biscoitos.

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 29 e 30.

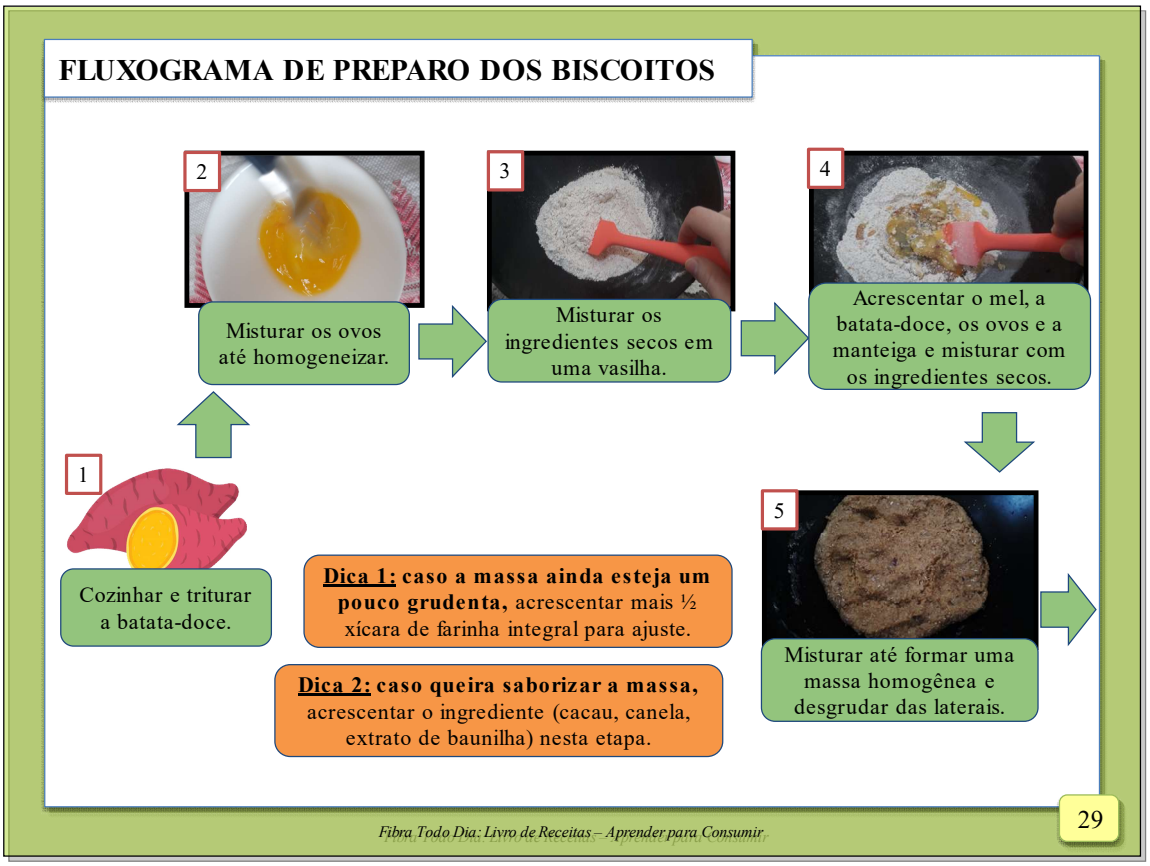
Dicas

Para a modelagem de biscoitos:

- Para utilizar cortadores: colocar a massa sobre um pedaço de plástico em uma mesa, cobri-la com plástico e com o rolo de massa, estica-la até uma espessura de aproximadamente 1 cm. Utilizar o cortador para obter os formatos desejados.
- Para fazer formatos de rosquinha: fazer fios com a massa, modelando-a sobre a mesa enfarinhada, e unir as extremidades, formando a rosquinha. Pode-se enrolar 2 fios de massa de cores diferentes, e trança-los, para formar uma massa de 2 cores.
- Para formato de corte quadrado mesclado: fazer 2 cilindros com a massa com cacau e 2 cilindros com a massa sem cacau, unir os 4 cilindros alternando-os em um quadrado, e achatar as laterais para unir as massas. Com uma faca, cortar fatias da massa, que ficará com 2 cores alternadas.

Armazenamento

- Após resfriar, coloque os biscoitos em um recipiente bem vedado para mantê-los crocantes por mais tempo. Guardar em temperatura ambiente (25 °C), em local seco e arejado, por até 15 dias.


FLUXOGRAMA DE PREPARO DOS BISCOITOS
1
Cozinhar e triturar a batata-doce.
2
Misturar os ovos até homogeneizar.
3
Misturar os ingredientes secos em uma vasilha.
4
Acrescentar o mel, a batata-doce, os ovos e a manteiga e misturar com os ingredientes secos.
5
Misturar até formar uma massa homogênea e desgrudar das laterais.
Dica 1: caso a massa ainda esteja um pouco grudenta, acrescentar mais ½ xícara de farinha integral para ajuste.
Dica 2: caso queira saborizar a massa, acrescentar o ingrediente (cacau, canela, extrato de baunilha) nesta etapa.
Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir
29

FLUXOGRAMA DE PREPARO DOS BISCOITOS

6

Cobrir a massa e coloca-la na geladeira por **no mínimo, 40 min.**

40 min

7

Dividir a massa e modelar.

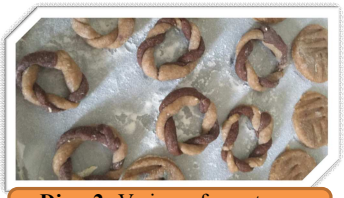
8

Assar os biscoitos 180-200 °C.

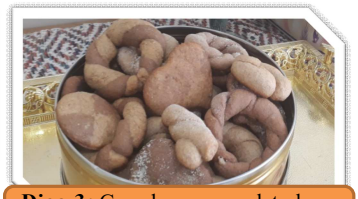
15 min

Resfriar e armazenar.

Dica 1: A massa pode ser armazenada refrigerada em saco plástico por até 24 horas.



Dica 2: Varie os formatos e combinações.



Dica 3: Guarde em uma lata bem vedada.

Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir

30

BISCOITO DE ESPECIARIAS INTEGRAL

Ingredientes dos biscoitos de especiarias

- 100 g de farinha de arroz integral
- 60 g de aveia em flocos finos (ou farelo de aveia)
- 1/ 3 de xícara de manteiga derretida (65 g)
- 1 ovo (63 g)
- 2 colheres de sopa de água (25 mL)
- ¾ de xícara (chá) de açúcar mascavo
- Cravo em pó (1 colher de café)
- Gengibre em pó (2 colheres de café) ou gengibre ralado (1 colher de café)
- Sal (1 colher de café)
- 1 medida de fermento químico ou bicarbonato de sódio
- Noz moscada (1 colher de café) – opcional
- Essência de baunilha - opcional;
- Mel, melado ou açúcar demerara/ refinado (1 colher sopa) – opcional

Equipamentos e utensílios

- Balança
- Copo de medida
- Colher
- Cortador de biscoitos – opcional
- Forno
- Forma
- Filme plástico
- Recipiente para misturar
- Rolo de massa

Tempo de preparo

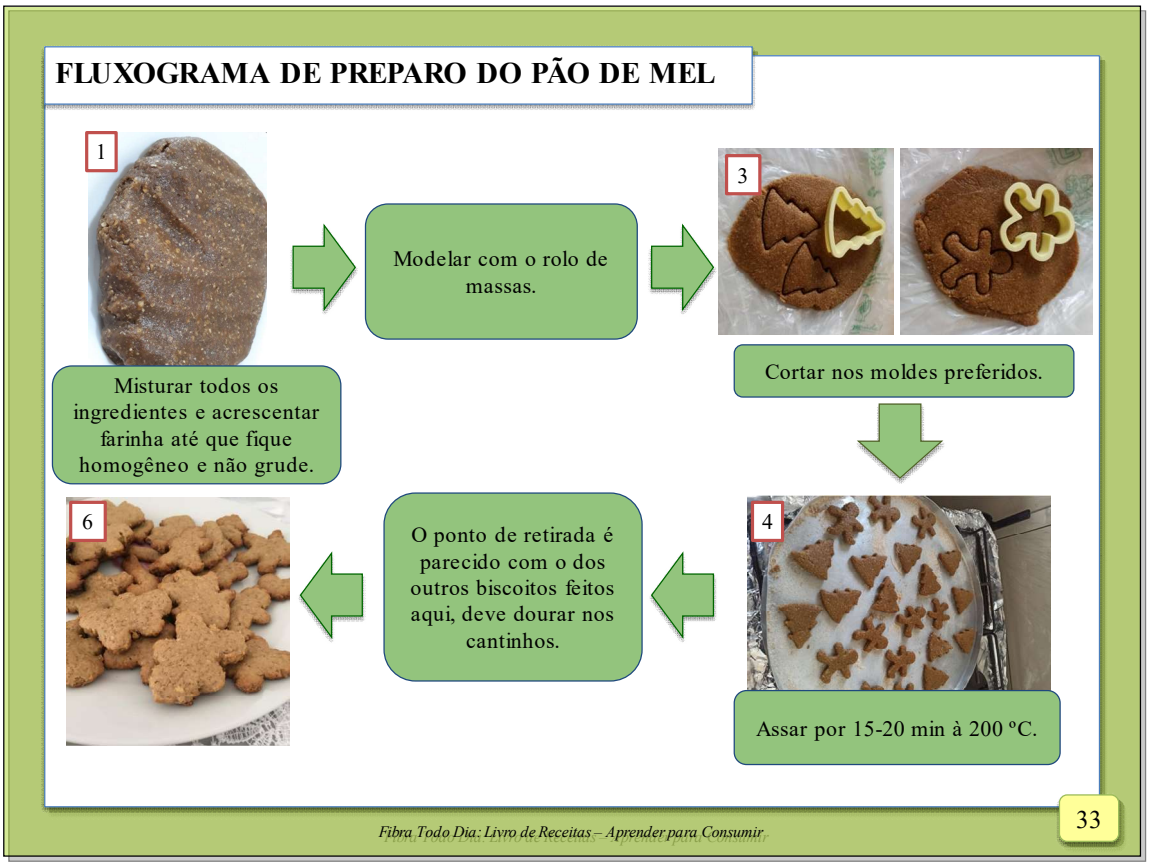
2 h e 30 min

Rendimento: aproximadamente 30 unidades

Modo de Preparo

1. Misturar a água, o açúcar mascavo, a manteiga e o cravo em uma panela, em fogo baixo, até começar a fervura. Desligue o fogo, acrescente a essência de baunilha na mistura e reserve.
2. Peneirar todos os ingredientes secos em uma tigela.
3. Adicionar os ovos aos ingredientes secos.
4. Hidratar os ingredientes secos com a mistura dos líquidos até obter uma massa. Caso necessário, acrescente mais farinha para obter o ponto desejado (a massa deve ficar homogênea e não grudar excessivamente).
5. Envolver a massa em filme ou em um saco plástico e deixar descansando na geladeira por 30 minutos a 1 hora.
6. Esticar a massa com o rolo, utilizando um plástico entre o rolo e a massa para não grudar. Cuidado para que a espessura não fique excessivamente fina para que a massa não fique quebradiça – sugestão é de 1 cm de espessura.
7. Modelar, a massa, cortando em formato desejado.
8. Colocar os biscoitos em uma assadeira.
9. Assar por 15-20 minutos à 200 ºC. Checar com constância para que não queime.

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 33.


FLUXOGRAMA DE PREPARO DO PÃO DE MEL
1
Misturar todos os ingredientes e acrescentar farinha até que fique homogêneo e não grude.
Modelar com o rolo de massas.
3
Cortar nos moldes preferidos.
4
Assar por 15-20 min à 200 ºC.
O ponto de retirada é parecido com o dos outros biscoitos feitos aqui, deve dourar nos cantinhos.
6
Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir
33

BOLO DE CHOCOLATE INTEGRAL FESTIVO

Ingredientes

Massa

- 2 xícaras (chá) de farinha de trigo integral (330 g)
- 1 xícara (chá) de açúcar demerara (250 g)
- 1 xícara (chá) de água (200 mL)
- 1 xícara (chá) de cacau 100% em pó (100 g)
- ¾ xícara de óleo (100ml)
- 3 ovos
- 1 pitada de sal
- 1 colher (sopa) de fermento químico

Cobertura (opcional):

- 1 xícara (chá) de cacau 100% em pó
- ½ xícara de açúcar demerara (125 g)
- 1 xícara de leite (ou água)
- 2 colheres de manteiga (ou óleo vegetal)

Equipamentos e utensílios

- Liquidificador
- Colheres
- Forma redonda ou quadrada
- Forno e fogão
- Panela

Tempo de preparo

1 h

Rendimento: aproximadamente 16 fatias

Modo de Preparo

Massa

1. Adicionar os ovos, a água e o óleo no liquidificador e misturar (velocidade 1). Acrescentar o açúcar e o cacau (velocidade 2). Adicionar a farinha aos poucos, misturando até homogeneizar por completo. Por último, acrescentar o sal (opcional) e o fermento, e misturar até homogeneizar (velocidade 1).
2. Despejar em uma forma untada e enfarinhada.
3. Assar em forno pré aquecido (200-230 ºC) por 30-40 minutos.
4. Retirar o bolo e aguardar 10 minutos para resfriamento antes de desenformar.

Cobertura

1. Misturar todos os ingredientes em uma panela.
2. Levar a panela em fogo baixo, misturando até levantar fervura.
3. Ferver a mistura, sem mexer constantemente, até que a mistura fique com a consistência desejada (caldas mais líquidas resultarão em bolos mais úmidos).
4. Desligar o fogo e adicionar a cobertura sobre o bolo.

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 36 e 37.

FLUXOGRAMA DE PREPARO DA MASSA

1 Misturar todos os ingredientes no liquidificador até ficar homogêneo.

2 Adicionar a mistura na forma untada e enfarinhada.

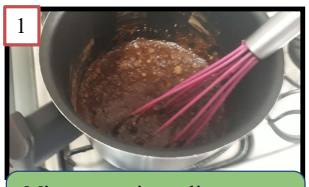
3 Assar de 200-230 ºC.

30-40 min

4 Resfriar e desenformar (10 min).

FLUXOGRAMA DE PREPARO DA COBERTURA

1

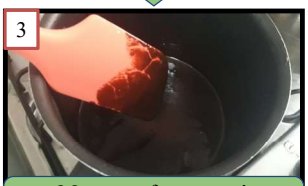


Misturar os ingredientes em uma panela.

2

Mexer até levantar fervura (fogo baixo).

3



Manter a fervura até consistência desejada.

4

Despejar sobre o bolo.

BROA DE FUBÁ COM COCO INTEGRAL

Ingredientes

- 2 xícaras de fubá (250 g)
- Coco ralado (50 g)
- Manteiga (50 g)
- 3 ovos
- 1 ½ de farinha de aveia (150 g)
- 1 colher (sopa) de fermento químico (15g)
- Leite de coco (50-100 mL)
- 1 xícara de farinha de trigo integral (100 g)
- ¾ de xícara de açúcar demerara (150 g)

Tempo de preparo

40 min

Equipamentos e utensílios

- Colheres
- Forno
- Forma
- Recipientes

Rendimento: Aproximadamente 20 unidades.

Modo de Preparo

1. Misturar todos os ingredientes secos.
2. Adicionar os ovos e a manteiga (derretida) aos ingredientes secos.
3. Adicionar o leite de coco aos poucos até obter uma massa uniforme e possível de modelar.
4. Modelar as broinhas, untando as mãos com manteiga.
5. Colocar as broas em uma forma untada e enfarinhada.
6. Colocar no forno a 200 ºC por 15 minutos.
7. Retirar as broas da forma, e após resfriamento, guardá-las em recipiente bem fechado.

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 40.

FLUXOGRAMA DE PREPARO DA MASSA

1

Misturar todos os ingredientes.

2

Adicionar o leite de coco aos poucos.

3

Modelar e colocar sobre a forma.

4

Assar por 15-30 min à 200 ºC.

BROWNIE INTEGRAL

Ingredientes do brownie

- 1 xícara de açúcar demerara (180 g)
- 1 xícara de farinha de trigo integral (120 g)
- 1 xícara de cacau em pó 50 % (90 g)
- 4 ovos
- ½ xícara de manteiga ou margarina derretida (100 g)
- ¼ xícara de nozes ou castanhas (25 g) – opcional

Equipamentos e utensílios

- Balança
- Copo de medida
- Colher
- Forma
- Recipiente para misturar
- Forno

Tempo de preparo

1 h

Rendimento: Aproximadamente 12 pedaços de 100 g.

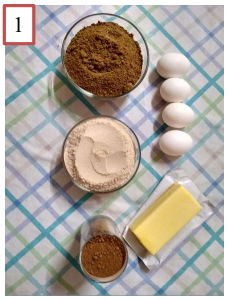
Modo de Preparo

1. Derreter a manteiga (pode ser em banho maria ou no microondas).
2. Misturar todos os ingredientes secos até formar uma mistura homogênea.
3. Adicionar os ovos e a manteiga derretida, mexendo até se tornar mais uma vez uma mistura homogênea.
4. Acrescentar as castanhas ou nozes (passo opcional).
5. Colocar a mistura em uma forma untada e depois no forno pré-aquecido. O forno deve ficar a aproximadamente 220 ºC por 30 minutos. É bom checar de 10 em 10 minutos pois pode queimar fácil.

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 43.

FLUXOGRAMA DE PREPARO DO BROWNIE

1



2

Misturar os ingredientes secos.

3

Adicionar o ovo e a manteiga.

4

Misturar até que fique homogêneo.

5

Dispor na forma.

6

Assar por 30 min à 220 ºC.

MASSA ALIMENTÍCIA INTEGRAL

Ingredientes

- 500 g de farinha de trigo integral
- 10 g de sal
- 3 ovos
- 120 mL de água

Equipamentos e utensílios

- Colheres
- Filme plástico
- Fogão
- Panela
- Rolo para massa
- Refrigerador

Tempo de preparo

3h e 30 min

Rendimento: Aproximadamente 1 kg de macarrão cozido.

Modo de Preparo

1. Misturar os ingredientes secos.
2. Fazer uma covinha no meio e misturar os ovos.
3. Adicionar 120 mL de água aos poucos.
4. Misturar até obter uma massa homogênea.
5. Cobrir a massa com um filme plástico e deixar descansar em refrigeração por 15-30 minutos.
6. Abrir a massa e cortar no tamanho desejado.
7. Cozinhar a massa em água fervente com sal (2 g de sal para cada litro de água).
8. Após o cozimento, escorrer a água, e servir a massa com o molho de sua preferência.

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 46 e 47.

FLUXOGRAMA DE PREPARO DA MASSA

1

Colocar os ovos numa covinha dos ingredientes secos.

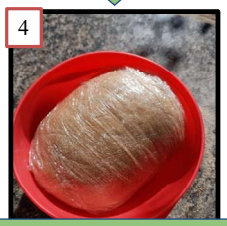
2

Misturar os ingredientes secos com os ovos e adicionar a água aos poucos.

3

Misturar a massa até ficar uniforme.

4

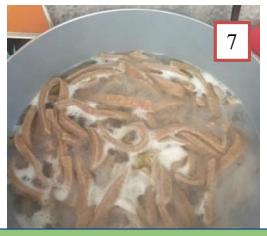


Descansar por 15-30 min.

FLUXOGRAMA DE PREPARO DA MASSA

Abrir a massa.

Cortar a massa no formato desejado.



Cozinhar até textura desejada (*al dente*).

MUFFIN DE MARACUJÁ INTEGRAL

Ingredientes - Massa

- ½ xícara de açúcar demerara (100 g)
- 1 xícara de farinha de trigo integral (120 g)
- 2 ovos
- ½ xícara de óleo (60 mL)
- Suco de dois maracujás (120 mL)
- 1 colher de fermento

Ingredientes - Cobertura

- Polpa de um maracujá grande (aproximadamente 80 g)
- ½ xícara de água (120 mL)
- ½ xícara de açúcar demerara (100 g)
- 1 colher de sopa de amido de milho (9 g)

Equipamentos e utensílios

- Colheres
- Forno
- Fogão
- Panela
- Forminhas de muffin
- Forma

Tempo de preparo

40 min

Rendimento: aproximadamente 8 unidades.

Modo de Preparo

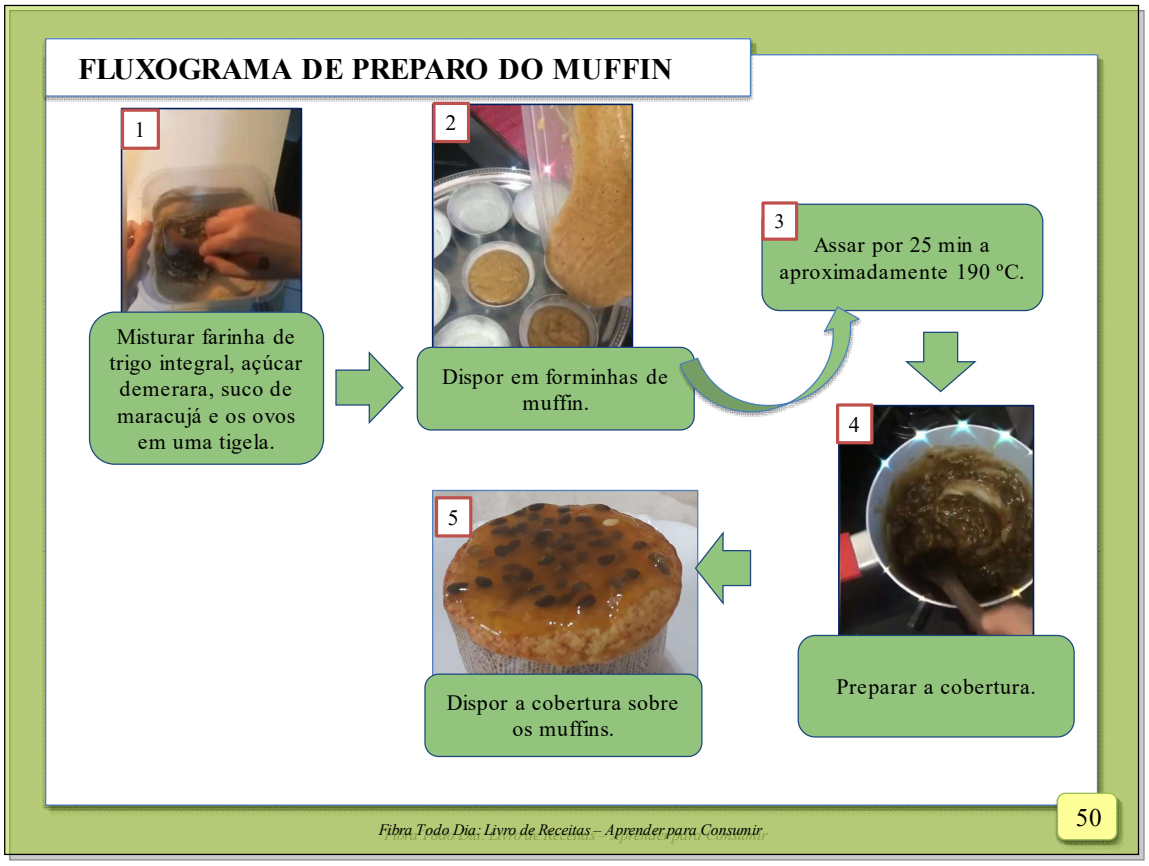
Massa

1. Misturar farinha de trigo integral, açúcar demerara, suco de maracujá e os ovos em uma tigela.
2. Adicionar o fermento e misturar devagar.
3. Dispor em forminhas de muffin.
4. Assar a 180 ºC- 200 ºC por 25-35 minutos.
5. Reservar.

Cobertura

1. Misturar o açúcar e o suco de maracujá e levar ao fogo baixo, mexendo até iniciar fervura.
2. Diluir o amido de milho na água até dissolver completamente.
3. Acrescentar a mistura de amido e água sobre os ingredientes, e mexer constantemente por alguns minutos até engrossar e o obter uma calda translúcida.
4. Despejar sobre os muffins.

Detalhes técnicos com ilustrações estão na página 50.


FLUXOGRAMA DE PREPARO DO MUFFIN
1
Misturar farinha de trigo integral, açúcar demerara, suco de maracujá e os ovos em uma tigela.
2
Dispor em forminhas de muffin.
3
Assar por 25 min a aproximadamente 190 ºC.
4
Preparar a cobertura.
5
Dispor a cobertura sobre os muffins.
50
Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir

MASSA ALIMENTÍCIA TRICOLOR - AMARELA

Ingredientes da massa de cenoura 66 %

- 1 xícara de farinha de trigo integral (165 g)
- ½ xícara de farinha de trigo refinada (80 g)
- ½ colher de sal (4,5 g)
- 1 ovo
- Cenoura cozida (60 g)
- 1 colher de sopa óleo
- Água (50 mL)
- 1 colher de sopa de açafrão

Equipamentos e utensílios

- Fogão
- Panela
- Faca
- Filme plástico
- Liquidificador
- Rolo de massas

Tempo de preparo

40 min

Rendimento: Aproximadamente 1 kg de macarrão.

Modo de Preparo

1. Misturar no liquidificador o ovo, a cenoura, o óleo e a água até obter uma mistura homogênea. Em um recipiente, misturar as farinhas e o sal, fazer uma "cova" no meio das farinhas, e adicionar a mistura batida no liquidificador. Misturar até obter uma massa consistente (pode ser manualmente).
2. Cobrir a massa com filme plástico e deixar descansar a massa por 15 minutos em refrigeração.
3. Abrir a massa com o auxílio de um rolo sobre uma superfície enfarinhada, até obter uma espessura adequada (0,5 cm).
4. Cortar em quadrados e fazer o formato *farfalle* (borboleta), pressionando a massa no centro com os dedos.
5. Cozinhar a massa e preparar o molho de sua preferência.

Detalhes técnicos com ilustrações estão na página 53.


FLUXOGRAMA DE PREPARO DA MASSA
1
Colocar a mistura com a cenoura, ovo, açafrão e óleo aos ingredientes secos.
2
Descansar a massa.
15 min
3
Esticar a massa.
4
Fazer os formatos.
5
Cozinhar e preparar um molho.
53
Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir

MASSA ALIMENTÍCIA TRICOLOR - ROXA

Ingredientes da massa de beterraba 66 %

- 1 xícara de farinha de trigo integral (165 g);
- ½ xícara de farinha de trigo refinada (80 g);
- ½ colher de sal (4,5 g);
- 1 ovo;
- 150 g de beterraba;
- 1 colher de óleo;
- 50 mL de água;

Equipamentos e utensílios

- Fogão
- Panela
- Rolo de massas
- Mesa para abrir massa/ cilindro
- Faca
- Forma
- Liquidificador

Tempo de preparo

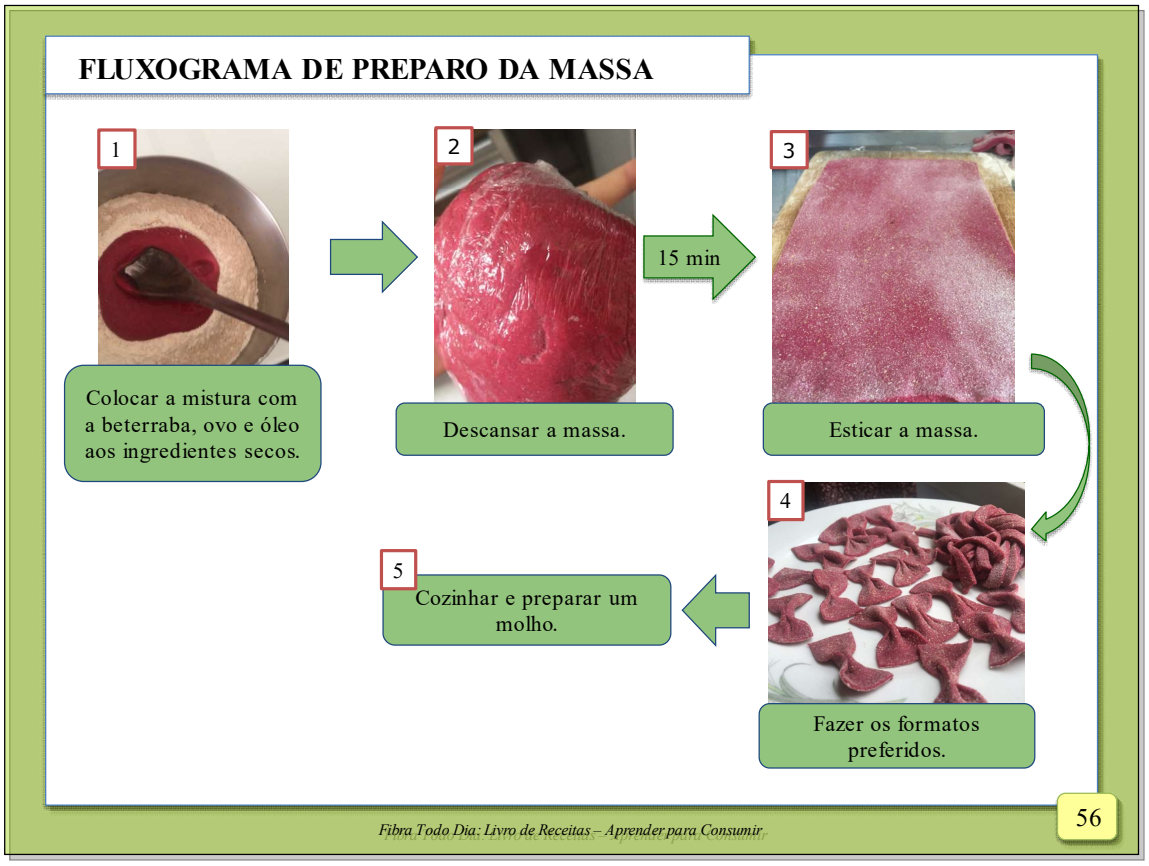
40 min

Rendimento: Aproximadamente 1 kg de macarrão.

Modo de Preparo

1. Misturar no liquidificador o ovo, a beterraba, o óleo e a água até obter uma mistura homogênea.
2. Em um recipiente, misturar as farinhas e o sal, fazer uma "cova" no meio das farinhas, e adicionar a mistura batida no liquidificador. Misturar até obter uma massa consistente (pode ser manualmente).
3. Cobrir a massa com filme plástico e deixar descansar a massa por 15 minutos em refrigeração.
4. Abrir a massa com o auxílio de um rolo sobre uma superfície enfarinhada, até obter uma espessura adequada (0,5 cm).
5. Cortar em quadrados e fazer o formato *farfalle* (borboleta), pressionando a massa no centro com os dedos, ou cortar em tiras.
6. Cozinhar a massa e preparar o molho de sua preferência.

Detalhes técnicos com ilustrações estão na página 56.


FLUXOGRAMA DE PREPARO DA MASSA
1
Colocar a mistura com a beterraba, ovo e óleo aos ingredientes secos.
2
Descansar a massa.
15 min
3
Esticar a massa.
4
Fazer os formatos preferidos.
5
Cozinhar e preparar um molho.
56
Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir

MASSA ALIMENTÍCIA TRICOLOR - VERDE

Ingredientes da massa de couve 66 %

- 1 xícara de farinha de trigo integral (165 g)
- ½ xícara de farinha de trigo refinada (80 g)
- ½ colher de sal (4,5 g)
- 1 ovo
- 170 g de couve – 3 folhas médias
- 1 colher de óleo
- 50 mL de água

Equipamentos e utensílios

- Fogão
- Panela
- Rolo de massas
- Mesa para abrir massa/ cilindro
- Faca
- Forma
- Liquidificador

Tempo de preparo

40 min

Rendimento: Aproximadamente 1 kg de macarrão.

Modo de Preparo

1. Triturar no liquidificador o ovo, a couve, o óleo e a água até obter uma mistura homogênea. Em um recipiente, misturar as farinhas e o sal, fazer uma "cova" no meio das farinhas, e adicionar a mistura batida no liquidificador. Misturar até obter uma massa consistente (pode ser manualmente).
2. Cobrir a massa com filme plástico e deixar descansar a massa por 15 minutos em refrigeração.
3. Abrir a massa com o auxílio de um rolo sobre uma superfície enfarinhada, até obter uma espessura adequada (0,5 cm).
4. Cortar em quadrados e fazer o formato *farfalle* (borboleta), pressionando a massa no centro com os dedos, ou em tiras.
5. Cozinhar a massa e preparar o molho de sua preferência.

Detalhes técnicos com ilustrações estão na página 59.


FLUXOGRAMA DE PREPARO DA MASSA
1
Colocar a mistura com a couve, ovo e óleo aos ingredientes secos
2
Descansar a massa
15 min
3
Abrir a massa com o rolo
4
Fazer os formatos preferidos
5
Cozinhar a massa e servir com molho
59
Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir

PANQUECA INTEGRAL DE LEGUMES

Ingredientes

Massa

- 1 xícaras(chá) de farinha de trigo integral (165 g)
- 1 xícara (chá) de leite (240 mL), ou 2 colheres de sopa de extrato hidrossolúvel de soja diluído em água (240 mL)
- 1 ovo
- 1 pitada de sal
- Azeite para untar a frigideira

Equipamentos e utensílios

- Colheres
- Concha
- Liquidificador
- Facas
- Fogão
- Frigideira e espátula
- Panela
- Pratos
- Pincel (ou papel absorvente)
- Travessa para colocar as panquecas

Recheio

- 1 cenoura média inteira ralada
- ½ abobrinha ralada
- 3 unidades de palmito picadas
- 5 colheres (sopa) de ervilha em conserva (ou milho)
- 5 flores de brócolis picadas
- 2 colheres (sopa) de cheiro verde picado (12 g)
- Azeite, sal e alho a gosto
- 2 colheres (sopa) de molho de soja (opcional)

Tempo de preparo

50 min

Rendimento: 12 unidades (finas) ou 8 unidades (mais espessas)

Modo de Preparo

Recheio

1. Pique e misture os vegetais.
2. Adicionar o azeite e o alho na panela e fritar até dourar.
3. Adicionar todos os vegetais picados na panela e cozinhar por 7 minutos (aproximadamente).
4. Adicionar o cheiro verde e cozinhar por 2 minutos. Reservar.

Massa

1. Adicionar todos os ingredientes no liquidificador e bater.
2. Em uma frigideira em fogo médio-baixo, espalhar um pouco de azeite com um pincel ou pedaço de papel absorvente (somente para untar), e adicionar ½ ou 1 concha de massa (panqueca mais fina ou mais grossa) e espalhar pela frigideira com movimentos circulares para que a massa fique o mais fina possível.
3. Esperar a massa cozinhar rapidamente (até desgrudar as bordas), e inverte-la na frigideira.
4. Fazer a próxima panqueca, e repetir o procedimento de untar a frigideira, caso necessário.
5. Reservar as panquecas para a montagem.

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 63, 64 e 65.

Dicas

1. Pode-se adicionar o molho (conforme desejado) e queijo muçarela ralado sobre as panquecas, após coloca-las na travessa.
2. A mistura de vegetais pode ser adaptada conforme o gosto pessoal.

Armazenamento

Armazenar as panquecas prontas em geladeira (10 °C) por até 3 dias.

FLUXOGRAMA DE PREPARO DO RECHEIO

1 Pique e misture os vegetais.

2 Refogue o alho na panela, até dourar.

3 Acrescente os vegetais picados e o sal.

7 min

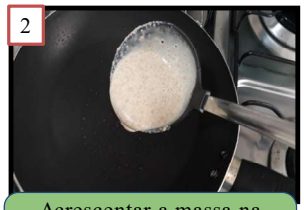
4 Adicionar o cheiro verde.

2 min

Reservar.

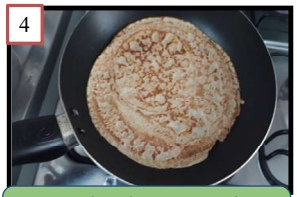
FLUXOGRAMA DE PREPARO DA MASSA

1 Misturar os ingredientes no liquidificador até homogeneizar.



2 Acrescentar a massa na frigideira untada e espalhar (fogo médio-baixo).

3 Virar a massa, utilizando uma espátula.



4 Aguardar dourar e retirar da frigideira.

5 Reservar.

FLUXOGRAMA DE MONTAGEM

1

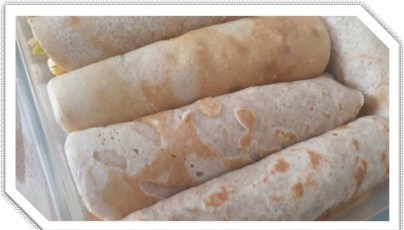
Colocar o recheio na massa.

2

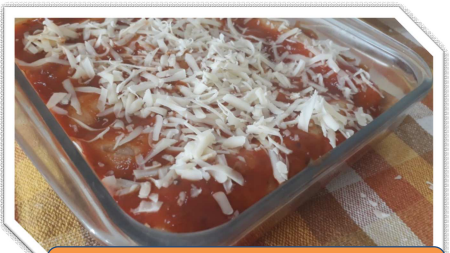
Enrolar, apertando bem.

3

Colocar na travessa.



Dica 1: colocar a última dobra da massa virada para baixo, para que as panquecas não abram.



Dica 2: Pode acrescentar molho e queijo ralado (opcional).

PÃO DE MEL INTEGRAL

Ingredientes do pão de mel

- ½ xícara de açúcar mascavo (60 g)
- 1 xícara de leite (240 mL)
- 2 ½ xícaras de farinha de trigo integral (390 g)
- ½ xícara de água (120 mL)
- 1 xícara de mel (320 g)
- 1 colher de bicarbonato de sódio (1 g)
- 2 colheres de manteiga (30 g)
- 1 colher de canela (1 g)
- 1 colher de cravo (1 g) – opcional

Ingredientes cobertura

- 500 g de chocolate
- 20 g de castanha de caju ou do Brasil picada - opcional

Equipamentos e utensílios

- Balança
- Copo de medida
- Colher
- Forma
- Forno
- Fogão
- Recipiente para misturar

Tempo de preparo

1 h

Rendimento: aproximadamente 15 unidades.

Modo de Preparo

Massa

1. Misturar o açúcar mascavo com o mel.
2. Adicionar o leite e a manteiga e misturar. Se adicionar a manteiga à temperatura ambiente, a água e o leite devem estar quentes. Recomendado adicionar ela derretida. Adicionar aos poucos a farinha integral e a água. Adicionar o bicarbonato, a canela e o cravo (opcional) e misturar.
3. Transferir para a forma.
4. Assar em forno pré-aquecido à 180º por 40 minutos.
5. Derreter o chocolate.
6. Esperar esfriar e cortar em quadrados. Envolver os pedaços da massa com o chocolate derretido. Para decorar, adicionar pedaços de castanha por cima.

Cobertura

Para a cobertura, cortar o chocolate em pedaços menores, derreter em micro-ondas ou em banho-maria.

Detalhes técnicos com ilustrações estão na página 68.

FLUXOGRAMA DE PREPARO DO PÃO DE MEL

Misturar o açúcar mascavo e o mel.

Dispor na forma.

Assar por 40 minutos à 180 ºC e cortar em quadradinhos em seguida.

Derreter o chocolate.

Envolver a cobertura nos pedaços.

PIZZA INTEGRAL

Ingredientes da pizza integral 75 %

- 1 xícara e ½ de água morna (aproximadamente 350 mL)
- Farinha integral (300 g)
- Farinha refinada (100 g)
- 1 colher de sopa de óleo vegetal (15 g)
- 1 colher de sobremesa de sal (5 g) de sal
- ½ pacote pequeno de fermento biológico seco (5 g)
- Recheios diversos

Equipamentos e utensílios

- Colher
- Copo de medida
- Forno
- Forma redonda
- Rolo de massas
- Recipiente para mistura com tampa (com 1 L de capacidade)

Tempo de preparo

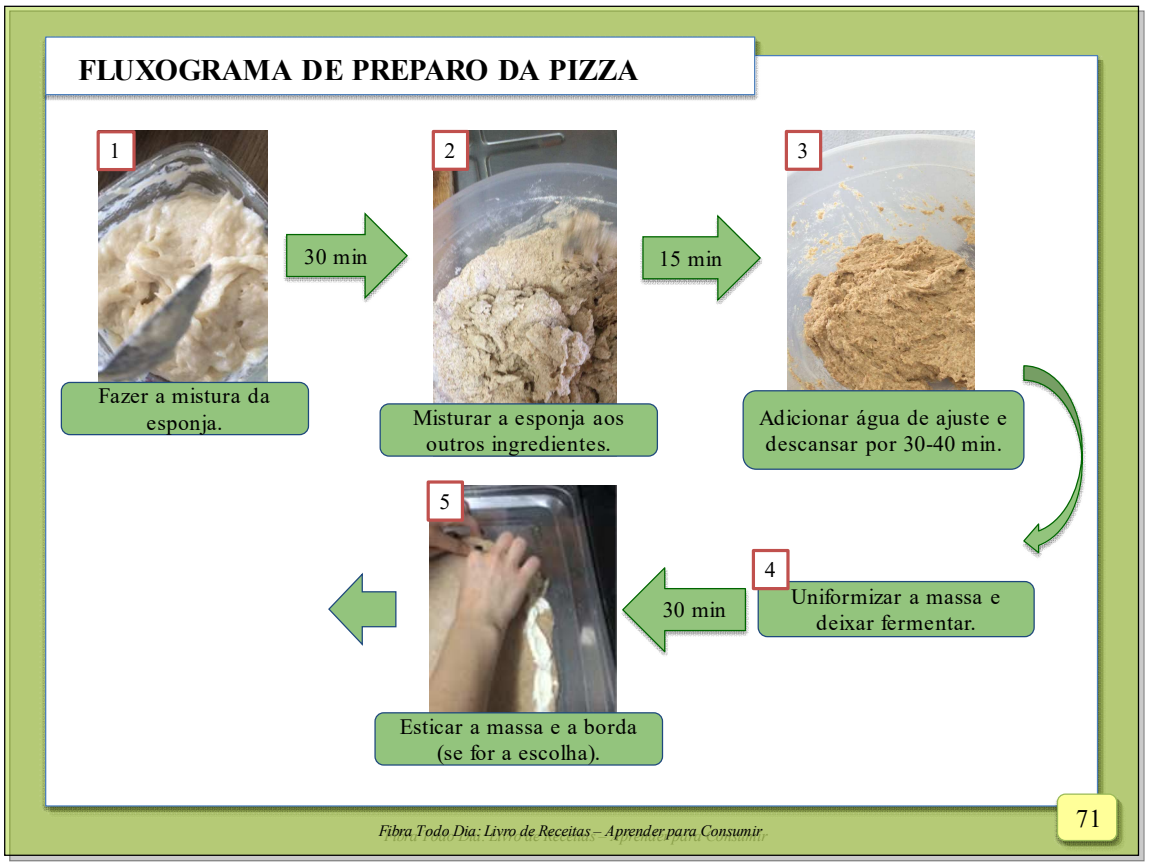
2h

Rendimento: aproximadamente 0,6 kg de massa.

Modo de Preparo

1. Fazer a mistura da esponja: 1 xícara (~250 mL) de água morna, 100 g de farinha refinada e 5 g de fermento biológico. Colocar em um recipiente tampado e aguardar 30 minutos, em temperatura ambiente.
2. Adicionar a esponja à mistura dos ingredientes secos e o óleo.
3. Adicionar água de ajuste (~1/ 2 xícara de água) ou farinha.
4. Sovar a massa- adicionar farinha se preciso - e deixar fermentando por 30 minutos.
5. Esticar a massa e colocar na forma-fazer a borda nesse momento se for sua escolha.
6. Perfurar o centro da massa de pizza já esticada. Descansar a massa por 10 minutos, e depois, pré-assar a massa por 8 minutos (220-250 ºC).
7. Colocar o molho e o recheio.
8. Assar por mais 15 minutos em forno (220-250 ºC).

Detalhes técnicos com ilustrações estão nas páginas 71 e 72.


FLUXOGRAMA DE PREPARO DA PIZZA
1
Fazer a mistura da esponja.
30 min
2
Misturar a esponja aos outros ingredientes.
15 min
3
Adicionar água de ajuste e descansar por 30-40 min.
4
Uniformizar a massa e deixar fermentar.
30 min
5
Esticar a massa e a borda (se for a escolha).
71
Fibra Todo Dia: Livro de Receitas – Aprender para Consumir

FLUXOGRAMA DE PREPARO DA PIZZA

6

Pré-aquecer por 15 min
à 220-250 ºC.

7

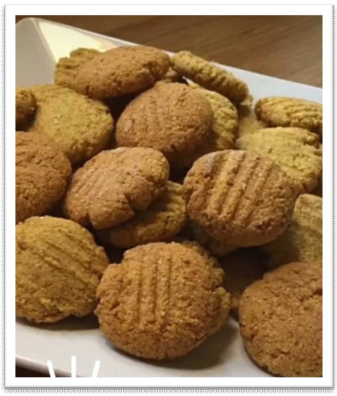
Colocar o molho e o
recheio.

8

Assar por 15 min
à 220-250 ºC.

PARTICIPAÇÃO DOS SEGUIDORES DO

“FIBRA TODO DIA”



Broa de fubá da @bruna.lt

Brownie do @adang_moraes

Biscoito de especiarias da @caah_ssouza e @souzabruhh

Pizza da @tucacallegari

Massa alimentícia colorida da @karini.pitol

REFERÊNCIAS

- KOPP, W. How Western Diet And Lifestyle Drive The Pandemic Of Obesity And Civilization Diseases. Diabetes Metabolomic Syndrome Obesity, v. 12, p. 2221–2236, 2019. Disponível em: https:/ / www.ncbi.nlm.nih.gov/ pmc/ articles/ PMC6817492/ pdf/ dmso-12-2221.pdf Acesso em: 18 ago. 2020.
- MARLETT, J. A.; MCBURNEY, M. I.; SLAVIN, J. L. Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, v. 102, n. 7, p. 993-1000, 2002. Disponível em: https:/ / doi.org/ 10.1016/ S0002-8223(02)90228-2 . Acesso em: 26 jul. 2020.
- SCHAFFER-LEQUART, C.; LEHMANN, U.; ROSS, A. B.; ROGER, O.; ELDRIDGE, A. L.; ANANTA, E.; BIETRY, M. F.; KING, L. R.; MORONI, A. V.; SRICHUWONG, S.; WAVREILLE, A. S.; REDGWELL, R.; LABAT, E.; ROBIN, F. Whole grain in manufactured foods: Current use, challenges, and the way forward. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 57, n. 8, p. 1562–1568, 2017. Disponível em: https:/ / doi.org/ 10.1080/ 10408398.2013.781012. Acesso em: 04 set. 2020.
- USDA – United States Department of Agriculture. Food Composition Database. Disponível em: https:/ / fdc.nal.usda.gov/ about-us.html. Acesso em: 18 ago. 2020.

AGRADECIMENTOS

UNICAMP

Fea

ProFIS
Programa de Formação Interdisciplinar Superior

SAE
serviço de apoio ao estudante

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Processos
CNPq nº140791/ 2017-5 e
CNPq n°312786/ 2020-4

CAPES

Processo 001

DISCUSSÃO GERAL

A partir do presente estudo, iniciado pela proposta de compreensão dos desafios para as MAI de produção nacional com trigo *T. aestivum*, realizou-se primeiramente uma criteriosa análise quanto à situação global para estes produtos, onde foi possível verificar que estes desafios envolvem a produção destas massas, sua aceitabilidade pelos consumidores e principalmente aspectos tecnológicos de formulação e métodos de produção.

Visando a harmonização regulatória, analisando-se o período entre 2017 e 2023, em que ocorreram as análises experimentais do presente estudo, o Brasi estabeleceu significativas mudanças para a definição de MAI, ocorridas durante o período de vigência deste estudo. Porém, constatou-se que ainda são ausentes Padrões de Identidade e Qualidade específicos para as MAI, o que representa uma oportunidade de melhoria e de contribuição. No entanto, cabe salientar que primeiramente ao estabelecimento de tais parâmetros uma importante medida será o desenvolvimento de padrões para as matérias-primas, ou seja, para as farinhas integrais. Como salientado no artigo de revisão, são importantes para o estabelecimento destes parâmetros não só questões que envolvem a composição química, mas também a granulometria da farinha e tamanho de partícula de farelo mais apropriadas para MAI, assim como o estabelecimento de protocolos próprios para avaliação de pesticidas e micotoxinas, que podem estar presentes em maior quantidade nas camadas de farelo, e que consequentemente podem estar presentes em maior quantidade em produtos integrais, representando um risco à saúde dos consumidores.

Após a análise dos rótulos, e visão de que os ingredientes integrais não eram predominantes nas MAI nacionais, propusemos a formulação de MAI 100% integrais com a utilização de uma cultivar de trigo comum de procedência nacional submetida a três formas distintas de moagem, visando contribuir para o estudo e incentivo do uso local de recursos. Como forma de verificar a influência do processamento em farinhas integrais e efeito destes na formulação de MAI, foram estabelecidas novas metodologias para a análise de processo e de classificação quanto aos defeitos mais frequentemente encontrados nestas massas. Para o desenvolvimento destes métodos, buscou-se a adaptação para análises visuais e não-destrutivas por tecnologias de imagem, trazendo também análises microestruturais para melhor compreensão da interferência das fibras na

matriz das MAI. Ao constatarmos a falta de memórias alimentares afetivas quanto às MAI e diversos alimentos com farinha de trigo integral, concluímos este trabalho ressaltando a importância da promoção do conhecimento dos benefícios e do consumo de fibras na alimentação obtidas a partir dos alimentos integrais.

CONCLUSÃO GERAL

As MAI continuam a destacar-se como fonte de fibras e diversos nutrientes. A partir da abordagem dos desafios que envolvem sua produção nacional com qualidade tecnológica, buscamos identificar os desafios para criação de Padrões de Identidade e Qualidade de MAI, com ênfase naquelas produzidas com trigo comum. Concluímos que os principais desafios estão ainda relacionados com a falta de harmonização regulatória, principalmente para as matérias-primas e a ausência de métodos próprios para avaliação de qualidade destas massas.

Ao analisar uma amostragem de massas alimentícias classificadas como "integrais" comercializadas no mercado nacional, concluímos que as características de composição, qualidade de cozimento e microestrutura destas massas. Verificou-se ainda que, frente às atualizações da legislação para alimentos integrais, diversas MAI, principalmente produzidas no Brasil, necessitam de reformulação para que possam ser classificadas desta forma. Quanto a qualidade de cozimento destas massas, pode-se verificar que não somente diferenças na composição, mas na matéria-prima ou formato, levam à diferentes propriedades tecnológicas de cozimento.

Considerando-se a utilização do trigo IAC 389, foi possível sua utilização para produzir farinhas 100% integrais, e sua aplicação na produção de MAI 100% integrais sem a utilização de aditivos ou outros ingredientes, salientando-se a qualidade deste grão para esta finalidade. A moagem direta, associada a passagem pelo moinho de rolos resultou um efeito de redução de partícula do farelo, contribuindo para a estrutura das MAI, e eliminando a necessidade da etapa de condicionamento. Quanto a influência do formato das MAI nas suas características de cozimento, concluiu-se que é necessária a análise da distribuição de partículas da matéria-prima para a definição do formato, visando a melhoria da qualidade tecnológica, pois como pode ser observado nas análises microestruturais, a fibra ocasiona fissuras na matriz da MAI, o que pode gerar maiores perdas de sólidos e consequentemente quebras da massa no cozimento. Quanto a cor e aparência das MAI, que apresenta heterogeneidade, a análise de imagem e de defeitos são técnicas promissoras de análise tecnológica para estas massas, e que podem ser adaptadas conforme os distintos formatos e composições, podendo ser utilizadas como parâmetros de avaliação de qualidade de MAI.

Com os subsídios fornecidos a partir do presente trabalho, tanto as indústrias como pequenos produtores de MAI poderão também obter MAI nacionais com qualidade tecnológica e nutricional, e que atendam aos critérios da legislação.

Assim, concluímos que se faz necessária não somente a compreensão e estudo da qualidade de cozimento, a promoção do conhecimento sobre os benefícios nutricionais, e o incentivo ao consumo destas massas de forma mais expressiva, a partir da criação de hábitos e memórias alimentares e incentivo por parte de políticas públicas de saúde coletiva.

REFERÊNCIAS

AACC International. American Association of Cereal Chemists International. **Approved Methods of Analysis**. 11 ed. St. Paul: AACC International, 2010. Disponível em: https://www.cerealsgrains.org/resources/methods/Pages/default.aspx. Acesso em: 02 fev. 2017.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14 ed. Washington: AOAC International, 1995.

ANDRADE, G. C.; MAIS, L. A.; RICARDO, C. Z.; DURAN, A. C.; & MARTINS, A. P. B. Whole grain products in Brazil: the need for regulation to ensure nutritional benefits and prevent the misuse of marketing strategies. **Revista de Saúde Pública**, v. 57, n.58, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057004790. Acesso em: 11 dez. 2023.

ARAVIND, N.; SISSONS, M.; EGAN, N.; FELLOWS, C. Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. **Food Chemistry**, v. 130, n. 2. p. 299-309, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.042. Acesso em: 29 dez. 2020.

AYUSTANINGWARNO, F., FOGLIANO, V., VERKERK, R., DEKKER, M. Surface color distribution analysis by computer vision compared to sensory testing: Vacuum fried fruits as a case study. **Food Research International**, v. 143, n. 110230, p. 1-10, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110230. Acesso em: 15 fev. 2024.

BAKY, M. H.; SALAH, M.; EZZELARAB, N.; SHAO, P.; ELSHARED, M. S.; FARAG M. A. Insoluble dietary fibers: structure, metabolism, interactions with human microbiome, and role in gut homeostasis. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, n. 7, p. 1954-1968, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2119931. Acesso em: 19 jan. 2024.

BARTŁOMIEJ, S.; JUSTYNA, R. K.; EWA, N. Bioactive compounds in cereal grains – occurrence, structure, technological significance and nutritional benefits – a review. Food Science and Technology International, v. 18, n. 6, p. 559–568, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1177/10820132114330. Acesso em: 19 ago. 2020.

BOCK, J. E.; WEST, R.; IAMETTI, S.; BONOMI, F.; MARENGO, M.; SEETHARAMAN, K. Gluten structural evolution during pasta processing of refined and

whole wheat pasta from hard white winter wheat: The influence of mixing, drying, and cooking. **Cereal Chemistry**, v. 92, n. 5, p. 460–465, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-14-0152-R. Acesso em: 19 mar. 2018.

BRANDOLINI, A.; HIDALGO, A. Wheat germ: Not only a by-product. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 63, n. SUPPL. 1, p. 71–74, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.3109/09637486.2011.633898. Acesso em: 22 dez. 2023.

BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, Ministério da Saúde. Resolução nº12 de 1978. Aprova as seguintes normas técnicas especiais, do estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 1978. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1978/res0012_30_03_1978.html. Acesso em: 29 dez. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 14, de 21 de fevereiro de 2000. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia ou Macarrão. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 de fevereiro de 2000. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0014_21_02_2000.html. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. **Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 211-E, Seção 1, 01 nov. 2000. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_93_2000.pdf/0dc5ef73-f581-4bb7-873f-70fcbffd93f3?version=1.0. Acesso em 30 dez. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos". **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 184, p. 368-369, 22 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da farinha de trigo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03/06/2005. Disponível em: https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=803790937. Acesso em: 23 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 38, de 30 de dezembro de 2010. Estabelece o Regulamento Técnico do Trigo, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01/12/2010. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-38-2010_77847.html. Acesso em: 25 jun. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de novembro de 2012. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/4825974/%281%29RDC_54_2012_.pdf/921d3c25-cef9-40d8-9b3f-7861eb7b8235. Acesso em: 14 jan. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC n° 150, de 13 de abril de 2017. Dispõe sobre o enriquecimento das farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido fólico. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, nº 73, 17 de abril de 2017. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_150_2017_.pdf/a873d3b9-3e93-49f3-b6c5-0f45aefcd348. Acesso em: 14 jan. 2024.

BRASIL. Consulta Pública n° 811, de 6 de abril de 2020. Proposta de Resolução de Diretoria Colegiada - RDC que dispõe sobre os requisitos para idenficação como integral e para destaque dos ingredientes integrais na rotulagem dos alimentos contendo cereais. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 de abril de 2020. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3390773/Consulta+P%C3%BAblica+n%C2%BA+811-2020.pdf/8090fcc0-0398-45b1-a2e4-294cbceeeec9. Acesso em: 27 nov. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados.. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, nº 195, 9 de outubro de 2020. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/RDC_429_2020_.pdf/9dc15f3a-db4c-4d3f-90d8-ef4b8053738. Acesso em: 14 jan. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Instrução Normativa IN n° 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, nº195, 9 de outubro de 2020. Disponível em:< https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f>. Acesso em 14/01/2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde (ANVISA/MS). Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 493, de 15 de abril de 2021. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15/04/2021. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3390773/RDC_493_2021_.pdf/363fcc3c-27ea-4274-b4af-b74c4444d84e#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20os%20requisitos%20de,da%20presen%C3%A7a%20de%20ingredientes%20integrais. Acesso em: 24 jan. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde (ANVISA/MS). Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 604, de 10 de fevereiro de 2022. Dispõe sobre o enriquecimento obrigatório do sal com iodo e das farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido fólico destinados ao consumo humano. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, nº33 de 16 de fevereiro de 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6394607/RDC_604_2022_.pdf/e60cf59a-ecec-4921-832f-37cef89268da. Acesso em: 15 jan. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde (ANVISA/MS). Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 711, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. **Diário Oficial da União**, Poder

Executivo, Brasília, DF, n. 126, 6 jul. 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_711_2022_.pdf/f9212b72-7d2d-451f-b21b-7a7fb9b94a81. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 711, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais e pseudocereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6/07/2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_712_2022_.pdf/86a76ca0-96f3-4b63-97b7-ab1814503f13. Acesso em 23 mar. 2024.

BRESCIANI, A.; PAGANI, M. A.; MARTI, A. Pasta-Making Process: A Narrative Review on the Relation between Process Variables and Pasta Quality. **Foods**, v. 11, n. 3., 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods11030256. Acesso em: 25 nov. 2023.

BROCKWAY, B. E. Pasta. *In*: Dendy, D. A. V.; Dobraszczyk, B. J. (Orgs.). **Cereals and cereal products: chemistry and technology**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 2001. p. 311-321.

CANADA FOOD AND DRUG REGULATION. Whole Wheat Flour or Entire Wheat Flour, Part B, Foods, Division 13, Grain and Bakery Products. **Government of Canada**, 2023, 339 p. Disponível em: https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/c.r.c.,_c._870/page-38.html?wbdisable=true. Acesso em: 17 nov. 2023.

CAPPELLI, A.; OLIVA, N.; CINI, E. Stone milling versus roller milling: A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics. **Trends in Food Science and Technology**, v. 97, p. 147–155, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.008. Acesso em: 19 set. 2021.

CAPPELLI, A.; CINI, E. Challenges and Opportunities in Wheat Flour, Pasta, Bread, and Bakery Product Production Chains: A Systematic Review of Innovations and Improvement Strategies to Increase Sustainability, Productivity, and Product Quality. **Sustanaibility**, v. 13, n. 5, p. 2608. Disponível em://doi.org/10.3390/su13052608. Acesso em: 20 jun. 2024.

CARCEA, M.; TURFANI, V.; NARDUCCI, V.; MELLONI, S; GALLI, V.; TULLIO, V. Stone Milling versus Roller Milling in Soft Wheat: Influence on Products

Composition. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods9010003. Acesso em: 07 out. 2022.

CARDELLO, A. V. Food Quality: relativity, context and consume expectations. In Food Quality and Preference, v. 6, n. 3, p. 163-170, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0950-3293(94)00039-X. Acesso em: 14 jul. 2018.

CASTRO, M. L. G., LARREGAIN, C. C., COSCARELLO, E. N.; AGUERRE, R. J. Chapter 7 - Fibers: Healthy Component in Whole Wheat and Rye Flours. Em: **Food Engineering**. COLDEA, T. E. (Ed.). IntechOpen, Londres, Reino Unido, 2019. 160 p.

CHEN, C.-Y.O.; KAMIL, A.; BLUMBERG, J.B. Phytochemical composition and antioxidant capacity of whole wheat products. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 66, n. 1, p. 63-70, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2014.971228. Acesso em: 03 out. 2018.

CHILLO, S.; LAVERSE, J.; FALCONE, P. M.; PROTOPAPA, A.; DEL NOBILE, M. A. Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. **Journal of Cereal Science**, v. 47, n. 2, p. 144–152, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.03.004. Acesso em: 30 mai. 2018.

CICCORITTI, R.; TADDEI, F.; NICOLETTI, I.; GAZZA, L.; CORRADINI, D.; D'EGIDIO, M. G.; MARTINI, D. Use of bran fractions and debranned kernels for the development of pasta with high nutritional and healthy potential. **Food Chemistry**, v. 225, p. 77–86, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.005. Acesso em: 12 fev. 2023.

CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. **Capítulo IX Alimentos farináceos – cereales, harinas y derivados**. Ministerio de Salud - ANMAT Art 643 (2022). Disponível em: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_ix_harinasactualiz_2022-08.pdf. Acesso em: 17 dez. 2023.

DE BONDT, Y.; HERMANS, W.; MOLDENAERS, P.; COURTIN, C. M. Selective modification of wheat bran affects its impact on gluten-starch dough rheology, microstructure and bread volume. **Food Hydrocolloids**, v. 113, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106348. Acesso em: 24 jun. 2023.

DENG, L.; MANTHEY, F. A. Flowability, wet agglomeration, and pasta processing properties of whole-durum flour: Effect of direct single-pass and multiple-pass

reconstituted milling systems. **Cereal Chemistry**, v. 96, n. 4, p. 708–716, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1002/cche.10167. Acesso em: 11 abr. 2020.

DENG, L.; ELIAS, E. M.; MANTHEY, F. A. Influence of Durum Genotype on Whole Wheat and Traditional Spaghetti Qualities. **Cereal Chemistry**, v. 94, n. 5, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1094/CCHEM-03-17-0062-R. Acesso em: 05 jun. 2019.

DIANTOM, A.; CURTI, E.; CARINI, E.; BOUKID, F.; MATTAROZZI, M.; VODOVOTZ, Y.; CARERI, M.; VITTADINI, E. A multi-scale approach for pasta quality features assessment. **LWT - Food Science and Technology**, v. 101, p. 285–292, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.004. Acesso em: 03 mar. 2022.

DOBLADO-MALDONADO, A. F.; PIKE, O. A.; SWELEY, J. C.; ROSE, D. J. Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 119–126, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.02.015. Acesso em: 24 jun. 2021.

ESPAÑA, MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, JUSTICIA Y RELACIONES CON LAS CORTES. **Real Decreto 677/2016, de 16 de diciembre de 2016**. Aprueba la norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales. Pub. L. No. 677/2016, 1. Disponível em: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-11951. Acesso em: 11 nov. 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization. World Food Situation - FAO Cereal Supply and Demand Brief. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. Disponível em: https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/. Acesso em: 15 dez. 2023.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: **45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**. UFSCar, São Carlos, SP, p. 255-258, 2000. Disponível em: https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html. Acesso em: 19 mar. 2018.

FERREIRA, A. R.; FELISBERTO, M. H. F.; NEVES, E. C. A.; BEHRENS, J. H.; CLERICI, M. T. P. S. Comparative study of the partial replacement of *Triticum durum* semolina in *fettuccine* pasta by bamboo fiber and young bamboo culm flour. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, e37811225728, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25728. Acesso em: 27 set. 2023.

FERRUZZI, M. G.; JONNALAGADDA, S. S.; LIU, S.; MARQUART, L.; MCKEOWN, N.; REICKS, M.; RICCARDI, G.; SEAL, C.; SLAVIN, J.; THIELECKE, F.; VAN DER KAMP, J.-W.; WEBB, D. Developing a Standard Definition of Whole Grain Foods for Dietary Recommendations: Summary Report of a Multidisciplinary Expert Roundtable Discussion. **Advances in Nutrition: An International Review Journal**, v. 5, n. 2, p. 164–176, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.3945/an.113.005223. Acesso em: 12 set. 2023.

FDA. Food and Drug Administration. **Draft Guidance for Industry and FDA Staff Whole Grains Label Statement Availability**, 2006. Disponível em: https://www.regulations.gov/docket/FDA-2006-D-0298. Acesso em: 30 set. 2021.

FDA. Food and Drug Administration. Requirements for Whole Wheat Flour. Sec. 137.200, volume 2. Whole wheat Flour Code of Federal Regulations Title 21. **U.S. Department of Health and Human Services**, 2023. Disponível em: https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-137/subpart-B/section-137.200. Acesso em: 27 nov. 2023.

FDA. Food and Drug Administration. Requirements for Specific Standardized Macaroni and Noodle Products Sec. 139.138, volume 2. Whole wheat macaroni product. Code of Federal Regulations Title 21. **U.S. Department of Health and Human Services**. Disponível em: https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-139/subpart-B/section-139.138. Acesso em: 27 nov. 2023.

FOSCHIA, M.; PERESSINI, D.; SENSIDONIA, A.; BRENNAN, M. A.; BRENNAN, C. S. How combinations of dietary fibres can affect physicochemical characteristics of pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 1, p. 41-46, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.010. Acesso em: 03 out. 2018.

FUAD, T.; PRABHASANKAR, P. Role of ingredients in pasta product quality: A review of recent developments. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n. 8, p. 787-798, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10408390903001693. Acesso em: 10 out. 2021.

GAZZA, L.; GALASSI, E.; NOCENTE, F.; NATALE, C.; TADDEI, F. Cooking Quality and Chemical and Technological Characteristics of Wholegrain Einkorn Pasta Obtained from Micronized Flour. **Foods**, v. 11, n. 18, p. 1-10, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods11182905. Acesso em: 27 nov. 2023.

GÓMEZ, M.; GUTKOSKI, L. C.; BRAVO-NUÑEZ, A. Understanding whole-wheat flour and its effect in breads: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 6, p. 1-25, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12625. Acesso em: 10 jul. 2024.

GULL, A.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Optimization and functionality of millet supplemented pasta. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 4, p. 626-632, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-457X.6745. Acesso em: 18 mar. 2018.

GUO, H.; WU, H.; SAJID, A.; LI, Z. Whole grain cereals: the potential roles of functional components in human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 30, p. 8388–8402, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1928596. Acesso em: 30 nov. 2023.

HIRAWAN, R.; SER, W. Y.; ARNTFIELD, S. D.; & BETA, T. Antioxidant properties of commercial, regular- and whole-wheat spaghetti. **Food Chemistry**, v. 119, n 1, p. 258–264, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.022. Acesso em: 09 out. 2023.

ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Massas Alimentícias. REGO, R. A.; VIALTA, A.; CERIBELLI, L (Orgs.). **Massas Alimentícias Industrializadas**: nutrição com praticidade e sabor. 1 ed. São Paulo: Instituto de Tecnologia de Alimentos, BB Editora, ABIMAPI, 2021. Disponível em: https://ital.agricultura.sp.gov.br/massas/3/. Acesso em: 15 out. 2023.

ITALIA; Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste - MASAF. Regolamento per la revisione della normativa sulla produzione e commercializzazione di sfarinati e paste alimentari, a norma dell'articolo 50 della legge 22 febbraio 1994, n. 146 (Decreto del Presidente della Repubblica 9 febbraio 2001, n. 187). Disponível em: https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2772. Acesso em: 03 fev. 2024.

JONNALAGADDA, S. S.; HARNACK, L.; HAI LIU, R.; MCKEOWN, N.; SEAL, C.; LIU, S.; FAHEY, G. C. Putting the Whole Grain Puzzle Together: Health Benefits Associated with Whole Grains--Summary of American Society for Nutrition 2010 Satellite Symposium**. Journal of Nutrition**, v. 141, n. 5, p. 1011S-1022S, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.3945/jn.110.132944. Acesso em: 15 jun. 2018.

KHALID, K. H.; MANTHEY, F.; SIMSEK, S. Whole grain wheat flour production using an ultracentrifugal mill. **Cereal Chemistry**, v. 94, n. 6, 2017, p. 1001–1007. https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-17-0117-R. Acesso em: 09 out. 2023.

KOPP, W. How Western Diet And Lifestyle Drive The Pandemic Of Obesity And Civilization Diseases. **Diabetes Metabolomic Syndrome Obesity**, v. 12, p. 2221–2236, 2019. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6817492/pdf/dmso-12-2221.pdf Acesso em: 18 ago. 2020.

KRISTENSEN, M; JENSEN, M. G., RIBOLDI, G.; PETRONIO, M.; BÜGEL, S.; TOUBRO, S.; TETENS, I.; ASTRUP, A. Wholegrain vs. refined wheat bread and pasta. Effect on postprandial glycemia, appetite, and subsequent ad libitum energy intake in young healthy adults. **Appetite**, v. 54, n. 1, p. 163-169, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.10.003. Acesso em: 17 jun. 2022.

LAUREATI, M.; CONTE, A.; PADALINO, L.; DEL NOBILE, M. A.; PAGLIARINI, E. Effect of Fiber Information on Consumer's Expectation and Liking of Wheat Bran Enriched Pasta. Journal of Sensory Studies, v. 31, n. 4, p. 348–359. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1111/joss.12218. Acesso em: 05 set. 2021.

LEGLAND, D.; ALVARADO, C.; BADEL, E.; GUILLON, F.; KING, A.; LE, T.D.Q.; RIVARD, C.; PARÉ, L.; CHATEIGNER-BOUTIN, A.-L.; GIROUSSE, C. Synchrotron Based X-ray Microtomography Reveals Cellular Morphological Features of Developing Wheat Grain. **Applied Sciences**, v. 12, n. 7, 3454, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app12073454. Acesso em: 03 nov. 2023.

LI, C.; TILLEY, M.; CHEN, R.; SILIVERU, K.; LI, Y. Effect of bran particle size on rheology properties and baking quality of whole wheat flour from four different varieties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 175, 114504, 2023. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114504. Acesso em: 13 jul. 2024.

MANDARINO, J. M. G. **Componentes do trigo: caracteristicas fisico-quimicas, funcionais e tecnológicas**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994, 34 p. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/460386/componentes-do-trigo-caracteristicas-fisico-quimicas-funcionais-e-tecnologicas. Acesso em: 27 out. 2017.

MANTHEY, F. A.; SCHORNO, A. L. Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. Cereal Chemistry, v. 79, n. 4, p. 504–510, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.4.504. Acesso em: 28 set. 2017.

MARLETT, J. A.; MCBURNEY, M. I.; SLAVIN, J. L. Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 102, n. 7, p. 993-1000, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0002-8223(02)90228-2 . Acesso em: 26 jul. 2020.

MARTI, A.; EGIDIO, M. G. D.; PAGANI, M. A. Pasta: Quality Testing Methods. *In*: WRIGLEY, C. W.; KOUSHIK, H. C.; FAUBION, S. J. (Orgs.). **Encyclopedia of Food Grains.** Oxford: Academic Press, 2016. p. 161-165.

MARTI, A.; CATTANEO, S.; BENEDETTI, S.; BURATTI, S.; ABBASI PARIZAD, P.; MASOTTI, F.; IAMETTI, S.; PAGANI, M. A. Characterization of Whole Grain Pasta: Integrating Physical, Chemical, Molecular, and Instrumental Sensory Approaches. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 11, p. 2583–2590, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1750-3841.13938. Acesso em: 20 dez. 2019.

MASCHIO, G.; STOLL, L.; HOPPE, A.; SANT'ANNA, V. Health, nutrition, and sustainability are in the core heart of Brazilian consumers' perception of whole foods utilization. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 31, n. 100640, p 1-8, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100640. Acesso em: 05 jan. 2024.

MIRANDA, M.Z. DE, GUARIENTI, E.M., SCHEEREN, P. L., BASSOI, M.C., SÓ E SILVA, M., CAIERÃO, E., CASTRO, R.L. DE, TATSCH, P. O., ALBRECHT, J. C., CAETANO, V.R. Aplicação do SKCS no melhoramento e sua relação com outros parâmetros de qualidade. Em: Seminario Internacional «1914-2014, un siglo de mejoramiento de trigo en la estanzuela, 2014, La Estanzuela, Uruguai. Inia. serie técnica, 241. Montevideo: Inia, p. 221-230, 2018.

MOKRZYCKI, W.; TATOL, M. Color difference Delta E: a survey. **Machine Graphics and Vision**, v. 20, n. 4, p. 383–411, 2011. Disponível em: https://doi.org/http://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey. Acesso em: 20 jan. 2017.

NATURAL HISTORY MUSEUM. Past versão 4.09 para-Windows, 2020. University of Oslo. Disponível em: https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past. Acesso em: 19 nov. 2023.

OKARTER, N.; LIU, R. H. Health benefits of whole grain phytochemicals. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n. 3, p. 193–208, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10408390802248734/. Acesso em: 25 jan. 2019.

PRABHASANKAR, P.; HARIDAS RAO, P. Effect of different milling methods on chemical composition of whole wheat flour. **European Food Research and Technology**, v. 213, n. 6, 465–469, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s002170100407. Acesso em: 10 fev. 2019.

RAMAPPA, K. T.; BATAGURKI, S. B.; KAREGOUDAR, A. V.; SHRANAKUMAR, H. Study on effect of milling on quality and nutritive value of finger millets (*Eleusinecoracana*). **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 4, n. 1, p. 64-70, 2011. Disponível em: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133290769. Acesso em: 25 jan. 2019.

ROOZENDAAL, H.; ABU-HARDAN, M.; FRAZIER, R. A. Thermogravimetric analysis of water release from wheat flour and wheat bran suspensions. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 4, p. 606–611, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.009. Acesso em: 21 mar. 2018.

ROSENTRATER, K. A.; EVERS, A. D. Chapter 10: Extrusion processing of pasta and other products. *In*: ROSENTRATER, K. A.; EVERS, A. D. (Orgs.). **Kent's Technology of Cereals**. 5 ed. Cambridge: Woodhead Publishing Series. edition, p. 657–698. Disponível em: https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100529-3.00010-4. Acesso em: 15 jan. 2018.

ROSS, A. S.; KONGRAKSAWECH, T. Characterizing whole-wheat flours produced using a commercial stone mill, laboratory mills, and household single-stream flour mills. **Cereal Chemistry**, v. 95, n. 2, p. 239–252, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1002/cche.10029. Acesso em: 05 set. 2021.

SÃO PAULO. Diretoria Geral da Secretaria da Interventoria. Decreto-lei nº15.642, de 9 de fevereiro de 1946. Aprova o Regulamento do Policiamento da Alimentação Pública. **Palácio do Governo do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 9 fev. 1946. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto.lei/1946/decreto.lei-15642-09.02.1946.html. Acesso em: 29 dez. 2023.

SÃO PAULO. Diretoria Geral da Secretaria da Interventoria. Decreto-lei nº211, de 30 de março de 1970. Dispõe sobre normas de promoção, preservação e recuperação da saúde, no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde, e dá providências correlatas. **Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 31 mar. 1970. Disponível em:

https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto.lei/1970/decreto.lei-211-30.03.1970.html. Acesso em: 09 out. 2023.

SCHAFFER-LEQUART, C.; LEHMANN, U.; ROSS, A. B.; ROGER, O.; ELDRIDGE, A. L.; ANANTA, E.; BIETRY, M. F.; KING, L. R.; MORONI, A. V.; SRICHUWONG, S.; WAVREILLE, A. S.; REDGWELL, R.; LABAT, E.; ROBIN, F. Whole grain in manufactured foods: Current use, challenges, and the way forward. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 8, p. 1562–1568, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10408398.2013.781012. Acesso em: 04 set. 2020.

SLAVIN, J. Whole grains and human health. **Nutrition Research Reviews**, v. 17, n. 1, p. 99-110, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1079/NRR200374. Acesso em 16 out. 2017.

SLAVIN, J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. **Nutrients**, v. 5, p. 1417-1435, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.3390/nu5041417. Acesso em: 20 jan. 2017.

STEGLICH, T.; BERNIN, D.; MOLDIN, A.; TOPGAARD, D.; LANGTON, M. Bran Particle Size Influence on Pasta Microstructure, Water Distribution, and Sensory Properties. **Cereal Chemistry**, v. 92, n. 6, p. 617–623, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM-03-15-0038-R. Acesso em: 23 mar. 2018.

SUO, X.; POMPEI, F.; BONFINI, M.; MUSTAFA, A. M.; SAGRATINI, G.; WANG, Z.; VITTADINI, E. Quality of wholemeal pasta made with pigmented and ancient wheats. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 31, 100665, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100665. Acesso em: 17 jul. 2023.

TIBOLA, C. S.; FERNANDES, J. M. C.; GUARIENTI, E. M.; NICOLAU, M. Distribution of Fusarium mycotoxins in wheat milling process. **Food Control**, v. 53, p. 91–95, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.01.012. Acesso em: 20 set. 2023.

USDA – United States Department of Agriculture. **Food Composition Database**. Disponível em: https://fdc.nal.usda.gov/about-us.html. Acesso em: 18 ago. 2020.

VAN DER KAMP, J. W.; JONES, J. M.; MILLER, K. B.; ROSS, A. B.; SEAL, C. J.; TAN, B.; BECK, E. J. Consensus, global definitions of whole grain as a food ingredient and of whole grain foods presented on behalf of the whole grain initiative. Nutrients, 14, n. 1, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/nu14010138. Acesso em: 18 jan. 2024.

VAN DER KAMP, J. W.; POUTANEN, K.; SEAL, C. J.; RICHARDSON, D. P. The HEALTHGRAIN definition of “whole grain”. **Food and Nutrition Research**, v. 58, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.3402/fnr.v58.22100. Acesso em: 17 set. 2023.

VIGNOLA, M. B.; BUSTOS, M. C.; PÉREZ, G. T. Comparison of quality attributes of refined and whole wheat extruded pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 329–335, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.062. Acesso em: 20 set. 2023.

WAHANIK, A. L.; CHANG, Y. K.; CLERICI, M. T. P. S. How to make pastas healthier. **Food Reviews International**, v. 34, n. 1, p. 1-18, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1210634. Acesso em: 02 mar. 2021.

WAHANIK, A. L.; CHANG, Y. K.; CLERICI, M. T. P. S. How to make pastas healthier. **Food Reviews International**, v. 34, n. 1, p. 52-69, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1210634. Acesso em: 20 set. 2023.WAHANIK, A. L.; NERI-NUMA, I. A.; PASTORE, G. M.; FELISBERTO, M. H. F.; CAMPELO, P. H.; CLERICI, M. T. P. S. Technological and antioxidant characteristics of pasta with whole wheat flour and natural colored concentrates. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, e7110312072, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13072. Acesso em: 20 set. 2023.

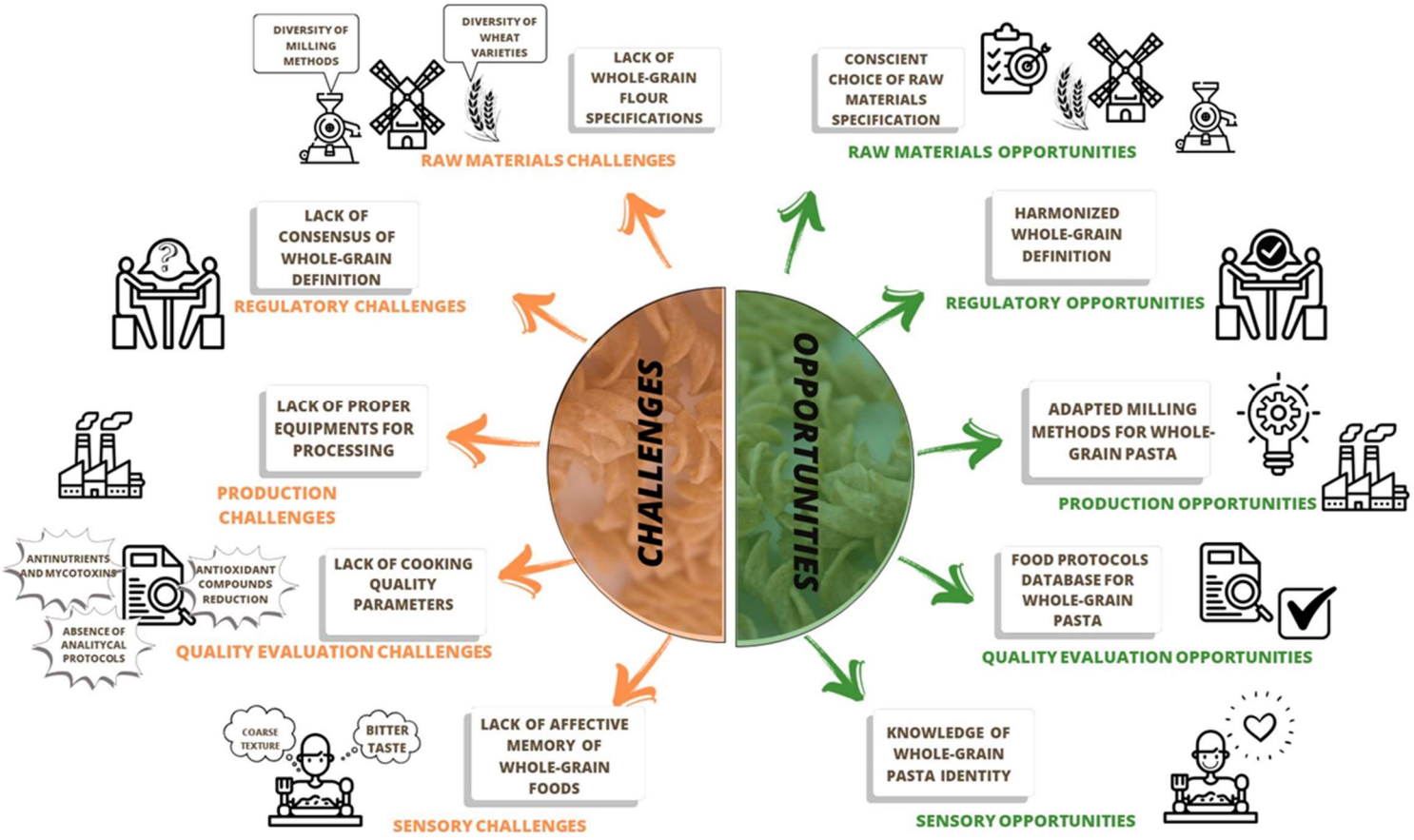
WEST, R.; DUIZER, L.; SEETHARAMAN, K. The effect of drying and whole grain content on the pasting, physicochemical and qualitative properties of pasta. **Starch/Staerke**, v. 65, n. 7–8, p. 645–652, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1002/star.201200212. Acesso em 10 jan. 2018.

WEST, R.; SEETHARAMAN, K.; DUIZER, L. M. Effect of drying profile and whole grain content on flavour and texture of pasta. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 1, p. 82–88. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.03.018. Acesso em: 19 mar. 2018.

ZAUPA, M.; SCAZZINA, F.; DALL’ASTA, M.; CALANI, L.; DEL RIO, D.; BIANCHI, M. A.; MELEGARI, C.; DE ALBERTIS, P.; TRIBUZIO, G.; PELLEGRINI, N.; BRIGHENTI, F. *In vitro* bioaccessibility of phenolics and vitamins from durum wheat aleurone fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 7, p. 1543–1549, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1021/jf404522a. Acesso em: 07 ago. 2024

APÊNDICES

Apêndice 1. *Graphical Abstract* (Capítulo 2) – parte 1.



Apêndice 2. Material complementar sobre a metodologia analítica (Capítulo 4) – parte 1.

METHODOLOGY

Methodology

Raw material

Common wheat – IAC 389
Santa Elisa Experimental Farm
Campinas, São Paulo

Harvest and drying

Cleaning process

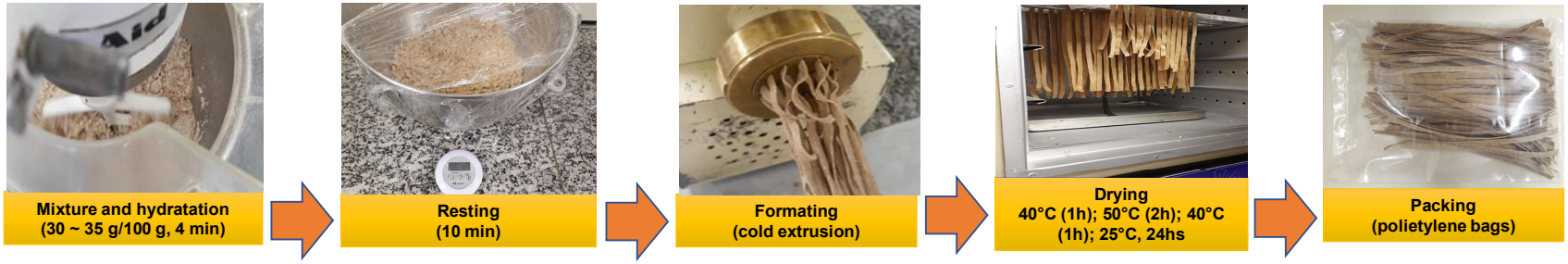
- Local of analysis and processing - Cereals, Roots and Tubers Laboratory. LCRT. School of Food Engineering. (Campinas, Sao Paulo, Brazil)

Apêndice 2. Material complementar sobre a metodologia analítica (Capítulo 4) – parte 2.

METHODOLOGY

Production of the whole-grain pastas (WGP)

FETUCCINE (FE1, FE2, FE3)



FUSILLI (FU1, FU2, F3)