

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS, FÍSICAS, QUÍMICAS E
TECNOLOGICAS DAS FARINHAS DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer
arietinum* L.)**

Autor: Ruan Henrique Alves Abrantes

Orientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

Coorientadora: Dra. Viviane Patrícia Romani

Coorientador: Dr. Osvaldo Resende

Rio Verde – GO

Março – 2025

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS, FÍSICAS, QUÍMICAS E
TECNOLOGICAS DAS FARINHAS DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer
arietinum* L.)**

Autor: Ruan Henrique Alves Abrantes

Orientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

Coorientadora: Dra. Viviane Patrícia Romani

Coorientador: Dr. Osvaldo Resende

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – Área de concentração Tecnologia e Processamento de Alimentos.

Rio Verde – GO

Março – 2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

A161p Alves Abrantes, Ruan Henrique
 PROPRIEDADES NUTRICIONAIS, FÍSICAS, QUÍMICAS E
 TECNOLOGICAS DAS FARINHAS DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer
arietinum* L.) / Ruan Henrique Alves Abrantes. Rio Verde 2023.

 80f. il.

 Orientador: Prof. Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira.
 Coorientadora: Prof^a. Dra. Viviane Patrícia Romani.
 Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0233074 - Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos -
Rio Verde (Campus Rio Verde).
 1. *Cicer arietinum* L. 2. Legumes. 3. Vegetables. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☒ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☐ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Ruan Henrique Alves Abrantes

Matrícula:

2023102330740004

Título do trabalho:

PROPRIEDADES NUTRICIONAIS, FÍSICAS, QUÍMICAS E TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS DE
CEREAIS DE BICO (Cicer ariditimum L.)



RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 20 / 05 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

Local

12 / 04 / 2025

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA
Data: 12/05/2025 16:37:23-0300
Verifique em <https://validar.rii.gov.br>





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 30/2025 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Unidade do IF Goiano:	Campus Rio Verde	
Programa de Pós-Graduação:	Tecnologia de Alimentos	
Defesa de:	Dissertação	Defesa de número: 108
Data: 20/03/2025	Hora de início: 09:00h	Hora de encerramento: 11:10h
Matrícula do discente:	2023102330740004	
Nome do discente:	Ruan Henrique Alves Abrantes	
Título do trabalho:	Propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas das farinhas de grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i> L.)	
Orientador:	Daniel Emanuel Cabral de Oliveira	
Área de concentração:	Tecnologia e Processamento de Alimentos	
Linha de Pesquisa:	Pós-Colheita e Processamento de Grãos e Vegetais	
Projeto de pesquisa de vinculação	Qualidade tecnológica das farinhas de diferentes cultivares de grão-de-bico para a produção de pães	
Titulação:	Mestre em Tecnologia de Alimentos	

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

(Presidente da banca), Prof. Dr. Osvaldo Resende (Avaliador Interno), Profª. Dra Juliana Aparecida Célia (Avaliadora Externa) e Profª. Dra Viviane Patrícia Romani (Avaliadora Externa), sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada por videoconferência para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **RUAN HENRIQUE ALVES ABRANTES**, discente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGTA da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Decisão da banca: Aprovado

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/03/2025 11:14:55.
- Juliana Aparecida Celia, 2023102344060002 - Discente, em 20/03/2025 11:40:09.
- Osvaldo Resende, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/03/2025 13:27:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/03/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 683659
Código de Autenticação: cfda309da0



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela sabedoria, conhecimento e capacitação. A toda minha família, pelos bons exemplos de coragem e determinação. Ao meu orientador Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, coorientadora Dra. Viviane Patrícia Romani e coorientador Dr. Osvaldo Rezende por sempre se mostrarem dispostos a ajudar, orientar, pela paciência e por serem exemplos de simplicidade e profissionalismo. Em especial quero agradecer ao meu colega de curso, Samuel Viana que sem medir esforços me auxiliou e dividiu parte do seu conhecimento comigo durante a execução das atividades práticas realizadas no laboratório. Agradeço a empresa Garbanzo na pessoa do Osmar Pereira Artiga por terem cedido os grãos. Ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, a coordenação do Mestrado em Tecnologia de Alimentos, pela estrutura, recursos, corpo docente e pelos ensinamentos essenciais para minha formação profissional. Agradeço, ainda, às instituições de fomento CAPES, FAPEG, CNPq e FINEP pelo apoio financeiro, dedicação e incentivo à pesquisa, fundamentais para a realização deste e tantos outros trabalhos que direta e indiretamente contribuem positivamente para o avanço do conhecimento científico, desenvolvimento tecnológico e a formação de novos pesquisadores.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Ruan Henrique Alves Abrantes, filho de Gilza Alves Abrantes, nasceu no dia 28 de junho de 1993, na cidade de Paracatu, Minas Gerais. Concluiu a graduação em Engenharia de Produção em junho de 2017, na Faculdade do Noroeste de Minas – FINOM, Campus Paracatu – MG, especializou-se em Gestão de Operações e Logística no Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI). Em abril de 2023, iniciou no curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, no Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde - GO, sob a orientação dos professores Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira e coorientado pela Dra. Viviane Patrícia Romani e Dr. Osvaldo Resende.

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Revisão de literatura	16
1.1.1	Origem e distribuição do grão-de-bico	16
1.1.2	Grão-de-bico no Brasil	17
1.1.3	Importância nutricional do grão-de-bico	18
1.1.4	Qualidade dos grãos	19
1.1.5	Industrialização e produção do biscoito tipo cookie	19
1.2	Referências	20
2	Objetivos	23
2.1	Objetivo geral	23
2.2	Objetivos específicos	23
3	Capítulo 1	24
3.1	Introdução	25
3.2	Material e métodos	26
3.2.1	Obtenção das farinhas de grão-de-bico	27
3.3	Composição centesimal	27
3.3.1	Teor de água	27
3.3.2	Cinzas	28
3.3.3	Cor do grão-de-bico e da farinha	29
3.3.4	Massa específica aparente	29
3.3.5	Massa específica unitária	30
3.3.6	Porosidade	30
3.3.7	Lipídios	31
3.3.8	Proteínas	32
3.3.9	Índice de absorção (IA) e Índices de solubilidade (IS)	33
3.3.10	Carboidratos	34
3.3.11	Valor energético	34
3.3.12	Forma e tamanho	35
3.4	Análise estatística	37
3.5	Resultados e discussão	37
3.6	Conclusão	48
3.7	Referências	49
4	Capítulo 2	51
4.1	Introdução	52
5	Material e métodos	53

5.1	Material	53
5.2	Produção das farinhas.....	53
5.3	Preparação dos biscoitos	54
5.4	Composição proximal das farinhas e biscoitos	54
5.5	Textura e cor dos biscoitos	55
5.6	Minerais.....	56
5.7	Atividade de água (A_w)	56
6	Análise estatística.....	57
7	Resultados e discussão	57
8	Conclusão.....	79
9	Referências.....	80
10	Conclusão geral	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Correlação entre teor de água x cinzas.....	40
Figura 2 Relação do parâmetro L^* do grão x L^* da farinha.....	42
Figura 3 Relação do parâmetro a^* grão x a^* da farinha	43
Figura 4 Relação do parâmetro b^* do grão x parâmetro b^* da farinha	43
Figura 5 Mudança de cor causada pela adição da farinha de grão-de-bico – fonte: próprio autor	68
Figura 6 Imagem de microscopia ampliada em 2000x para as formulações F1 = biscoitos com 100% de farinha arroz; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha grão-de-bico Fonte: próprio autor.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios referentes as massas específicas, porosidade, teor de água e cinzas para diferentes cultivares de grão-de-bico.....	37
Tabela 2	Teores médios de proteínas, lipídios, carboidratos e valor energético, das farinhas de grão-de-bico.	41
Tabela 3-	Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de cor L*, a* e b* dos grãos e das farinhas.....	44
Tabela 4	Índice de absorção de óleo, água e solubilidade em água da farinha do grão-de-bico.	44
Tabela 5-	Valores médios referentes a comprimento, largura, espessura, área projetada, circularidade e esfericidade dos grãos-de-bico	46
Tabela 6	Valores médios referentes a área superficial, diâmetro geométrico, volume e superfície /volume dos grãos-de-bico.....	47
Tabela 7	Ingredientes utilizados no preparo dos biscoitos sem glúten e suas quantidades.	54
Tabela 8	Valores médios de lipídios, proteínas, cinzas e teor de água dos cookies.	57
Tabela 9	Valores médios de carboidratos, valor energético e atividade de água dos cookies sem glúten.....	61
Tabela 10	Valores médios da dureza, fraturabilidade, coesividade, elasticidade, gomosidade, mastigabilidade dos cookies sem glúten.	63
Tabela 11	Valores médios referentes as cores dos cookies.	68
Tabela 12	Parâmetros físicos dos biscoitos de arroz incorporados com farinha de grão-de-bico.	71
Tabela 13	Valores médios encontrados para os minerais.	75

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

FCL	Farinha de casca de laranja
FT	Farinha de trigo
FFV	farinha de feijão vermelho
FAE	farinha de arroz extrusado
P1	Peso do cadinho
P2	Peso da amostra
P3	Peso amostra + cadinho após 24 h
X	Teor de água
A	Peso do cadinho vazio;
B	Peso do cadinho 5 h;
MA	Massa da amostra
L*	luminosidade;
a*	Cromaticidade verde-vermelho;
b*	Cromaticidade azul-amarelo;
C*	Chroma;
h	Hue (°);
ΔE	Variação total da cor;
ρ	Massa específica (g/mL)
M	Massa
V	Volume
P	Porosidade
V _i	volume inicial
V _f	volume final
m'	massa da matéria seca
VB	mL gastos do titulante;
VL	mL gastos do titulante;
F _c	Fator de correção da normalidade do titulante;
MA	Massa da amostra;
IA	Índices de absorção
MRC	Massa do resíduo da centrífuga em gg;
MA	Massa da amostra em gg;
MRE	Massa do resíduo da evaporação em gg;
IS	Índice de solubilidade, %;
MA	Massa da amostra, g;
MRE	Massa do resíduo da evaporação, g;
L	Lipídios;
P	Proteína;
F	Fibra;
C	Cinzas;

PB	Proteína bruta;
CHOt	carboidratos totais;
kcal	Quilocalorias
kg	Quilograma
AACC	American Association for Clinical Chemistry
Anvisa	Agência nacional de vigilância sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CHOt	Carboidratos totais
CIE	Comission Internationale de l'Eclairage (Comissão internacional de iluminação)
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
Cu	Cobre
CV	Coeficiente de variação
M.G.	média geral
f	Fator de correção da solução de hidróxido de sódio
g	gg
h	h
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFGoiano	Instituto federal goiano
kcal	Quilocalorias
kg	Quilograma
M	Metro
m	Massa de lipídios
m'	Massa da matéria seca
Ma	Massa de água;
MA	Massa da amostra
mg	Miligrama
Mg	Magnésio
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Mms	Massa da matéria seca
Mn	Manganês
N	Normalidade
°C	Grau Celsius
N	Nitrogenio
P	Fosforo
K	Fotássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
S	Enxofre
Fe	Ferro
Mn	Manganês
Cu	Cobre
Zn	Zinco
B	Boro

1 Introdução

Estima-se que até o ano de 2050 a população mundial alcance a incrível marca de cerca de 10 bilhões de pessoas, e junto dessa crescente estimativa, aumenta a preocupação quanto a capacidade de produção de alimentos seguros, de boa qualidade, nutritivos e sem esquecer da responsabilidade ambiental (NASCIMENTO, et al. 2016). Reginaldo (2006) estima que, para produzir 1 kg de proteína animal, seja necessário processar de 2 a 10 kg de proteína vegetal, evidenciando que o impacto ambiental da produção de proteína vegetal é significativamente menor em comparação à produção de proteína animal.

Segundo Camargo (2017), a demanda por produtos que contenham ingredientes substitutos de elementos de origem animal tende a crescer significativamente, à medida que aumenta o número de pessoas preocupadas com questões ambientais, proteção e bem-estar dos animais. Diante desse cenário, a indústria alimentícia, tem se dedicado ao desenvolvimento e à produção de alimentos com menos elementos oriundo dos animais. A exigência por produtos naturais, orgânicos e sem conservantes teve um aumento considerável nos últimos tempos, somado ao número de pessoas ligadas a responsabilidade ambiental que tem passado por um crescimento expressivo. Com isso, a indústria tem se dedicado ao desenvolvimento de produtos naturais, e os grãos e leguminosas tem ganhado grande destaque, já que são ricos em proteínas, fibras e vitaminas.

Para Ferreira (2006), o grão-de-bico aparece como uma excelente alternativa ao consumo e aplicação no processo de criação de novos produtos, pois é uma leguminosa que detém alto valor proteico, tendo destaque para o seu teor de proteínas, fibras, ácidos graxos, além de se mostrar um excelente auxiliador no controle do colesterol e do funcionamento do sistema digestivo. Segundo Nascimento et al. (2016) o grão-de-bico, além das suas características nutricionais, tem ganhado destaque por ser uma leguminosa de grande capacidade de se adaptar em diferentes regiões, climas e disposição de água, fazendo possível que o grão esteja presente nos mais diversos continentes, possibilitando no âmbito global, o aumento da produção e do consumo.

O consumo do grão-de-bico no Brasil ainda é bastante limitado quando comparado ao feijão, milho, soja, indo de encontro com a produção, que também não é muita. Portanto, é necessário a importação de países como Argentina e México, já que a produção interna não é suficiente para suprir toda a demanda (CAMARGO, 2017).

O grão-de-bico é uma leguminosa bastante relevante, pois quando comparada as outras leguminosas, apresenta grandes vantagens em sua composição nutricional, mostrando-se capaz de trazer diversos benefícios a

saúde humana. Essa semente é isenta de glúten, e as proteínas presentes nesse alimento são capazes de influenciar positivamente no tratamento de doenças cardiovasculares e no fortalecimento muscular, já as fibras são capazes de auxiliar o equilíbrio da flora intestinal (MENEZES, 2005). Nesse sentido, Queiroga et al. (2021) sugerem também que a criação de novos alimentos derivados do grão-de-bico é uma excelente alternativa para enriquecer e diversificar a indústria voltada a produção de biscoitos livres de glúten.

De acordo com Casemiro (2010) a expressão “glúten” se refere ao um conjunto de proteínas presentes na maioria dos cereais (trigo, aveia, malte, cevada) conhecidas como prolaminas e gluteninas. Essas proteínas reagem entre si quando os grãos sofrem danos mecânicos (moagem) e juntamente com a adição de água são responsáveis por fazer a retenção dos gases gerados durante a fermentação sofrida no processo de fabricação. Para César (2006) esse é o grande desafio da utilização da farinha sem glúten no processo de produção de biscoitos, pois sem a presença do glúten a massa não consegue reter os gases, consequentemente, o volume não aumenta, gerando grandes impactos negativos nas características sensoriais do produto final. Nesse contexto, o presente trabalho tem o objetivo de fazer a caracterização das propriedades físicas, químicas e tecnológicas de 18 cultivares de grão-de-bico e verificar qual é a mais apropriada para o desenvolvimento de biscoitos sem glúten tipo cookies.

1.1 Revisão de literatura

1.1.1 Origem e distribuição do grão-de-bico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma das leguminosas mais antigas cultivadas pela humanidade. Seus primeiros registros aconteceram nas áreas que corresponde atualmente a região da Turquia. Há também alguns estudos mostrando que populações antigas já utilizavam o grão-de-bico como fonte alimentar, tanto por seu valor nutricional quanto por sua facilidade de cultivo em regiões diversificadas (NASCIMENTO et al., 2016).

A domesticação do grão-de-bico e sua posterior popularização ocorreu com a expansão do seu cultivo no norte da África, Europa, e também das Américas. Desde então, o grão-de-bico consolidou-se como uma cultura de relevância global, presente em diversas culinárias e sistemas agrícolas (CAMARGO, 2017).

Atualmente, a Índia é a principal produtora e consumidora de grão-de-bico no mundo, responsável por cerca de 70% da produção global, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO); a produção global anual ultrapassa 15 milhões de toneladas, com tendência de crescimento. Essa expansão é impulsionada pela valorização de alimentos

vegetais, especialmente em regiões ocidentais, onde há um aumento na adoção de dietas baseadas em plantas (FAO, 2023).

Além da produção em larga escala, o grão-de-bico tem ganhado espaço na indústria alimentícia devido à sua versatilidade, pois é utilizado na produção de farinhas para panificação, snacks, biscoitos, substitutos da carne e até bebidas vegetais. Sua popularidade reflete não apenas seu valor nutricional, mas também seu papel estratégico na promoção da versatilidade e segurança alimentar (LIMA et al., 2015).

1.1.2 Grão-de-bico no Brasil

O grão-de-bico é uma das leguminosas mais consumidas no mundo, pesquisas indicam que o maior foco de consumo e produção estão concentrados nos países asiáticos e Turquia. Estima-se que no ano de 2016 a Índia foi responsável por importar cerca de 873 mil toneladas de grão-de-bico, enquanto o Brasil em 2019 importou apenas 7,2 mil toneladas (EMBRAPA, 2017). O consumo do grão-de-bico no Brasil é bastante limitado, e grande parte da população desconhece essa leguminosa; no entanto, o crescimento do público com interesse em alimentos saudáveis, alimentos não oriundos de animais, suprimento da demanda de pessoas celíacas e o interesse de importação demonstrada pelos países asiáticos, tem despertado nos produtores brasileiros o interesse no cultivo desse grão (NASCIMENTO et al., 2016).

Assim como o consumo, a produção do grão-de-bico no Brasil também é bastante limitada, mas a demanda de exportação e o aumento do consumo tem aberto caminhos para o cultivo dessa planta. O cultivo do grão-de-bico é muito interessante e viável para o produtor brasileiro, isso porque o custo de produção é em torno de 40% menor quando comparado com o feijão (ARTIAGA, 2017). Outra grande vantagem no cultivo dessa planta, é que ela é considerada uma planta “rustica”, pois necessita de menores quantidades de água (quando comparada com feijão), além de mostrar maior resistência a certos tipos de pragas, o que reduz o custo com defensivos (RODRIGUES, 2019).

O grão-de-bico mostra um melhor desempenho (capacidade de produção) em regiões com temperaturas frias, mas apresenta grandes condições de adaptação em regiões que tenha o clima variando entre 15 °C e 35 °C, por esse motivo, essa cultura tem alcançado bons resultados nos solos nacionais (CNA/SENAR, 2020). Segundo Nascimento et al. (2016) a boa adaptação dessa leguminosa no território brasileiro tem gerado resultados muito acima da média, pois enquanto o cenário internacional apresenta 900 quilos por hectare, o Brasil conseguiu entregar uma média de 2,5 ton/há, com expectativa de alcançar 3 ton/há nos próximos anos.

No ano de 2016 a safra de grão-de-bico no Brasil bateu recorde nacional, pois alcançou boas médias de produção, sendo colhido cerca de 800 toneladas nos 400 hectares de plantio, confirmando novamente a superioridade de

capacidade produção, acima da média internacional. Essa quantidade não tem grande expressão quando comparado com as produções da Ásia e Turquia, mas é sem dúvidas um grande avanço para o mercado interno, uma vez que o cultivo dessa não planta não tem grande representatividade nas lavouras nacionais (ARTIAGA, 2017). O desenvolvimento e aprimoração na produção desse grão, pode colocar o Brasil diante de uma grande oportunidade de se tornar uma potência em termos de produção e exportação de grão-de-bico. Além do visível interesse de compra por parte do continente asiático, essa cultura tem apresentado grande capacidade de produção, e menores custos de produção (DAMICO, 2017).

De acordo com Lopes (2017), o Brasil está vivendo uma crescente na produção do grão, e a tendência é de continuar aumentando, já que a população indiana tem crescido cerca de 18 milhões de habitantes por ano, demandando assim maiores quantidades de importação do produto. Lopes (2017) ainda diz, que devido ao aumento no consumo interno e aumento na demanda de exportação, o cultivo de grão-de-bico no Brasil saiu de 0 hectares em 2013 para 8000 hectares em 2018. Dessa forma, evidencia-se que a alta demanda por importação e a grande capacidade de produção, coloca o Brasil em uma posição de destaque frente ao mercado internacional de produção e exportação de grão-de-bico (RODRIGUES, 2019).

1.1.3 Importância nutricional do grão-de-bico

O grão-de-bico tem sido cada vez mais valorizado devido ao seu alto teor de proteínas de aproximadamente 20 a 26% de sua composição total. Ferreira et al. (2006) ainda afirma ser um ótimo fornecedor de minerais, fibras, vitaminas e ácidos graxos insaturados. Essa leguminosa possui importância nutricional e grande capacidade de interferência direta na alimentação animal e humana, pois apresenta um excelente balanceamento dos aminoácidos presente na sua composição, além de possuir alto valor biológico e grande capacidade de influenciar positivamente o sistema digestivo quando comparado com as outras leguminosas (BRAGA et al., 1997).

Segundo Vieira et al. (1999) esse alimento, tem sua caracterização nutricional variando entre 45 a 65% de carboidratos, sendo a maior parte é composta por amidos. Também possui alto teor de fibras e uma pequena quantidade de índice glicêmico. Essas características, causam grandes impactos na saúde humana, pois elas contribuem para a perda de peso, diminuição do colesterol, controle do diabetes tipo II, e pode ser consumido por pessoas celíacas, já que ele não possui glúten em sua composição.

Para Carvalho (2012) o grão-de-bico possui pequenas taxas de lipídios e grandes índices de ácidos graxos insaturados, como o linolênico e oleico, sendo que essas características contribuem assertivamente para a redução das chances de doenças cardiovasculares; além de ser um alimento altamente

nutritivo devido aos altos índices de minerais presente na sua composição (cálcio, fosforo, potássio e ferro).

Do grão-de-bico aproveita-se a semente, casca e até a água resultante do cozimento (conhecida popularmente como aquafaba). Após o cozimento, o grão-de-bico pode ser diretamente consumido ou usado para auxiliar na formulação de outros alimentos, visando um aumento nos índices nutricionais e melhoria das características sensoriais do alimento.

1.1.4 Qualidade dos grãos

De acordo com Lopes (2011), a qualidade dos grãos está diretamente relacionada com a integridade física de determinada quantidade em relação a amostra total. Os grãos com avarias físicas e impurezas são um grande problema que ameaça incisivamente a qualidade da produção de grãos, já que esses problemas são de difícil solução. Assim como nas demais culturas, o grão-de-bico apresenta suas particularidades, havendo assim alguns critérios usados no momento da inspeção e que impactam diretamente na aceitação ou não dos grãos. Como exemplo, temos o teor de água, que deve estar variando entre 13% e 14%; esses também devem estar livres de insetos e odor não característico; além de possuir uma boa padronização do tamanho e cor dos grãos (SANTIAGO et al., 2013). Também deve-se avaliar a quebra dos grãos resultantes do processo de beneficiamento. Esse incidente pode ter relação direta com a forma que a colheita foi realizada, com a genética da planta, peso dos grãos e capacidade de resistência mecânica, pois todas essas variáveis, são capazes de interferir na estrutura física dos grãos, justificando assim a quebra dos grãos (RAMIRO, 2018).

Outro fator que deve ser levado em consideração durante a avaliação da qualidade dos grãos, são as características fisiológicas, também conhecidas como germinação e vigor. A germinação está diretamente ligada à capacidade dos grãos se desenvolverem e crescerem sob condições favoráveis, enquanto o vigor, está relacionado à força do embrião e sua capacidade de se alojar mais rapidamente no solo, tornando-se uma planta mais forte e resistente. Portanto, para garantir a qualidade dos grãos de grão-de-bico, é essencial que elas atendam aos critérios básicos de avaliação, tanto de integridade física quanto fisiológica (LOPES et al., 2011).

1.1.5 Industrialização e produção do biscoito tipo cookie

A produção de biscoitos é um dos setores mais tradicionais e importantes da indústria alimentícia no Brasil, pois apresenta raízes históricas e uma evolução significativa ao longo dos anos. A produção de biscoitos envolve uma vasta rede de pequenos e grandes produtores, além de integrar tecnologia,

inovação e sustentabilidade. A origem do biscoito tipo cookie é europeia, mas chegada ao Brasil, é herança da colonização portuguesa, já que eles foram os responsáveis por promover esse tipo de inovação e por implantar as primeiras técnicas de fabricação (LÍBERO, 2024).

O cookie, é um alimento resultante da cocção de uma massa fermentada, feita geralmente com farinhas ricas em proteínas. No entanto, existem diversos tipos de cookies, e por isso, não há uma receita padrão para a fabricação desse produto, sendo assim, os ingredientes sofrem diversas variações em função da qualidade e da finalidade do alimento a ser produzido; entretanto, existem alguns ingredientes que são essenciais para manter as características dos cookies, sendo: fermento, água, sal e farinhas, sejam elas de trigo, arroz, grão-de-bico e demais cereais e/ou leguminosas (LÍBERO, 2024).

A farinha de trigo é produzida a partir da trituração do trigo, e tem a função de auxiliar no desenvolvimento da estrutura da massa através da retenção dos gases gerados durante o processo de fermentação; no entanto o glúten presente nessa farinha apresenta desvantagens pois inviabiliza o consumo do produto por parte das pessoas celíacas; assim a substituição por farinhas de arroz e grão-de-bico por exemplo, além de serem altamente proteicas, agrega valor ao produto pois podem ser consumidos por todos os públicos, uma vez que são isentas de glúten e não deprecia o biscoito. Dessa forma, percebe-se que a incorporação de novas tecnologias e ingredientes variados, como farinhas sem glúten, amplia o acesso ao produto, tornando-o mais inclusivo e nutritivo. (SILVA, 2017).

1.2 Referências

ARTIAGA, O. P.; SPEHAR, C. R.; BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M. **Avaliação de genótipos de grão de bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 10, n. 1, p. 102-109, 2015.

BRAGA, N. R.; VIEIRA, C.; VIEIRA, R. F. **Comportamento de cultivares de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) na microrregião de Viçosa, Minas Gerais.** Revista Ceres, v. 44, n. 255, p. 577-591, 1997.

CAMARGO, L. M. **Flexitarianos: vegetarianos flexíveis inspiran la innovación alimentária.** Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos, [s. l.], n. 480, p. 34-39, 2 fev. 2017. Acesso em: 21 dez. 2023.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5. ed. FUNEP, 2012.

CASEMIRO, J. M. **Adesão à dieta sem glúten por pacientes celíacos em acompanhamento no Hospital Universitário de Brasília.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina, Brasília, DF.

CÉSAR, ALDARA DA SILVA; GOMES, JOSÉ CARLOS; STALIANO, CRISTINA DINNI; FANNI, MARCELA LOUREIRO; BORGES, MOACIR CHAVES. **Elaboração de pão sem glúten**. Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 1-6, abril 2006. Acesso em: 14 mar. 2024.

ENES, C. C.; SLATER, B. **Obesidade na adolescência e seus principais fatores determinantes**. Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 163-171, março 2010. Acesso em: 22 dez. 2024.

ETCHEVERRIA, B. B. **Qualidade de sementes de soja durante as etapas do beneficiamento**. Monografia (Graduação em Agronomia) — Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2016.

FERREIRA, A. C. P.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. **Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 26, n. 1, p. 80-88, mar. 2006.

GASPAR, C. M. O.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; TOMAZ, C. A. **Manutenção da umidade do substrato durante o teste de germinação de *Brachiaria brizantha***. Revista Brasileira de Sementes, v. 29, n. 3, p. 52-60, 2007.

INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS - ICRISAT. **Chickpea**. 2017. Acesso em: 20 dez. 2023.

LIBERO, ARTHUR. **Biscoito, Bolacha ou Cookie? O alimento mais popular do mundo**. 2024. Acesso em: 15 set. 2024.

MENEZES, T. N.; MARUCCI, M. F. N. **Antropometria de Idosos Residentes em Instituições Geriátricas**. Fortaleza, CE: [s. n.], 2005. Acesso em: 22 dez. 2023.

MORAES, KESSIANE SILVA DE; ZAVAREZE, ELESSANDRA DA ROSA; MIRANDA, MARTHA ZAVARIZ DE; SALAS-MELLADO, MYRIAM DE LAS MERCEDES. **Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie com variações nos teores de lipídio e de açúcar**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 1, p. 233-242, maio 2010.

MORAES NETO, J. M. **Determinação de parâmetros básicos de feijão carioquinha necessários ao modelamento matemático de secagem em camada espessa**. Campina Grande, PB: UFPB, 102 p. Dissertação (Mestrado), 2005.

NASCIMENTO. **Grão-de-bico: Nova aposta do agronegócio brasileiro**. Acesso em: 17 maio 2024.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P. **Grão-de-bico: nova aposta do agronegócio brasileiro**. SEEDNews, edição XXIII, 2019. Acesso em: 20 dez. 2024.

QUEIROGA, V. P.; GIRÃO, Ê. G.; ALBUQUERQUE, E. M. B. **Grão de Bico (*Cicer arietinum* L.): Tecnologias de Plantio e Utilização**. Revista Eletrônica A Barriguda, Campina Grande, PB, ed. 1ª Edição, 30 jan. 2021. Acesso em: 22 dez. 2023.

RODRIGUES. **Pesquisa brasileira desenvolve grão-de-bico mirando mercado asiático**. Acesso em: 17 maio 2024.

RODRIGUES, P. **Grão de bico Aleppo permite autossuficiência e abre perspectivas para exportação.** Embrapa Hortaliças, 2019.

RURAL C. **Brasil exporta primeira grande carga de grão-de-bico.**

SENAR. **Grão-de-bico, uma oportunidade no mercado internacional.** Acesso em: 17 maio 2024.

SILVA, DAIANA VIEIRA. **Propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) em função de diferentes condições de secagem do fruto.** 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Realizar a caracterização nutricional de 18 cultivares de grão-de-bico, bem como avaliar as propriedades, físicas, químicas e tecnológicas dos cookies produzidos a partir da substituição parcial da farinha de arroz pela farinha do grão-de-bico.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as características tecnológicas, índices de absorção e solubilidade em água, leite e óleo.
- Verificar a coloração das farinhas por espectrofotômetro HunterLab a partir das leituras de L^* (luminosidade), a^* e b^* (parâmetros de Hunter).
- Caracterizar os grãos segundo sua composição proximal (teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos e fibras) e valor energético.
- Avaliar as características tecnológicas e funcionais dos cookies.

3 Capítulo 1

Avaliação das propriedades físico-químicas de diferentes cultivares de grão-de-bico

RESUMO

Conhecer as propriedades físico-químicas dos produtos vegetais é de extrema importância. No caso dos grãos, assim como de outros produtos agrícolas, sua determinação é ainda mais importante, pois está diretamente relacionada a qualidade do armazenamento e eficiência dos processos de pós-colheita. Assim, objetivou-se determinar as propriedades físicas, químicas e tecnológicas de diferentes cultivares de grãos-de-bico. Os grãos foram produzidos no Instituto Federal Goiano - Campus Iporá e as análises foram conduzidas no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de média Scott-Knott até 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar. Observou-se que a cultivar GB 2112762173 se destacou nas características físicas apresentando altos valores de massa específica unitária e aparente, além de uma porosidade relativamente baixa. Em se tratando das características químicas, a cultivar GB ALEPPO NEW 2168 aparece sendo a mais proteica, enquanto a GB 20056A2179 com o menor índice de lipídios e a GB 20006 sendo a mais rica em carboidratos e valor energético. Em relação a cor do grão e da farinha, as cultivares GB 05155 e GB 2119682178 foram as mais claras, GB 20146MT e GB 20006 as mais avermelhadas, GB 2112762173 e GB CRISTALINO 2163 as mais amareladas; a cultivar GB ZEUS teve o melhor resultado para a absorção de óleo, BRS TORO se destacou na solubilidade em água e GB 200012164 se mostrou melhor em absorção de água. Em termos de dimensões e área projetada, a cultivar GB 20056A2179 teve os melhores números, enquanto a GB 2112102169 se destacou em circularidade e esfericidade.

Palavras-chave: *Cicer arietinum* L, Leguminosas, Vegetais

ABSTRACT

Knowing the physical, chemical and technological properties of plant products is extremely important. In the case of grains, as well as other agricultural products, its determination is even more important, as it is directly related to the storage, quality and efficiency of post-harvest processes. Thus, this work aims to determine the physical, chemical and technological properties of different chickpea cultivars. The grains were produced at the Federal Institute of Goiás - Campus Iporá and the analyses were conducted at the Laboratory of Post-

Harvest of Plant Products of the Federal Institute of Goiano - Campus Rio Verde. The results were submitted to the analysis of variance and Scott-Knott mean test up to 5% probability using the statistical program Sisvar. It was observed that the GB 2112762173 cultivar stood out in the physical characteristics presenting high values of real and apparent specific mass, in addition to a relatively low porosity. Regarding chemical characteristics, the GB ALEPPO NEW 2168 cultivar appears to be the most proteinic, while the GB 20 056 A 217 had the lowest lipid index, and the GB 20006 was the richest in carbohydrates and energy value. In relation to grain and flour color, GB 05155 and GB 2119682178 cultivars were the lightest, GB 20146MT and GB 20006 the reddest, GB 2112762173 and GB CRISTALINO 2163 the most yellowish. The GB ZEUS cultivar had the best result in oil absorption, BRS TORO excelled in water solubility, and GB 200012164 proved to be better in water absorption; in terms of dimensions and projected area, GB 20056A2179 had the best numbers, while the GB 2112102169 excelled in roundness and sphericity.

Keywords: *Cicer arietinum* L, Legumes, Vegetables

3.1 Introdução

As leguminosas desempenham um papel importantíssimo na alimentação humana e animal, isso porque são ricas em proteínas, carboidratos e fibras, trazendo assim diversos benefícios para o nosso organismo. Entre as leguminosas mais consumidas estão o feijão, soja, lentilha e grão-de-bico de forma que esses alimentos por serem extremamente nutritivos, possam ser considerados uma opção de alta relevância em se tratando da substituição a proteína de origem animal. Diversas culturas são conhecidas e consumidas em todo o mundo, e entre as cinco leguminosas mais conhecidas está o grão-de-bico. Esse grão é originário da Turquia, mas é no continente asiático que se registra os maiores índices de produção e consumo do mundo (QUEIROGA et al., 2021).

O grão-de-bico está enquadrado na família das plantas herbáceas, tendo como características folhas cujos tons variam entre o verde e o amarelo, as flores muito semelhantes a cor branca, e o caule apresentando medidas próximas a 70 cm (FARIAS, 2019).

Estima-se que Índia seja o maior consumidor do grão-de-bico no mundo, acredita-se também que seu consumo gire em torno de 70% da produção mundial (ICRISAT, 2017). Devido à grande demanda desse produto, a Índia se especializou na produção dessa leguminosa, de forma que em 2019, sua produção alcançou a maior relação toneladas/hectares quando comparado com os outros 40 países produtores dessa cultura (FAO, 2019).

No Brasil, sua produção ainda tem baixa relevância quando comparado com feijão, milho, soja, trigo e arroz, fazendo-se necessário a importação de países como Argentina e México para suprir a demanda de consumo interno. No

entanto, a crescente oportunidade de exportação desse produto e a enorme capacidade de produção tem transformado o Brasil em um “país em potencial”, já que o continente asiático cada vez mais aumenta o seu consumo. Portanto, é necessário aumentar os níveis de produção desse produto, já que o consumo tem sido maior que a capacidade de produção (CAMARGO, 2017).

O grão-de-bico (*Cicer arietinum*) possui em sua composição nutricional uma variedade de macronutrientes, micronutrientes e fibras, o que o torna um alimento ideal para compor dietas equilibradas. A análise da composição proximal do grão-de-bico revela as proporções dos principais componentes que o constituem, incluindo proteínas, carboidratos, lipídios e fibras.

Em termos de macronutrientes, o grão-de-bico possui uma média que varia entre 18% a 26% de seu peso composto por proteínas. Essas proteínas vegetais são de alta qualidade e contêm aminoácidos essenciais, o que torna sua combinação com outros alimentos, como arroz, altamente benéfica para o suprimento parcial dos aminoácidos essenciais. Além das proteínas, o grão-de-bico contém uma quantidade significativa de carboidratos, representando cerca de 60% de sua composição (FERREIRA et al. 2006). Os lipídios por sua vez estão presentes em menor quantidade, representando cerca de 5% a 7% da sua composição. Embora essa porcentagem seja baixa, o grão-de-bico contém ácidos graxos insaturados que são extremamente benéficos para a saúde cardiovascular (CARVALHO, 2012). Além disso, devido aos bons níveis de fibras, essa leguminosa desempenha um papel fundamental na manutenção da saúde digestiva, no controle do colesterol e no auxílio à regulação intestinal (MENEZES, 2005).

Por ser uma leguminosa muito nutritiva e isenta de glúten, Silva (2019) sugere que o grão-de-bico seja amplamente utilizado na indústria alimentícia para o desenvolvimento de farinhas funcionais, massas sem glúten, snacks saudáveis, bebidas vegetais, produção de análogos de carne, como hambúrgueres e almôndegas vegetais, bem como na formulação de sopas e produtos instantâneos, oferecendo assim alternativas nutritivas e acessíveis para diversos públicos. Soares et al. (2007) diz que o grão-de-bico apresenta grande potencial na produção de ração animal, além da possibilidade de aproveitando seus subprodutos para reduzir o desperdício e agregar valor à cadeia produtiva; assim, o grão-de-bico destaca-se não apenas como um alimento complementar em dietas especiais, mas também como um ingrediente inovador para diferentes segmentos da indústria.

Nesse contexto, esse estudo tem como objetivo determinar as propriedades físicas, químicas e tecnológicas de diferentes cultivares de grão-de-bico, afim que seus resultados contribuam para a ampliação de seu uso e valorização no mercado.

3.2 Material e métodos

Para a realização desse estudo foram utilizados frutos colhidos entre os meses de setembro e outubro, no Instituto Federal Goiano (IFGoiano) - Campus Iporá. As análises foram conduzidas no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais (LPCPV) do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde.

A colheita aconteceu com o auxílio de máquinas e equipamentos, ou seja, de forma mecanizada, visando garantir uma melhor autonomia nos resultados e maior qualidade dos grãos. Após o material chegar ao laboratório, foi avaliado o teor de água de cada uma das 18 cultivares através do método de secagem em estufa a 105 °C até alcançar peso constante (AOAC, 1997). Em seguida, as cultivares foram devidamente separadas, identificadas e armazenadas em ambiente climatizado, para que fossem utilizadas no decorrer do experimento.

3.2.1 Obtenção das farinhas de grão-de-bico

Para a realização das análises de cinzas, cor, lipídios, proteínas, absorção de água, solubilidade e absorção de óleo, se fez necessário a transformação das 18 cultivares de grão-de-bico em farinhas. Foi realizada a seleção e limpeza dos grãos, para que apenas os grãos saudáveis fossem utilizadas, dessa forma, todas as impurezas e grãos com avarias mecânicas foram descartados.

A elaboração das farinhas aconteceu com o auxílio de um moinho elétrico DIOGOMAQ com rotor tipo ciclone modelo MA 1340 disponibilizado pelo laboratório do IFGoiano. A padronização da granulometria ocorreu através de uma peneira de aço inox de 1 mm; em seguida, as amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas de polipropileno e armazenadas a 2 °C em Biochemical Oxygen Demand (B.O.D).

3.3 Composição centesimal

3.3.1 Teor de água

A determinação do teor de água foi realizada baseado no método (AACC, 2000) através da secagem em estufa, onde a mesma foi ajustada a uma temperatura de 105 °C/24 horas. Para essa análise, realizou-se previamente uma avaliação visual com a intenção de separar os grãos bons dos grãos defeituosos e impurezas. Após a limpeza, iniciou-se o processo de pesagem das amostras, sendo que para cada cultivar foram realizadas três pesagens. Cada pesagem foi feita usando um cadinho de alumínio (numerado) e devidamente seco na estufa e resfriado no dessecador. Em cada cadinho foram colocados aproximadamente 10 g dos grãos e em seguida colocou-se na estufa (ajustada

a uma temperatura de 105 °C) por 24 h. Após o fim do processo, pesou-se novamente para saber a quantidade de água que o material perdeu durante o período que esteve na estufa. O teor de água foi calculado da seguinte forma conforme equação apresentada abaixo.

$$X = \frac{(P1 + P2) - P3}{P2} \times 100$$

Equação 1

Onde:

X = Teor de água;

P1 = Peso do cadinho;

P2 = Peso da amostra;

P3 = Peso amostra + cadinho após 24 h.

3.3.2 Cinzas

As análises de cinzas, também chamada de resíduo mineral fixo, foram realizadas a partir da farinha do grão-de-bico de acordo com o método AOAC nº 923.03 de 2005. Para isso foram utilizados cadinhos de porcelana devidamente identificados e secos em estufa com temperatura controlada e resfriados no dessecador. Os cadinhos foram pesados em uma balança de precisão e 5 g da farinha de cada cultivar foi adicionada, sendo que para cada cultivar esse processo foi repetido por três vezes (triplicata).

Após a separação e pesagem, as amostras foram levadas a mufla por um período de 5 h com temperatura ajustada em 550 °C para que a matéria orgânica fosse completamente incinerada. Após o período determinado os cadinhos de porcelana resfriaram no dessecador para que em seguida fossem realizadas as pesagens e verificou-se a diferença de massa. O cálculo foi realizado conforme equação abaixo:

$$X = \frac{(B - A)}{MA} \times 100$$

Equação 2

A = Peso do cadinho vazio;

B = Peso do cadinho 5 h;

MA = Massa da amostra.

3.3.3 Cor do grão-de-bico e da farinha

A determinação de cor aconteceu em duas etapas; na primeira, foi avaliado a cor dos grãos e na segunda etapa a cor das farinhas. De acordo com o método AACC 14-22, a interpretação da leitura das cores aconteceu com o auxílio de um colorímetro ColorFlex-EZ, onde uma amostra do material foi adicionada em um refratário transparente de vidro que compõe o equipamento e realizada a leitura. Os resultados que o colorímetro apresenta, são coordenadas de refletância, onde L^* determina a luminosidade do material, a^* indica a intensidade da relação entre o vermelho e verde (+a = indica vermelho, -a = indica verde), e o b^* mostra a intensidade entre o amarelo e o azul (+b indica amarelo, -b indica azul).

A interpretação dos tratamentos ligados a saturação da cor Chroma, ângulo Hue e a diferença de cor total também foram realizados em triplicata, conforme equações apresentadas abaixo.

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Equação 3

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Equação 4

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

Equação 5

Onde:

L^* = Luminosidade;
 a^* = Cromaticidade verde-vermelho;
 b^* = Cromaticidade azul-amarelo;
 C^* = Chroma;
 h = Hue (°);
 ΔE = Variação total da cor.

3.3.4 Massa específica aparente

A massa específica aparente foi determinada através da relação entre a massa da amostra e o seu respectivo volume. Para esse experimento foi utilizado um recipiente de massa e capacidade volumétrica conhecido; também se utilizou um funil suspenso com uma tampa na parte inferior. Em sequência foi adicionada uma amostra de forma que o funil ficasse cheio, e em seguida, abriu-se a tampa da parte inferior para que os grãos caíssem de uma só vez no recipiente. Com uma régua foi retirado o excesso de material do refratário. O volume e peso da amostra foram registrados e a massa específica foi calculada da seguinte forma:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Equação 6

Onde:

ρ = massa específica (g/mL);

M = massa;

V = volume.

3.3.5 Massa específica unitária

A determinação da massa específica unitária (MEU) aconteceu calculando a razão entre a massa específica aparente e a porosidade.

$$\text{Massa específica unitária} = \frac{\text{Massa específica aparente}}{\text{Porosidade}}$$

Equação 7

3.3.6 Porosidade

A porosidade intergranular foi avaliada com o auxílio de duas provetas graduadas e hexano de forma que em uma das provetas foi colocado 100 mL dos grãos de grão-de-bico e na outra proveta, adicionado 100 mL de hexano. Na sequência, transferiu-se o líquido para a proveta que continham os grãos. O objetivo foi preencher os espaços vazios existentes entre os grãos, já que suas formas e tamanhos são desiguais e geram pequenos espaços vazios entre si.

A porosidade foi conhecida a partir da leitura da proveta após a transferência de material, sendo que, o resultado foi exatamente a diferença entre quantidade de líquido que foi transferido e a quantidade que sobrou na proveta. Se na proveta de grãos couber 50 mL de hexano, conseqüentemente a porosidade da amostra será de 50%. A determinação foi feita através da equação abaixo seguindo as orientações de (COUTO et al., 1999).

$$\text{Porosidade} = (\text{Volume inicial} - \text{Volume final})/100$$

Equação 8

3.3.7 Lipídios

A determinação dos lipídios foi realizada por meio da técnica de Soxhlet, método AOAC nº 923.03 de 2005. Esse método consiste na adição de uma amostra em um cilindro que contém solvente, juntamente com o fornecimento de calor ao cilindro, de forma que o vapor do solvente seja separado por meio das tubulações, fazendo-se possível a separação dos compostos presentes nas amostras.

Nesse contexto, foram usados reservatórios feito de papel devidamente grampeado e identificado, e em cada reservatório, colocou-se aproximadamente 5 g da farinha de cada cultivar. O estrato Etéreo, aconteceu após a pesagem dos balões de vidro.

Após isso, com o auxílio do hexano, preencheu-se o espaço vazio na vidraria chamada de trombone, e o ligamos na tomada para que o processo de aquecimento do hexano se iniciasse, também foi ligada a torneira responsável por enviar a água e fazê-la circular no interior do trombone, pois essa circulação da água é responsável pelo resfriamento da vidraria, já que o álcool é aquecido a aproximadamente 100 °C, e sem esse sistema de troca de calor, a vidraria dificilmente suportaria essa temperatura.

A análise de lipídios é feita através do óleo que é extraído ao final do ciclo de aproximadamente 8 h de funcionamento. O processo de extração ocorre por meio da evaporação do hexano que acontece no interior do sistema, sendo que existe uma resistência elétrica que quando ligada a tomada, fornece calor ao álcool de forma que esse rapidamente entre no estado de evaporação; com a alta temperatura do hexano, o óleo começa a ser extraído da farinha e se mistura com o álcool; e para apurarmos o óleo, colocou-se o balão de vidro no equipamento chamado de rota-evaporador, para que aconteça a separação entre o óleo e o hexano, e em seguida, fez-se necessário reservar os balões na estufa ajustada em 105 °C por aproximadamente uma hora. Dessa forma, acontece a extração do óleo da farinha que estava refratada no saquinho de papel.

Os cálculos utilizados durante essa determinação estão demonstrados na equação abaixo.

$$\% \text{Lipídios} = 100 \times \frac{m}{m'}$$

Equação 9

em que:

m = massa de lipídios, g;

m' = massa inicial;

3.3.8 Proteínas

A determinação da proteína bruta aconteceu através do regulamento AACC 46-12, onde foi verificado o teor de nitrogênio orgânico total, método esse conhecido como Kjeldahl. Inicialmente foram adicionados no tubo de ensaio 0,5 gg da farinha, juntamente com 2,5 g da mistura catalítica, em seguida foram adicionados 7mL de ácido sulfúrico; com isso, já é possível perceber a mudança na coloração da farinha. Após o término da preparação do material, iniciou-se o processo da digestão. O bloco digestor, é um equipamento que trabalha com altas temperaturas e é responsável por promover a digestão do material; dessa forma, os tubos de ensaio foram colocados no interior do bloco por um período de quatro horas, sendo que a temperatura foi ajustada em 50 °C a cada 30 min partindo dos 100 °C.

Ao fim das quatro h, a parte sólida da amostra (farinha) passou do estado sólido para o líquido e atingiu a cor verde-claro, esse processo é o que chamamos de digestão completa; a partir daí, no interior da caldeira, induzimos o aquecimento da água para que o processo de destilação se inicie (Modelo TE-0364 Marca Tecnal).

Em sequência, no reservatório no equipamento, foram adicionados 25 mL de hidróxido de sódio e 20 mL de ácido bórico no erlenmeyer de 250 mL que é conectado na saída do condensador. Após a caldeira atingir sua temperatura ideal de trabalho, colocou-se o tubo de ensaio na entrada do equipamento, e abriu-se a válvula do reservatório para que os 25 mL de hidróxido de sódio fossem misturados com a amostra digerida. Ao final desse processo, essa solução juntou-se com o ácido bórico, atingindo assim a cor esverdeado e possibilitando a realização da titulação, processo que acontece adicionando ácido clorídrico 0,1 N a solução destilada, até a mesma atingir a cor rósea (AACC, 2000). Os cálculos foram realizados conforme equações abaixo.

$$\%Proteína (bu) = \frac{(VL - VB) \times (0,014 \times 100) \times 6,25 \times N \times Fc}{MA}$$

Equação 10

$$\%Proteína (bs) = \frac{y \ 100}{(100 - X)}$$

Equação 11

em que:

VB = mL gastos do titulante;
 VL = mL gastos do titulante;
 0,014 = meq Nitrogênio;
 6,25 = Fator de conversão do teor de N em proteína;
 N = Normalidade do titulante;
 Fc = Fator de correção da normalidade do titulante;
 MA = Massa da amostra;
 X = % teor de água;

3.3.9 Índice de absorção (IA) e Índices de solubilidade (IS)

Também se fez necessário realizar as análises para determinar os índices de absorção e solubilidade de água e óleo de acordo com Anderson et al. (1969).

Em um tubo de ensaio foi adicionado aproximadamente 0,1 grama da farinha de grão-de-bico, juntamente com 10mL de solvente, posteriormente, o tubo com a amostra foi levado a centrífuga para ser submetido a 5000 rpm durante 20 min; sem seguida, realizamos a separação do líquido sobrenadante do restante do material, colocando-o no cadinho de alumínio e levando a estufa ajustada a 105 °C por um período de 3 h; por fim, pesou-se o cadinho para verificar a quantidade resultante do processo.

Nesse contexto, a partir do conhecimento dos resíduos da evaporação, determinou-se os índices de absorção conforme a equação abaixo.

$$IA = \frac{MRC}{MA} \times MRE \times 100$$

Equação 12

em que:

IA= Índices de absorção

MRC= Massa do resíduo da centrifuga em gramas;

MA= Massa da amostra em gramas;

MRE= Massa do resíduo da evaporação em gramas;

Já o índice de solubilidade foi determinado conforme a seguinte equação.

$$IS = \frac{MRE}{MA} \times 100$$

Equação 13

em que:

IS = Índice de solubilidade, %;

MA= Massa da amostra, g;

MRE= Massa do resíduo da evaporação, g;

3.3.10 Carboidratos

A determinação dos carboidratos se deu por meio de cálculos matemáticos que faz relação entre o total da matéria integral e as porcentagens de água, proteína, lipídios e cinzas, assim temos:

$$Carboidratos = 100 - (X + L + P + C)$$

Equação 14

X= teor de água;

L = lipídios;

P = proteína;

C = cinzas;

3.3.11 Valor energético

A determinação do valor energético foi realizada por meio da equação de Atwater que utiliza: proteínas, 4 kcal g⁻¹; carboidratos, 4 kcal g⁻¹; lipídios, 9 kcal g⁻¹ como constantes de conversão.

$$\text{Valor Calórico (kcal/100g)} = (\text{PB} \times 4) + (\text{CHOt} \times 4) + (\text{L} \times 9)$$

Equação 15

Sendo que:

PB = proteína bruta;

CHOt= carboidratos totais;

L = lipídios.

3.3.12 Forma e tamanho

Forma e tamanho é mais uma propriedade física dos grãos, ou seja, são as características físicas definidas geneticamente de cada produto, e é de suma importância o seu conhecimento, pois através dessas informações, é possível fazer o dimensionamento dos equipamentos que serão utilizados para fazer a secagem e armazenamento, separação, limpeza, transporte e outros.

Para isso, foi realizado a separação de forma visual, com a intenção de separar os grãos defeituosos e impurezas dos grãos saudáveis; sem seguida, foi escolhido de forma aleatória aproximadamente 20 unidades de cada cultivar para serem medidos. Com o auxílio de um equipamento chamado de “paquímetro”, cada grão foi medido de acordo com os eixos “x”, “y” e “z”; onde “x” representa a largura, “y” comprimento e “z” a profundidade. Dessa forma, conheceremos os tamanhos dos grãos.

- Circularidade

A circularidade é o resultante entre a razão maior área projetada do grão e a área do menor círculo; conforme a equação abaixo.

$$\text{Circularidade} = \frac{\text{Maior Eixo Grão}}{\text{Menor Eixo Grão}}$$

Equação 16

- Esfericidade

A esfericidade (E) é uma medida que descreve as características de um objeto sólido em comparação com uma esfera que possui o mesmo volume conforme mostrado na equação abaixo.

$$\text{Esfericidade} = \frac{(\text{largura} \cdot \text{altura} \cdot \text{comprimento})^{1/3}}{\text{largura}}$$

Equação 17

- Área projetada (mm²)

A área projetada (ap) é a proporção entre os dois maiores eixos dos grãos (largura e altura) conforme mostrado na equação abaixo.

$$A_p = \frac{\pi \cdot \text{altura} \cdot \text{largura}}{4}$$

Equação 18

- Área superficial (mm²)

A área superficial (s) é a multiplicação entre os eixos “X”, “Y” e “Z” (largura, altura e comprimento), conforme demonstrado na equação.

$$S = \pi (\text{largura} \cdot \text{altura} \cdot \text{comprimento})^{1/3}$$

Equação 19

- Volume (M³)

O volume (v) dos grãos foi determinado por meio de um modelo matemático que considera os grãos com o formato de esferoide, conforme mostrado na equação abaixo.

$$V = \frac{\pi \cdot \text{altura} \cdot \text{largura} \cdot \text{comprimento}}{6}$$

Equação 20

- Relação Superfície/volume

A relação superfície/volume (sv) é a proporção entre a área superficial e o volume conforme mostrado na equação abaixo.

$$SV = \frac{\text{área superficial}}{\text{volume}}$$

Equação 21

- Diâmetro geométrico

O diâmetro geométrico (dg), foi determinado por meio da multiplicação dos eixos X", "Y" e "Z" (altura, comprimento e largura, respectivamente) conforme mostrado na equação abaixo.

$$DG = (\text{largura} \cdot \text{altura} \cdot \text{comprimento})^{1/3}$$

Equação 22

3.4 Análise estatística

Os dados obtidos nos experimentos foram analisados utilizando o software estatístico SISVAR® versão 6.0. Os resultados foram apresentados como média $\pm$ desvio padrão em tabelas. As análises foram realizadas em triplicata e os valores médios dos resultados dos 18 tratamentos de farinha de grãos-de-bico foram avaliados por análise de variância (ANOVA) seguida do teste de médias de Scott-Knott a 5% de significância.

3.5 Resultados e discussão

Analisando os valores obtidos no experimento nota-se que os números encontrados para a massa específica unitária são muito mais expressivos quando comparado com a massa específica aparente. Dessa forma, foi relacionado na Tabela 1 as médias de porosidade (%), massa específica aparente (kg m^{-3}), massa específica unitária (kg m^{-3}), teor de água (% base úmida), cinzas (%), coeficiente de variação, desvio padrão e média geral.

Tabela 1 Valores médios referentes as massas específicas, porosidade, teor de água e cinzas para diferentes cultivares de grão-de-bico

Tratamentos	Massa específica aparente kg/m^3	Massa específica unitária kg/m^3	Porosidade (%)	Teor de água	Cinzas (%)
GB 20056A2179	806,579 $\pm$ 7,43 ^A	1.408,878 $\pm$ 2,33 ^A	42,75 $\pm$ 0,57 ^B	20,786 $\pm$ 0,04 ^M	2,401 $\pm$ 0,03 ^C
GB 20146MT	752,942 $\pm$ 5,08 ^D	1.357,570 $\pm$ 50,37 ^B	44,50 $\pm$ 2,08 ^A	24,644 $\pm$ 0,23 ^J	2,513 $\pm$ 0,35 ^C

GB 20023	798,652 ± 3,28 ^B	1.383,440 ± 36,20 ^B	42,25 ± 1,52 ^B	27,301 ± 0,04 ^F	3,292 ± 0,01 ^A
GB 2119682178	810,850 ± 3,44 ^A	1.429,501 ± 35,32 ^A	43,25 ± 1,50 ^B	29,561 ± 0,21 ^B	1,850 ± 0,14 ^D
GB 20031D	810,344 ± 6,92 ^A	1.415,574 ± 21,55 ^A	42,75 ± 0,50 ^B	26,318 ± 0,10 ^H	2,624 ± 0,40 ^C
GB ZEUS (2)	816,438 ± 4,27 ^A	1.414,300 ± 34,58 ^A	42,25 ± 1,25 ^B	30,566 ± 0,18 ^A	3,036 ± 0,08 ^B
GB 2112762173	802,665 ± 8,40 ^B	1.452,930 ± 25,36 ^A	44,75 ± 0,57 ^A	27,183 ± 0,02 ^F	1,936 ± 0,09 ^D
GB 0327	804,112 ± 4,06 ^B	1.392,936 ± 33,45 ^B	42,25 ± 1,25 ^A	27,928 ± 0,02 ^D	2,834 ± 0,07 ^B
GB 20006	801,892 ± 3,69 ^B	1.376,685 ± 8,39 ^B	41,75 ± 0,50 ^B	14,634 ± 0,20 ^O	2,938 ± 0,14 ^B
GB ALEPPO NEW 2168	803,032 ± 5,88 ^B	1.415,170 ± 21,65 ^A	43,25 ± 0,50 ^B	29,542 ± 0,13 ^B	2,594 ± 0,03 ^C
BRS TORO	788,040 ± 3,54 ^C	1.376,605 ± 17,85 ^B	42,75 ± 0,50 ^B	23,158 ± 0,02 ^K	2,913 ± 0,04 ^B
GB 20031	812,415 ± 3,57 ^A	1.425,565 ± 25,79 ^A	43,00 ± 0,81 ^B	19,17 ± 0,04 ^N	2,884 ± 0,06 ^B
BRS CRISTALINO 2163	797,889 ± 10,33 ^A	1.406,051 ± 21,66 ^A	43,25 ± 0,50 ^B	22,038 ± 0,55 ^L	2,560 ± 0,09 ^C
GB 211867	802,021 ± 2,82 ^B	1.407,249 ± 18,66 ^A	43,00 ± 0,81 ^B	24,784 ± 0,19 ^I	2,891 ± 0,33 ^B
GB 200012164	808,917 ± 2,08 ^A	1.451,570 ± 35,36 ^A	44,25 ± 1,25 ^A	28,690 ± 0,18 ^C	2,531 ± 0,22 ^C
GB 05155	786,058 ± 5,23 ^C	1.379,299 ± 29,54 ^B	43,00 ± 1,00 ^B	27,860 ± 0,12 ^D	3,105 ± 0,31 ^A
GB 20074	783,293 ± 3,41 ^C	1.374,419 ± 21,39 ^B	43,00 ± 0,81 ^B	26,898 ± 0,19 ^G	3,311 ± 0,15 ^A
GB 2112102169	796,690 ± 1,35 ^B	1.429,581 ± 32,01 ^A	44,25 ± 1,25 ^A	27,428 ± 0,53 ^E	2,596 ± 0,24 ^C
CV (%)	0,66	1,91	2,29	0,86	7,95
Média geral	799,04	1.405,40	43,12	25,47	2,71

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância conforme teste de médias Scott-Knott. Coeficiente de variação (CV).

A relevante diferença entre os valores encontrados para massa específica unitária e massa específica aparente já era esperada uma vez que o teor de água tem interferência direta na massa específica aparente pois na determinação da massa específica unitária considera-se apenas a massa dos grãos e desconsidera a porosidade. Por outro lado, a massa específica aparente inclui tanto a massa dos grãos, a porosidade e o teor de água presente no material, o que resulta em um valor significativamente menor.

De acordo com os dados obtidos no experimento e expostos na Tabela 1 percebe-se que a porosidade apresentou diferenças entre as cultivares, formando assim dois grupos (classificação A e classificação B). Segundo o teste de Scott-Knott, as cultivares GB 20146MT, GB 2112762173, GB 0327, GB 200012164, GB 2112102169 receberam a classificação “A” pois não apresentaram variações significativas entre si, dessa forma, são consideradas iguais. Já as cultivares GB 20056A2179, GB 20023, GB 2119682178, GB 20031D, GB ZEUS, GB 20006, GB ALEPPO NEW 2168, BRS TORO, GB 20031, BRS CRISTALINO 2163, GB 211867, GB 05155, GB 20074, receberam classificação “B”, pois são iguais entre si, mas são estatisticamente diferentes das cultivares enquadradas no grupo “A”.

Da mesma forma, acontece com a massa específica unitária (ρ_u), que apresentou uma média geral de 1.405,4 kg m⁻³, se mostrando muito parecido com os valores de 1.292,83 a 1.443,26 kg/m³ encontrados por PIERRE (2019) para o feijão. Dessa forma, as cultivares GB 20056A2179, GB 2119682178, GB 20031D, GB ZEUS, GB 2112762173, GB ALEPPO NEW 2168, GB 20031, BRS CRISTALINO 2163, GB 211867, GB 200012164, GB 2112102169 receberam

classificação “A”, enquanto as cultivares GB 20146MT, GB 20023, GB 0327, GB 20006, BRS TORO, GB 05155, GB 20074 apresentam diferenças desprezíveis entre si; porém, são consideradas diferentes das demais espécies pertencentes ao grupo “A”.

Já a massa específica aparente quando comparada com a porosidade e a massa específica unitária apresentou maior variação, pois teve as 18 espécies subdividas em quatro grupos distintos; assim GB 20056A2179, GB 2119682178, GB 20031D, GB ZEUS, GB 20031, BRS CRISTALINO 2163 são as cultivares com os maiores volumes, sendo que BRS CRISTALINO 2163 teve o menor volume de $797,88 \text{ kg m}^{-3}$, GB ZEUS teve o maior, $816,43 \text{ kg m}^{-3}$, receberam classificação “A” e registraram média de $809,02 \text{ kg/m}^3$; GB 20023, GB 2112762173, GB 0327, GB 20006, GB ALEPPO NEW 2168, GB 211867, GB 2112102169 ocupam o segundo maior espaço volumétrico, e juntas receberam classificação “B”. Já a BRS TORO, GB 05155 e GB 20074 obtiveram a melhor uniformidade volumétrica, variando em média 1.582 kg m^{-3} , e representam o terceiro maior volume e GB 20146MT com $752,94 \text{ kg/m}^3$ representa a menor massa, recendo assim classificação “D”.

Na Tabela 1 também estão apresentados os resultados que relacionam o teor de água e o resíduo mineral fixo (cinzas). A análise do teor de água dos grãos foi realizada dias após a colheita e não foram padronizados através da secagem; isso gerou uma grande variação do teor de água entre as cultivares; dessa forma, GB ZEUS se mostrou com 30,57% b.u. sendo considerada a cultivar com o maior teor de água; enquanto GB 20006 registrou 14,63% b.u. mostrando-se ser a cultivar com o menor teor de água. Dessa forma, percebe-se que entre as 18 cultivares testadas, 15 apresentaram variações no teor de água, sendo que segundo Sinício (2011) para que se tenha um processamento de qualidade e armazenamento seguro o indicado é que o teor de água varie entre 12 e 13% b.u.

Embora 15 das 18 culturas tenham apresentado teor e água diferente ao analisarmos o resíduo mineral fixo, percebe-se que as variações foram bem menores em relação ao teor de água. Com o objetivo de verificar se existe convergência, foram realizadas no produto final análises entre essas duas variáveis, em sequência, foi verificado que existe uma correlação negativa bem próximo a zero, indicando que essa correlação é quase insignificante.

O teste de correlação Pearson segundo Guaste (2020) é um método muito utilizado para medir relações lineares entre variáveis. Representado pela letra “r”, esse coeficiente varia de -1 a 1, onde valores extremos indicam relações lineares perfeitas (positiva ou negativa) e valores próximos de zero sugerem ausência de correlação linear. Na imagem 1 está representada a correlação entre o teor de água e o resíduo mineral fixo.

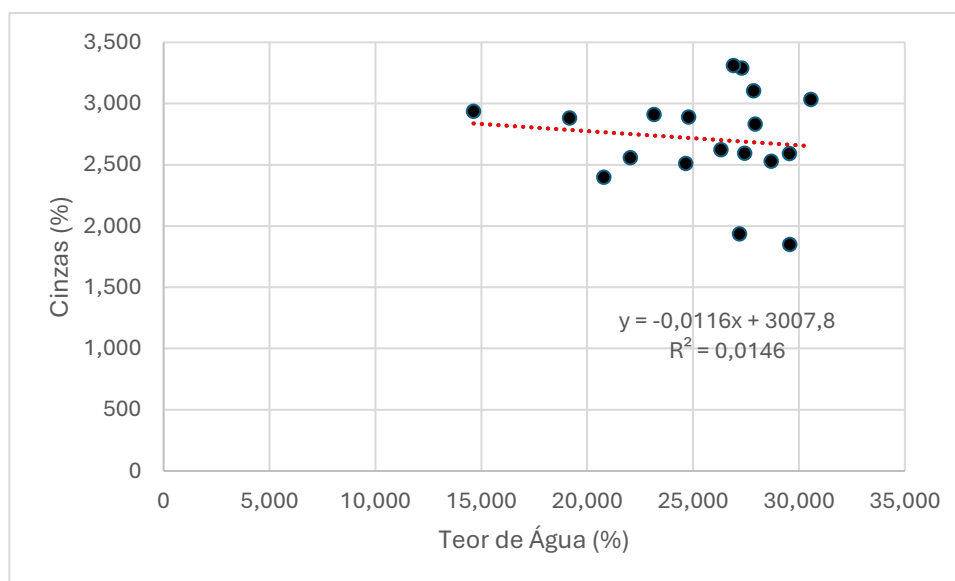


Figura 1 Correlação entre teor de água x cinzas

O gráfico mostra uma correlação muito fraca entre o teor de água e o teor de cinzas, sugerindo que o aumento da teor de água tem pouca ligação com a redução no teor de cinzas. Além disso, o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,0146$) indica que apenas 1,46% da variação do teor de cinzas pode ser explicada pela variação do teor de água, enquanto 98,54% não pode, pois sofre influência de outros fatores. Também é possível perceber que a linha de tendência foi ajustada ao modelo de regressão linear resultando em uma inclinação baixa ($-0,0116$), evidenciando a fraqueza dessa relação.

Assim, conclui-se que a quantidade de água disponível no grão, de acordo com o teste de correlação Pearson que apresentou $-0,12$ como resultado, tem pouca ou nenhuma interferência no teor de cinzas da amostra analisada, e que as diferenças registradas podem estar mais relacionadas com as características genéticas da espécie do que propriamente com o teor de água.

Na Tabela 2, estão expostos os resultados estatísticos das análises de proteínas, lipídios, carboidratos e valor energético. Através destes resultados é possível observar que as 18 cultivares do grão-de-bico obtiveram uma média geral de 19,68 g/100g de proteínas e foram separadas em apenas dois grupos, sendo que GB 20146MT, GB 20023, GB 20031D, GB 2112762173, GB ALEPPO NEW 2168, GB CRISTALINO 2163 são consideradas iguais, receberam classificação “A” e obtiveram média entre si de 23,56 g/100g de proteínas; GB 20056A2179, GB 2119682178, GB ZEUS, GB 0327, GB 20006, BRS TORO, GB 20031, GB 211867, GB 200012164, GB 05155, GB 20074, GB 2112102169 apresentaram média proteica de 17,74 g/100g e receberam classificação “B” por serem consideradas iguais. Após as avaliações, conclui-se que a média geral de concentração de proteínas do grão-de-bico encontrado nesse estudo, é bastante coerente com os 18 a 31% encontrado nas análises realizadas por Sinomi (2017) durante a avaliação do grão-de-bico.

Tabela 2 Teores médios de proteínas, lipídios, carboidratos e valor energético, das farinhas de grão-de-bico.

Tratamentos	Proteínas (g/100g)	Lipídios (g/100g)	Carboidratos (g/100g)	Valor energético (Kcal/100g)
GB 20056A2179	18,733 ± 0,75 ^B	2,704 ± 0,488 ^A	55,373 ± 0,79 ^B	320,769 ± 4,17 ^C
GB 20146MT	22,117 ± 1,07 ^A	2,905 ± 0,077 ^A	47,819 ± 0,37 ^D	305,896 ± 2,66 ^F
GB 20023	22,575 ± 1,41 ^A	2,739 ± 0,488 ^A	44,090 ± 1,35 ^E	291,323 ± 3,18 ^I
GB 2119682178	18,820 ± 1,47 ^B	2,831 ± 0,088 ^A	46,936 ± 1,29 ^D	288,508 ± 1,66 ^J
GB 20031D	22,318 ± 4,07 ^A	2,961 ± 0,075 ^A	45,776 ± 0,82 ^D	299,033 ± 15,01 ^G
GB ZEUS	19,198 ± 0,76 ^B	2,919 ± 0,521 ^A	44,278 ± 0,92 ^E	280,185 ± 5,47 ^K
GB 2112762173	25,514 ± 1,77 ^A	3,091 ± 0,102 ^A	42,274 ± 1,83 ^E	298,971 ± 2,06 ^G
GB 0327	17,820 ± 1,49 ^B	2,713 ± 0,007 ^A	48,703 ± 1,41 ^D	290,510 ± 0,31 ^I
GB 20006	19,009 ± 1,55 ^B	2,945 ± 0,038 ^A	60,472 ± 1,59 ^A	344,431 ± 1,35 ^A
GB ALEPPO NEW 2168	26,389 ± 0,36 ^A	3,020 ± 0,190 ^A	38,453 ± 0,41 ^F	286,554 ± 1,62 ^J
BRSTORO	16,811 ± 2,99 ^B	2,975 ± 0,043 ^A	54,142 ± 1,18 ^B	310,588 ± 11,84 ^E
GB 20031	16,566 ± 0,01 ^B	2,914 ± 0,184 ^A	58,463 ± 0,26 ^A	326,351 ± 0,74 ^B
GB CRISTALINO 2163	22,481 ± 0,47 ^A	2,712 ± 0,505 ^A	50,208 ± 0,83 ^D	315,162 ± 5,92 ^D
GB 211867	16,875 ± 1,26 ^B	2,793 ± 0,020 ^A	52,654 ± 1,44 ^C	303,258 ± 1,31 ^F
GB 200012164	18,014 ± 0,98 ^B	3,199 ± 0,180 ^A	47,563 ± 0,77 ^D	291,107 ± 1,27 ^I
GB 05155	18,480 ± 0,68 ^B	2,862 ± 0,058 ^A	47,691 ± 0,29 ^D	290,445 ± 1,92 ^I
GB 20074	15,358 ± 0,52 ^B	2,784 ± 0,084 ^A	51,647 ± 0,62 ^C	293,084 ± 0,47 ^H
GB 2112102169	17,302 ± 2,17 ^B	2,924 ± 0,074 ^A	49,747 ± 2,76 ^D	294,522 ± 4,42 ^H
CV (%)	9,51	9,58	4,00	0,67
Média	19,68	2,89	49,23	301,70

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Scott-Knott. Coeficiente de variação (CV).

A grande diversidade de cultivares, tem responsabilidade direta com as variações das análises das propriedades físicas e químicas do grão-de-bico, aqui, percebemos que ao contrário do teor de proteínas, todas as variedades do grão apresentaram uma só classificação de lipídios e média geral de 2,89 g/100g, o que nos permite entender, que o teor de lipídios se manteve estatisticamente “constante” para todas as 18 culturas; essa porcentagem de lipídios encontrado para esse vegetal, ficou a abaixo quando comparado ao estudo de Sinomi (2017), que na sua análise sobre o grão-de-bico, apresentou médias de 3,1 a 6,8%.

Sharma (1984) diz que essa leguminosa apresenta cerca de 61,2% de carboidratos, valor acima da média geral de 49,23 g/100g aqui descrita, sendo que, GB 20006 possui 60,47 g/100g e foi considerada a espécie com maior teor carboidratos, enquanto a GB ALEPPO NEW 2168 apresentou 38,45 g/100g, sendo enquadrada com a cultivar com menor quantidade de carboidratos.

Em relação ao valor energético, as 18 culturas aqui descritas apresentaram uma média geral de 301,70 Kcal/100g, sendo extremamente condizente com os relatos de Sinomi (2017), que encontrou médias variando entre 357 a 446 Kcal a cada 100 g de grão-de-bico; no entanto, houve muitas

diferenças entre as amostras, de forma que GB 20056A2179, GB ZEUS, GB 20006, BRS TORO, GB 20031, GB CRISTALINO 2163 obtiveram classificações completamente distintas entre si, pois apresentaram resultados únicos; enquanto GB 20146MT e GB 211867 foram classificadas como “F” (iguais), GB 20031D e GB 2112762173 classificadas como “G” (iguais), GB 20074 e GB 2112102169 classificados como “H” (iguais), GB 0327, GB 200012164 e GB 05155 classificados como “I” (iguais), GB 2119682178 e GB ALEPPO NEW 2168 classificadas como “J” (iguais).

A Tabela 3 em consenso com as Figuras 2, 3 e 4 expõe os números resultantes dos ensaios colorimétricos e faz um comparativo entre as análises realizadas nos grãos e nas farinhas. Nesse contexto, é possível perceber que em todos os cenários, o “L” da farinha foi em média 32,87% maior que o “L” do grão, mostrando que a transformação do grão em farinha, faz com que a mesma, tenha uma grande tendência a atingir cores mais claras que a dos grãos.

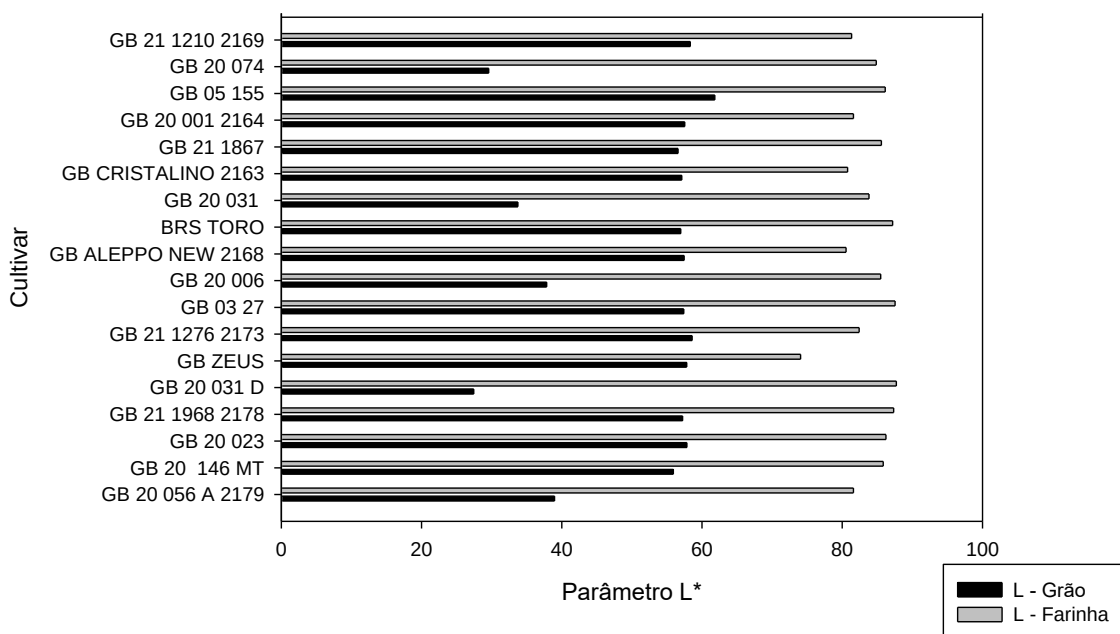


Figura 2 Relação do parâmetro L* do grão x L* da farinha

Em contrapartida, a Figura 3 mostra que o “A” do grão com uma média de 11,26% teve vantagem em todos os tratamentos, pois se mostrou bem maior que o “A” da farinha. Dessa forma, entende-se que o grão inteiro, tende a ser mais avermelhado do que quando transformado em farinha.

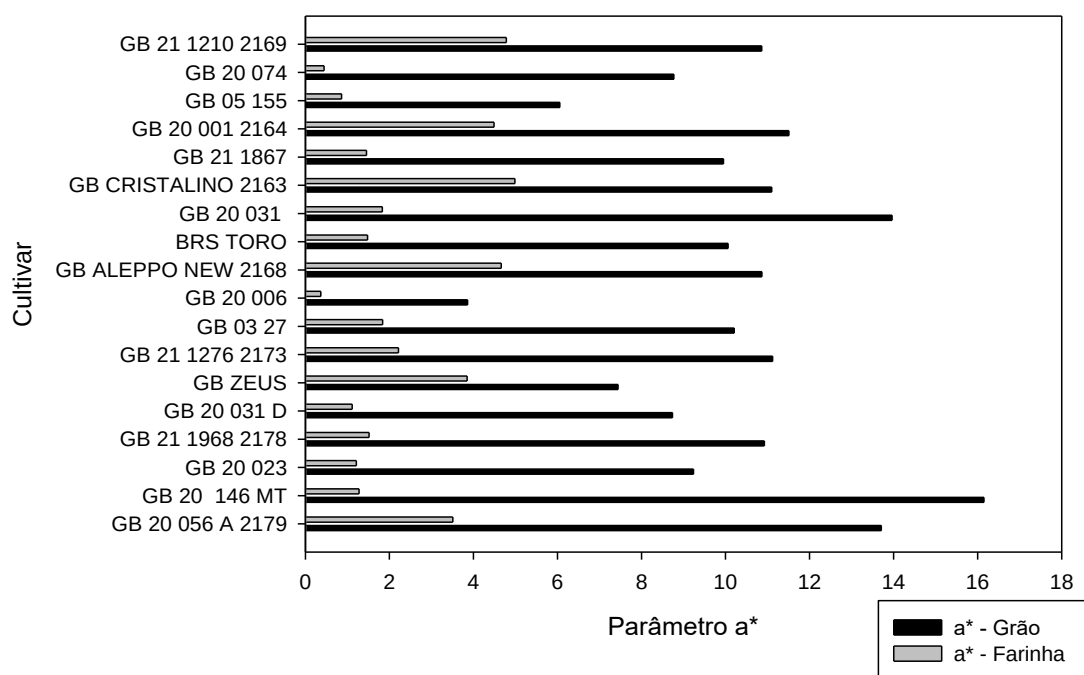


Figura 3 Relação do parâmetro a* grão x a* da farinha

Por fim, os resultados de “B” expressos na Figura 4 se diferem tanto de “L” quanto de “A”, pois houve variações entre as cultivares, sendo que GB 20056A2179, GB 20146MT, GB 20031D, GB ZEUS, GB 20006, GB ALEPPO NEW 2168, GB 20031, GB CRISTALINO 2163, GB 200012164, GB 20074, GB 2112102169 tiveram o “B” da farinha maior do que o “B” do grão, e GB 20023, GB 2119682178, GB 2112762173, GB 0327, BRS TORO, GB 211867, GB 05155 resultaram em “B” do grão maior que o “B” da farinha.

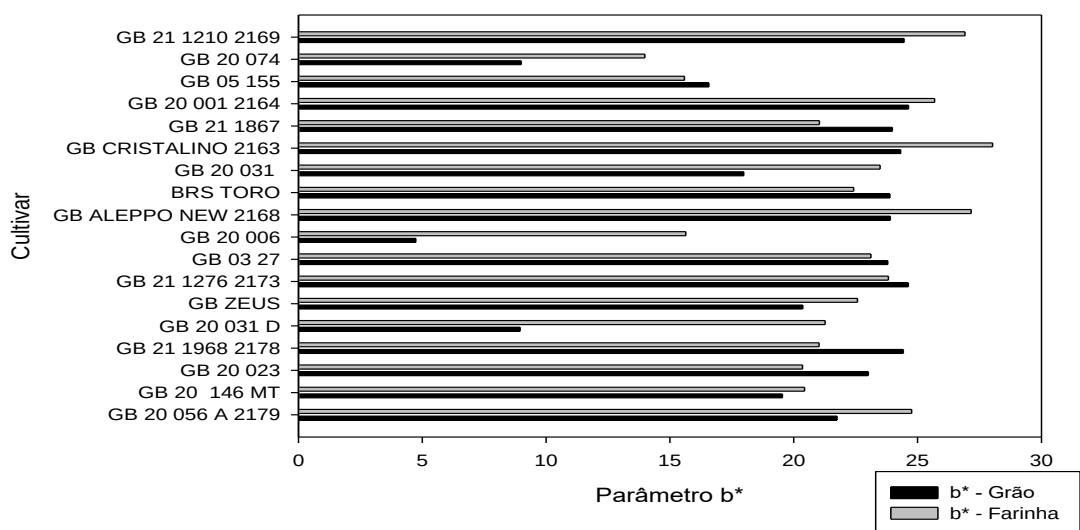


Figura 4 Relação do parâmetro b* do grão x parâmetro b* da farinha

Tabela 3- Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de cor L, a* e b* dos grãos e das farinhas*

Tratamentos	L* - Grão	a* - Grão	b* - Grão	L* - Farinha	a* - Farinha	b* - Farinha
GB						
J056A2179	38,971 ± 0,48 ^F	13,709 ± 0,31 ^A	21,747 ± 0,37 ^D	81,596 ± 0,37 ^G	3,511 ± 0,13 ^E	24,760 ± 0,33 ^D
GB 20146MT	55,909 ± 1,52 ^E	7,610 ± 0,27 ^G	19,542 ± 0,63 ^F	85,845 ± 0,11 ^C	1,280 ± 0,02 ^I	20,437 ± 0,04 ^J
GB 20023	57,846 ± 0,26 ^C	9,238 ± 0,07 ^F	23,009 ± 0,21 ^C	86,238 ± 0,44 ^B	1,211 ± 0,02 ^I	20,351 ± 0,07 ^J
GB						
2119682178	57,234 ± 0,59 ^D	10,924 ± 0,18 ^C	24,424 ± 0,25 ^A	87,331 ± 0,15 ^A	1,517 ± 0,06 ^H	21,026 ± 0,24 ^I
GB 20031D	27,439 ± 0,41 ^J	8,735 ± 0,52 ^F	8,955 ± 0,70 ^I	87,719 ± 0,15 ^A	1,113 ± 0,01 ^I	21,268 ± 0,05 ^I
GB ZEUS	57,820 ± 0,66 ^C	7,441 ± 0,13 ^G	20,363 ± 0,34 ^E	74,050 ± 0,87 ^I	3,848 ± 0,38 ^D	22,571 ± 0,29 ^H
GB						
2112762173	58,600 ± 0,12 ^B	11,123 ± 0,19 ^C	24,626 ± 0,29 ^A	82,411 ± 0,31 ^F	2,215 ± 0,11 ^F	23,821 ± 0,15 ^E
GB 0327	57,400 ± 0,29 ^C	10,206 ± 0,25 ^D	23,798 ± 0,31 ^B	87,528 ± 0,08 ^A	1,838 ± 0,03 ^G	23,115 ± 0,19 ^G
GB 20006	37,853 ± 0,57 ^G	3,861 ± 0,21 ^I	4,740 ± 0,13 ^J	85,477 ± 0,23 ^C	0,368 ± 0,02 ^K	15,642 ± 0,02 ^K
GB ALEPPO						
NEW 2168	57,450 ± 0,29 ^C	10,866 ± 0,09 ^C	23,899 ± 0,27 ^B	80,533 ± 0,03 ^H	4,662 ± 0,04 ^C	27,162 ± 0,11 ^B
BRSTORO	56,961 ± 0,21 ^D	10,061 ± 0,15 ^D	23,881 ± 0,37 ^B	87,181 ± 0,18 ^A	1,478 ± 0,02 ^H	22,420 ± 0,13 ^H
GB 20031	33,751 ± 0,96 ^H	13,965 ± 0,32 ^A	17,984 ± 1,04 ^G	83,818 ± 0,21 ^E	1,831 ± 0,05 ^G	23,484 ± 0,14 ^F
GB						
CRISTALINO	57,110 ± 0,28 ^D	11,101 ± 0,10 ^C	24,318 ± 0,09 ^A	80,766 ± 0,09 ^H	4,988 ± 0,05 ^A	28,027 ± 0,13 ^A
GB 211867	56,594 ± 0,30 ^D	9,952 ± 0,21 ^D	23,980 ± 0,57 ^B	85,580 ± 0,02 ^C	1,453 ± 0,05 ^H	21,037 ± 0,12 ^I
GB						
200012164	57,540 ± 0,07 ^C	11,510 ± 0,15 ^B	24,632 ± 0,32 ^A	81,592 ± 0,59 ^G	4,491 ± 0,28 ^C	25,686 ± 0,45 ^C
GB 05155	61,826 ± 0,44 ^A	6,056 ± 0,05 ^H	16,573 ± 0,26 ^H	86,133 ± 0,29 ^B	0,861 ± 0,04 ^J	15,585 ± 0,05 ^K
GB 20074	29,568 ± 0,54 ^I	8,768 ± 0,17 ^F	8,998 ± 0,25 ^I	84,846 ± 0,34 ^D	0,445 ± 0,04 ^K	13,986 ± 0,44 ^L
GB						
2112102169	58,323 ± 0,46 ^B	10,860 ± 0,12 ^C	24,458 ± 0,08 ^A	81,328 ± 0,21 ^G	4,782 ± 0,06 ^B	26,913 ± 0,22 ^B
CV (%)	1,07	2,43	2,21	0,49	5,46	0,97
Média Geral	51,01	9,78	19,99	83,88	2,33	22,07

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Scott-Knott. Coeficiente de variação (CV).

A Tabela 4 representa os resultados oriundos das análises dos índices de absorção de óleo, água e solubilidade em água. A avaliação do índice de absorção de água (IAA) de GB 20006 e GB 200012164 apresentou valores médios entre 3,21 e 5,24 g água/g.m.s, apresentando diferença dos valores médios encontrados por Santana (2005). Este autor ressalta que diferentes estudos apresentam valores próximos a 20 g água/g.m.s para as farinhas grãos e vegetais.

Tabela 4 Índice de absorção de óleo, água e solubilidade em água da farinha do grão-de-bico.

Tratamentos	Absorção de óleo (g de óleo/g m.s)	Solubilidade água (%)	Absorção de água (g de água/g m.s)
GB 20056A2179	2,374 ± 0,16 ^B	17,073 ± 2,60 ^A	4,291 ± 0,29 ^B

GB 20146MT	2,641 ± 0,58 ^B	11,087 ± 3,19 ^B	4,039 ± 0,30 ^B
GB 20023	2,613 ± 0,20 ^B	13,023 ± 2,27 ^B	3,766 ± 0,55 ^C
GB 2119682178	2,437 ± 0,11 ^B	11,613 ± 4,88 ^B	3,809 ± 0,94 ^C
GB 20031D	2,735 ± 0,43 ^B	15,776 ± 3,89 ^A	3,426 ± 0,11 ^C
GB ZEUS	3,057 ± 0,69 ^A	10,109 ± 1,79 ^B	3,980 ± 0,52 ^B
GB 2112762173	2,413 ± 0,11 ^B	10,741 ± 2,76 ^B	3,571 ± 0,34 ^C
GB 0327	2,793 ± 0,24 ^A	15,853 ± 2,35 ^A	3,467 ± 0,15 ^C
GB 20006	2,464 ± 0,13 ^B	13,245 ± 2,09 ^B	3,212 ± 0,26 ^C
GB ALEPPO NEW 2168	2,428 ± 0,17 ^B	17,341 ± 1,51 ^A	4,087 ± 0,13 ^B
BRS TORO	2,562 ± 0,26 ^B	19,369 ± 5,38 ^A	3,649 ± 0,39 ^C
GB 20031	3,139 ± 0,34 ^A	18,684 ± 2,75 ^A	3,408 ± 0,17 ^C
GB CRISTALINO 2163	2,533 ± 0,06 ^B	16,149 ± 2,00 ^A	4,121 ± 0,32 ^B
GB 211867	2,626 ± 0,06 ^B	19,314 ± 3,15 ^A	4,319 ± 0,08 ^B
GB 200012164	2,817 ± 0,45 ^A	20,178 ± 2,48 ^A	5,245 ± 0,50 ^A
GB 05155	3,235 ± 0,19 ^A	15,951 ± 3,26 ^A	4,154 ± 0,31 ^B
GB 20074	2,956 ± 0,80 ^A	15,574 ± 5,03 ^A	3,431 ± 0,25 ^C
GB 2112102169	2,488 ± 0,07 ^B	20,095 ± 5,23 ^A	3,711 ± 0,06 ^C
CV (%)	11,7	19,22	8,66
Média geral	2,68	15,621	3,871

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância conforme teste de médias Scott-Knott. Coeficiente de variação (CV).

O índice de absorção de óleo (IAO) das diferentes cultivares de grão-de-bico, teve sua concentração variando entre 2,37 e 3,23 g água/g.m.s. Esse resultado é extremamente comparável aos números encontrados por Sule et al. (2023) em sua avaliação das propriedades físico-químicas de óleos e farinhas de três variedades de soja (*Glycine max*), que relataram capacidades de absorção de óleo variando entre 1,26 e 2,23 g óleo/g de farinha. Essa variação pode ser atribuída às diferenças na composição química das cultivares, especialmente nos teores de proteínas e carboidratos, que influenciam diretamente a capacidade de retenção de óleo.

O índice de solubilidade em água (ISA) encontrados nesse trabalho tiveram variações entre 10,10% e 20,17% para os tratamentos de GB ZEUS e GB 200012164 respectivamente, indo de encontro aos resultados encontrados por Céspedes (1999) de 19,82% para polpa de laranja processada por compressão e 12,50% para a não processada, em seu experimento sobre a fruta laranja.

Na Tabela 5 estão expostos os valores resultantes das medições realizadas com um paquímetro analógico nos três eixos perpendiculares presentes nos grãos. De acordo com o teste de Scott-Knott houveram pequenas variações no eixo correspondente a altura das dezoito cultivares, sendo que todas as espécies apresentaram uma média geral de 9,805 mm e receberam classificação “A”. Dessa forma, entende-se que nesse estudo a altura do grão-de-bico é a mesma independente da cultivar.

Tabela 5- Valores médios referentes a comprimento, largura, espessura, área projetada, circularidade e esfericidade dos grãos-de-bico

Tratamentos	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Área projetada (mm ²)	Circularidade (%)	Esfericidade (%)
GB 20056A2179	9,410 ± 0,42 ^A	8,295 ± 0,56 ^B	7,625 ± 0,59 ^B	61,358 ± 5,65 ^A	88,245 ± 0,06 ^B	89,373 ± 0,03 ^A
GB 20146MT	9,265 ± 0,80 ^A	8,150 ± 0,63 ^B	7,555 ± 0,44 ^B	59,255 ± 6,31 ^A	88,770 ± 0,12 ^B	89,825 ± 0,06 ^A
GB 20023	13,575 ± 0,51 ^A	7,615 ± 0,46 ^D	7,150 ± 0,45 ^C	80,116 ± 4,79 ^A	79,645 ± 0,18 ^C	83,232 ± 0,16 ^C
GB 2119682178	13,575 ± 0,51 ^A	7,615 ± 0,46 ^D	7,150 ± 0,45 ^C	80,116 ± 5,35 ^A	79,645 ± 0,06 ^C	83,232 ± 0,03 ^C
GB 20031D	9,425 ± 0,67 ^A	8,00 ± 0,51 ^C	7,655 ± 0,50 ^B	59,410 ± 7,39 ^A	85,024 ± 0,04 ^C	88,402 ± 0,02 ^A
GB ZEUS	9,155 ± 0,50 ^A	8,110 ± 0,64 ^C	7,685 ± 0,59 ^B	58,447 ± 6,92 ^A	88,642 ± 0,05 ^B	90,589 ± 0,03 ^A
GB 2112762173	8,840 ± 0,55 ^A	7,775 ± 0,57 ^D	7,240 ± 0,48 ^C	54,166 ± 6,88 ^A	87,984 ± 0,03 ^B	89,656 ± 0,02 ^A
GB 0327	9,790 ± 0,52 ^A	8,185 ± 0,61 ^B	7,695 ± 0,45 ^B	63,099 ± 7,51 ^A	83,616 ± 0,04 ^C	86,932 ± 0,02 ^B
GB 20006	9,690 ± 0,40 ^A	8,070 ± 0,50 ^C	7,690 ± 0,55 ^B	61,523 ± 5,90 ^A	83,277 ± 0,03 ^C	87,081 ± 0,03 ^B
GB ALEPPO NEW 2168	9,370 ± 0,47 ^A	7,900 ± 0,60 ^C	7,410 ± 0,50 ^C	58,210 ± 6,32 ^A	84,424 ± 0,06 ^C	87,373 ± 0,03 ^B
BRS TORO	10,060 ± 0,63 ^A	8,640 ± 0,63 ^A	8,040 ± 0,53 ^A	68,370 ± 7,71 ^A	86,072 ± 0,06 ^B	88,273 ± 0,04 ^A
GB 20031	9,315 ± 0,47 ^A	8,00 ± 0,41 ^C	7,400 ± 0,39 ^C	58,606 ± 5,28 ^A	85,984 ± 0,04 ^B	88,077 ± 0,02 ^A
GB CRISTALINO 2163	8,845 ± 0,59 ^A	7,870 ± 0,55 ^C	7,290 ± 0,43 ^C	54,792 ± 6,54 ^A	89,158 ± 0,06 ^B	90,254 ± 0,03 ^A
GB 211867	9,465 ± 0,57 ^A	8,360 ± 0,58 ^B	7,810 ± 0,39 ^B	62,234 ± 6,78 ^A	88,497 ± 0,06 ^B	90,061 ± 0,03 ^A
GB 200012164	9,120 ± 0,61 ^A	8,050 ± 0,41 ^C	7,555 ± 0,37 ^B	57,760 ± 6,01 ^A	88,492 ± 0,05 ^B	90,217 ± 0,03 ^A
GB 05155	9,615 ± 0,63 ^A	7,965 ± 0,43 ^C	7,460 ± 0,40 ^C	60,295 ± 6,83 ^A	82,991 ± 0,04 ^C	86,373 ± 0,02 ^B
GB 20074	9,820 ± 0,41 ^A	8,600 ± 0,68 ^A	8,025 ± 0,48 ^A	66,355 ± 6,31 ^A	87,691 ± 0,07 ^B	89,471 ± 0,04 ^A
GB 2112102169	8,170 ± 0,25 ^A	7,780 ± 0,20 ^D	7,265 ± 0,20 ^C	49,934 ± 2,33 ^A	95,286 ± 0,03 ^A	94,635 ± 0,02 ^A
CV (%)	67,14	6,71	6,22	61,33	9,69	7,21
Média geral	9,805	8,054	7,538	61,892	86,302	88,503

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Scott-Knott. Coeficiente de variação (CV).

Em relação ao eixo que corresponde ao comprimento, as dezoito espécies apresentaram média geral de 7,53 mm, média extremamente condizente com a divulgada Raza et al. (2019), com destaque para BRS TORO e GB 20074 que apresentaram as maiores medidas. Já as cultivares GB 20056A2179, GB 20146MT, GB 20031D, GB ZEUS, GB 0327, GB 20006, GB 211867, GB 200012164, apresentaram medidas intermediárias e receberam classificação “B” e GB 20023, GB 2119682178, GB 2112762173, GB ALEPPO NEW 2168, GB20 031, GB CRISTALINO 2163, GB 05155, GB 2112102169 foram classificados com “C”, pois obtiveram as menores medidas.

No que diz respeito ao terceiro eixo perpendicular, denominado “largura”, o comportamento das espécies foi completamente diferente da altura e comprimento, tendo como média geral 8,05 mm e muitas variações métricas entre si. A análise estatística mostra que as dezoito culturas foram subdivididas em quatro grupos, sendo “classificação A” o grupo dos grãos com as maiores medidas, e o “classificação D”, o grupo com as menores medidas. Dessa forma, foi observado que a largura e comprimento do grão-de-bico são determinados

pela sua respectiva genética, mas a altura é a mesma para todos, independentemente da espécie.

Ainda na Tabela 5 foram relacionadas as formas geométricas: circularidade (%), esfericidade (%) e área projetada (mm²); além dos cálculos do desvio padrão e média geral. Dessa forma, a estatística mostrou que a avaliação de “área projetada” entre as cultivares não obtiveram variações significativas entre si. Embora cada espécie tenha apresentado resultados e desvio padrão diferentes, o teste de Scott-Knott considerou as variações incapazes de distinguir uma cultivar da outra. Dessa forma, todas as cultivares receberam classificação “A”, mostrando assim que não há diferenças estatísticas entre as espécies.

Em contrapartida, as análises de circularidade apresentaram algumas variações, sendo que a GB 2112102169 foi o tratamento que obteve a maior média de resultados, enquanto a GB 20023 e GB 2119682178 apresentaram os menores números, tendo desvio padrão diferentes e médias de circularidade iguais.

Na avaliação do item esfericidade, houveram variações significativas entre as cultivares, sendo que elas foram subdivididas em três grupos, onde a GB 2112102169 se diferenciou de todas as outras espécies, pois apresentou 94,63 mm² sendo considerada a maior área, enquanto GB 20023 e GB 2119682178 apresentaram os menores resultados. Dessa forma, percebe-se que as cultivares GB 2112102169, GB 20023 e GB 2119682178, tanto na circularidade quanto na esfericidade, apresentaram as mesmas características, pois nas duas análises, elas ocuparam a posição de extremidade, ou seja, ficaram entre os maiores e menores resultados.

Na Tabela 6 foi realizado um comparativo entre os resultados dos testes de média referentes a área superficial, volume, relação superfície/volume e diâmetro geométrico. Nesse contexto, percebe-se que as dezoito cultivares apresentaram características distintas entre si, com exceção apenas do tratamento de volume que apresentou média geral de 312,00 mm³ tendo sua variação concentrada entre 380,27 mm³ e 241,89 mm³. Embora essa diferença de volume pareça ser expressiva, estatisticamente as cultivares foram consideradas incapazes de distinguir-se entre si, sendo todas classificadas como “A”.

Tabela 6 Valores médios referentes a área superficial, diâmetro geométrico, volume e superfície /volume dos grãos-de-bico

Tratamentos	Área superficial (mm ²)	Diâmetro geométrico (mm)	Volume (mm ³)	Superfície/volume (m ⁻¹)
GB 20056A2179	26,407 ± 1,38 ^A	8,405 ± 0,43 ^A	313,424 ± 50,12 ^A	0,085 ± 0,008 ^C
GB 20146MT	26,005 ± 1,12 ^A	8,277 ± 0,35 ^A	298,580 ± 37,79 ^A	0,088 ± 0,007 ^B
GB 20023	26,367 ± 6,50 ^A	8,393 ± 0,36 ^A	380,279 ± 52,39 ^A	0,092 ± 0,018 ^A
GB 2119682178	26,367 ± 1,13 ^A	8,393 ± 0,36 ^A	380,279 ± 36,10 ^A	0,092 ± 0,008 ^B
GB 20031D	26,148 ± 1,62 ^A	8,323 ± 0,51 ^A	305,217 ± 55,10 ^A	0,087 ± 0,011 ^B
GB ZEUS	26,042 ± 1,63 ^A	8,289 ± 0,51 ^A	301,595 ± 55,70 ^A	0,088 ± 0,011 ^B
GB 2112762173	24,887 ± 1,55 ^B	7,921 ± 0,49 ^B	263,225 ± 50,02 ^A	0,096 ± 0,012 ^A

GB 0327	26,729 ± 1,51 ^A	8,508 ± 0,48 ^A	325,460 ± 55,47 ^A	0,083 ± 0,009 ^C
GB 20006	26,505 ± 1,38 ^A	8,437 ± 0,44 ^A	316,921 ± 49,48 ^A	0,084 ± 0,009 ^C
GB ALEPPO NEW 2168	25,701 ± 1,42 ^B	8,181 ± 0,45 ^B	289,287 ± 52,82 ^A	0,090 ± 0,008 ^B
BRS TORO	27,857 ± 1,50 ^A	8,867 ± 0,47 ^A	368,133 ± 60,90 ^A	0,076 ± 0,008 ^D
GB 20031	25,751 ± 1,06 ^B	8,196 ± 0,33 ^B	289,751 ± 36,73 ^A	0,089 ± 0,007 ^B
GB CRISTALINO 2163	25,043 ± 1,37 ^B	7,971 ± 0,43 ^B	267,506 ± 44,07 ^A	0,095 ± 0,010 ^A
GB 211867	26,743 ± 1,29 ^A	8,512 ± 0,41 ^A	325,136 ± 47,26 ^A	0,083 ± 0,008 ^C
GB 200012164	25,800 ± 1,21 ^B	8,212 ± 0,38 ^B	291,860 ± 41,58 ^A	0,089 ± 0,008 ^B
GB 05155	26,061 ± 1,40 ^A	8,295 ± 0,44 ^A	301,406 ± 50,03 ^A	0,087 ± 0,009 ^B
GB 20074	27,570 ± 1,26 ^A	8,776 ± 0,40 ^A	356,035 ± 48,71 ^A	0,078 ± 0,007 ^D
GB 2112102169	24,277 ± 0,46 ^B	7,727 ± 0,14 ^B	241,897 ± 14,04 ^A	0,100 ± 0,003 ^A
CV (%)	9,64	9,64	57,83	11,98
Média geral	26,125	8,316	312	0,088

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, conforme teste de médias Scott-Knott. Coeficiente de variação (CV).

No que diz respeito ao tratamento da área superficial e diâmetro geométrico, as cultivares GB 20056A2179, GB 20146MT, GB 20023, GB 2119682178, GB 20031D, GB ZEUS, GB 0327, GB 20006, BRS TORO, GB 211867, GB 05155 e GB 20074 chamaram a atenção pois apresentaram resultados estatísticos exatamente iguais, com baixa variação e foram classificados com “A”. A BRS TORO teve a maior média de 27,85 mm² e 8,86 mm respectivamente, enquanto a GB 20146MT registrou a menor média de 26,00 mm² e 8,27 mm, respectivamente. Dentre as cultivares que se enquadraram na classificação “B”, a GB 200012164 se destacou entre as demais pois apresentou a maior média de 25,80 mm² e 8,21 mm respectivamente, e GB 2112102169 que foi considerada o grão com as menores áreas.

Por fim, no que diz respeito ao tratamento relação superfície/volume, percebe-se que seus resultados são totalmente opostos aos números do volume, pois enquanto o volume se mostrou completamente estável, com classificação “A” para todos os gêneros, a relação superfície volume é exatamente o oposto, já que houve várias classificações entre as categorias.

3.6 Conclusão

Dentre as diversas cultivares estudadas, a GB 2112762173 se destacou com as características físicas apresentando altos valores de massa específica unitária e aparente, além de uma porosidade relativamente baixa. Em se tratando das características químicas, GB ALEPPO NEW 2168 aparece sendo a mais proteica, GB 20 056 A 217 com o menor índice de lipídios e GB 20006 com maior teor de carboidratos e valor energético. Em relação a cor do grão e da farinha, GB 05155 e GB 2119682178 foram os mais claros, GB 20146MT e GB 20006 os mais avermelhados, GB 2112762173 e GB CRISTALINO 2163 os mais amarelados, respectivamente. GB ZEUS teve o melhor resultado na absorção de óleo, BRS TORO se destacou na solubilidade em água e GB 200012164 se mostrou melhor para absorção de água. Em termos

de dimensões e área projetada, GB 20056A2179 teve os melhores números, enquanto GB 2112102169 se destacou em circularidade e esfericidade.

3.7 Referências

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Diário Oficial da União: Resolução RDC nº 360. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados.** Brasília, DF, dez. 2003.

BRASIL. OLIVEIRA, PRISCILA DE. **Relatório de avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa.** Embrapa, 2019.

CARDOSO, A. I. I.; SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; LANA, M. M.; PEIXOTO, N.; ARTIAGA, O. P.; SILVA, P. P.; FREITAS, R. A.; LIMA, R. C.; VIEIRA, R. F.; NASCIMENTO, W. M. (ed.). **Hortaliças leguminosas.** Brasília: Embrapa, 2016. 234 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim de grãos: fevereiro 2017.**

COUTO, S. M.; MAGALHÃES, C. A.; QUEIROZ, M. D.; BASTOS, T. I. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 3, n. 1, p. 61-68, 1999.

EMBRAPA (Distrito Federal). **Grão-de-bico BRS Aleppo.**

FARIAS, N. S. **Processamento de hambúrguer vegetal à base de grão de bico e batata doce.** 2019. Dissertação (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. **Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura.**

GUASTE, S. O. **Plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle na produção de alimentos extrusados para cães e gatos.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2020.

MOHSENIN, N. N. **Propriedades físicas de materiais vegetais e animais.** Nova York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841 p.

MOREIRA, S. M. C.; CHAVES, M. A.; OLIVEIRA, L. M. Comparação da eficiência de líquidos na determinação da massa específica aparente de grãos agrícolas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 9, n. 1 e 2, p. 22-24, 1984/85.

PIERRE, B. S. **Aplicação do processamento digital de imagens na caracterização de propriedades físicas de feijão ‘BRSMG Realce’ durante a secagem e estudo da qualidade física de grãos de bico ‘BRS Cristalino’ armazenados em diferentes**

embalagens. 81 p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2021.

QUEIROGA, V. P.; GIRÃO, Ê. G.; ALBUQUERQUE, E. M. B. **Grão de bico (*Cicer arietinum* L.): tecnologias de plantio e utilização.** Revista Eletrônica A Barriguda, Campina Grande, PB, 1ª ed.

RAZA, H.; ZAABOUL, F.; SHOAIB, M.; ZHANG, L. Uma visão geral da composição físico-química e métodos usados para processamento de grão de bico. **Revista Internacional de Inovações e Pesquisas Agrícolas**, v. 7, ed. 5, p. 1, Pequim, China, 2019.

REGINALDO, M. G. **Desenvolvimento de empanado vegetal à base de grão-de-bico.** 2021. 18 p. Dissertação (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

SHARMA, R. D. **Algumas informações sobre a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.).** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1984. Circular Técnica nº 7.

SIMONI, R. C. **Hidratação de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.): estudo cinético e influência na qualidade tecnológica do grão.** 2017. 24 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SINÍCIO, R.; SILVA, F. A. P. **Armazenamento de grãos em propriedades rurais.** 2. ed. Brasília: SENAR, 2011. 108 p.

4 Capítulo 2

Efeito da substituição parcial da farinha de arroz pela farinha de grão-de-bico na produção de cookies sem glúten.

RESUMO

O *Cicer arietinum* é uma leguminosa conhecida popularmente como grão-de-bico e tem se mostrado como uma excelente alternativa de consumo e aplicação no processo de criação de novos produtos por se tratar de um alimento que detém alto valor nutricional. O objetivo desse trabalho foi desenvolver cookies fabricados a partir da substituição parcial da farinha de arroz por farinha de grão-de-bico nas concentrações de 20, 40 e 60% e avaliar suas análises físicas, químicas e tecnológicas. Os biscoitos foram produzidos e analisados no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Observou-se que o teor de lipídios se manteve estável em todos os tratamentos. F4 (60%) foi o mais expressivo quanto a proteínas, cinzas, teor de água, nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, ferro, manganês, zinco e boro, além de ser o biscoito mais escuro e possuir o maior diâmetro e maior fator de expansão. F1 (0%) se destacou em carboidratos, valor energético, cálcio e menor perda de peso. F2 (20%) apresentou melhores resultados para atividade de água, dureza, fraturabilidade e menor tendência aos tons avermelhados.

Palavras-chave: alimentos funcionais, biscoitos, *Cicer arietinum*

ABSTRACT

Cicer arietinum is a legume popularly known as chickpea and has proven to be an excellent alternative for consumption and application in the development of new products, as it is a food with high nutritional value. The objective of this study was to produce cookies made by partially replacing rice flour with chickpea flour in the concentrations of 20, 40 and 60% and perform physical, chemical, and technological analyses on . The cookies were produced and analyzed at the Post-Harvest Laboratory of Plant Products at the Instituto Federal Goiano - Rio Verde Campus. It was observed that the lipid content remained stable across all treatments. F4 (60%) was the most significant in terms of protein, ash, moisture, nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, iron, manganese, zinc, and boron, in addition to being the darkest cookie and having the largest diameter and

highest expansion factor. F1 (0%) stood out for its carbohydrate content, energy value, calcium, and lowest weight loss. F2 (20%) showed the best results for water activity, hardness, fracturability, and the least tendency towards reddish tones.

Keywords: *Cicer arietinum*, cookies, food

4.1 Introdução

A leguminosa *Cicer arietinum* L., conhecida popularmente como grão-de-bico tem aparecido como uma excelente alternativa de consumo e aplicação no processo de criação de novos produtos. Isso por se tratar uma leguminosa que detém alto valor nutricional, tendo destaque para o seu alto teor de proteínas, fibras, lipídios, carboidratos. Além disso, é um excelente auxiliador no controle do colesterol e do funcionamento do sistema digestivo (FERREIRA, 2006).

Além das suas características nutricionais, o grão-de-bico também se destaca por ser uma leguminosa naturalmente isenta de glúten, o que o torna uma excelente opção de consumo para pessoas celíacas, veganos e vegetarianos. O termo glúten se refere a uma combinação de duas proteínas chamadas de prolaminas e gluteninas, que geralmente são encontradas em cereais, como: trigo, cevada, aveia e outros (LIMA et al., 2015). O consumo de alimentos com glúten por parte de pessoas com doença celíaca, causa inflamação no intestino delgado, dores, náuseas e diarreia, devendo ter a ingestão suspensa da dieta, já que essa doença é autoimune e não tem cura. Esse tem sido um dos principais motivos que justificam o aumento na produção e consumo desse tipo de alimento (FERREIRA et al., 2006).

O surgimento do glúten acontece a partir da manipulação da farinha de trigo juntamente com a adição da água; essa junção cria uma rede proteica tridimensional, capaz de desenvolver elasticidade e resistência aos produtos resultantes dessa farinha. Sua função é criar resistência estrutural, promover crescimento e maciez a massa do alimento através da retenção dos gases na cadeia proteica, resultantes da fermentação da massa (BRAZACA et al., 2006).

Devido as suas propriedades nutricionais e estruturais, o glúten está presente na composição dos mais variados alimentos. No entanto, por diversos motivos, há um grande público que demanda por alimentos ausentes dessa proteína; porém, produzir alimentos isentos de glúten é um grande desafio, já que esse é diretamente responsável pela estrutura e resistência da massa (FERREIRA et al. 2009).

Sendo assim, alimentos produzidos a partir de farinhas de arroz, aveia, grão-de-bico, milho e outros, por serem isentos de glúten, geralmente não conseguem desenvolver as mesmas características dos produtos feitos com farinhas ricas em glúten, por exemplo, trigo. Dessa forma, para não comprometer

negativamente as características sensoriais dos produtos, o ideal é optar pela substituição das farinhas em alimentos que não precisem “crescer”, como por exemplo, os biscoitos tipo cookies (LIMA et al., 2015). O público que anseia por produtos “glúten free” basicamente são pessoas com doença celíaca, veganos e vegetarianos. De acordo com IBOPE inteligência (2018), a demanda por esse tipo de produto tem sofrido um aumento bastante significativo, de forma que 55% dos entrevistados, confirmaram preferência por produtos desse seguimento.

Tendo em vista os motivos acima citados, aliado ao menor custo de produção quando comparado a outras leguminosas e a crescente demanda do mercado importador, o grão-de-bico tem se mostrado uma alternativa promissora para a indústria de alimentos. Este pode ser usado através da substituição total ou parcial da farinha na produção de alimentos como, pães, bolos, biscoitos e até alguns tipos de bebidas vegetais. O grão-de-bico é uma leguminosa extremamente nutritiva e com excelentes características físico-químicas, porém, possui baixa popularidade no mercado nacional; Portanto, o processamento desse vegetal em forma de farinha pode ser uma alternativa considerável para incentivar sua produção e aumentar o seu consumo. Assim, o presente estudo teve o objetivo de desenvolver biscoitos tipo cookies a partir da substituição total da farinha de trigo por diferentes concentrações farinha de grão-de-bico e farinha de arroz e avaliar suas características nutricionais e tecnológicas.

5 Material e métodos

5.1 Material

Para a realização desse estudo, foram utilizados grãos da cultivar GB Aleppo new, colhidos entre os meses de setembro e outubro de 2023 no Instituto Federal Goiano - Campus Iporá. As análises foram conduzidas no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais (LPCPV) do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Todos os demais ingredientes necessários para a fabricação dos biscoitos foram adquiridos no comércio local, sendo: manteiga (fabricante Piracanjuba), ovos (granja Primavera), arroz (fabricante Urbano), açúcar (fabricante Cristal Alimentos), fermento em pó (fabricante Royal).

5.2 Produção das farinhas

Para a confecção da farinha foi realizado a seleção e limpeza das amostras para que apenas os grãos saudáveis fossem utilizados; assim todas as impurezas e grãos com avarias mecânicas foram descartados. O material não foi submetido ao processo de secagem e foi processado com o teor de água em que foi colhido com o auxílio de um moinho elétrico DIOGOMAQ com rotor tipo ciclone modelo MA 1340 disponibilizado pelo laboratório do IF Goiano e teve a

padronização da granulometria através de uma peneira de aço inox de 1mm. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em saquinhos plásticos de polipropileno e armazenadas a 2 °C em B.O.D.

5.3 Preparação dos biscoitos

A produção dos biscoitos tipo cookies aconteceu de acordo com os estudos publicados por Silva & Conti-Silva (2016) com algumas adaptações. Todos os cookies foram fabricados basicamente com os mesmos ingredientes (farinha de arroz, açúcar, manteiga, ovos e fermento em pó), porém, em concentrações diferentes, sendo que o biscoito controle foi feito apenas com farinha de arroz. As demais formulações com substituições parciais entre a farinha de arroz e a farinha de grão-de-bico foram produzidas conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 Ingredientes utilizados no preparo dos biscoitos sem glúten e suas quantidades.

Tratamento	Farinha de arroz	Farinha de grão-de-bico	Açúcar	Manteiga	Ovos	Fermento químico
F1 - Controle	190 g	0 g	90 g	50 g	50 g	5 g
F2 - 20%	152 g	38 g	90 g	50 g	50 g	5 g
F3 - 40%	114 g	76 g	90 g	50 g	50 g	5 g
F4 - 60%	76 g	114 g	90 g	50 g	50 g	5 g

F1 = biscoitos com 100% de farinha arroz; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha grão-de-bico; F4 = biscoitos com 60% de farinha de grão-de-bico.

Com o auxílio de um misturador da marca Philco (Planetária PHP 500 Turbo), os ingredientes açúcar, manteiga e ovos foram agitados por aproximadamente 3 min. Em seguida, o fermento em pó e a farinha foram misturados separadamente para depois serem adicionados a mistura inicial. Após isso, essa mistura foi agitada no equipamento ajustado na velocidade 1 por mais 3 min. Em sequência, a massa resultante da mistura dos ingredientes foi modelada em formato de cookie com 5,5 cm de diâmetro e 1 cm de espessura e assados por 15 min em um forno (Sapore, Mueller, Timbó) aquecido em 180 °C. Os biscoitos foram submetidos ao resfriamento natural em temperatura ambiente e armazenados em embalagens de polietileno.

5.4 Composição proximal das farinhas e biscoitos

A composição proximal tanto das farinhas quanto dos biscoitos foram realizadas baseado na metodologia da *Association of Official Analytical Chemists International* (AOAC, 2005). A determinação do teor de lipídios aconteceu pelo método de Soxhlet com o solvente hexano. A concentração de proteínas foi determinada pelo método de kjeldahl. O teor de água foi verificado com base na evaporação da água em estufa ajustada em 105 °C por um período de 24 h; o resíduo mineral fixo (cinzas) foi avaliado por meio da incineração em forno mufla a 550 °C. A atividade de água foi verificada através do equipamento Hygropalm a $25 \pm 1^\circ \text{C}$. O teor de carboidratos se deu a partir da subtração das porcentagens totais de teor de água, proteína, lipídios e cinzas.

5.5 Textura e cor dos biscoitos

As texturas dos cookies foram avaliadas nos parâmetros TPA (Análise de Perfil de Textura) de acordo com o método da AACC 74-09 (AACC, 1995) com o uso do equipamento texturômetro (Brookfield ct3). Com o auxílio de uma faca de serra, os cookies foram devidamente cortados no formato retangular com medidas aproximadas a 30 mm x 25 mm x 10 mm, utilizando célula de carga de 10,00 kg, com probe cilíndrico de acrílico com diâmetro de 38,1 mm e configurações operacionais: velocidade de pré-teste: 2,0 m/s; velocidade de teste = 2,0 m/s; velocidade do pós-teste = 2,0 m/s; força = 0,02 N; distância = 2,0 mm. Para cada tratamento foram realizadas 10 repetições por compressão, com o objetivo de avaliar a Dureza (N), Fraturabilidade (N), Coesividade, Elasticidade (mm), Gomosidade (N), Mastigabilidade (mJ).

Já para determinação colorimétrica das farinhas e dos biscoitos foi utilizado o equipamento ColorFlex-EZ que após a análise da amostra colocada em seu interior, retorna os resultados como coordenadas do sistema de cores CIE, onde L^* indica a variação do preto ao branco, a^* indica a variação entre vermelho e verde, e b^* indica a variação entre o amarelo e azul (AACC, 2000).

O volume específico foi avaliado segundo o método AACC (2000) e é resultado da relação entre o volume e o peso e a massa do biscoito. O diâmetro e a espessura foram medidos com o auxílio de um paquímetro digital que expressa suas medidas em números decimais, minimizando os erros de leitura. A perda de peso foi determinada a partir da subtração do peso inicial pelo peso após o cozimento e o resultado dividido pelo peso inicial (Lara et al., 2011). O fator de expansão foi determinado com base no método AACC (2000) sendo o diâmetro/espessura do biscoito após o cozimento dividido pelo diâmetro/espessura do biscoito antes do cozimento. A taxa de espalhamento seguiu as orientações de Akesson (2016) sendo calculada a partir da divisão do diâmetro pela espessura do biscoito.

5.6 Minerais

As análises dos minerais aconteceram após a digestão da matéria orgânica com ácido nítrico, seguindo o método de Carmo et al. (2000). A quantificação foi realizada por espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio indutivamente acoplado. Para digerir a matéria orgânica, as amostras de farinha foram inicialmente aquecidas em um bico de Bunsen sobre uma tela de amianto até que não houvesse mais emissão de fumaça. Depois, foram transferidas para cápsulas e levadas à mufla, onde permaneceram em uma temperatura entre 400 e 450 °C por quatro h. Depois que as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente, foi adicionada água desmineralizada para umedecer as cinzas, seguida da adição de 1 mL de ácido nítrico. As cinzas foram aquecidas em uma chapa até secarem por completo. Esse processo foi repetido com mais adições de ácido nítrico até que a mineralização da amostra fosse totalmente finalizada. As cinzas resultantes foram dissolvidas em ácido nítrico e transferidas quantitativamente para um balão volumétrico de 25 mL usando água destilada e deionizada. As amostras foram preparadas em triplicata, com um controle utilizando apenas os reagentes.

Para a quantificação dos minerais, foi construída uma curva-padrão no espectrômetro de emissão de plasma acoplado, ajustada de acordo com a sensibilidade do equipamento e a faixa de trabalho linear de cada elemento. As soluções utilizadas foram preparadas em meio de ácido clorídrico a 10% v/v (IAL, 2008; AOAC, 1995). A determinação dos elementos foi determinada conforme a equação abaixo.

$$C = \frac{L \times B \times D}{V}$$

Equação 23

Onde:

C= Concentração dos elementos, mg/L

L = leitura da amostra, mg/L;

B = volume do balão para o qual a cinza da amostra foi transferida, mL;

D = fator de diluição da amostra;

v = volume da amostra, mL.

5.7 Atividade de água (A_w)

A determinação da atividade de água (A_w) foi realizada utilizando o equipamento Hygropalm Modelo Aw1, que é projetado para medir com precisão o equilíbrio higroscópico em alimentos. Foram pesados aproximadamente 8 g de cada amostra e colocadas no sensor do equipamento, garantindo contato adequado e evitando contaminação.

Antes de cada leitura, o equipamento foi devidamente calibrado, garantindo que o resultado de uma análise não interfira no resultado da outra. Após isso, o equipamento foi colocado no interior da B.O.D que também foi calibrado (há uma temperatura de 25 °C) para que ocorresse a estabilização térmica da amostra (aproximadamente 2 h) e então o valor de A_w foi registrado. As amostras foram avaliadas em triplicata, de acordo com (AOAC, 2012).

6 Análise estatística

Os dados obtidos nos experimentos foram analisados utilizando o software estatístico SISVAR® versão 6.0. Os resultados foram apresentados como média $\pm$ desvio padrão em tabelas. As análises foram realizadas em triplicata e os valores médios dos resultados dos quatro tratamentos dos cookies foram avaliados por análise de variância (ANOVA), seguida do teste de médias de Tukey a 5% de significância.

7 Resultados e discussão

7.1 Composição proximal

As farinhas usadas na elaboração dos cookies sem glúten e as diferentes formulações produzidas foram avaliadas quanto sua composição proximal. A Tabela 8 apresenta os resultados de lipídios, proteínas, cinzas e teor de água para os diferentes tratamentos dos biscoitos tipo cookies produzidos a partir da substituição da farinha de arroz pela farinha de grão-de-bico.

Tabela 8 Valores médios de lipídios, proteínas, cinzas e teor de água dos cookies.

Formulação	Lipídios	Proteínas	Cinzas	Teor de água
F1 - Controle	4,235 $\pm$ 0,39 ^a	8,224 $\pm$ 0,11 ^a	0,432 $\pm$ 0,05 ^a	6,456 $\pm$ 0,12 ^{ab}
F2 - 20%	4,002 $\pm$ 0,25 ^a	9,524 $\pm$ 0,30 ^b	0,465 $\pm$ 0,16 ^a	6,298 $\pm$ 0,06 ^a
F3 - 40%	4,150 $\pm$ 0,19 ^a	10,293 $\pm$ 0,09 ^c	0,776 $\pm$ 0,06 ^b	7,178 $\pm$ 0,74 ^{bc}
F4 - 60%	4,155 $\pm$ 0,10 ^a	12,293 $\pm$ 0,18 ^d	1,155 $\pm$ 0,17 ^c	7,836 $\pm$ 0,20 ^c
C.V	6,280	1,92	14,80	5,61

Média geral	4,135	10,128	0,707	6,942
Formulação	Lipídios	Proteínas	Cinzas	Teor de água
F. grão-de-bico	2,792 ± 0,25 ^a	21,840 ± 0,18 ^b	2,082 ± 0,06 ^b	11,703 ± 0,32 ^b
Farinha de arroz	2,619 ± 0,11 ^a	8,783 ± 0,11 ^a	0,650 ± 0,27 ^a	10,511 ± 0,12 ^a
C.V	7,12	0,96	14,59	2,14
Média geral	2,705	15,311	1,366	11,107

F1 = biscoitos de arroz controle; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha de grão-de-bico; e F4 = biscoitos com 60% de farinha de grão-de-bico. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os resultados de lipídios foram uniformes entre os tratamentos, sendo que o tratamento 0% (controle) registou o maior valor de 4,235 g/100g e o tratamento 20% obteve o menor resultado de 4,002 g/100g. Embora existam essas pequenas variações nas casas decimais, não houve diferença entre os tratamentos independente da concentração da farinha de arroz e de grão-de-bico. O teor de lipídios encontrado nesse trabalho vai de encontro com o estudo conduzido por Silva (2017), onde foram analisadas as propriedades nutricionais das farinhas de baru em diferentes temperaturas de secagem; onde os tratamentos controle, 40 °C, 60 °C, 80 °C e 100 °C apresentaram média geral de 4,142 g/100g.

No entanto, ao compararmos o teor de lipídios dos biscoitos com os resultados das farinhas usadas como matéria prima, é possível perceber que a média geral de concentração de lipídios nos cookies é 34,58% maior do que a média geral de concentração da mesma substância encontradas nas farinhas de arroz e de grão-de-bico. Esse aumento na quantidade de lipídios no produto, se dá por causa dos demais elementos usados na produção do biscoito, tendo destaque para a manteiga, que segundo o fabricante Piracanjuba possui 84 g/100g de gorduras totais e 55 g/100g de gorduras saturadas. Outra importante informação é a quantidade de lipídios nas farinhas do grão-de-bico que apresentou 2,792 g/100g e a farinha de arroz 2,619 g/100g. O resultado do teor de lipídios da farinha do grão-de-bico aqui descrito, foi ligeiramente menor que o valor aproximado de 3,1 g/100g encontrados por Simoni (2017), e que os 2,619 g/100g encontrados para a farinha de arroz, está completamente alinhado com os 3% encontrados por WALTER et al. (2007).

Em relação a proteínas, a Tabela 8, apresentou variações significativas ($p < 0,05$) para cada uma das quatro composições. Observou-se que à medida que o nível de substituição da farinha de arroz pela farinha do grão aumentou, o teor de proteínas também aumentou, caracterizando assim, uma grandeza diretamente proporcional. Esse aumento do nível de proteínas gerado pela redução da farinha de arroz e aumento da farinha de grão-de-bico acontece devido a grande concentração de proteínas presente na farinha de grão-de-bico,

e isso pode ser percebido ao compararmos os resultados da farinha de arroz que apresentou 8,783 g/100g e a farinha do grão-de-bico (21,840 g/100g).

A utilização do grão-de-bico na indústria alimentícia em substituição total ou parcial a outros elementos é vantajosa pois atende públicos específicos que optam ou precisam consumir alimentos mais saudáveis; isso se justifica com os números mostrados na Tabela 8, pois enquanto o biscoito fabricado com 100% de farinha de arroz apresentou 8,224 g/100g de proteínas, os demais tratamentos tiveram um aumento gradativo de aproximadamente 10,08% à medida que a quantidade da farinha de arroz era substituída pela farinha do grão-de-bico. Dessa forma, entende-se que os biscoitos mais proteicos são os que foram confeccionados com menos farinha de arroz e mais farinha do grão-de-bico.

Para que se consiga produzir alimentos isentos de glúten é necessário substituir a farinha de trigo por exemplo por farinha de arroz, sorgo, milho, grão-de-bico e outros. Nesse contexto, a indústria alimentícia tem utilizado bastante o arroz processado como matéria prima. No entanto, segundo Ferreira et al. (2009) esse cereal apresenta baixos valores de proteínas, cerca de 6,4 g/100g, valor um pouco abaixo do encontrado nesse estudo. Já o sorgo, segundo Waniska (2000), apresenta cerca de 11,3 g/100g, valor um pouco acima do aqui descrito, e o milho que de acordo com Santos (2018) apresentou valores variando entre 7,7 e 15,8 g/100g valor esse muito próximo dos 8,78 g/100g de proteínas na farinha de arroz mostrado na Tabela 8. A farinha do grão-de-bico ao contrário da farinha de arroz, apresenta altos níveis de proteínas, valores esses que variam de acordo com as suas cultivares. Segundo Simoni (2017) essa leguminosa apresenta valores que variam entre 18 e 31% sendo totalmente condizente com os resultados encontrados e expostos na Tabela 8.

O resíduo mineral fixo (cinzas) é um dos parâmetros utilizados para avaliar a qualidade nutricional de determinado elemento pois a quantidade de cinzas, é um índice da sua riqueza mineral, sendo resultado da incineração completa da matéria orgânica. A Tabela 8 faz o comparativo dos resíduos inorgânicos resultantes das análises dos cookies nas suas diferentes formulações.

Percebe-se que o teor de cinzas está diretamente relacionado com a concentração das farinhas de arroz e grão-de-bico, pois, o biscoito controle (100% farinha de arroz) é o que registra o menor índice de cinzas (0,432 g). Já o tratamento 20% apresenta uma tendência ao crescimento, mostrando assim que a redução da farinha de arroz para 80% é o ponto inicial de enriquecimento mineral dos cookies, mas devido pequena alteração de valores, o tratamento controle e 20% são considerados estatisticamente iguais. O tratamento 40% (F3) mostrou um crescimento significativo em relação aos tratamentos 0% (F1) e 20% (F2), evidenciando que à medida que se aumenta a concentração da farinha de grão-de-bico na construção do biscoito, acontece proporcionalmente o aumento na quantidade das cinzas.

Já o biscoito produzido com 60% (F4) de farinha de grão-de-bico apresentou um comportamento parecido com o tratamento 40% (F3), porém, com uma média de proporção bastante superior, pois enquanto o tratamento classificado com “b” aumentou a quantidade de cinzas em 79,62% (em relação ao controle), o tratamento “c” aumentou 167,36% (em relação ao controle), mostrando que em se tratamento de resíduo mineral fixo, quanto maior for no nível de farinha de arroz, menor será o teor de cinzas.

Vieira et al. (2015) conduziu um estudo que tinha o objetivo de produzir biscoitos glúten free a partir da substituição da farinha de trigo por diferentes quantidades das farinhas de quinoa, amaranto, fécula de mandioca e soja. Com essas substituições foi possível manter as características sensoriais condizentes com o produto, além de manter bons níveis de minerais, aumentando o teor de 0,64 g/100g para 1,60 g/100g, ou seja, igual a esse estudo, a adição da farinha mista também aumentou o teor de cinzas. Souza et al. (2013) também se propôs a produzir biscoitos isentos de glúten a partir da substituição da farinha de trigo pelas farinhas de quinoa e fécula de batata, e observou que houve uma melhoria significativa nas características nutricionais do produto, registrando um aumento de 1,7 para 1,9 g/100g de cinzas, valor que novamente se coloca acima do valor obtido no presente estudo.

O teor de água dos cookies representa um papel fundamental quanto as características sensoriais (principalmente a textura) e sua estabilidade microbiológica para conservação dos alimentos. Segundo Silva et al. (2007) alimentos com altos teores de água são mais suscetíveis ao crescimento microbiano, em contrapartida, alimentos com menos quantidade de água disponível, tem a vida útil mais prolongada, porém geralmente se caracteriza como seco e quebradiço. A ANVISA por meio da resolução Nº 263 publicada em 22/10/2005 regulamenta a produção e comercialização de biscoitos e bolachas com teores de água limitados a no máximo 15%, uma vez que considera que esse teor de água seja o ideal para manter as características sensoriais e aumentar a conservação do produto.

Ao analisarmos o teor de água na Tabela 8 é possível notar que para cada tratamento houve uma pequena variação, sendo que o tratamento F2 foi o que apresentou o menor índice de 6,29% b.u indicando que a substituição da farinha de arroz pela farinha de grão-de-bico nessa proporção causa uma ligeira redução da capacidade de retenção de água. Resultado semelhante aconteceu durante as análises dos biscoitos tipo cookies produzidos com farinha de soja em substituição parcial a farinha de arroz, quando Romero (2019) observou que os cookies fabricados com 60% farinha de arroz e 40% farinha de soja apresentou teor de água de 11,8% b.u enquanto o biscoito feito com 80% farinha de arroz e 20% farinha de soja resultou em 12,2%b.u indicando que a redução da farinha de arroz e o aumento de pequenas quantidades da farinha substituta nem sempre acarretará no aumento do teor de água como aconteceu nos tratamentos F3 e F4.

Ao compararmos os tratamentos F3 e F4 é possível perceber que a medida que o biscoito foi enriquecido com maiores quantidades da farinha de grão-de-bico houve um crescimento diretamente proporcional do teor de água. Isso evidencia que quando acrescido em quantidade significativa, a farinha de grão-de-bico tem interferência direta na quantidade de água disponível no alimento em questão.

Em relação as matérias-primas, a farinha de arroz apresentou 10,511% b.u, resultado que vai de encontro aos 10,11% b.u encontrado por Silva et al. (2007) durante a determinação da composição centesimal do arroz e do pó de café. Já a farinha do grão-de-bico mostrou 11,703% b.u, valor condizente com o recomendado por Simoni (2017) e significativamente maior ($p < 0,05$) que os valores encontrados para os cookies. Essa diferença de teor de água existente entre a matéria-prima e o produto final, além de mostrar que a farinha de arroz possui menos capacidade de retenção de água, mostra também o quanto o alimento é desidratado durante o processo de cocção.

A Tabela 9 apresenta uma comparação entre os valores encontrados para carboidratos, valor energético e atividade de água. Ao analisarmos os dados, é possível perceber de forma clara e evidente que a variável carboidratos teve seus números reduzidos gradativamente à medida que a concentração de substituição da farinha de grão-de-bico aumentava.

Tabela 9 Valores médios de carboidratos, valor energético e atividade de água dos cookies sem glúten.

Formulação	Carboidratos	Valor energético	A _w
F1 - Controle	80,841 ± 0,47 ^a	394,376 ± 2,25 ^a	0,371 ± 0,001 ^d
F2 - 20%	78,581 ± 0,61 ^b	388,444 ± 0,90 ^b	0,507 ± 0,004 ^a
F3 - 40%	78,302 ± 0,21 ^b	392,449 ± 1,12 ^a	0,391 ± 0,005 ^c
F4 - 60%	75,271 ± 0,22 ^c	387,654 ± 0,90 ^b	0,474 ± 0,005 ^b
C.V	0,53	0,36	0,97
Média geral	78,248	390,731	0,436
Formulação	Carboidratos	Valor energético	A _w
F. grão-de-bico	61,596 ± 0,26 ^b	358,837 ± 2,20 ^b	0,476 ± 0,01 ^a
Farinha de arroz	77,439 ± 0,27 ^a	368,467 ± 1,61 ^a	0,404 ± 0,06 ^b
C.V	0,38	0,53	0,89
Média geral	69,513	363,652	0,44

F1 = biscoitos de arroz controle; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha de grão-de-bico; e F4 = biscoitos com 60% de farinha de grão-de-bico. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A redução de carboidratos nos cookies se justifica ao observarmos os resultados apresentados pelas farinhas utilizadas como matéria-prima, uma vez que a farinha de grão-de-bico apresentou 61,59 g/100g de carboidratos enquanto a farinha de arroz apresentou 77,43 g/100g. Esses valores são condizentes com Schubert (2017) que encontrou 65,83 g/100g para o grão-de-bico e Silva (2007) que encontrou 78,9 g/100g para o arroz. O reflexo da diferença entre o teor de carboidratos das farinhas utilizadas como matérias primas pode ser visto em todas as quatro variações dos biscoitos. No entanto, as formulações F2 e F3 apresentaram uma pequena diferença entre seus valores (cerca de 0,35%) e foram iguais. Já os cookies controle, que são compostos por 100% com farinha de arroz, tiveram o maior índice de carboidratos, cerca de 80,84 g/100g ficando bem próximo dos 77,43 g/100g encontrados para a farinha de arroz; Em contrapartida, os cookies do tratamento F4 que utilizaram o menor volume da farinha de arroz, foram os biscoitos que apresentaram o menor nível desse nutriente cerca de 75,27 g/100g. Os tratamentos F1 e F4 mostraram que o teor de carboidratos do produto está diretamente ligado a quantidade de farinha de arroz utilizada na confecção dos biscoitos, ficando evidenciado que a quantidade de carboidratos aumenta de forma inversamente proporcional à medida que quantidade da farinha de grão-de-bico é adicionada, ou seja, quanto maior for o teor da farinha de grão-de-bico, menor será o nível de carboidratos nos cookies.

Quanto ao valor energético, as quatro formulações apresentaram variações, sendo que F1 (394,37 kcal 100⁻¹) e F3 (392,44 kcal 100⁻¹) diferiram dos tratamentos F2 (388,44 kcal 100⁻¹) e F4 (387,65 kcal 100⁻¹). A média geral dos valores energéticos aqui encontrados para cookies fabricados com farinha de arroz e de grão-de-bico (390,73 kcal/100g) são em média 77,86% menores que os valores energéticos encontrados por Ribeiro (2019) durante a caracterização centesimal dos biscoitos tipo cookies fabricados a partir da substituição das farinhas tradicionais com glúten por farinhas de pupunha, sendo que o cookie F1 fabricado a partir da farinha derivada da casca, apresentou 501,8 kcal/100g e o cookie F2 confeccionado com a farinha obtida através da polpa apresentou 502,8 kcal/100g. Ainda segundo Ribeiro (2019), esse alto valor energético já era previsto devido as grandes quantidades de lipídios e carboidratos presentes na farinha de pupunha, cerca de 25,96% e 60,47%, respectivamente. Já Neto (2023), desenvolveu cinco formulações de cookies substituindo a farinha de trigo pela farinha de soja, sendo: F1 - 0% de farinha de soja (59,84 g/100g carboidratos, 451,36 kcal), F2 - 25% de farinha de soja (50,29 g/100g carboidratos, 454,28 kcal), F3 - 50% de farinha de soja (33,11 g/100g carboidratos, 470,6 kcal), F4 - 75% de farinha de soja (24,88 g/100g carboidratos, 476,84 kcal) e F5 - 100% de farinha de soja (9,66 g/100g carboidratos, 485,04 kcal) e segundo sua análise, a inserção da farinha de soja reduziu o teor de carboidratos e aumentou os números referentes ao valor energético.

A atividade de água (A_w) é um fator essencial na determinação da qualidade e da vida útil dos produtos pois refere-se à quantidade de água disponível para o acontecimento de reações químicas no interior do alimento.

Segundo Lima (2015) entende-se que a conservação está ligada a quantidade de água disponível, ou seja, quanto menor for a atividade de água, maior será a vida útil do alimento. A atividade de água também impacta diretamente na crocância e na textura, pois quanto menor for a quantidade de água, mais duro e quebradiço tende a ser o alimento. De acordo com a legislação, é indicado que produtos assados, como os cookies, tenham a atividade de água variando no máximo entre 0,6 e 0,8 (BRASIL, 2012).

Os resultados apresentados atendem perfeitamente aos critérios determinados pela legislação, já que os números variaram entre 0,37 e 0,50. Ao analisarmos a Tabela 9 percebe-se que os cookies fabricados com 100% de farinha de arroz foram os que apresentaram a maior probabilidade de terem a vida útil mais prolongada, mostrando que o produto feito somente com farinha de arroz tende a ser mais “seco” e consequentemente, menos propício ao desenvolvimento de bolores e leveduras.

No extremo oposto foi identificado o tratamento F2, que com uma substituição de 20% da farinha de grão-de-bico, alcançou o maior índice de atividade de água dentre os quatro tratamentos. Quanto aos números resultantes das farinhas utilizadas como matéria-prima, percebe-se que apesar das pequenas variações, eles são completamente condizentes com os resultados dos cookies, mostrando que os demais ingredientes utilizados na fabricação, não causaram grandes interferências nos biscoitos.

Com uma média geral de atividade de água próximo a 0,43 esse trabalho corrobora com o estudo realizado por Klein et al. (2015) no qual foi comparado as características nutricionais dos biscoitos tipo cookies de diferentes marcas que são comercializados em nosso mercado. Na ocasião, os resultados das análises variaram entre 0,29 a 0,45, mostrando que esse tipo de biscoito tem alta estabilidade do ponto de vista microbiológico.

A Tabela 10 apresenta os resultados encontrados após a realização das análises de textura e representa as variações do comportamento dos cookies à medida que a farinha de arroz foi substituída pela farinha do grão-de-bico. Percebe-se que a dureza teve uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os quatro tratamentos, nas quais o esforço máximo necessário para a desintegração dos cookies variou entre 81,43 N/cm² e 107,57 N/cm².

Tabela 10 Valores médios da dureza, fraturabilidade, coesividade, elasticidade, gomosidade, mastigabilidade dos cookies sem glúten.

Formulação	Dureza	Fraturabilidade	Coesividade	Elasticidade	Gomosidade	Mastigabilidade
F1 controle	82,442 ± 2,550 ^c	82,442 ± 2,550 ^c	0,08 ± 0,008 ^c	0,582 ± 0,063 ^c	6,817 ± 1,113 ^d	4,425 ± 0,881 ^d
F2 - 20%	107,579 ± 6,699 ^a	107,570 ± 6,699 ^a	0,127 ± 0,010 ^c	0,640 ± 0,087 ^c	13,622 ± 0,490 ^c	8,322 ± 1,083 ^c
F3 - 40%	81,437 ± 18,064 ^c	81,437 ± 18,064 ^c	0,332 ± 0,046 ^a	1,091 ± 0,096 ^a	24,185 ± 1,259 ^a	27,532 ± 1,626 ^a
F4 - 60%	85,537 ± 10,285 ^b	86,787 ± 5,598 ^b	0,207 ± 0,036 ^b	0,862 ± 0,167 ^b	17,005 ± 1,921 ^b	14,925 ± 2,873 ^b

C.V	12,32	11,29	16,07	13,87	8,43	12,99
Média geral	89,246	89,559	0,186	0,794	15,407	13,801

F1 = biscoitos de arroz controle; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha de grão-de-bico; e F4 = biscoitos com 60% de farinha de grão-de-bico. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

O tratamento F2 apresentou o maior grau de dureza quando comparado com os demais tratamentos, mostrando que a incorporação da farinha de grão-de-bico ao nível de 20% causou grande variação no biscoito quando comparado com o biscoito controle, já que seu resultado foi em média 30,49% maior que os números de F1. Em contrapartida, o tratamento F3 com 81,43 N/cm² se mostrou ser o biscoito que menos exigiu esforço do texturômetro, sendo o cookie com menor grau de dureza, mostrando assim que a substituição de 40% da farinha de grão-de-bico produziu o alimento com dureza bastante inferior aos demais tratamentos. Já o tratamento F4 apresentou um resultado intermediário de 85,53 N, se diferenciando de F1 e F3 que estão nos extremos inferiores e F2 que está no extremo superior. Dessa forma, entende-se que a substituição da farinha aos níveis de 0 e 40% produziram biscoitos mais macios, 60% biscoitos intermediários e 20%, cookies mais duros.

Resultados inferiores foram encontrados por Cunha et al. (2023) durante seu estudo que tinha por objetivo desenvolver pães glúten free a partir da substituição parcial da farinha de trigo por farinhas de grão de bico, feijão e lentilha. Para essa análise, Cunha et al. (2023) desenvolveram quatro tratamentos distintos, sendo F1 - controle (34,7% farinha de trigo; dureza = 7,70 N); F2 (7,2% farinha de grão-de-bico; dureza= 26,38 N); F3 (7,2% farinha de feijão; dureza = 47,95 N) e F4 (7,2% farinha de lentilha; dureza = 34,79 N); Observou-se que os pães que tiveram a adição das farinhas alternativas em sua composição apresentaram grandes elevações na dureza em comparação ao pão padrão, comportamento esse muito parecido com os tratamentos F2 e F4 apresentados pelos cookies desse estudo.

Resultados também favoráveis aos números já apresentados, foram encontrados por Medeiros (2023) durante o desenvolvimento de seu trabalho, que tinha por objetivo produzir biscoitos tipo cookies substituindo parcialmente a farinha de trigo por farinha de bagaço de malte. O autor observou que o teor de dureza do biscoito aumentava à medida que a farinha alternativa era adicionada. Medeiros desenvolveu três formulações de cookies, sendo que o biscoito F1 feito apenas com de farinha de trigo apresentou 1,96 N/cm²; F2 feito com 25% de farinha de bagaço de malte apresentou 3,13 N/cm² e F3 feito com 50% de farinha de bagaço de malte apresentou 13,15 N/cm²; ficando nítido que, igual a esse trabalho, o incremento da farinha alternativa aumenta a dureza do alimento.

Quanto a fraturabilidade dos cookies, os resultados seguiram um padrão semelhante ao da dureza, indicando uma correlação entre essas duas variáveis; sendo que o tratamento F2, com 107,570 N/cm² apresentou a maior fraturabilidade, o que sugere que a formulação com 20% de substituição confere

ao produto uma maior resistência ao rompimento, tornando-o mais quebradiço. F1 e F3 mostraram valores similares (82,442 N/cm² e 81,437 N/cm², respectivamente), sem diferenças, indicando que o controle e o tratamento de 40% apresentam resistência idêntica à fratura. Já o tratamento F4 também teve um valor intermediário de 86,787 N/cm²; diferindo-se significativamente de F1, F2 e F3.

A coesividade, é definida por Medeiros (2023) como a força necessária para manter as moléculas unidas, ou seja, capacidade da massa permanecer íntegra. Esta característica apresentou um comportamento distinto em relação à dureza e à fraturabilidade, pois o valor mais alto foi observado no tratamento F3 (0,332 ± 0,046), sugerindo que o nível de substituição de 40% resulta em um produto mais coeso, indicando maior resistência interna ao rompimento. Esse valor elevado de coesividade pode estar relacionado à formação de uma rede estrutural interna que mantém a integridade do produto. Os tratamentos F1 e F2 apresentaram os menores valores (0,08 N/cm² e 0,127 N/cm² respectivamente) e não houve diferença ($p > 0,05$) entre eles. Isso indica que o controle e a substituição de 20% resultaram em uma estrutura menos coesa. O tratamento F4 apresentou um valor intermediário de 0,207 N/cm², significativamente menor ($p < 0,05$) que F3, mas superior a F1 e F2. Esses resultados indicam que o nível de substituição de 40% aumenta a coesividade, o que pode resultar em um cookie mais firme e menos propenso a se desintegrar. Já os níveis de substituição menores que 20% ou maiores 60% produzem um efeito menos coeso na estrutura do cookie.

De acordo com Mousavi et al. (2019) a elasticidade do alimento pode ser definida como sendo a capacidade que o produto tem de retornar a sua forma original após o mesmo sofrer algum tipo de deformação devido a aplicação de uma determinada força. No caso dos biscoitos, a elasticidade tem grande responsabilidade sobre a resistência e flexibilidade da estrutura, uma vez que a textura crocante é uma de suas principais características sensoriais durante mastigação, podendo ser um fator que influencia negativamente o consumidor na hora de sua escolha. Os alimentos com baixos índices de elasticidade tendem a ser produtos mais frágeis e quebradiços.

Ao analisamos a Tabela 10 percebe-se que a inclusão da farinha de grão-de-bico altera a textura aumentando a capacidade elástica dos cookies. Observou-se também que elasticidade dos biscoitos variou significativamente entre os tratamentos, sendo que a formulação F3 (40%) apresentou o maior valor de elasticidade (1,091), indicando que este nível de concentração aumenta a capacidade do biscoito de retornar à sua forma original após o cessamento da aplicação de uma força. Já o controle (F1) exibiu o menor valor (0,582), seguido pelas formulações F2 e F4 sugerindo assim que a ausência ou a substituição em pequenas quantidades da farinha de grão-de-bico gera uma baixa elasticidade e torna as bolachas mais frágeis e quebradiças. Resultados parecidos foram encontrados por Pereira et al (2013), que desenvolveu um estudo que almejava realizar uma análise comparativa entre oito biscoitos tipo “Maria”, bolacha popularmente vendida no comercio português, sendo que dessas oito marcas,

sete são portuguesas e uma, espanhola. Foram feitas análises físicas, químicas e tecnológicas, com o objetivo de identificar se existe diferenças entre as marcas, já que o biscoito é tradicional e a receita é “padrão”.

A gomosidade segundo Medeiros (2023) refere-se à capacidade de um alimento ser mastigado até o ponto de ser engolido sem sofrer uma desintegração excessiva. Já Mousavi et al. (2019) diz que gomosidade é uma propriedade que afeta a textura, sendo de grande importância para a aceitação sensorial de produtos alimentícios. A Tabela 10 mostra as interferências que a farinha de grão-de-bico causa na gomosidade a medida em que é adicionada fabricação dos cookies. O aumento na substituição de farinha de grão-de-bico teve um impacto significativo na gomosidade dos biscoitos. A formulação controle apresentou o menor valor de gomosidade, enquanto a formulação F3, com 40% de substituição, apresentou o maior valor, sugerindo que esse nível específico de substituição otimiza a textura mastigável dos biscoitos, tornando-os mais gomosos e cria uma textura mais característica dos alimentos mastigáveis.

As formulações F2 e F4, embora tenham sido diferentes, apresentaram valores bem próximos, colocando os cookies fabricados com 20 e 40% em uma posição intermediária na escala de avaliação da gomosidade. Esses dados indicam que a substituição de farinha de grão-de-bico altera a estrutura dos biscoitos, provavelmente aumentando a retenção do teor de água e a coesão interna, o que contribui para uma maior resistência durante a mastigação.

A variação da gomosidade entre as formulações pode ser explicada pela capacidade da farinha de grão-de-bico modificar a estrutura da massa, promovendo assim maior coesão e uma textura mais resistente. O aumento na gomosidade até o nível de 40% sugere que a adição de farinha de grão-de-bico pode melhorar a textura dos biscoitos até um certo ponto e após isso, o efeito parece estabilizar ou diminuir levemente como observado no tratamento F4. No entanto, a substituição de 60% apresenta uma gomosidade inferior a 40%, sugerindo que a proporção mais eficiente para a otimização da gomosidade seja em torno de 40%.

A mastigabilidade é uma propriedade textural dos alimentos que se refere à resistência que um produto oferece durante a mastigação e ao esforço necessário para quebrá-lo e prepará-lo para deglutição. Tecnicamente, a mastigabilidade pode ser entendida como a energia total exigida para que um alimento seja suficientemente fragmentado, ou seja, transformado em uma massa homogênea e preparado para engolir (CARRILHO, 2014).

Na Tabela 10 pode ser observado um comportamento bastante semelhante da mastigabilidade ao resultado apresentado pela gomosidade. Os tratamentos com 40% de incorporação registraram os maiores níveis entre as demais formulações, mostrando que os biscoitos compostos por 40% da farinha de grão-de-bico exigem maior força durante o processo de mastigação. Em contrapartida, o biscoito controle apresentou o menor índice e mastigabilidade, evidenciando que os cookies feitos apenas com farinha de arroz são mais

“macios” do que qualquer um outro fabricado com farinha mista. Já F2 e F4 apresentaram resultados intermediários, sugerindo que essas concentrações resultam em produtos que exigem esforço equilibrado de mastigação.

Buscando produzir alimentos alternativos rico em fibras e capazes de contribuir para o melhor do funcionamento intestinal, Cardoso (2017) desenvolveu quatro formulações de cookies a partir da substituição parcial da farinha de trigo por farinha produzida através da desidratação e moagem das raízes de yacon. A formulação D (controle) continha apenas farinha de trigo, a formulação A continha 12,5% de farinha de yacon, B continha 25% de farinha de yacon e C continha 50% de farinha de yacon. Dessa forma, a análise estatística mostra que a adição da farinha de yacon nos cookies gerou grande redução entre os tratamentos A (536,90) e B (361,79) sendo que em C (1861,89) o impacto da redução é bem menos expressivo quando comparado ao controle (2066,44). Ao comparar o efeito da substituição da farinha de yacon com resultados da substituição da farinha de grão-de-bico percebe-se que os resultados Cardoso (2017) são opostos aos números encontrados nesse trabalho, pois enquanto Cardoso (2017) conseguiu reduzir o índice de mastigabilidade em todos os seus tratamentos, aqui, a farinha de grão-de-bico de forma antagônica, aumentou. Esses resultados, indicam que essas farinhas geraram biscoitos com o índice de mastigabilidade contrário.

A cor dos alimentos é um dos primeiros atributos sensoriais percebidos e julgados pelo consumidor, possuindo uma forte influência sobre a percepção de qualidade dos produtos. Assim, a aparência é o principal indicativo de qualidade, sendo fundamental para atrair a preferência dos consumidores. A substituição de ingredientes convencionais por alternativas de maior valor nutricional é uma tendência crescente na indústria de alimentos. No caso dos cookies em questão, a adição da farinha de grão-de-bico afetou a propriedade sensorial “cor” causando seu escurecimento (Figura 5). Isso ocorre devido ao seu alto teor de proteínas que favorece o desenvolvimento da reação Maillard que acontece durante o processo de cocção (MALHEIROS, 2007).



Figura 5 Mudança de cor causada pela adição da farinha de grão-de-bico – fonte: próprio autor

A análise da luminosidade dos biscoitos mostrou que a substituição de farinha de arroz por farinha de grão-de-bico causou uma redução progressiva nos valores de L^* resultando em produtos de cor mais escura, conforme mostrada na Tabela 10.

Tabela 11 Valores médios referentes as cores dos cookies.

Formulação	L^* cookie	a^* cookie	b^* cookie	Hue	Chroma	Cor gráfica
F1 - Controle	$78,797 \pm 0,90^a$	$4,520 \pm 0,37^c$	$32,272 \pm 0,64^b$	$1,431 \pm 0,009^a$	$32,588 \pm 0,69^b$	
F2 - 20%	$76,317 \pm 1,30^b$	$3,325 \pm 0,17^d$	$26,372 \pm 0,92^c$	$1,445 \pm 0,003^a$	$26,581 \pm 0,94^c$	
F3 - 40%	$74,317 \pm 0,21^c$	$9,765 \pm 0,16^a$	$41,870 \pm 3,22^a$	$1,341 \pm 0,013^b$	$42,996 \pm 3,17^a$	
F4 - 60%	$71,570 \pm 0,95^d$	$7,835 \pm 1,04^b$	$41,287 \pm 0,59^a$	$1,383 \pm 0,023^b$	$42,032 \pm 0,74^a$	
C.V	1,28	8,93	4,89	1,00	4,80	
Média geral	75,215	6,361	35,450	1,400	36,049	

F1 = biscoitos de arroz controle; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha de grão-de-bico; e F4 = biscoitos com 60% de farinha de grão-de-bico. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A formulação F1 apresentou o maior valor de luminosidade, o que indica que os biscoitos feitos exclusivamente com farinha de arroz são mais claros. Em contrapartida, a formulação F4 apresentou o menor valor de L^* resultando em biscoitos com maior grau de escurecimento. Os tratamentos F2 e F3

apresentaram o mesmo padrão de alteração, já que a adição da farinha de grão-de-bico gerou um escurecimento diretamente proporcional. Dessa forma entende-se que à medida que a proporção de farinha de grão-de-bico aumentou, a luminosidade dos biscoitos reduziu.

Comportamento parecido foi encontrado por Romero (2019) quando analisou cinco formulações de cookies desenvolvidos a partir da substituição parcial da farinha de arroz por farinha mista de soja, sendo F1 com 0% de farinha de soja, $L^* = 77,47$; F2 com 20% de farinha de soja, $L^* = 68,25$; F3 com 40% de farinha de soja, $L^* = 68,19$, F4 com 60% de farinha de soja, $L^* = 56,48$ e F5 com 80% de farinha de soja, $L^* = 43,51$. Foi observado que houve uma redução gradativa e diretamente proporcional, pois a medida que a farinha de soja aumentava, o grau de luminosidade diminuía.

Analisando o parâmetro a^* , observa-se que houve variação entre todos os tratamentos, sendo que esse parâmetro representa uma tonalidade de cor que varia do verde (-) ao vermelho (+). A formulação F2 apresentou o menor valor de a^* , resultando na menor intensidade de vermelho entre as amostras, o que sugere que a substituição da farinha ao nível de 20% reduz a intensidade da cor avermelhada. De forma parecida, o tratamento controle também mostrou baixa tendência a cor vermelha, já que seus números foram maiores apenas que a amostra F2. Assim, entende-se que baixos níveis de utilização da farinha de grão-de-bico, resultaram em produtos menos avermelhados. Em contrapartida, as formulações com níveis mais elevados de substituição (F3 e F4), obtiveram os valores de a^* de 9,765 e 7,835 respectivamente, mostrando que a substituição de farinha de grão-de-bico ao nível de 60% tende a reduzir a intensidade do vermelho, enquanto os cookies feitos com 40% tendem a aumentar.

A coordenada b^* indica uma variação entre as cores azul (-) e amarelo (+). A Tabela 11 mostra que a formulação F1 (controle) apresentou um valor de b^* de 32,272, indicando a cor amarela com baixa intensidade. A formulação F2 apresentou uma redução significativa no valor de b^* em relação ao controle (26,372) registrando a menor intensidade de amarelo. As formulações F3 e F4 apresentaram os maiores valores, sendo 41,870 e 41,287, respectivamente, e consideradas estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Esses resultados sugerem que o incremento da farinha de grão-de-bico ao nível de 20% resulta em cookies menos amarelos que o biscoito controle, enquanto as substituições acima de 40% geram biscoitos mais amarelados.

Com o intuito de verificar se a adição de farinhas alternativas sem glúten interfere na cor dos biscoitos, Fagundes (2013) desenvolveu cinco formulações de cookies substituindo gradativamente a farinha de trigo por farinha de grão-de-bico, e semelhante aos resultados desse estudo, observou que o incremento dessa farinha altera sim as propriedades colorimétricas dos biscoitos. Para essa análise, a formulação controle (F1) foi feita com 80 g de farinha de trigo (correspondendo a 100%), F2 com 70 g de farinha de trigo e 10 g de farinha de grão-de-bico, F3 com 60/20, F4 com 70/30 e F5 com 40/40, respectivamente.

Fagundes (2013) percebeu que a redução da farinha de trigo e o aumento da farinha de grão-de-bico altera o parâmetro a^* dos biscoitos fazendo com que os cookies que apresentaram os maiores valores de a^* ($F2 = 2,83$ e $F3 = 2,97$) tenham grande tendência de atingir a cor vermelha (comportamento similar aos resultados desse estudo). Já o parâmetro b^* do estudo conduzido por Fagundes (2013) não corroborou com os resultados desse estudo, pois os números aqui encontrados mostraram que a substituição da farinha de arroz pela farinha de grão-de-bico causou alterações significativas em b^* . Já a substituição da farinha de trigo pela farinha de grão-de-bico não foi capaz de provocar grandes alterações em b^* mostrando que nenhuma das formulações feitas por Fagundes (2013) foi capaz de afetar a cor amarela dos cookies.

O valor de hue é um parâmetro que ajuda a mensurar se a cor tende mais para o vermelho/amarelo ou para o verde/azul. Na Tabela 11, o biscoito controle mostrou o valor de hue de 1,431, destacando uma tonalidade próxima do amarelo. A substituição de 20% elevou a tonalidade para 1,445, mantendo uma concentração semelhante, sem diferença estatística ($p > 0,05$) em relação ao controle. Já no tratamento F3, o hue foi reduzido para 1,341, resultando em uma mudança significativa para uma tonalidade mais avermelhada. No entanto, a formulação F4 apresentou um hue de 1,383, mostrou uma grande tendência de estabilização nos tons vermelhos e não apresentou diferenças estatísticas relevantes em relação à F1 e F2. Nesse contexto, a estatística mostra que a substituição de farinha de grão-de-bico em até 20% não causou alterações significativas na tonalidade do biscoito. Em contrapartida, a substituição em quantidades acima de 40% altera a tonalidade para uma cor mais avermelhada.

A variável "chroma" indica a intensidade e a saturação da cor dos biscoitos. A Tabela 11 mostra que o biscoito controle apresentou um valor de 32,272, refletindo em uma coloração moderada. A substituição de 20% reduziu o chroma para 26,372, indicando uma coloração menos intensa, enquanto na substituição de 40% o chroma aumentou significativamente para 41,870, representando uma cor mais vibrante e saturada. A formulação F4 apresentou um valor de chroma de 41,287, próximo ao de F3 e sem diferenças estatísticas ($p > 0,05$) relevantes. Essa análise mostra que a adição de até 20% de farinha de grão-de-bico diminui a saturação da cor dos biscoitos, enquanto os níveis de 40 e 60% aumentaram a intensidade de cor.

Já a variável "cor gráfica", revela uma transição de tons mais claros no controle (F1) para tons mais escuros e amarelados nas formulações F3 e F4. Essa mudança pode ser atribuída à presença de compostos naturais da farinha de grão-de-bico, bem como os carotenoides que consegue intensificar os tons amarelados e os compostos fenólicos, que dependendo da interação com outros ingredientes e do processo térmico, pode contribuir para o escurecimento do produto. Segundo Malheiros (2007) esses compostos naturais juntos com a elevação da temperatura durante o processamento dos cookies, pode favorecer reações químicas como a Reação de Maillard e a caramelização.

A Reação de Maillard segundo Ribeiro et al. (2007) ocorre entre aminoácidos e açúcares redutores presentes na formulação, formando pigmentos marrons denominados melanoidinas. Como a farinha de grão-de-bico contém um teor relativamente alto de proteínas em comparação à farinha de arroz, a formação desses compostos pode ter sido intensificada nos tratamentos F3 e F4, justificando a coloração mais escura.

A Tabela 12 mostra os resultados das análises físicas realizadas nos cookies, mostrando que o incremento da farinha de grão-de-bico implicou na variação do diâmetro de todas as formulações. Os biscoitos fabricados com 40% de farinha do grão apresentaram o menor diâmetro, enquanto o tratamento F4 com 67,64 mm apresentou o maior, mostrando que a formulação ideal para se obter produtos com diâmetros menores é 40% e para diâmetros maiores 60%.

Tabela 12 Parâmetros físicos dos biscoitos de arroz incorporados com farinha de grão-de-bico.

Tratamento	Diâmetro (mm)	Espessura (mm)	Taxa de espalhamento	Perda de peso (%)	Volume específico (cm ³ /g)	Fator de expansão
F1 - Controle	64,44 ± 0,92 ^b	11,35 ± 0,71 ^a	5,70 ± 0,39 ^b	29,54 ± 1,61 ^a	2,60 ± 0,05 ^a	0,74 ± 0,06 ^a
F2 - 20%	65,00 ± 1,77 ^b	11,58 ± 0,20 ^a	5,66 ± 0,64 ^b	25,40 ± 4,45 ^b	1,99 ± 0,07 ^c	0,67 ± 0,06 ^a
F3 - 40%	63,87 ± 1,01 ^b	9,75 ± 0,32 ^b	6,56 ± 0,18 ^a	28,79 ± 1,21 ^{ab}	2,28 ± 0,09 ^b	0,69 ± 0,07 ^a
F4 - 60%	67,64 ± 0,90 ^a	11,21 ± 0,87 ^a	6,06 ± 0,46 ^{ab}	26,96 ± 1,02 ^{ab}	2,27 ± 0,26 ^b	0,77 ± 0,07 ^a

F1 = biscoitos de arroz controle; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha de grão-de-bico; e F4 = biscoitos com 60% de farinha de grão-de-bico. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A substituição de 40% embora tenha seus resultados menores que o tratamento 20%, não registrou um crescimento em relação ao controle. Do ponto de vista estatístico, a substituição de 60% é a única que apresentou uma capacidade real de gerar um aumento no diâmetro dos biscoitos. Em contrapartida, as demais formulações apresentaram uma tendência de manter a estabilidade das medidas.

Comportamento parecido foi encontrado por Vieira et al. (2015) durante o processo de desenvolvimento de biscoitos a partir da substituição da farinha de trigo por uma farinha mista de fécula de mandioca, farinha de soja, farinha de quinoa e farinha de amaranto, sendo que das três formulações desenvolvidas apenas o tratamento F3 (amaranto 54,28%, quinoa 15,51%, soja 46,53%, fécula 38,77%) apresentou aumento real do diâmetro em relação ao biscoito controle (0,34 cm para 0,69 cm). Portanto, o biscoito F3 foi o tratamento com maior teor de farinha alternativa. Essa avaliação corrobora com os resultados do presente estudo e evidencia que os biscoitos construídos com farinha isenta de glúten tende a resultar em produtos com diâmetros maiores quando comparado com os mesmos biscoitos feitos com as mesmas proporções de ingredientes, porém com farinha de trigo.

Já Pena et al. (2010) realizaram análises laboratoriais de biscoitos doces feitos com farinha de trigo e fécula de mandioca com o objetivo de avaliar a qualidade física e sensorial do produto após a substituição parcial das farinhas. Inicialmente foram desenvolvidas quatro formulações de biscoitos doces, sendo F1 com 100% de farinha de trigo, F2 com 5% de fécula, F3 com 10% de fécula e F4 com 15% de fécula. Os biscoitos foram assados de uma só vez no mesmo forno e analisados posteriormente. Neste estudo foi observado que não houveram variações consideráveis em nenhuma das diferentes formulações, subentendendo que a substituição da farinha de trigo por farinha sem glúten em pequena quantidade não é suficiente para alterar o diâmetro dos biscoitos.

Quanto a espessura, Assis et al. (2009) diz que este é um parâmetro físico fundamental que afeta diretamente a textura, a aparência e a percepção sensorial dos produtos. Ao analisar os resultados expostos na Tabela 12 percebe-se que a formulação F1 apresentou o valor de 11,35 mm, enquanto a formulação F3 apresentou o menor valor 9,75 mm, indicando que a substituição de 40% resultou em biscoitos mais finos. Observou-se que a adição de farinha de grão-de-bico ao nível de 40% reduziu a espessura dos biscoitos em aproximadamente 14,32% em relação à média dos demais tratamentos, mostrando que essa foi a única substituição capaz de gerar uma redução significativa, pois F1, F2 e F4 são estáveis e não apresentaram variações entre si.

Resultado contrário foi encontrado por Pereira et al. (2021) enquanto realizava as análises físicas dos cookies desenvolvidos por ele a partir da substituição parcial da farinha de aveia por elementos com altos índices proteicos. Quando houve queda e estabilização com o incremento da farinha de grão-de-bico, foi registrado um aumento gradativo da espessura à medida que as farinhas alternativas eram adicionadas. Para essa análise, foram desenvolvidas quatro formulações de biscoitos, sendo F1 com 100% de farinha de aveia, F2 com 8% da farinha de soja e 92% de farinha de aveia, F3 com 8% da farinha de amêndoa e 92% de farinha de aveia e F4 com 8% farinha de gergelim e 92% de farinha de aveia. Ao final percebeu-se que à medida que as farinhas alternativas eram adicionadas, a espessura dos biscoitos também aumentava, sendo F1 = 10,98 mm, F2 = 12,60 mm, F3 = 13,21 mm e F4 = 12,05 mm.

A taxa de espalhamento segundo Assis et al. (2009) é um índice que fornece informações sobre a capacidade da massa de um biscoito se expandir horizontalmente (espalhar) durante o cozimento, enquanto mantém firme sua estrutura vertical (espessura). Quanto maior for a taxa de espalhamento, maior o indício que o biscoito se expandira mais em largura do que em altura, geralmente resultando em um produto mais fino e crocante. Através da Tabela 12 percebe-se que a adição da farinha de grão-de-bico impactou principalmente a formulação F3 que registrou o maior valor (6,56), mostrando que a substituição da farinha alternativa ao nível de 40% resultou na massa com maior capacidade de expansão e cerca de 15,08% maior que a capacidade da massa do tratamento controle, que por sua vez registrou o segundo menor valor de 5,70.

A formulação F2 teve o menor desempenho entre todos os tratamentos, mostrando que a substituição na proporção de 20% resulta em uma taxa de espalhamento menor inclusive que o tratamento controle. Com isso, conclui-se que a inclusão da farinha alternativa nas proporções de 40 e 60% geram maior capacidade de expansão horizontal enquanto o teor de 20% reduz.

Sobre a perda de peso, a Tabela 12 apresenta os parâmetros que mede a diferença entre o peso inicial da massa crua e o peso final do produto assado. Essa diferença geralmente é expressa em porcentagem e é resultado da evaporação de água e da liberação de gases resultantes do processo de cocção. Portanto, a perda de peso no contexto alimentar refere-se à redução da massa que um produto sofre após os processos de cocção, secagem ou desidratação (ASSIS et al., 2009). A análise estatística mostra que a adição da farinha de grão-de-bico gera uma interferência direta no peso final dos biscoitos. Também segundo Assis et al. (2009), alimentos que possuem em sua composição altos níveis de fibras e proteínas, tendem a ter melhor capacidade de retenção de umidade, reduzindo consequentemente sua perda de peso. Nesse contexto, os cookies resultantes da formulação controle apresentaram a maior perda de peso entre todos os demais tratamentos (29,54%), seguido da formulação F3 com 28,79% mostrando que a ausência ou o excesso de fibras e proteínas na composição dos biscoitos geram produtos com maior oscilação entre a massa final e inicial.

Em contrapartida, o tratamento F2 foi o que registrou a menor perda de peso (25,40%), mostrando que a substituição em 20% da farinha de grão-de-bico gerou o melhor comportamento quanto a capacidade de retenção de umidade após o tratamento térmico. Esse comportamento sugere que a adição da farinha alternativa em quantidades moderadas ajuda a massa do produto a se manter estável. Já a formulação F4 com 26,96%, embora seja considerada igual a F3, apresentou o comportamento semelhante também a F2 (perda em relação ao controle), mostrando que as menores perdas de massa foram registradas nos biscoitos compostos com 20 e 60% de farinha de grão-de-bico. Efeito contrário foi encontrado por Pasolini et al. (2007) ao analisar quatro formulações de cookies feitos com diferentes quantidades de farinha de trigo e farinha de banana verde. Ele observou que as substituições geram perda de peso, sendo que todas as formulações que continham a farinha da banana tiveram resultados inferiores ao biscoito controle. O objetivo de Pasolini et al. (2007) era produzir biscoitos com maiores índices de proteínas e fibras sem causar grandes alterações em suas características físicas. A formulação controle continha 100% da farinha de trigo, a formulação tipo I continha 10% da farinha de banana, a formulação tipo II continha 20% da farinha de banana e a farinha tipo III continha 30% da farinha de banana.

Foi observado que após a cocção o tratamento tipo I com 8,30 g demonstrou a menor capacidade de retenção de umidade registrando a maior perda de peso em relação ao controle (7,61 g). Já os tratamentos tipo II e tipo III também obtiveram perda de peso, porém em quantidades menos expressivas 7,76 g e 7,95 g, respectivamente. Esses resultados são parecidos aos encontrados

nesse estudo, pois enquanto a substituição da farinha de arroz pela farinha de grão-de-bico gerou perda de peso inferior ao peso controle, a substituição da farinha de trigo pela farinha de banana gerou perda de peso superior ao peso controle.

O volume específico segundo Clerice (2013) é a relação entre o volume e a massa do produto, sendo que as diferentes proporções da farinha de grão-de-bico nas formulações dos cookies causam interferência direta em seu respectivo volume. O resultado da análise estatística nos mostra que a adição da farinha de grão-de-bico nas formulações gerou redução do volume específico dos biscoitos, pois enquanto os cookies feitos apenas com farinha de arroz apresentaram 2,60 cm³/g (F1) de volume específico, os outros feitos com 20, 40 e 60% de farinha de grão-de-bico apresentaram 1,99, 2,28 e 2,27 cm³/g respectivamente, evidenciando que a adição da farinha alternativa provoca a redução no volume específico, com destaque para F2 que atingiu a menor redução. Os tratamentos F3 e F4 não apresentaram diferença entre eles. Em resumo, entende-se que os biscoitos F1, F2 e F3 tem características volumétricas bem alinhadas entre si, ao contrário da formulação F2, que mostrou que a substituição em 20% causa grande redução do volume.

O fator de expansão é um parâmetro responsável por medir o crescimento de um produto durante o processo de cocção, ele é definido como a razão entre o volume final do produto e o volume inicial da massa crua, indicando o quanto a massa aumentou ou reduziu durante o cozimento. Germani et al., (2007) explicam que o fator de expansão pode sofrer variações em função da temperatura e do tempo de cozimento pois isso promove uma maior volatilização de água e melhora a retenção do vapor que é formado. A Tabela 12 mostra o resultado da análise estatística e fica evidente o pequeno impacto causado pela substituição das farinhas. Dessa forma, os resultados apontam uma variação leve e não significativa, com valores oscilando entre 0,67 e 0,77, mostrando que os biscoitos fabricados com 20% da farinha de grão-de-bico apresentaram o menor fator de expansão, enquanto os fabricados com 60% resultaram no maior valor. Analisando as diferenças numéricas entre essas formulações, percebe-se que os cookies F2 são 9,45% inferiores ao controle e os cookies F4 são apenas 4,05% superiores que o controle. Essas pequenas variações apontam que a farinha de grão-de-bico consegue manter as características de expansão semelhantes à farinha de arroz, mesmo em níveis mais elevados de substituição.

Germani (2007) desenvolveu três formulações de biscoitos salgados substituindo em 10% da farinha de trigo por farinha de beringela (formulação 1), 15% da farinha de trigo por farinha de beringela (formulação 2) e 20% da farinha de trigo por farinha de beringela (formulação 3) e encontrou fatores de expansão bem mais expressivos do que os valores encontrados nesse trabalho. Com os números encontrados, esse autor pôde perceber que a adição da farinha de beringela causou grande queda nesse índice pois enquanto o biscoito com 10% apresentava 51,06, F2 e F3 registraram 49,62 e 38,96.

Wang (1997) também desenvolveu e avaliou o fator de expansão de biscoitos feitos com farinha mista de trigo e casca de soja com o objetivo de se obter produtos com alto teor de fibras. Os biscoitos foram produzidos nas proporções F1 90/10, F2 80/20, F3 70/30 e F4 60/40% e apresentaram expansão de 53,30, 41,37, 40,90 e 31,29, respectivamente, mostrando que o aumento na concentração da farinha de casa de soja reduziu significativamente o índice de expansão. Dessa forma, ao comparar os resultados encontrados nesse estudo com os resultados encontrados por Germani (2007) e Wang (1997) percebe-se que os biscoitos feitos parcialmente com farinha de grão-de-bico foram os únicos que não sofreram quedas bruscas, mantiveram o padrão da formulação controle e conseguiram inclusive superar os números dos cookies controle (F4).

A Tabela 13 apresenta os resultados das análises de minerais e por meio da determinação dos macros e micronutrientes foi possível conhecer os impactos gerados nos cookies em consequência da substituição parcial da farinha arroz pela farinha de grão-de-bico. Observou-se que o incremento da farinha de grão-de-bico, com exceção do Ca, gerou no quadro de macronutrientes e micronutrientes um aumento diretamente proporcional dos elementos químicos nos biscoitos.

Tabela 13 Valores médios encontrados para os minerais.

Tratamento	Macrominerais g kg ⁻¹						Microminerais mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
F1 - Controle	12,9 ^a	2,2 ^a	1,3 ^a	1,5 ^c	0,2 ^a	0,6 ^a	11,6 ^a	5,9 ^a	2,0 ^b	12,4 ^a	0,1 ^a
F2 - 20%	12,4 ^b	2,5 ^b	1,8 ^b	1,4 ^b	0,2 ^a	0,6 ^a	12,2 ^b	7,8 ^b	2,0 ^b	13,7 ^b	0,1 ^a
F3 - 40%	15,3 ^c	2,8 ^c	3,0 ^c	1,4 ^b	0,4 ^b	0,5 ^a	18,1 ^c	10,5 ^c	2,1 ^a	17,8 ^c	0,1 ^a
F4 - 60%	18,1 ^d	3,2 ^d	3,3 ^d	1,3 ^a	0,5 ^c	0,6 ^a	21,5 ^d	12,1 ^d	2,0 ^b	19,6 ^d	1,8 ^b

F1 = biscoitos com 100% de farinha arroz; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha grão-de-bico; F4 = biscoitos com 60% de farinha de grão-de-bico

No quadro dos macronutrientes é possível observar que o aumento do teor de nitrogênio (N) está associado ao aumento do teor de proteínas fornecidos pela farinha do grão-de-bico. No entanto, a formulação construída com 20% de substituição contrariou os demais tratamentos, pois foi a única que registrou queda no teor de nitrogênio após a redução da farinha de arroz. Em contrapartida, o tratamento F4 fabricado com 60% de substituição apresentou um crescimento de 40,31% em relação ao controle, sugerindo que quanto maior a proporção da farinha do grão, maior será o teor de nitrogênio.

Comportamento parecido foi apresentado pelo fósforo (P) e potássio (K), uma vez que as quatro formulações tiveram um crescimento proporcional a adição da farinha alternativa, sendo que o fósforo apresentou um crescimento linear de aproximadamente 14% para cada adição em 20% da farinha de grão-

de-bico. Já o potássio registrou um crescimento desordenado, pois o tratamento F3 foi quem mais cresceu, com cerca de 67% em relação a F2, 10% em relação a F4 e 131% em relação ao controle.

Santos (2022), com o objetivo de produzir cookies mais nutritivos e com baixo valor energético, desenvolveu duas formulações de biscoitos sendo F1 feito apenas com farinha de trigo (FT) e F2 com 50% de FT e 50% com farinha de trigo integral (FTI). Semelhante ao presente estudo foi observado que a adição de farinha com maiores índices proteicos resulta em um aumento no teor de fósforo e potássio. No caso avaliado por Santos (2022) o biscoito controle teve a concentração de fósforo elevada de 221,6 para 308,4 mg/100g e o potássio de 301,3 para 501 mg/100g.

O magnésio (Mg) por sua vez mostra que seu maior rendimento acontece na formulação com menor quantidade da farinha de arroz (F4), ou seja, quanto menor a concentração do processado de arroz, maior será o teor de magnésio. Percebe-se também que a adição em 20% de grão-de-bico não é suficiente para causar alterações no teor desse elemento, mas a substituição em 40% é capaz de dobrá-lo (em relação ao controle).

Já o enxofre (S) e o cálcio (Ca), essenciais para a formação de aminoácidos sulfurados como cisteína e metionina e manutenção da saúde óssea, foram os únicos elementos do quadro de macronutrientes que apresentaram comportamento diferentes dos demais, já que o enxofre mostrou que a variação da concentração das farinhas não interferiu estatisticamente em seu teor presente nos biscoitos. Já o cálcio, mostrou que sua concentração é inversamente proporcional a adição da farinha de grão-de-bico, sendo que o biscoito F1 fabricado apenas com farinha de arroz teve $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ e F4 registrou $1,3 \text{ g kg}^{-1}$. Assim, entende-se que quanto maior a concentração do processado de grão-de-bico, menor será o teor de cálcio.

Resultado completamente oposto foi encontrado por Rosolen et al. (2018) durante a análise de quatro formulações de cookies fabricados a partir da substituição parcial da farinha de trigo (FT) pela farinha da casca de laranja (FCL), sendo que F1 é constituído apenas com FT, F2 com 10% de FCL, F3 com 20% de FCL e F4 com 30% de FCL. Nesse cenário, foi observado que o teor de cálcio aumentou progressivamente em F3 (5,98 mg/100g) e F4 (6,16 mg/100g) a medida que a FCL foi adicionada, já que o controle era 3,22 mg/100g. Já o potássio, determinado pelo mesmo autor, corroborou com os resultados encontrados no presente estudo, pois semelhantemente registrou um crescimento considerável para todas as formulações que a FCL foi adicionada, sendo o controle 59,07 mg/100g, F2 78,88 mg/100g, F3 110,8 mg/100g e F4 140,60 mg/100g. Da mesma forma aconteceu com o sódio, que apresentou um crescimento constante a medida que as farinhas foram substituídas, mostrando que a redução da FT e aumento da FCL gerou em todos os cenários o aumento na concentração de cálcio, potássio e sódio.

Quanto aos micronutrientes, os resultados demonstraram que a adição da farinha de grão-de-bico nos biscoitos contribuiu positivamente para o

aumento do ferro (Fe) que saiu de 11,6 para 21,5 mg/kg⁻¹ representando um crescimento de 85,3%. O zinco (Zn) foi de 12,4 para 19,6 mg/kg⁻¹ e o magnésio (Mg) que no biscoito com substituição de 60% se destacou por ter apresentado uma progressão de 105,1% em relação ao controle.

O cobre (Cu) por sua vez apresentou resultados que indicam grande tendência a estabilidade, pois em nenhum dos cenários as substituições foram capazes de gerar grandes alterações. Apenas no tratamento F3 que houve 5% de alteração, mas que segundo o teste Tukey essa variação não é significativa. Comportamento parecido com o do cobre foi apresentado pelo boro (B), pois se manteve estável em 75% das formulações, mostrando que a substituição das farinhas em pequenas e médias quantidades não são capazes de elevar significativamente a sua concentração nos cookies. Em contrapartida, o tratamento F4 construído com 60% da farinha de grão-de-bico elevou o teor do boro de 0,1 para 1,8 mg/kg⁻¹.

Lacerda (2009) se propôs a desenvolver e analisar biscoitos feitos a partir da substituição parcial das farinhas de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado (FAE). Foi desenvolvido o biscoito controle (F1) e mais quatro formulações sendo, F2 com 12,5% de FAE, F3 com 25% de FAE, F4 com 37,5% FAE e F5 com 50% de FAE, porém, as análises de fibras e minerais só foram realizadas na formulação controle e na formulação com 50% de FAE. Foi observado que ao substituir a farinha de trigo e fécula de mandioca por 50% do farelo de arroz extrusado, as concentrações de ferro, zinco e manganês aumentaram de 2,24 para 3,64 g/100g, 0,69 para 1,88 g/100g e 0,69 para 3,39 g/100g, respectivamente. Esse resultado é completamente condizente com os resultados encontrados durante a avaliação dos cookies analisados e apresentados pelo autor desse trabalho.

Bassani (2017) desenvolveu biscoitos a partir da farinha mista de arroz e farinha de feijão vermelho (FFV) com diferentes quantidades de margarina presentes na composição. Para isso, foram desenvolvidos três tratamentos, sendo T1= 25g/100g; 21g/100g – T2= 85,35g/100g; 18g/100g – T3= 50g/100g; 22,24g/100g de FFV e margarina, respectivamente. Também foi produzido o biscoito controle feito apenas com farinha de arroz e 18g/100g de margarina. No decorrer das análises o autor percebeu que a formulação T2 com maior quantidade de FFV aumentou consideravelmente o teor de ferro em aproximadamente 49% e o teor de zinco em 29%. Com o objetivo de verificar as diferenças na estrutura morfológica dos biscoitos fabricados com farinha de feijão vermelho e sem farinha de feijão vermelho foi realizado a análise de microscopia de varredura eletrônica. Bassani (2017) observou que os biscoitos fabricados com maiores quantidades de margarina apresentaram uma superfície menos rugosa do que os biscoitos com menor teor de margarina. O autor também explica que esse aspecto liso se dá através do derretimento dos lipídios durante o processo de cozimento; também foi observado que as amostras apresentaram formas completamente irregulares e indefinidas, sendo possível identificar apenas as cavidades responsáveis por liberar gases e vapores.

Silva (2016) publicou um estudo realizado com a farinha produzida pela casca de maracujá amarelo e teve por objetivo propor o reaproveitamento albedo dessa fruta para o enriquecimento nutricional de novos alimentos. Para isso, as cascas foram submetidas ao tratamento térmico nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. Por apresentar melhores resultados quanto ao teor de água e menor luminosidade (cor), apenas a farinha desidratada a 70 °C foi analisada. Assim, o autor observou que a amostra após ser submetida a exposição térmica apresentou apenas alguns poros/cavidades e formas indefinidas. Essa observação proposta por Silva (2016) vai de encontro com as conclusões de Bassani (2017).

Com o objetivo de verificar possíveis interferências causadas pela adição da farinha de grão-de-bico, a estrutura morfológica das quatro formulações dos cookies foi analisada. Os resultados encontrados demonstraram formas geométricas não definidas e bastante protuberâncias (aspecto rugoso) além das semelhanças existentes nos quatro tratamentos conforme mostrado na Figura 6, dessa forma os resultados aqui descritos estão alinhados com as observações realizadas pelos autores citados anteriormente.

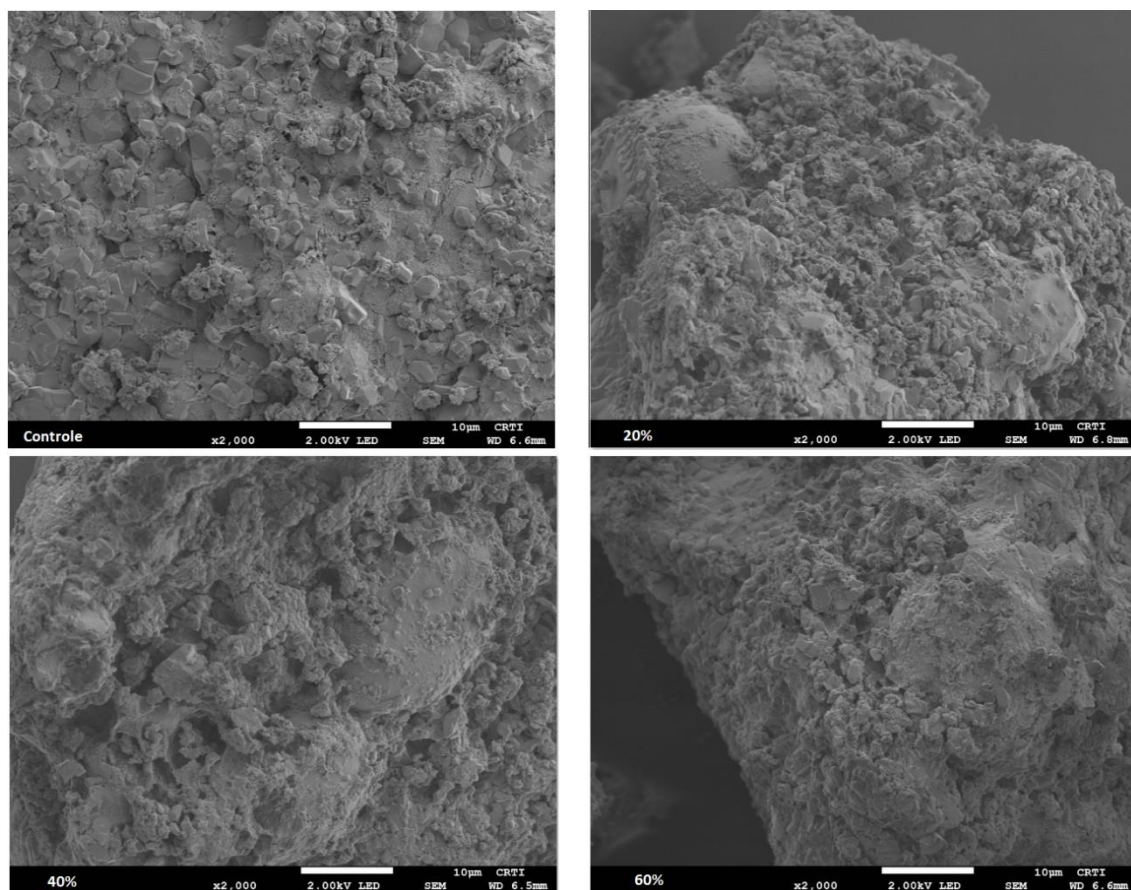


Figura 6 Imagem de microscopia ampliada em 2000x para as formulações F1 = biscoitos com 100% de farinha arroz; F2 = biscoitos com 20% de farinha de grão-de-bico; F3 = biscoitos com 40% de farinha grão-de-bico Fonte: próprio autor

Nas imagens apresentadas acima é possível perceber bastante semelhança entre os tratamentos, uma vez que seu aspecto predominante é a superfície rugosa e a indefinição das formas e tamanhos, o que impossibilita a identificação de elementos como carboidratos, lipídios e proteínas.

Uma explicação dada por Bassani (2017) para a alta rugosidade da superfície dos biscoitos e a indefinição dos formatos geométricos está ligada ao baixo teor de lipídios presentes na composição das amostras, já que ele acredita que a gordura é responsável por conferir o aspecto liso as superfícies. É importante salientar que a Tabela 8 mostra que a concentração de lipídios se manteve baixa e estável em todos os cenários, uma vez que seus números variaram entre 4,00 g/100g e 4,23 g/100g.

Silva (2017) avaliou a qualidade tecnológica da farinha de baru e as submeteu ao tratamento térmico com variadas temperaturas e ao final observou-se formas geométricas visíveis e bastante definidas, o que a possibilitou determinar as fibras, proteínas, lipídios e amido. Nesse caso mostrou que o tratamento térmico não influenciou negativamente a identificação dos elementos nas amostras. O conhecimento desses nutrientes é possível porque suas formas e tamanhos são característicos. Damodaran et al. (2010) diz que as proteínas geralmente apresentam formatos circulares enquanto os grânulos de amidos tendem a ser ovais com os lipídios bem próximos a sua superfície.

8 Conclusão

No desenvolvimento do presente estudo observou-se que as diferentes concentrações da farinha de grão-de-bico adicionadas aos biscoitos não interferiram no teor de lipídios, mas gerou um aumento progressivo e proporcional na concentração de proteínas, com destaque para tratamento F4 que além de ser a variável mais proteica, também apresentou o maior teor de cinzas e teor de água. Quanto aos carboidratos e valor energético o tratamento F1 apresentou os maiores valores, mas em relação a atividade de água, o F2 teve o maior registro. Em relação as propriedades mecânicas, o tratamento F2 se destacou quanto a dureza e fraturabilidade, já o biscoito F3 apresentou os maiores valores quanto a coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade. No quesito cor, os cookies F4 foram os mais escuros, F3 alcançou tons amarelados e F2 registrou a menor tendência aos tons avermelhados e maior capacidade de reduzir a intensidade e saturação das cores. Quanto aos parâmetros físicos, F4 registou o maior diâmetro e maior fator de expansão juntamente com a segunda maior espessura; F1 por sua vez teve a maior perda de peso e maior volume específico. Em relação aos minerais, F4 apresentou os melhores resultados quanto ao nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, ferro, manganês, zinco e boro; F1 teve o maior valor para o cálcio, enquanto o enxofre se manteve praticamente estável.

Com base nos resultados apresentados, o tratamento F4 parece ser a melhor escolha para a formulação dos biscoitos já que este apresentou o maior teor de proteínas, fósforo, potássio, magnésio, ferro, manganês, zinco e boro, o que torna esse biscoito uma excelente opção para melhorar o valor nutricional do produto. Além disso, em termos de propriedades físicas, o tratamento F4 teve o maior diâmetro, maior fator de expansão e uma boa espessura, características essas que são essenciais para garantir o volume e a aparência do biscoito. Outro ponto positivo é o equilíbrio nutricional oferecido por esse tratamento, que apresenta não só um alto teor de proteínas, mas também um bom equilíbrio entre o teor de cinzas, teor de água e minerais, contribuindo para um produto mais nutritivo e funcional. Por essas razões, sugere-se que o tratamento F4 é a escolha mais equilibrada, pois atende a uma gama maior de necessidades nutricionais, sendo uma opção vantajosa para a produção de biscoitos saudáveis e de alta qualidade.

9 Referências

AACC. **Approved Methods of American Association of Cereal Chemists**. American Association of Cereal Chemists, 2000.

Akesowan, A. **Influence of konjac flour on foaming properties of milk protein concentrate and quality characteristics of gluten-free cookie**. International Journal of Food Science & Technology, v. 51, n. 7, p. 1560–1569, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13125>.

Cardoso, Érika Cavaleiro. **Elaboração de cookies enriquecido com farinha de yacon**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

Carmo, C. A. F. de S.; Araújo, W. S. de; Bernardi, A. C. de C.; Saldanha, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na EMBRAPA solos**. Embrapa Solos. Circular Técnica. 21. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.

Chaves, Natalie Garcia. **Composição nutricional, digestibilidade proteica e aceitabilidade de cookies sem glúten com farinha de teff**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

Clerici, M. T. P. S.; et al. **Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim**. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 16, p. 129-139, jun. 2013. Disponível em: <http://bjft.ital.sp.gov.br>. Acesso em: 4 dez. 2024.

Cunha, Gabriela Nolasco Fernandes Rodrigues de; Zambrano, Francly. **Utilização de farinha integral de grão de b**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial,

Francisco Beltrão. Disponível em: <https://período.utfpr.edu.br//rbta>. Acesso em: 29 out. 2024.

Dada, Ana Paula; Pereira, Mariana Croscatto Lopes; Oliveira Cestário, Andresa Caroline de; et al. **Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookies com incorporação de diferentes farinhas proteicas**. In: XII Encontro Internacional de Produção Científica da Unicesumar. Anais eletrônicos. Maringá: Unicesumar, 2021. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/epcc2021>. Acesso em: 02 dez. 2024.

Damodaram, S.; Parkin, K. L.; Fennema, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

Fagundes, Antonia Iraja Oliveira. **Utilização da farinha de grão-de-bico na elaboração de biscoitos tipo cookies**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pampa, Itaquí, 2013.

Ferreira, A. C. P.; Brazaca, S. G. C.; Arthur, V. **Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 26, n. 1, p. 80-88, jan.-mar. 2006.

Giovanella, C.; Schlabit, C.; Souza, C. F. V. **Caracterização e aceitabilidade de biscoitos preparados com farinha sem glúten**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 7, n. 1, p. 965-976, 2013.

Klein, Ânderson Luiz; Bresciani, Laís; Oliveira, Eniz Conceição. **Características físico-químicas de biscoitos comerciais do tipo cookies adquiridos no Vale do Taquari**. Revista Destaques Acadêmicos, [S. l.], v. 7, n. 4, 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/509>. Acesso em: 27 out. 2024.

Lacerda, D. B. C. L.; Soares, J. M.; Zaczuk Bassinello, P.; Santos Siqueira, B.; Koakuzu, S. N. **Qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca**. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, v. 59, n. 2, p. 199-205, 2009.

Lara, E.; Cortés, P.; Briones, V.; Perez, M. **Structural and physical modifications of corn biscuits during baking process**. LWT - Food Science and Technology, v. 44, n. 3, p. 622–630, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.10.007>.

Medeiros, Mabelle Biancardi Oliveira de; Rodrigues, Alba Regina Pereira; Gomes, Vítor Emanuel de Souza; Albuquerque, Beltssazar de Lima. **Influência da substituição da farinha de trigo pela farinha de bagaço de malte sobre a reologia dos biscoitos tipo cookie e suas facilidades**. Cadernos UniFOA, v. 53, p. 1-9, dez. Disponível em: <https://doi.org/10.47385/cadun.v18.n53.4680>. Acesso em: 29 out. 2024.

Mousavi, Malihe et al. **Texture and sensory characterization of functional yogurt supplemented with flaxseed during cold storage**. Food Science & Nutrition, Hamadan, v. 7, n. 3, p. 907-917, 2019.

Neto, Manasses Nascimento. **Qualidade de biscoitos tipo cookie em função da substituição da farinha de trigo por farinha de soja**. 2023. Trabalho de Conclusão de

Curso (Bacharelado em Agroindústria) – Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, 2023.

Pereira, Daniela; Correia, Paula M. R.; Guiné, Raquel P. F. **Analysis of the physical-chemical and sensorial properties of Maria type cookies**. Acta Chimica Slovaca, Viseu, v. 6, n. 2, p. 269-280, 2013. DOI: <10.2478/acs-2013-0040>.

Schouten, M. A.; Santanatoglia, A.; Angeloni, S.; Ricciutelli, M.; Acquaticci, L.; Caprioli, G.; Vittori, S.; Romani, S. **Effects of nuts, dried fruits, dried seeds and black olives as enrichment ingredients on acrylamide concentrations in sweet and savoury biscuits**. Food and Bioprocess Technology, v. 17, n. 6, p. 1525–1538, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03214-x>.

Silva, Daiana Vieira. **Propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) em função de diferentes condições de secagem do fruto**. 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2017.

Silva, Marcelo Henrique da; Oliveira, Carla Fabíola Ramos; Almeida, Fabiana Aparecida; Souza, Marize Campos. **Influência da adição de farinha de bagaço de uva na formulação de cookies sem glúten**. Brazilian Journal of Food Technology, v. 23, p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.19119>.

Silva, Renata Maria; Paula, André Luis dos Santos; Queiroz, José Humberto de. **Elaboração de cookies com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de banana**. Revista Alimentos e Nutrição, v. 23, n. 2, p. 261-268, 2012.

Siqueira, Bruna Santos; Bassinello, Priscila Zaczuk; Souza, J. A. **Utilização de subprodutos do arroz na formulação de biscoitos: características físicas e químicas**. Brazilian Journal of Food Technology, v. 14, n. 1, p. 15-25, 2011.

Souza, Camila dos Santos; Alves, Graziela; Vieira, Juliana. **Avaliação da qualidade de cookies enriquecidos com farinha de maracujá**. Revista Brasileira de Nutrição e Saúde, v. 23, n. 1, p. 45-54, 2020.

Souza, Rafaela Rodrigues de; Barbosa, Lívia; Silva, Renata. **Propriedades tecnológicas e sensoriais de biscoitos tipo cookie elaborados com farinha de bagaço de jabuticaba**. Revista de Nutrição Experimental, v. 4, n. 1, p. 12-22, 2019.

Tavares, Priscila Pereira; Oliveira, Thiago Ferreira; Costa, Amanda Duarte. **Desenvolvimento e caracterização de cookies sem glúten enriquecidos com farinha de linhaça**. Ciência Rural, v. 45, n. 8, p. 1421-1430, 2015.

Teixeira, Mariana Gonçalves; Alves, Juliana Lima; Santos, Bruno Henrique. **Elaboração de cookies funcionais com adição de farinha de chia**. Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 36, n. 2, p. 101-110, 2018.

Trombini, Franciele Rosemiro; Fernandes, Gabriela Aparecida; Silva, Amanda Maria. **Avaliação da qualidade físico-química e sensorial de cookies com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de amêndoa de baru**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 15, n. 1, p. 23-34, 2022.

Vasconcelos, Ana Beatriz; Lemos, Rafael Augusto; Almeida, José Carlos. **Cookies integrais enriquecidos com farinha de banana verde: desenvolvimento e avaliação sensorial**. Revista de Ciência e Saúde, v. 6, n. 2, p. 78-87, 2021.

Vieira, Patrícia Souza; Mello, Tatiane Rodrigues; Ribeiro, Larissa. **Efeito da adição de farinha de semente de uva na qualidade nutricional e sensorial de cookies**. Journal of Food Science and Technology, v. 55, n. 3, p. 567-576, 2019.

Vilela, Ana Carolina da Silva; Rocha, Mateus Oliveira; Campos, Bianca Fernandes. **Impacto da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de laranja na aceitação sensorial de cookies**. Brazilian Journal of Food Science, v. 22, n. 1, p. 134-145, 2020.

Zandonadi, Renata Paola; Botelho, Raquel Barbosa; Araújo, Wagner Medeiros de. **Características nutricionais e sensoriais de cookies sem glúten enriquecidos com farinha de quinoa**. International Journal of Food Sciences and Nutrition, v. 69, n. 2, p. 220-228, 2018.

Zanella, Vanessa Casemiro; Gomes, André Felipe; Silva, Patrícia Ribeiro. **Propriedades físico-químicas e aceitação sensorial de cookies enriquecidos com farinha de amêndoa de castanha-do-pará**. Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos, v. 19, n. 1, p. 35-45, 2021.

Zerbo, N.; Savadogo, A.; Kouanda, S.; Traoré, A. S. **Effects of composite flours on the physicochemical and sensory properties of gluten-free cookies**. African Journal of Food Science, v. 14, n. 3, p. 50-60, 2020.

10 Conclusão geral

A incorporação do grão-de-bico na criação de novos produtos alimentícios representa uma proposta altamente significativa para a indústria de panificação. Devido ao seu elevado valor nutricional, o grão-de-bico pode suplementar dietas deficitárias, além de agregar valor aos novos produtos e gerar impactos positivos ao agronegócio nacional.

Dentre as diversas cultivares de grão-de-bico aqui estudadas, a GB 2112762173 se destacou com as características físicas apresentando altos valores de massa específica unitária e aparente, além de uma porosidade relativamente baixa. Em se tratando das características químicas, GB ALEPPO NEW 2168 aparece sendo a mais proteica, GB 20 056 A 217 com o menor índice de lipídios e GB 20006 com maior teor de carboidratos e valor energético. Em relação a cor do grão e da farinha, GB 05155 e GB 2119682178 foram os mais claros, GB 20146MT e GB 20006 os mais avermelhados, GB 2112762173 e GB CRISTALINO 2163 os mais amarelados, respectivamente. GB ZEUS teve o melhor resultado na absorção de óleo, BRS TORO se destacou na solubilidade em água e GB 200012164 se mostrou melhor para absorção de água. Em termos

de dimensões e área projetada, GB 20056A2179 teve os melhores números, enquanto GB 2112102169 se destacou em circularidade e esfericidade.

Após a caracterização nutricional das cultivares do grão-de-bico, a cultivar GB Aleppo New foi escolhida para a fabricação dos cookies, que por sua vez, também foram submetidos as análises físicas, químicas e tecnológicas. Observou-se que as diferentes concentrações da farinha de grão-de-bico adicionadas aos biscoitos não interferiram no teor de lipídios, mas gerou um aumento progressivo e proporcional na concentração de proteínas, com destaque para tratamento F4 que além de ser a variável mais proteica, também apresentou o maior teor de cinzas e teor de água. Quanto aos carboidratos e valor energético o tratamento F1 apresentou os maiores valores, mas em relação a atividade de água, o F2 teve o maior registro. Em relação as propriedades mecânicas, o tratamento F2 se destacou quanto a dureza e fraturabilidade, já o biscoito F3 apresentou os maiores valores quanto a coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade. No quesito cor, os cookies F4 foram os mais escuros, F3 alcançou tons amarelados e F2 registrou a menor tendência aos tons avermelhados e maior capacidade de reduzir a intensidade e saturação das cores. Quanto aos parâmetros físicos, F4 registou o maior diâmetro e maior fator de expansão juntamente com a segunda maior espessura. F1 por sua vez teve a maior perda de peso e maior volume específico. Em relação aos minerais, F4 apresentou os melhores resultados quanto ao nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, ferro, manganês, zinco e boro. F1 teve o maior valor para o cálcio, enquanto o enxofre se manteve estável.