



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

MARIÓN ELIZABETH AGUILAR FERNÁNDEZ

**CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
GERMINADO E SUA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE PÃO
DE FORMA**

Recife

2021

MARIÓN ELIZABETH AGUILAR FERNÁNDEZ

**CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
GERMINADO E SUA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE PÃO
DE FORMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Nutrição, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Nutrição. Área de concentração: Ciências dos Alimentos

Orientadora: Profa. Dra. Tânia Lúcia Montenegro Stamford.

Co-orientador: Dr. Antônio Félix da Costa.

Recife

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Elaine Freitas, CRB4: 1790

F363c

Fernández, Marión Elizabeth Aguilar

Caracterização da farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) germinado e sua aplicação tecnológica na elaboração de pão de forma / Marión Elizabeth Aguilar Fernández. – 2021.
77 f.

Orientador: Tânia Lúcia Montenegro Stamford.

Coorientador: Antônio Felix da Costa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2021.
Inclui referências e apêndice.

1. Fabaceae. 2. Pão. 3. Compostos fitoquímicos. 4. Alimento funcional. 5. Leguminosas. I. Stamford, Tânia Lúcia Montenegro (orientadora). II. Costa, Antônio Felix da (Coorientador). III. Título.

612.3 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2021 - 147)

MARIÓN ELIZABETH AGUILAR FERNÁNDEZ

**CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
GERMINADO E SUA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE PÃO
DE FORMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Nutrição, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Nutrição. Área de concentração: Ciências dos Alimentos.

Aprovada em: 21/05/2021

Banca examinadora:

Profa. Dra. Thayza Christina Montenegro Stamford
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Profa. Dra. Natália Ferrão Castelo Branco Melo
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Profa. Dra. Claudileide Silva Melo
Universidade de Pernambuco (UPE)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus por ouvir as minhas orações, segurar a minha mão e me acompanhar cada dia na realização do meu sonho. Agradeço a possibilidade de aprender a evoluir a cada dia;

Ao Brasil, por me escolher e me acolher como se fosse o meu país. Na minha história de vida foi escrito um capítulo no Recife, obrigada aos recifenses que fizeram parte da minha aventura. Deixo um pedacinho do meu coração nessa terra;

À minha mãe Marlen Fernández, por se esforçar para me educar e me transformar na mulher que eu sou hoje. Toda a gratidão para minha supermulher que muitas vezes sacrificou seus sonhos pelos meus;

Aos meus irmãos Marian Aguilar e Mario Aguilar, minhas conquistas são de vocês. Prometo sempre me esforçar para ser a irmã exemplo que vocês precisam;

À minha avó Elizabeth Morazán e à minha babá Damaris Reyes, vocês foram parte da minha formatura, cuidaram de mim como se eu fosse filha de vocês;

Ao meu pai Mario Aguilar Filho e ao meu avô Mario Aguilar, meus anjos no céu.

Aos meus pais colombianos no Brasil, Over e Sassha, vocês foram pessoas importantes nesse capítulo da minha vida. Obrigada por me ensinar como morar no Recife, por cada momento de risada vivenciado, e mais uma vez obrigada por me deixar morar no seu cantinho cheio de amor;

Às minhas queridas meninas Wildia Dorvill, Raiane Duarte, Nadja Fernandes, Cristina Santos e ao meu querido colega Guilherme Pessoa. Caras, sem vocês talvez eu tivesse ficado mais perdida ainda. Vocês me ensinaram como ser pesquisadora no Brasil, com vocês a vontade de chorar foi grande mais a de rir foi maior. A COVID-19 nos separou, mas nos ensinou a trabalhar em equipe, mesmo de longe, aprendemos que mais que colegas somos amigos da vida;

À minha orientadora professora Tânia Stamford, por todo o apoio e paciência dedicados à nossa pesquisa. Obrigada pelos conselhos e momentos compartilhados, serei eternamente grata;

Ao meu Co-orientador Antônio Félix da Costa, por compartilhar a sua paixão pela pesquisa de feijões, obrigada por se dedicar a melhorar o nosso trabalho. Eu admiro você e a sua energia para trabalhar;

Às empresas envolvidas na minha pesquisa, Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), Molino Harinero Sula (MHS) e padaria Monte Sinai, obrigada aos funcionários que me apoiaram no desenvolvimento das análises.

A cada professor e técnico que me apoiaram, orientaram-me e compartilharam seus anos de experiência. Em especial a Sebastião Camilo, Bruno Veras, Gerlane Lima, Viviane Lansky, Cecilia Arruda e Andrea Nascimento;

Aos meus amigos de Honduras Gehelyn Aguilar, Andrea Mendoza, Grecia Solorzano, Melania Soriano e Roberto Ramírez que mesmo de longe ficaram pertinho de mim. Fazendo-me sentir acompanhada nesses momentos que só tinha vontade de largar tudo e voltar para minha terra;

À CAPES, pela bolsa do mestrado, a qual foi muito importante para viabilizar esta pesquisa;

Obrigada a cada uma das pessoas e instituições aqui mencionadas. Vocês fizeram com que o caminho até alcançar meu sonho fosse mais leve.

RESUMO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) é uma leguminosa que tem causado interesse na indústria alimentícia para desenvolvimento de novos produtos, gerando benefícios à saúde. Entretanto, os grãos precisam ser submetidos a pré-tratamentos para melhorar a disponibilidade de compostos nutricionais. Tem-se demonstrado que a germinação é uma técnica promissora na ativação de enzimas hidrolíticas, melhorando a disponibilidade dos compostos. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da germinação do feijão nas características físico-químicas, nutricionais e aplicação tecnológica das farinhas na produção de pão de forma. As farinhas foram obtidas a partir de sementes de feijão germinado e não germinado (amostra controle). Na formulação dos pães utilizou-se 30% das farinhas de feijão (germinado e não germinado) e 70% de farinha de trigo. Foram realizadas análises físico-químicas, reológicas e atividade antioxidante das farinhas e dos pães de forma. Os resultados mostraram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) na diminuição de proteínas e lipídios, e aumento de carboidratos e cinzas após o processo de germinação. Enquanto a atividade antioxidante, fenólicos e flavonoides foram melhorados após a germinação. A granulometria das farinhas apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) após o processo de germinação. O farinograma e alveograma das farinhas indicaram que a germinação diminui a absorção de água. Enquanto as análises de textura apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) nos parâmetros, o pão de forma à base de farinha de feijão germinado apresentou menor dureza, coesão, elasticidade e mastigação do que a amostra controle. Conclui-se que o processo de germinação influencia as propriedades nutricionais e tecnológicas das farinhas de feijão, permitindo a substituição parcial de farinhas refinadas, melhorando o desenvolvimento de produtos de panificação com maior aporte nutricional.

Palavras-chave: leguminosas; pão; compostos bioativos; alimento funcional.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris*) is a legume that has caused interest in the food industry in the development of new products, generating health benefits. However, the grains need to be submitted to pre-treatments to improve the availability of nutritional compounds. It has been shown that germination is a promising technique in the activation of hydrolytic enzymes, improving the availability of compounds. The aim of this study was to evaluate the influence of bean germination on the physical-chemical, nutritional and technological application characteristics of flours in the production of bread. The flours were obtained with germinated and non-germinated bean seeds (control sample). The formulation of breads, 30% of the bean flours (germinated and non-germinated) and 70% wheat flour were used. The results showed that there was a significant difference ($p < 0.05$) in the decrease of proteins, lipids and increase in carbohydrates. Antioxidant, phenolic and flavonoid activity was improved after germination. The farinogram and alveogram of the flours indicated that germination improves water absorption. The texture analyses showed significant difference ($p < 0.05$), the bread based on germinated bean flour presented lower hardness, cohesion, elasticity and chewing than the control sample. It is concluded that the germination process influences the nutritional and technological properties of bean flours, allowing the partial replacement of refined flours, improving the development of bakery products with greater nutritional intake.

Keywords: legumes; bread; bioactive compounds; functional food.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Produtores mundiais de feijão	16
Quadro 1 –	Condições para germinação de sementes	20
Figura 2 –	Processo de germinação, secagem e moagem	29
Fluxograma 1 –	Produção da farinha de feijão germinado	30
Figura 3 –	Desenvolvimento de pão de forma	31
Fluxograma 2 –	Produção de pão de forma com farinha de feijão	31
Fluxograma 3 –	Preparo dos extratos	34
Figura 4 –	Granulometria da farinha controle e farinha de feijão germinado	42
Figura 5 –	Análise de Alveograma e Farinograma	45
Figura 6 –	Texturometria dos pães de forma	45
Figura 7 –	Atividade antioxidante	47
Figura 8 –	Compostos fenólicos e flavonoides	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Composição centesimal do feijão cru e cozido	17
Tabela 2 –	Perfil de carboidratos em feijões germinados e não germinados	23
Tabela 3 –	Composição centesimal da farinha de feijão e pão de forma	37
Tabela 4 –	Análises da atividade de água, pH e acidez das farinhas e dos pães	41
Tabela 5 –	Colorimetria da farinha de feijão e pão de forma	43
Tabela 6 –	Alveograma e farinograma das farinhas de feijão	44
Tabela 7 –	Análise da textura dos pães de forma	46
Tabela 8 –	Atividade antioxidante das farinhas e dos pães	48
Tabela 9 –	Compostos fenólicos e flavonoides das farinhas e dos pães	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Ácido Fítico
ACCC	American Association for Clinical Chemistry
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOA	Atividade Antioxidante
AOAC	Official Methods of Analysis
Aw	Atividade de Água
CHO	Carboidrato
CPT	Conteúdo fenólico total
FAO	Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
FBN	Fixação biológica do nitrogênio
FFG	Farinha de Feijão Germinado
FFSG	Farinha de Feijão Não Germinado
GABA	Ácido gama-aminobutírico
IAL	Instituto Adolfo Lutz
LIP	Lipídeo
OMS	Organização Mundial de Saúde
PF	Pão de Forma
PTN	Proteína
RAS	Regras para Análise de Sementes
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
VET	Valor energético total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	PRODUÇÃO E CONSUMO DE FEIJÃO	15
2.2	CARACTERIZAÇÃO DO FEIJÃO	16
2.2.1	Composição nutricional do feijão	16
2.2.2	Propriedades funcionais e tecnológicas do feijão	18
2.3	GERMINAÇÃO DE GRÃOS	19
2.3.1	Propriedades nutricionais dos grãos germinados	20
2.3.2	Propriedades físico-químicas dos grãos germinados	22
2.4	FARINHA	24
3	HIPÓTESES	26
4	OBJETIVOS	27
4.1	Objetivo geral	27
4.2	Objetivos específicos	27
5	MATERIA E MÉTODOS	28
5.1	LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO	28
5.2	MATERIAL	28
5.3	GERMINAÇÃO E SECAGEM DO FEIJÃO	28
5.4	PRODUÇÃO DA FARINHA	30
5.5	DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA	31
5.6	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS E DOS PÃES DE FORMA	32
5.7	ANÁLISE FÍSICAS E REOLÓGICA	32
5.7.1	Atividade da água das farinhas e dos pães	32
5.7.2	Granulometria das farinhas	32
5.7.3	Colorimetria das farinhas e dos pães	32
5.7.4	Alveograma e farinograma das farinhas	32
5.7.5	Textura dos pães	33
5.8	BIOATIVIDADE	33
5.8.1	Preparo dos extratos	33
5.8.2	Atividade antioxidante	33
5.8.3	Capacidade de sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-	34

	hidrazil (DPPH)	
5.8.4	Capacidade antioxidante total (CAT)	35
5.8.5	Fenólicos totais	35
5.8.6	Flavonóides totais	35
5.9	MÉTODOS ESTATÍSTICOS	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6.1	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS E DOS PÃES DE FORMA	37
6.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS E DOS PÃES DE FORMA	40
6.2.1	Granulometria	41
6.2.2	Colorimetria	42
6.2.3	Alveograma e farinograma das farinhas	43
6.2.4	Textura dos pães	45
6.3	BIOATIVIDADE	46
6.3.1	Atividade antioxidante	46
6.3.2	Fenólicos totais e Flavonoides totais	48
7	CONCLUSÕES	52
7.1	PERSPECTIVAS	52
	REFÊRENCIAS	54
	APENDICE A - EFEITOS DA GERMINAÇÃO EM LEGUMINOSAS E CEREAIS: PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS	62

1 INTRODUÇÃO

A sociedade tem demonstrado mudanças nos hábitos alimentares que influenciam a demanda no consumo dos produtos alimentícios. Os consumidores dão preferência aos produtos que extrapolam a função de suprir as necessidades nutricionais, ou seja, é dada preferência àqueles alimentos que possam exercer funções específicas, que contribuam com a saúde e bem-estar (KAUR; SINGH, 2017).

Nesse contexto, estão os alimentos funcionais, os quais baseiam-se em ingredientes que possuem componentes ativos que atuam controlando e/ou modulando funções metabólicas e fisiológicas no organismo, produzindo benefícios à saúde do consumidor (BRASIL, 1999). Segundo Butkutė *et al.* (2019), os benefícios dos produtos naturais e alimentos funcionais abrangem uma ampla gama de ingredientes, caracterizados pela diversidade de componentes bioativos que efetivamente promovem a saúde e previnem doenças além da nutrição básica. Assim, com o intento de satisfazer à crescente demanda dos consumidores por alimentos funcionais para o organismo e sustentáveis para o meio ambiente, as pesquisas estão focadas na busca de novas matrizes alimentares como as leguminosas, especialmente o feijão (DEDEURWAERDEREA *et al.*, 2017).

No mundo, são produzidas anualmente pelo menos 55.884.456 toneladas de feijão, sendo o Brasil o terceiro país com maior produção de feijão, depois da Índia e Myanmar, apresentando em 2020 a produção de 2.144.424 toneladas, sendo a região Sul a área de maior produção do Brasil (CONAB, 2020; FAOSTAT, 2019).

As leguminosas são uma parte importante da dieta equilibrada devido às proteínas de origem vegetal, fibras, carboidratos, minerais e vitaminas. Além disso, o consumo de leguminosas reduz o risco de doenças cardiovasculares, resistência à insulina e certos tipos de câncer (RUI *et al.*, 2012). O feijão é uma leguminosa, caracterizada por seu alto teor de proteínas, variando de 20 a 30%, são grãos relativamente pobres em aminoácidos sulfurados, mas com conteúdo de lisina muito superior ao dos grãos de cereais, razão por que o consumo de leguminosas deve ser complementado com cereais (OLMEDILLA *et al.*, 2010).

Por sua vez, a germinação do feijão é um processo eficaz que disponibiliza compostos bioativos, sendo sugerida como uma estratégia poderosa para aumentar a atividade antioxidante e melhorar a disponibilidade de absorção dos nutrientes (DONKOR *et al.*, 2012; DUEÑAS *et al.*, 2016). No estudo realizado por Benítez *et al.* (2013), a germinação demonstrou ter um impacto significativo nas duas frações da fibra alimentar, promovendo uma melhoria na relação fibra alimentar insolúvel e fibra alimentar solúvel, importante tanto para propriedades funcionais quanto para características tecnológicas.

Além disso, o processo de germinação apresentou propriedades tecnológicas influenciadas pelas mudanças enzimáticas geradas por eventos fisiológicos, fatores internos (inibidores e promotores da germinação) e externos (luz, temperatura, água, gases e substrato), que influenciam propriedades como a solubilidade, absorção de água, formação de espuma e emulsificação (DING; FENG, 2019). Essas mudanças favorecem o desenvolvimento de farinhas alternativas, propiciando a substituição parcial da farinha de trigo e melhorando o valor nutritivo dos produtos de panificação (MEDHE; JAIN; ANAL, 2019; XU *et al.*, 2020).

Portanto, considerando a tendência mais recente do mercado de alimentos funcionais e o desafio encontrado pela indústria alimentícia em assegurar a viabilidade de novas matrizes alimentares, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a influência do processo de germinação na composição físico-química e nutricional da farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*) e sua aplicação tecnológica na produção de pão de forma como uma opção viável para substituição parcial de farinhas refinadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE FEIJÃO

O gênero *Phaseolus* originou-se nas Américas e possui cerca de 55 espécies em todo o mundo. Sua variabilidade genética é consequência do processo seletivo que ocorreu desde o período pré-colombiano, antes do aparecimento dos europeus nas Américas, dando origem a várias denominações, como *frijol*, *poroto*, *alubia*, *judia*, *frixol*, *nuña*, *habichuela*, *vainita*, *caraota* e *feijão*, popularmente conhecidos no Brasil. O feijão é um dos mais importantes constituintes da dieta dos latino-americanos, por ser reconhecidamente uma excelente fonte de proteína vegetal, além de possuir carboidratos e de ser rico em ferro e compostos bioativos (CLIBAS; TRAZILBO; ALUÍZIO, 2018).

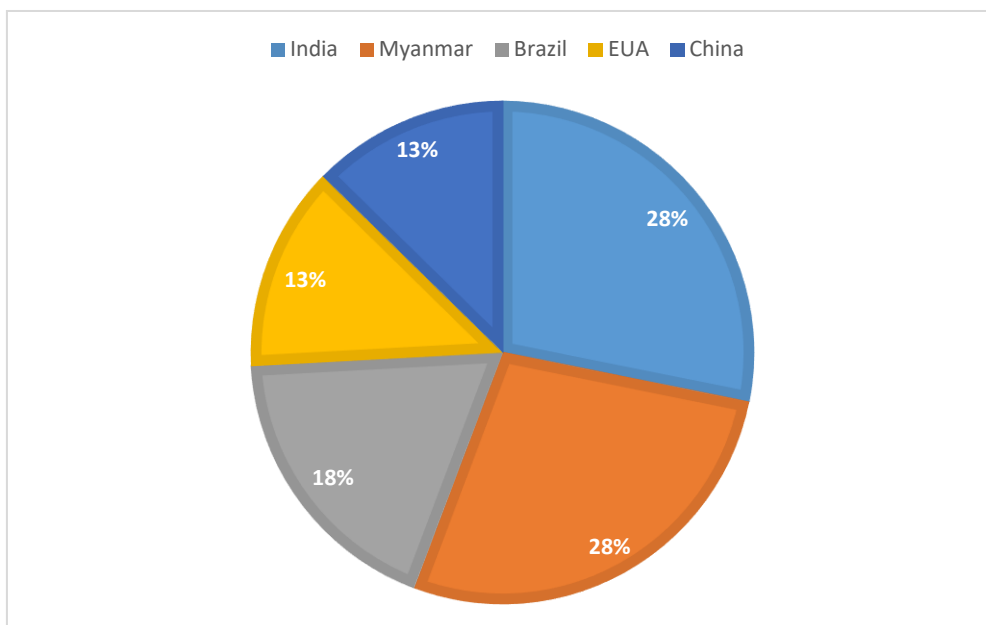
Segundo Clibas; Trazilbo; Aluízio, (2018), a produção de feijão vem, aos poucos, apresentando uma nova dinâmica que está influenciando os parâmetros de rentabilidade da atividade; mudando de *status* e de lugar, ou seja, está deixando de ser lavoura de subsistência para transformar-se numa cultura automatizada. A produção e consumo de feijão se espalharam por todo o mundo, sendo a área destinada ao cultivo de feijão em 2019 de 34,4 milhões de hectares, com uma produção mundial de 55.884.456 toneladas (FAOSTAT, 2019).

O Brasil é um dos principais produtores agrícolas do mundo, sendo o terceiro país com maior produção de feijão, depois da Índia e Myanmar (Gráfico 1). A produção de feijão em 2020 apresentou aumento (2.144.424 toneladas), sendo a região Sul o maior produtor no Brasil. Entre as principais espécies cultivadas no Brasil, cabe destacar *Phaseolus vulgaris* (L.) (feijão comum), *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (feijão-macassar, feijão de corda ou feijão fradinho), *Phaseolus lunatus* (L.) (fava) e *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (feijão-guandu), este último com importante atuação no manejo do solo (CLIBAS; TRAZILBO; ALUÍZIO, 2018; CONAB, 2020; FAOSTAT, 2019).

A cultura do feijão adapta-se às diversas condições de clima e solo, o que tem facilitado seu cultivo no mundo. A capacidade de fixar o nitrogênio do ar atmosférico (FBN), de forma natural ou via utilização de inoculantes, faz parte das práticas agrícolas sustentáveis. A FBN consiste, essencialmente, na transformação biológica do nitrogênio atmosférico em amônia, sendo realizada principalmente por bactérias

especializadas, em vida livre no ambiente ou na associação com plantas, principalmente com leguminosas (SOUZA et al., 2013).

Figura 1 - Produtores mundiais de feijão



Fonte: FAOSTAT (2019).

O surgimento de iniciativas para o emprego sustentável de fontes de proteínas e criação de novas alternativas alimentares tem sido incentivado pela demanda de alimentos saudáveis junto com o aumento da população. Segundo Luigia (2019), a proteína vegetal é uma opção viável para incorporação da agroecologia e a melhoria da segurança alimentar. Mierlo *et al.*, (2017), observaram que uma mudança no hábito de ingestão, reduzindo o consumo de produtos à base de carnes e substituindo por produtos vegetais, pode causar reduções significativas no impacto ambiental, sem causar prejuízos à saúde humana.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO FEIJÃO

2.2.1. Composição nutricional do feijão

Feijões são fontes de carboidratos, proteína, amido, fibras alimentares, vitaminas e minerais (Tabela 1). É considerado uma fonte de proteína vegetal mais acessível ao homem do que a proteína de origem animal por razões econômicas e facilidade de aquisição, dado que é cultivado em diferentes ambientes e pela grande maioria dos

agricultores familiares. Além disso, a composição do feijão também inclui compostos fenólicos, flavonoides, tocoferol, aminoácidos, ácidos graxos insaturados, peptídeos.

Tabela 1 – Composição de feijão cru e cozido por 100g de parte comestível

Composto	Feijão cru	Feijão cozido
Umidade (%)	12,0	78,0
Energia (kcal)	377	77
Energia (kJ)	1410	322
Proteína (g)	20,9	5,7
Lipídeos (g)	1,3	0,5
Carboidratos (g)	62,2	12,9
Fibra Alimentar (g)	20,6	11,5
Cinzas (g)	3,6	0,8
Cálcio (mg)	68	23
Magnésio (mg)	184	34
Manganês (mg)	1,34	0,32
Fósforo (mg)	394	106
Ferro (mg)	6,9	1,4
Sódio (mg)	10	1
Potássio (mg)	1221	268
Cobre (mg)	1,04	0,22
Zinco (mg)	3,3	1
Tiamina (mg)	0,26	0,15
Piridoxina (mg)	0,08	0,03

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos (2011).

A composição química do feijão está associada a importantes atividades biológicas, incluindo efeitos antioxidantes, antimicrobianos, anti-hiperglicêmicos e anticancerígenos. A fração dos carboidratos apresenta amido e fibras (solúveis e insolúveis), compostos que são fermentados no trato gastrointestinal, diminuindo os níveis de colesterol LDL e melhorando a microbiota e a saciedade no organismo.

O feijão é caracterizado por seu teor de proteína, que varia de 20% a 30% da composição centesimal. O feijão tem baixas concentrações de aminoácidos sulfurados (metionina, cisteína e triptofano). Mesmo assim, apresenta teor de lisina,

fenilalanina e tirosina muito superior ao dos grãos de cereais. Os micronutrientes presentes no feijão são vitaminas hidrossolúveis como a tiamina, a riboflavina, niacina e ácido fólico, também conhecidos como complexo de vitamina B, essencialmente necessárias às funções hemopoética, neurocolítica e cardiovascular. A presença de minerais como cálcio, ferro, cobre, zinco, fósforo, potássio e magnésio também é valorizada (OLMEDILLA *et al.*, 2010; RUIZ-RUIZ *et al.*, 2013, ELBARBARY *et al.*, 2020).

2.2.2. Propriedades funcionais e tecnológicas do feijão

Os compostos bioativos presentes no feijão têm mostrado importância nos últimos anos. No estudo realizado por Rui *et al.* (2012), foram avaliados os peptídeos e a atividade inibitória da enzima conversora de angiotensina (ECA) associada com a hipertensão, sendo observado que a atividade inibitória da ECA melhorou com o consumo de feijão cozido. Outro estudo realizado por Ruiz-Ruiz *et al.* (2013), também demonstrou que a atividade inibitória da ECA do feijão é mais alta devido ao menor peso molecular da fração peptídica, melhorando a inibição da α -amilase e atividade antioxidante.

A família dos oligossacarídeos presentes no feijão é considerada como compostos com propriedades prebióticas que estimulam a atividade das *bifidobacterias* e *lactobacilos* no cólon, portanto seu consumo é considerado benéfico. Embora a formação de gases seja uma preocupação, os oligossacarídeos podem ser reduzidos pelo remolho, cozimento ou germinação dos grãos (KELKAR *et al.*, 2012).

Os compostos fenólicos presentes no tegumento da semente do feijão foram estudados por Guajardo-Flores *et al.* (2013) e Gan *et al.* (2017), os quais observaram a presença de atividade antioxidante e antimicrobiana após submeter a métodos de cozimento ou germinação. Segundo Los *et al.* (2018), esse tipo de composto poderia ser uma alternativa natural para substituir aditivos ou conservantes artificiais nos alimentos.

O ácido fítico (AF), é um antioxidante presente no feijão cru, considerado um componente antinutricional devido à sua capacidade de quelar minerais como cálcio, ferro, magnésio e zinco, o que dificulta a absorção no trato gastrointestinal. No entanto, estudos *in vitro* e *in vivo* mostraram os efeitos preventivos e terapêuticos do

AF em diferentes doenças, como agregação plaquetária, redução de lipídios séricos, efeitos protetores em doenças inflamatórias intestinais, doenças neurodegenerativas e cardiovasculares, bem como inibição do desenvolvimento de câncer, pela sua capacidade de inibir espécies radicais de oxigênio (SILVA; BRACARENSE, 2016).

2.3 GERMINAÇÃO DE GRÃOS

O processo de germinação de grãos é uma prática que teve início no ano 8.000 a.C., portanto, é considerada uma prática tradicional. O trigo antigo e outros grãos, uma vez recolhidos, eram armazenados em condições úmidas que faziam com que as sementes germinassem ou brotassem. Os grãos germinados eram moídos obtendo-se farinhas para elaboração de pães, criando um alimento ideal fácil de transportar. Na década de 1700, os marinheiros encontraram valor em sementes germinadas para o combate ao escorbuto (FINNIE; BROVELLI; NELSON, 2019).

No ano 2008, a Associação Americana de Química Clínica (AACC) definiu grãos germinados como: "Grãos maltados ou germinados contendo todo o farelo, germe e endosperma originais são considerados grãos integrais, desde que o crescimento da germinação não exceda o comprimento do grão e os valores nutricionais não diminuam."

O processo de germinação começa com a absorção de água pela semente e termina com o crescimento do eixo embrionário, no qual ocorre o desenvolvimento do embrião no tegumento que caracteriza o alimento germinado. A sequência de eventos fisiológicos é influenciada por diferentes fatores internos, incluindo inibidores e promotores da germinação, enzimas hidrolíticas que liberam nutrientes do embrião (germe) e endosperma do grão, e fatores externos como luz, temperatura, água, gases e substrato (meio de crescimento). Esses fatores externos são condições ideais e são padronizados para que os resultados dos testes de germinação possam ser reproduzidos e comparados, dentro dos limites tolerados pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Quadro 1) (BRASIL, 2009; DING; FENG, 2019).

Quadro 1- Condições para germinação de sementes

Condições	Descrição	Especificações
Substrato	Substrato de papel Tipo de papel: - Mata-borrão - Papel toalha - Papel filtro Método: entre papel, sobre papel, papel plisado.	-Estrutura porosa -Composição de fibra de madeira, algodão ou celulose vegetal purificada -pH: 6,0-7,5
	Substrato de areia Método: entre areia, sobre areia	-A areia deve ser uniforme e limpa -Esterilizada a 120°C por 60 min -pH: 6,0-7,5
Umidade e aeração	O suprimento de água é uma condição essencial para que a semente inicie a germinação e se desenvolva normalmente.	-A água deve estar isenta de impurezas orgânicas e inorgânicas com um pH: 6,0-7,5
Temperatura e tempo	As temperaturas podem ser constantes ou alternadas. Quando temperaturas alternadas são indicadas, a temperatura mais baixa é de 16 horas durante a noite e a mais alta é de 8 horas durante o dia.	A variação de temperatura devido ao equipamento não deve exceder $\pm 2^{\circ}\text{C}$, a cada período de 24 horas.
Luz	Luz solar Luz artificial: lâmpadas fluorescentes	As sementes devem ser iluminadas pelo menos 8 horas por ciclo de 24 horas

Fonte: Regras para Análise de Sementes (2009).

2.3.1 Propriedades nutricionais dos grãos germinados

A germinação tem demonstrado que os brotos podem melhorar os valores nutricionais dos grãos, contribuindo com a absorção dos aminoácidos, açúcares simples, ácidos orgânicos e compostos bioativos pelo aumento da atividade de enzimas. Essas propriedades nutricionais configuram estratégias para a indústria alimentícia, que precisa oferecer produtos com maiores contribuições nutricionais (AGUILERA *et al.*, 2013).

Estudos foram realizados para determinar o comportamento de compostos nutricionais durante o processo de germinação. Quanto aos macronutrientes, o amido armazenado no endosperma, como amilase e amilopectina, é submetido à hidrólise, obtendo açúcares simples, devido à atividade da α -amilase. Essa atividade também modifica a quantidade de fibras presente nos grãos germinados. As proteínas de armazenamento, como globulinas, prolaminas e glutelinas sofrem proteólise pela ação das endopeptidases para induzir alterações conformacionais que facilitam a degradação (FRANCISQUETI; SOUZA, 2014; JIMENEZ; LOBO; SAMMÁN, 2019).

Os triglicerídeos podem ser decompostos durante a germinação pela ação das lipases e, como resultado, ácidos graxos e glicerol serão formados, fornecendo substratos para β -oxidação, gliconeogênese, e esqueletos de carbono para o desenvolvimento das mudas. A fotossíntese é um processo que envolve um alto consumo energético, que pode acarretar redução nos teores de gorduras em grande parte dos grãos submetidos à germinação (FRANCISQUETI; SOUZA, 2014).

Paralelamente, os micronutrientes são alterados pelos efeitos da germinação. As vitaminas melhoram seu perfil devido à presença de algumas enzimas, como é o caso da vitamina C, que ativa a L-galactona e γ -lactona desidrogenase, enzima envolvida na biossíntese do ácido ascórbico. A vitamina E demonstra um aumento no isômero γ -tocoferol. Os minerais não são mais inibidos por compostos como os fitatos, pois estes passam por um processo de desfosforilação devido à ação da hidrolase (GAN *et al.*, 2019).

Os compostos fenólicos ligados podem ser liberados do complexo da parede celular devido à quebra de seus conjugados nas paredes celulares, como carboidratos e proteínas, melhorando sua digestibilidade. Tem-se o exemplo do ácido γ -aminobutírico (GABA), cuja concentração aumenta devido à atividade da enzima glutamato descarboxilase (GAD). Entre a variedade de flavonóides, o aumento de catequinas, epicatequina e kaempferol já foi detectado em alguns grãos germinados (FRANCISQUETI; SOUZA, 2014; GAN *et al.*, 2017).

Os efeitos da germinação nos grãos são diversos e são alterados de acordo com as condições de germinação e o grão que é submetido a esse processo. Conforme explicado por Francisqueti e Souza (2014), Gan, *et al.* (2017), Jimenez

et al. (2019), Gan *et al.* (2019), os grãos germinados apresentam, além de vitaminas, minerais e fibras alimentares, compostos bioativos, uma vez que o processo de germinação melhora o conteúdo desses componentes, contribuindo com a qualidade nutricional, o que indica efeitos benéficos para a saúde, especialmente na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, transformando-se em um grupo funcional de alimentos (LIU *et al.*, 2020).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Resolução N°18 de 04/04/1999) “Alimentos funcionais são qualquer alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou benéficos para a saúde e deve ser seguro para consumo sem supervisão médica”.

2.3.2 Propriedades físico-químicas dos grãos germinados

Além de melhorar as características nutricionais, as características físico-químicas também apresentam mudanças que poderiam ser valorizadas na indústria dos alimentos. É um processo promissor para melhorar as funcionalidades tecnológicas (por exemplo, a solubilidade, absorção de água, formação de espuma e emulsão) de sementes relacionando-se com degradação da proteína e amido pela ação de enzimas ativadas durante a germinação (SINGH, A.; SHARMA; SINGH, B. 2017).

Segundo Setia *et al.* (2019), a germinação no estado final eleva significativamente a viscosidade de colagem das farinhas de leguminosas, o que pode ocorrer devido à interrupção da matriz de proteínas e fibras ao redor dos grânulos de amido. Paralelamente, o aumento da atividade de enzimas hidrolíticas altera a estrutura do amido e das proteínas e, portanto, aumenta a digestibilidade. O amido desempenha um papel importante nas características dos alimentos, uma vez que fornece o poder de inchaço e da estabilidade na gelificação, o que permite que seja utilizado na elaboração de massas alimentícias, com boa aceitabilidade e textura suave (LIU *et al.*, 2020; SHARMA; SINGH, A.; SINGH, B., 2018).

A Tabela 2 apresenta uma comparação do perfil de carboidratos em feijões germinados e não germinados.

Tabela 2 - Perfil de carboidratos em feijões germinados e não germinados

Grão germinado	Tempo	Amido Total (%)	Amido Resistente (%)	Fibra (%)	Total Açúcares Totais (%)
Feijão Caupí	0 h	46,31	7,91	34,1	11,37
	12 h	26,83	2,22	40,2	13,30
Feijão Florida	0h	26,44	4,99	45,0	16,43
	12 h	22,25	30,1	47,8	18,45
Feijão Fava	0h	43,3	18,6	17,4	12,4
	24 h	44,8	19,8	16,9	13,4
Feijão Jack	0h	26,74	4,74	45,6	24,25
	12 h	18,76	9,03	44,9	24,20

Fonte: Benítez *et al.* (2013); Setia *et al.* (2019).

Wang *et al.* (2014) afirmam que algumas proteínas são hidrolisadas, enquanto outras são sintetizadas, sendo esse balanço o que determina o teor de proteínas após a germinação. Rosa-Millán *et al.* (2019) e Liu *et al.* (2020) concordam que pode haver uma interação entre as proteínas e as moléculas de amido que geram um impacto no índice glicêmico, apresentando uma vantagem na criação de produtos, permitindo a inovação de formulações com baixo índice glicêmico e ainda a presença de proteína vegetal.

Montowska e Formal (2018) alegam que a proteína vegetal possui maior capacidade de retenção de água e melhores propriedades gelificantes em comparação com as proteínas da carne. Portanto, elas são comumente adicionadas aos produtos à base de carne para estabilizar os componentes da emulsão, além de melhorar a textura dos produtos com formação de um gel. Benítez *et al.* (2013) sugerem que essas mudanças beneficiam o uso de grãos germinados na fabricação de alimentos tipo embutidos, creme e massa, porque absorvem a água sem dissolução de proteínas, atingindo o espessamento e a viscosidade do corpo.

2.4 FARINHA

Segundo a RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), define-se “farinha” como: “produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos”.

O processamento de alimentos é uma técnica que contribui para o aumento da vida de prateleira e controlar propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais dos produtos. A farinha tem se transformado em um dos alimentos processados mais consumidos em todo o mundo, sendo o trigo o grão mais utilizado na produção de farinha (FELLOWS, 2006).

O uso de diferentes fontes alternativas para substituir a farinha de trigo na produção de pães tem sido amplamente explorado ao longo dos últimos anos. A maioria dos estudos realizados sobre o uso de farinhas alternativas para fins de fabricação de pães visa determinar o efeito, modificação e/ou nível de substituição da farinha de trigo na qualidade de pães. A substituição da farinha de trigo implica mudanças na rede de glúten e concentração de amido. Para combater essa falta, diferentes hidrocolóides, enzimas, melhoradores, são aplicados para aumentar a absorção de água da massa, induzir o fortalecimento da massa e aumentar a capacidade da massa de reter gás (GRASSI DE ALCÂNTARA; APARECIDA DE CARVALHO; VANIN, 2020).

As farinhas de leguminosas têm sido estudadas a fim de oferecer alternativas com mais nutrientes, sendo ricas em proteínas e melhorando a ingestão calórica de dietas à base de plantas (BAR-EL DADON, ABBO; REIFEN, 2017). Algumas pesquisas avaliando o uso de farinhas à base de leguminosas e cereais foram feitas, a exemplo de Ramírez-Jiménez *et al.*, (2018), que elaboraram um lanche à base de farinha de feijão cozido e farinha de aveia, podendo-se observar a melhora do perfil nutricional, assim como a presença de compostos bioativos. Na Universidade de Lisboa foi feito um estudo por Silva (2017), comparando-se uma bolacha à base de farinha de feijão com outra à base de farinha de trigo. Após a análise dos resultados, os autores concluíram que as farinhas eram semelhantes quanto à sua composição nutricional, e que o consumo da bolacha de farinha de feijão revelou que a medição da glicemia foi significativamente inferior à de farinha de trigo.

Um estudo que elaborou um tipo de macarrão com o uso de farinha de grão de bico e isolado de proteína mostrou ser uma boa alternativa para a fortificação desse produto, uma vez que resultou em uma massa de alta qualidade com textura, atributos físico-químicos e sensoriais aprimorados (EL-SOHAIFY, 2020). Romero e Zhang (2019) observaram os efeitos na qualidade do macarrão feito apenas com farinha de feijão e verificaram esse produto possui menor tempo de cozimento, mastigabilidade, dureza e coesividade, quando comparado com o controle feito apenas com trigo.

3 HIPÓTESES

O processo de germinação potencializa as propriedades nutricionais, funcionais e tecnológicas da farinha do feijão *comum*, propiciando sua aplicação na produção de pão de forma.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da germinação do feijão comum nas características físico-químicas, nutricionais e aplicação tecnológica da farinha de feijão na produção de pão de forma.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir farinha de feijão com a leguminosa germinada e não germinada;
- Determinar as características físico-químicas, reológicas, atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides das farinhas;
- Elaborar pães de forma com as farinhas de feijão germinado e não germinado;
- Comparar as composições físico-químicas, nutricionais, reológicas, atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides dos pães preparados.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

A germinação, secagem e moagem da semente para obtenção da farinha foram realizadas no Laboratório de Análise de Semente do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), localizado em Recife, PE, Brasil. As análises físico-químicas das farinhas e dos pães foram realizadas no Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL) do Departamento de Nutrição da UFPE. As análises reológicas da farinha de feijão germinado foram feitas no “Laboratório de Controle de Qualidade da empresa Molino Harinero Sula S, A. localizado em San Pedro Sula, Honduras. A formulação do pão foi realizada na Padaria Monte Senai, localizada na Cidade Universitária, Recife.

5.2 MATERIAL

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), vermelho, var. Crista de Galo foi doado pelo Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA). Os ingredientes (água, farinha de trigo, levedura, manteiga, sal, polvilho azedo, melhoradores) para elaboração do pão foram comprados no comércio local, em Recife, Pernambuco.

Os reagentes usados nas análises foram obtidos de fontes comerciais.

5.3 GERMINAÇÃO E SECAGEM DO FEIJÃO

A germinação do feijão foi realizada conforme as Regras para Análise de Sementes (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009), usando o método de rolo de papel germitest, em que a amostra de feijão cru e seco foi limpa, pesada e higienizada com hipoclorito de sódio 1% por 3 minutos. Após a limpeza as sementes foram colocadas entre folhas de papel, enroladas e guardadas em sacola de polietileno (Figura 2A, B). Foram colocadas na câmara de germinação, com temperatura de 25°C e um fotoperíodo de oito horas de escuridão durante cinco dias (Figura 2 C, D, E). Em seguida foi realizada a secagem, a qual ocorreu por método tradicional em estufa de circulação e renovação de ar (Nova Ética 400-TD) a 40°C por 72 horas (Figura 2 F, G).

Para as amostras de feijão não germinado também se seguiu o mesmo processo de secagem tradicional conforme já descrito para o feijão germinado, no entanto o tempo foi reduzido para 36 horas (Figura 2 H).

Figura 2 – Processo de germinação, secagem e moagem. A. Feijão higienizado. B. Rolos de Papel, C. Câmara de germinação, D. Feijão após três dias de germinação, E. Feijão após cinco dias de germinação, F. Feijão germinado antes de secagem, G. Feijão germinado após secagem, H. Secagem de feijão não germinado, I. Produção de farinha.

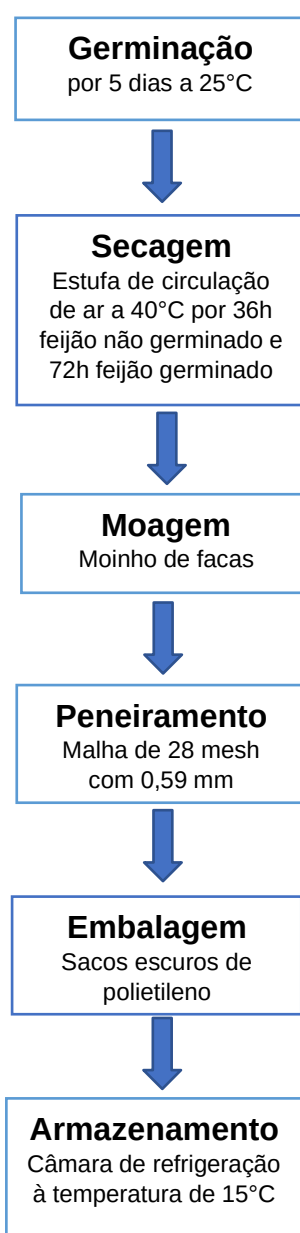


Fonte: A autora (2021)

5.4 PRODUÇÃO DA FARINHA

Para a produção da farinha, as amostras de feijão, germinado e não germinado, foram moídas em um moinho de facas (Willey SL-31). Em seguida, o peneiramento foi realizado em uma malha de 28 mesh com 0,59 mm de diâmetro (Figura 2I). As amostras foram armazenadas em sacos escuros de polietileno, em câmara de refrigeração à temperatura de 15°C até serem utilizadas para análise. No fluxograma abaixo (Fluxograma 1) observa-se a produção de farinha de feijão germinado e sem germinar.

Fluxograma 1 - Produção da farinha de feijão.

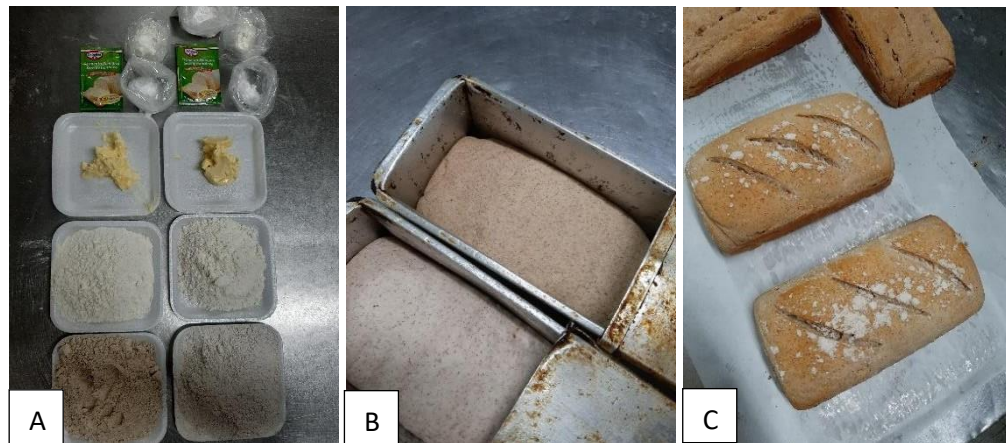


Fonte: A autora (2021).

5.5 DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA

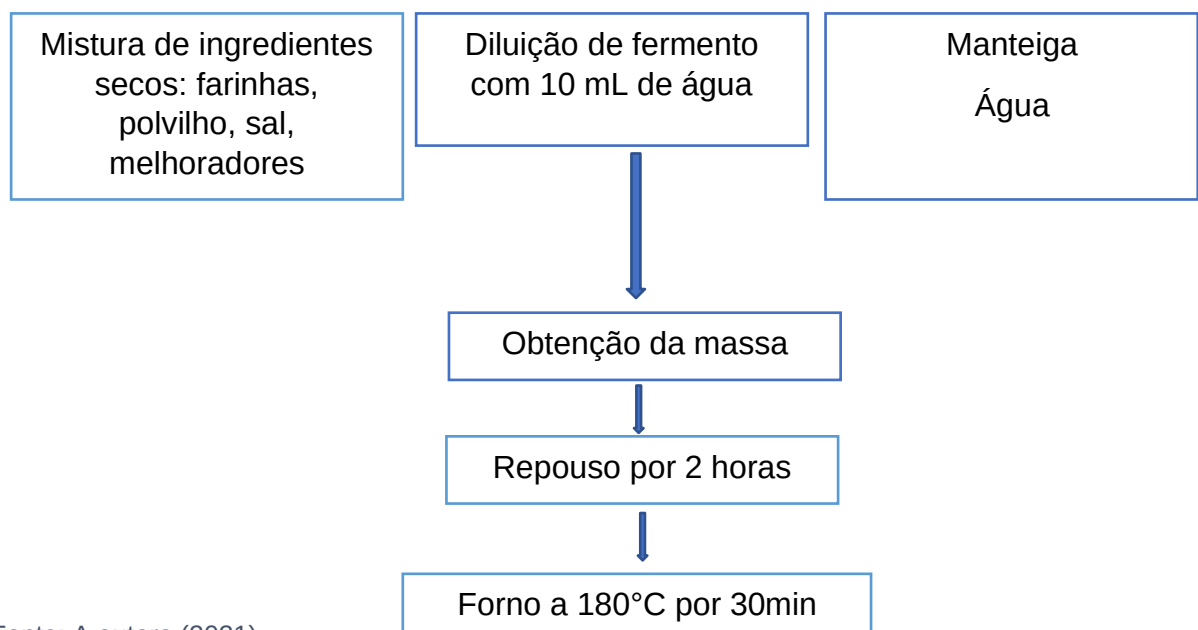
Experimentos preliminares (substituindo 50%, 40% e 30% da farinha de trigo por farinha de feijão) foram realizados para selecionar a melhor formulação, seguindo a receita da Gil (2015) com adaptações (farinhas usadas na formulação). A formulação final contém 70% de farinha de trigo, 30% de farinha de feijão, 4% de levedura, 10% de manteiga, 10% de polvilho azedo, 1% de sal, 0,5% melhoradores, 55-60% de água (os percentuais dos demais componentes foram calculados a partir de 100% das duas farinhas) (Figura 3). O fluxograma abaixo (Fluxograma 2) apresenta a sequência para a produção do pão de forma.

Figura 3 – Desenvolvimento de pão de forma. A. Ingredientes, B. Massa fermentada, C. Pães de forma. Fonte: A autora (2021)



Fonte: A autora (2021)

Fluxograma 2 - Produção de pão de forma com farinha de feijão.



Fonte: A autora (2021)

5.6 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS E DOS PÃES DE FORMA

Para a caracterização das farinhas e dos produtos obtidos foram realizadas análises em triplicata, segundo a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram avaliadas as variáveis umidade, determinada pelo método direto (secagem em estufa a 105 °C); cinzas, por incineração a 550°C; lipídios, pelo método de Soxhlet, usando éter etílico por 24 horas; proteínas, pelo método de Kjeldahl; carboidratos, por diferença; e amido disponível. O valor calórico foi calculado com base nos fatores de Atwater, multiplicando-se os valores de carboidratos e proteínas por 4 kcal/g e o de lipídios, por 9 kcal/g.

5.7 ANÁLISE FÍSICAS E REOLÓGICA

5.7.1 Atividade da água das farinhas e dos pães

Foi avaliada em um analisador de Aw (LabTouch-aw) à temperatura ambiente, e o pH foi determinado usando um potenciômetro de bancada, previamente calibrado (pH 4,0 e 7,0).

5.7.2 Granulometria das farinhas

Foi mensurada de acordo com Matsuo e Dexter (1980), com algumas modificações (adaptando o tempo de vibração), passando 100 g da farinha em aparelho Produtest, equipado com conjunto de peneiras (28, 35, 48, 60 e 80 mesh). O tempo de vibração foi de 15 minutos em escala máxima de vibração (10). As frações da farinha retiradas das peneiras foram pesadas e os resultados obtidos estão expressos em porcentagem.

5.7.3 Colorimetria das farinhas e dos pães

A análise foi realizada no colorímetro (marca Konica Minolta, modelo CR 400, Tóquio, Japão), seguindo metodologia do próprio equipamento. O sistema utilizado foi o de coordenadas luminosidade (L), coordenada vermelho/verde (a^*), coordenada amarelo/azul (b^*). Diferenças: mais claro (+ ΔL) e escuro (- ΔL), mais vermelho (+ Δa), mais verde (- Δa), mais amarelo (+ Δb), mais azul (- Δb), diferença total (ΔE). (GUARDADO-FÉLIX et al., 2020).

5.7.4 Alveograma e farinograma das farinhas

As análises reológicas são importantes durante a produção de farinha panificável, fazendo uso de técnicas laboratoriais que descrevem a mistura feita de

água e farinha no alveógrafo e farinógrafo. Usando metodologia padrão da AACC 54.60-02, ICC nº 121, AACC 54-60.01, ICC nº 173 (SANDOVAL, 2012).

5.7.5 Textura dos pães

A textura da migalha de pão foi medida usando um texturômetro (TA. TX.C13 Textura Analyzer). Os pães foram divididos em porções ou fatias de 1,2 cm de espessura. Duas fatias sobrepostas foram submetidas a um teste de análise de perfil de textura com 40% de tensão com um cilindro de compressão (diâmetro de 38 mm) a 5 mm/s de velocidade. Os parâmetros texturais obtidos foram: dureza (força máxima do primeiro ciclo de compressão, N), coesão (razão de área positiva durante o segundo ciclo de compressão para o primeiro), elasticidade (razão do comprimento do segundo ao primeiro pico de compressão) e mastigação (dureza × coesão × elasticidade, N mm). Sete medidas foram tomadas para cada pão usando fatias diferentes (BOUKID et al., 2019).

5.8 BIOATIVIDADE DAS FARINHAS E DOS PÃES DE FORMA

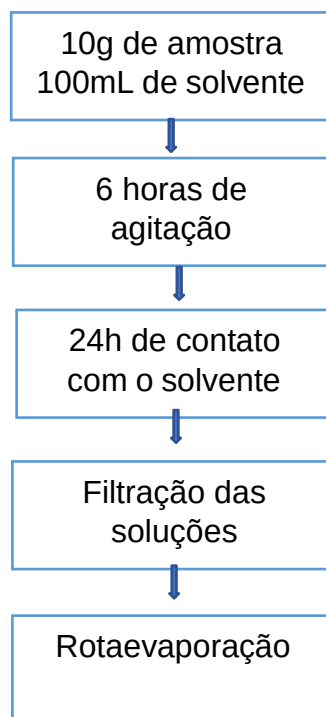
5.8.1 Preparo dos extratos

Nas análises de bioatividade, foram avaliadas a atividade antioxidante, flavonóides e fenólicos totais. Os extratos para essas análises foram feitos com Hexano P.A., Acetona P.A. e Metanol P.A., colocando-se 10 g da amostra em um erlemeyer com 100 mL do solvente. Depois, deixou-se esta solução por 6 horas na mesa agitadora (Orbital digital SL-180A). Após esse período, o agitador foi desligado e deixou-se a amostra em contato com o solvente por 18 horas, até completar as 24 horas de contato da amostra com o solvente. Depois a solução foi filtrada utilizando-se papel filtro Qualy de gramatura 80 g/m² e espessura 205 µm e a solução filtrada foi colocada em balão de fundo chato de 150 mL e depois foi concentrada no rotoevaporador (LGI-52CS), até completa evaporação do solvente, como descrito no Fluxograma 3.

5.8.2 Atividade antioxidante

Realizou-se o ensaio de Atividade Antioxidante Total (ATT) para os extratos das farinhas e dos pães de forma. Os controles negativos (branco) utilizados em cada procedimento continham Dimetilsulfóxido (DMSO) a 1% V/V.

Fluxograma 3 - Preparo dos extratos de antioxidantes a partir de amostras de farinha e pães de forma de feijão germinado e não germinado.



Fonte: A autora (2021)

5.8.3 Capacidade de sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH)

Foi determinada seguindo o método descrito por Oliveira *et al.* (2021), com modificações (adaptações nas quantidades de amostra usada). As amostras foram diluídas em metanol para uma concentração inicial de 5mg/mL, seguidas de diluição serial para 0,078 mg/mL. Em seguida, 40 µL de cada diluição foram transferidos para a placa de 96 poços e 250µL da solução metanólica 0,008% DPPH foram adicionados. A absorbância de cada amostra foi medida em 517 nm em um espectrofotômetro (BioTek µQuant Biospectro, Winooski, USA), 25min após a adição da solução DPPH às soluções amostrais. Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Foi criada uma curva padrão de trolox (31,25 - 1000 µg/mL) para calcular os resultados em mg de equivalente de trolox por grama de extrato seco. Os valores de absorbância auferidos foram convertidos em porcentagem de inibição do radical DPPH derivando da seguinte equação:

$$\% \text{ Inibição do DPPH} = (\text{Abs controle} - \text{Abs amostra} / \text{Abs controle}) \times 100$$

Abs controle: absorbância do controle.

Abs amostra: absorbância da mistura amostra + DPPH.

5.8.4 Capacidade antioxidante total (CAT)

Foi determinada seguindo o método descrito por Oliveira *et al.*, (2021) com modificações (adaptações nas quantidades de amostra usada), utilizando 5 mg adicionados a 1 mL da solução reagente (ácido sulfúrico 600 mmol / L, fosfato de sódio 28 mmol / L e molibdato de amônio 4 mmol / L). As absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro (BioTek µQuant Biospectro, Winooski, USA) a 695 nm contra o branco, após incubação a 95 °C por 90 min. Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Foi criada uma curva padrão de ácido ascórbico (31,25 - 1000 µg/mL) para calcular os resultados em mg de equivalente de ácido ascórbico por grama de extrato seco.

5.8.5 Fenólicos totais

A quantidade de fenólicos totais foi avaliada seguindo o método de Prazeres *et al.* (2019), com modificações (adaptações nas quantidades de amostra usada). Foram usados 20 µL do extrato com 100 µL do reagente Folin-Ciocalteu diluído em água (1:10). Depois de três min, foram adicionados 80 µL da solução de carbonato de sódio (75 g / L). Após duas horas, à temperatura ambiente, as amostras tiveram as absorbâncias medidas em espectrofotômetro (BioTek µQuant Biospectro, Winooski, USA) a 725 nm. Uma curva padrão de ácido gálico (31,25 - 1000 µg/mL) foi usada para calcular os resultados em mg de equivalente de ácido gálico por grama de extrato seco (g GAE/g).

5.8.6 Flavonóides totais

O conteúdo total de flavonóides foi avaliando seguindo a metodologia de Oliveira *et al.*, (2021), baseada no método colorimétrico por complexação metálica. Foi preparada uma solução padrão e soluções de extrato e fração (5 mg/mL) em etanol 99% e 0,2 mL de solução alcoólica 2,5% de cloreto de alumínio e 3,8 mL de etanol. As soluções ficaram em descanso por 30 min, em temperatura ambiente, e a absorbância foi medida a 420 nm em espectrofotômetro de microplaca (BioTek, µQuant, Wenooski, EUA). Foi criada uma curva padrão de Quercetina (31,25 - 1000 µg/mL) para calcular os resultados em mg de equivalente de Quercetina (QEC) / g de extrato seco.

5.9 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Para a estatística descritiva (média e desvio padrão), os resultados obtidos foram avaliados em Excel ® 2010 (Microsoft ®). Os dados que possuem distribuição normal foram analisados por ANOVA one-way no software Past ® (Hamer & Harper), a fim de verificar diferenças significativas entre os grupos estudados, adotando-se o nível de confiança de 95%.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS E DOS PÃES DE FORMA

A composição centesimal da farinha de feijão germinado foi comparada com a amostra controle (feijão não germinado) e o pão de forma produzido com farinha de feijão germinado foi comparada com a amostra controle (pão de forma com farinha de feijão não germinado), cujos resultados são apresentados em gramas por 100 gramas de produto, descrita na Tabela 3.

Tabela 3 Composição centesimal das farinhas e pães de forma de feijão germinado e não germinado.

Composição Centesimal	Amostra Controle (FFNG)	Amostra Experimental (FFG)	PF Amostra Controle (PF FFNG)	PF Amostra Experimental (PF FFG)
Umidade	7,10± 0,0 ^a	3,65± 0,0 ^b	35,01± 0,0 ^A	26,46± 0,0 ^B
Lipídios	3,59± 0,0 ^a	3,0± 0,01 ^a	3,74± 0,0 ^A	2,33± 0,0 ^B
Proteínas	21,34± 0,00 ^a	18,18± 0,0 ^b	13,11± 0,0 ^A	13,11± 0,0 ^A
Cinzas	3,40± 0,0 ^b	4,34± 0,0 ^a	2,13± 0,0 ^B	2,93± 0,01 ^A
Carboidratos*	64.55± 0,04 ^b	70,89± 0,01 ^a	45,85± 0,0 ^B	54,84± 0,0 ^A
VCT**	376,99 kcal ^b	383,48 kcal ^a	269,46 kcal ^B	293,63 kcal ^A

*Calculado por diferença (Carboidratos = 100 – umidade – cinzas – proteínas - lipídios)

**VCT = valor calórico total, calculado pelo somatório das calorias fornecidas pelos macronutrientes, isto é, 9 Kcal/g para lipídios e 4 Kcal/g para carboidratos e proteínas.

^{a, b} Letras minúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente nas farinhas a nível de $p < 0,05$. ^{A, B} Letras maiúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente dos pães a nível de $p < 0,05$.

FFNG: farinha de feijão não germinado, FFG: farinha de feijão germinado, PF: pão de forma

Fonte: A autora (2021)

Os resultados da composição centesimal da farinha estão de acordo com o estipulado pela Instrução Normativa nº 8/2005 do MAPA (BRASIL; 2005).

Na análise de umidade, verificou-se que os resultados encontrados para as amostras estão de acordo com o 15% do teor de umidade estipulado na Instrução Normativa nº 8/2005 do MAPA. Os resultados de umidade obtidos apresentam diferença significativa ($p < 0,05$), diminuindo o teor de umidade nas farinhas após germinação. Os resultados obtidos nesse estudo diferem dos relatados por Rosa-Millán *et al.*, (2019), em trabalho no qual foram avaliados os efeitos da germinação em feijões pretos (*Phaseolus vulgaris* L.) e verificado aumento de umidade (10,9 a

12,0 g/100 g) após o processo. De acordo com os autores, a adição de água durante o processo de germinação influencia no teor de umidade e poderia estar relacionado com a organização molecular dos feijões. No presente estudo, o tempo de secagem do feijão germinado (72 horas) comparado com o do feijão seco (36 horas) poderia ter influenciado no teor de umidade. É de grande importância controlar o teor de umidade presente na farinha, pois esse parâmetro é responsável pela aceleração das reações químicas, enzimáticas e microbiológicas.

Os resultados do conteúdo de proteínas das farinhas apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) após germinação. No entanto, o conteúdo de lipídios não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), mesmo assim a farinha de feijão germinado teve diminuição do conteúdo após o tratamento, comportamento semelhante ao observado por Rosa-Millán et al., (2019) em que o conteúdo de proteínas (21,6 g/100g a 17,8 g/100g) e lipídios (4,2 g/100g a 3,3 g/100g) no feijão preto germinado sofreu redução. O processo de germinação gera enzimas que degradam a matriz da proteína para o crescimento dos novos brotos. Além disso, a ação das lipases provocada pelo processo de germinação poderia causar a diminuição no teor de lipídios (FRANCISQUETI; SOUZA, 2014; DUANGMAL; SABGSUKIAN 2015).

O teor de cinzas (3,40 g/100g para 4,34 g/100g) das farinhas apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), concordando com o estudo de Rosa-Millán et al. (2019), o qual apresenta um teor de 2,5 g/100g para farinha de feijão preto não germinado e 3,3 g/100g para farinha de feijão preto germinado. O conteúdo de minerais presentes nas cinzas das farinhas influencia na cor dos produtos de panificação. Para uso industrial, teores baixos de cinzas ($< 1\%$) indicam uma melhor qualidade no produto, pois quanto maior o conteúdo de cinzas presente maior concentração de casca, influenciando na cor da farinha e nos seus produtos. Observou-se que a água usada na germinação poderia ter influenciado no teor de minerais presentes no feijão refletido no teor de cinzas nas farinhas (BENAYAD, 2020; MILLAR et al., 2019).

O amido das farinhas mostrou diferença significativa ($p < 0,05$), diminuindo o conteúdo após o processo de germinação (38,91 g/100g para 30,42 g/100g). Esses dados concordam com o estudo feito por Rosa-Millán et al., (2019), no qual o feijão preto germinado mostrou uma diminuição no conteúdo de amido total, variando de

35,1 g/100g para 27,2 g/100g. Segundo Benitez *et al.* (2013), a diminuição do amido está relacionada à hidrólise enzimática desse polímero por amilases intrínsecas sintetizadas durante a germinação. Além disso, reportam que a técnica de remolho da leguminosa auxilia na diminuição de fatores antinutricionais, como ácido fítico e taninos, o que poderia contribuir com uma maior digestibilidade do amido, através da criação de espaço na matriz alimentar, aumentando a suscetibilidade ao ataque enzimático.

Em relação aos resultados da composição centesimal dos pães de forma feitos com as farinhas de feijão germinado e não germinado estão de acordo com o estipulado pela Resolução - RDC Nº 90 da ANVISA. Os pães apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) nos valores obtidos e comportamento semelhante dos resultados obtidos nas farinhas.

No estudo feito por Xing *et al.* 2021, o pão feito com farinha de trigo apresentou um teor de proteína de 11,7 g/100g. Após substituição de 20% e 30% da farinha de trigo por farinha de grão de bico observou-se aumento no teor da proteína 14,8 g/100g e 16,2 g/100g, respectivamente. Benayad *et al.* (2020), verificaram aumento da proteína em pães enriquecidos com 30% de farinha de feijão, este achado corrobora com Ramirez-Jimenez *et al.*, (2018), ao observarem aumento no teor de proteínas em barras de cereais enriquecidas com farinha de feijão, achados que dão suporte aos benefícios da substituição da farinha de trigo por farinhas de leguminosas no conteúdo de proteínas quando comparada com produtos elaborados só com farinha de trigo.

A percentagem de amido dos pães de forma mostrou uma diferença significativa ($p < 0,05$), variando de 35,25 g/100g reportada para o pão controle, para 26,37 g/100g, reportada para o pão da farinha germinada. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Maetens *et al.* (2017), que relatam degradação de amido na elaboração de lanches com soja germinada. O amido está presente em muitas matérias-primas e alimentos processados, sendo um elemento modificador de textura que contribui em muitos aspectos da qualidade dos alimentos, porém é importante controlar a quantidade e qualidade presente nos alimentos (VILLANUEVA *et al.*, 2018).

6.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS E DOS PÃES DE FORMA

A atividade de água (a_w) foi um parâmetro que apresentou diferença significativa ($p < 0.05$) nas farinhas, porém não se observou diferença significativa ($p > 0.05$) nos pães de forma (Tabela 4). O valor de atividade de água tem grande importância na tecnologia de alimentos, permitindo avaliar a suscetibilidade de deterioração dos alimentos e, portanto, a vida de prateleira do produto (AMORIM et al., 2016).

Quanto ao pH das farinhas e dos pães de forma (Tabela 4), as amostras exibiram uma leve redução do pH na farinha, estando de acordo com Benítez *et al.*, (2013), analisando leguminosas não convencionais germinadas. Segundo o autor, a importância dos valores de pH da farinha na suspensão da água deve-se à influência que as mudanças de pH têm em algumas propriedades físico-químicas, principalmente aquelas relacionadas ao conteúdo proteico, como propriedades de espuma e emulsão.

Acidez é um parâmetro importante nos alimentos, relacionada com o sabor e odor, e influência no crescimento de microrganismo. A farinha e o pão de forma de feijão germinado apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), aumentando o teor de acidez quando comparada com as amostras controles (Tabela 4). Ainda assim as porcentagens de acidez (15%) obtidas atenderam às legislações brasileiras de farinha (Instrução Normativa Nº 8 de 2 de junho de 2005) e produtos de panificação (Resolução-RDC Nº 90). Segundo Xu *et al.* (2020), no estudo que avaliaram as mudanças no odor das proteínas isoladas do grão de bico, lentilha e ervilha amarela germinada, evidenciaram que a germinação de grão de bico, lentilha e ervilha amarela provocou oxidação de ácidos graxos insaturados com consequente alteração de pH justificando a elevação da acidez evidenciada no presente estudo.

Tabela 4 - Análises da atividade de água, pH e acidez das farinhas e dos pães de forma de feijão germinado e não germinado.

Análises	Amostra Controle (FFNG)	Amostra Experimental (FFG)	PF Amostra Controle (PF FFNG)	PF Amostra Experimental (PF FFG)
A_w	0,53± 0,0 ^b	0,54± 0,0 ^a	0,94± 0,0 ^A	0,94± 0,0 ^A
pH	6,76± 0,0 ^a	6,27± 0,0 ^b	6,70± 0,0 ^A	6,51± 0,0 ^B
Acidez (%)	8,95± 0,01 ^b	12,96± 0,0 ^a	8,75± 0,0 ^B	12,50± 0,0 ^A

^{a, b} Letras minúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente nas farinhas a nível de $p < 0,05$. ^{A, B} Letras maiúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente dos pães a nível de $p < 0,05$.

FFNG: farinha de feijão não germinado, FFG: farinha de feijão germinado, PF: pão de forma

Fonte: A autora (2021)

6.2.1 Granulometria

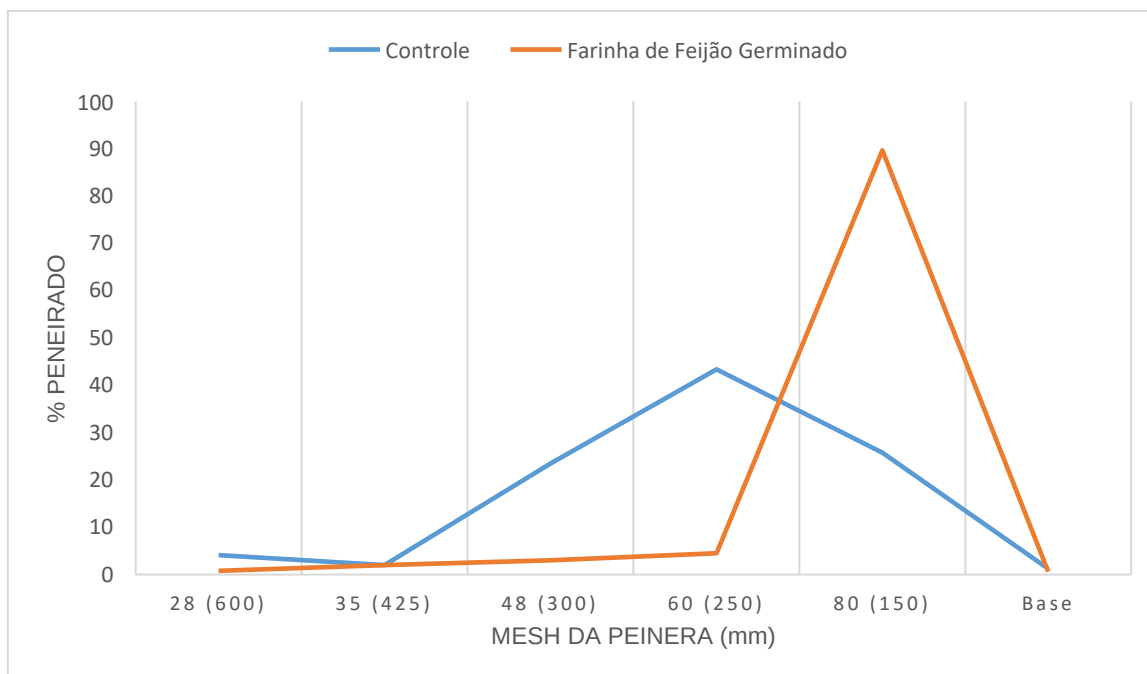
As farinhas obtidas apresentaram distribuição granulométrica com diferenças significativas ($p < 0,05$). A curva granulométrica (Figura 4) para a farinha controle apresentou maior conteúdo (43,37%) de produto na malha de 60 mesh (250 μm) e na farinha de feijão germinado o maior conteúdo (89,64%) foi na malha de 80 mesh (150 μm). Os resultados obtidos nesse estudo não concordam com os valores estipulados pela Instrução Normativa Nº 31 (BRASIL, 2005), na qual foi estabelecido que 95% do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 μm .

A variação na distribuição do tamanho das partículas entre as duas farinhas pode ser atribuída a fatores externo e interno, incluindo o processo de germinação e a tecnologia de moagem. Segundo Maldonado e Rose (2013), o processo de moagem aumenta o nível de danos ao amido, modificando a disponibilidade do endosperma, para ser reduzida a granulometria de farinha.

Karri e Nalluri (2017) observaram que processos de divisão com uso de peneiras muito finas que preservem apenas o conteúdo amiláceo das farinhas, tendem a apresentar uma diminuição no valor nutricional do produto, uma vez que nesses processos partes comestíveis ricas em nutrientes são retiradas. Porém, considera-se que a farinha de feijão germinado é uma farinha integral que contém o eixo

embrionário, tegumento e conteúdo amiláceo apresentando maiores valores nutricionais.

Figura 4 - Granulometria da farinha de feijão não germinado e farinha de feijão germinado.



Fonte: A autora (2021)

6.2.2 Colorimetria

A cor é um importante parâmetro de análise para farinhas de panificação. O interesse nessa medição é geralmente comercial, já que a cor influencia nas características organolépticas do produto (BENAYAD, 2020). A análise de colorimetria da farinha de feijão germinado (FFG) apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) comparada com os valores da amostra controle. A FFG apresentou menor luminosidade (ΔL) e cor vermelha (Δa), enquanto a faixa de cor amarela (Δb) foi maior quando comparadas com a amostra controle (Tabela 5).

Segundo Shevkani *et al.* (2015), a diferença da cor pode ser causada pela lixiviação de fenóis e taninos durante o processo da germinação da semente, acompanhado com o processo de secagem que poderia ter causado a reação de Maillard em aminoácidos ou açúcares redutores. Conjuntamente, o maior teor de cinzas da FFG influenciou na coloração da farinha.

O comportamento dos pães de forma foi similar ao das farinhas nos parâmetros da análise de colorimetria (Tabela 5), no qual o pão de forma controle

apresentou maior luminosidade ($\blacktriangle L$) e maior aparência à cor vermelha ($\blacktriangle a$), enquanto o pão de forma feito com farinha de feijão germinado apresentou menor luminosidade ($\blacktriangle L$) e com maior aparência amarela ($\blacktriangle b$).

Tabela 5 - Colorimetria das farinhas e pão de forma de feijão germinado e não germinado

	Amostra Controle (FFNG)	Amostra Experimental (FFG)	PF Amostra Controle (PF FFNG)	PF Amostra Experimental (PF FFG)
L	92,77± 0,0 ^a	91,34± 0,0 ^b	91,34± 0,0 ^B	71,56± 0,0 ^A
a	1,75± 0,0 ^a	1,43± 0,0 ^b	1,55± 0,0 ^B	1,75± 0,0 ^A
b	8,76± 0,0 ^b	11,92± 0,0 ^a	8,76± 0,0 ^A	12,70± 0,0 ^B
$\blacktriangle L$	+38,55± 0,0 ^b	+36,97± 0,0 ^a	+36,89± 0,0 ^B	+17,11± 0,0 ^A
$\blacktriangle a$	+2,30± 0,0 ^a	+1,98± 0,0 ^b	+2,17± 0,0 ^A	+1,17± 0,0 ^B
$\blacktriangle b$	+8,98± 0,0 ^b	+12,15± 0,0 ^a	+8,98± 0,0 ^A	+13,51± 0,0 ^B
$\blacktriangle E$	36,61± 0,0 ^b	40,29± 0,0 ^a	21,82± 0,0 ^B	36,61± 0,0 ^A

^{a, b} Letras minúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente nas farinhas a nível de $p < 0,05$. ^{A, B} Letras maiúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente dos pães a nível de $p < 0,05$. Luminosidade (L), coordenada vermelho/verde (a), coordenada amarelo/azul (b). Diferenças: mais claro ($+\blacktriangle L$) e escuro ($-\blacktriangle L$), mais vermelho ($+\blacktriangle a$), mais verde ($-\blacktriangle a$), mais amarelo ($+\blacktriangle b$), mais azul ($-\blacktriangle b$), diferença total ($\blacktriangle E$). FFNG: farinha de feijão não germinado, FFG: farinha de feijão germinado, PF: pão de forma.
Fonte: A autora (2021)

6.2.3 Alveograma e farinograma de farinhas

Com relação à análise de alveograma (Figura 5A) das farinhas de feijão germinado e não germinado, tem-se demonstrado que a tenacidade (P), extensibilidade (L) e a força de trabalho (W) das farinhas de feijão não apresentam propriedades de panificação para substituição total da farinha de trigo devido à ausência do glúten (Tabela 6). Segundo Sandoval *et al.* (2012), as farinhas de leguminosas são alternativa para substituição parcial da farinha de trigo e o desenvolvimento de produtos de panificação com maior valor nutricional.

Os resultados da caracterização farinográfica das farinhas (Figura 5B, Tabela 6), apresentaram consistência com o estudo realizado por Alvarez *et al.* (2016), que observaram o comportamento das farinhas de feijão branco (variedade Gúira 50). Segundo esses autores, as farinhas de feijão ou de outras leguminosas aumentam a absorção de água no farinograma, diminuem a estabilidade e aumentam o tempo de desenvolvimento e debilitamento das massas.

O aumento na absorção de água provocado pelas farinhas de feijão é atribuído ao seu maior teor de fibras dietéticas. A fibra retém água dentro dos espaços celulares da matriz fibrosa pela ação da tensão superficial. Embora pareça desejável aumentar a absorção de água, é um fato que provoca instabilidade durante a mistura e, como resultado, são obtidas massas pegajosas e difíceis de manusear (LAVARDA *et al.*, 2013).

Os resultados obtidos neste estudo apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) após o processo de germinação, mostrando que a diminuição da absorção de água é influenciada pela presença da ativação da enzima amilase no processo interferindo no tempo de desenvolvimento e debilitamento da massa.

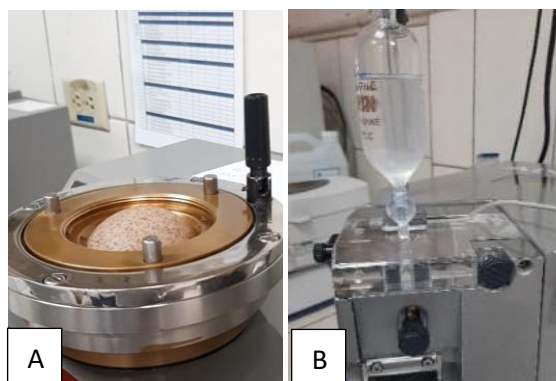
Tabela 6 - Alveograma e farinograma das farinhas de feijão germinado e não germinado

Parâmetro	A L V E O G R A M A	
	Amostra	Amostra
	Controle (FFNG)	Experimental (FFG)
P (mm)	52,9± 0,0 ^b	59,93± 0,0 ^a
L (mm)	10,20± 0,0	10,37± 0,0
W (10⁻⁴J)	39,80± 0,0	39,83± 0,0
	F A R I N O G R A M A	
	Absorção de água (%)	60,37± 0,0 ^a 55,40± 0,0 ^b
	Tempo de desenvolvimento (min)	9,90± 0,0 ^a 7,90± 0,0 ^b
	Estabilidade (min)	10,20± 0,0 10,20± 0,0
	Debilitamento (FE)	120,82± 0,0 ^b 159,29± 0,0 ^a

^{a, b} Letras minúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente nas farinhas a nível de $p < 0,05$. Tenacidade (P), extensibilidade (L) e a força de trabalho (W). FFNG: farinha de feijão não germinado, FFG: farinha de feijão germinado.

Fonte: A autora (2021)

Figura 5 – A. Alveograma, B. Farinograma



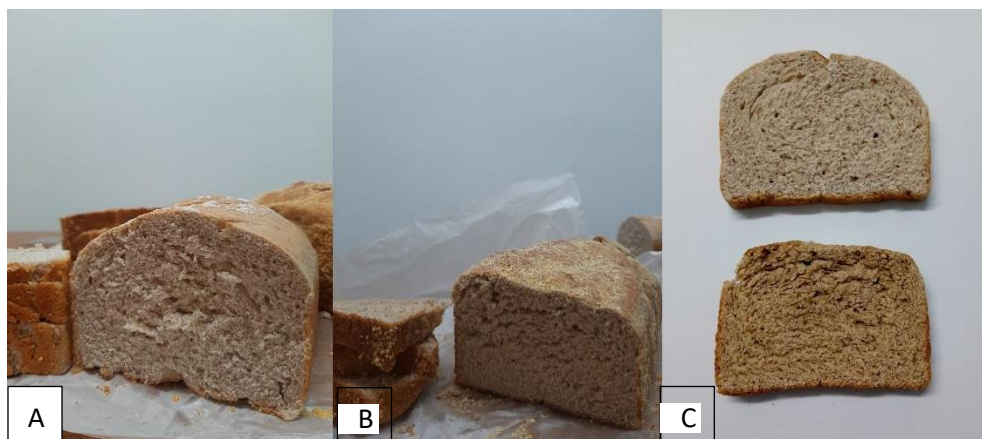
Fonte: Autor

6.2.4 Texturometria dos pães de forma

Os parâmetros das análises de textura apresentaram diferença significativa após o processo de germinação ($p < 0,05$) (Tabela 7). O pão de forma à base de farinha de feijão germinado (PF FFG) apresentou menor dureza (N), coesão, elasticidade e mastigação do que o pão de forma controle.

Os resultados obtidos concordam com o estudo de Millar *et al.*, 2019, no qual foram avaliadas as propriedades da massa e características de panificação da farinha de ervilha germinada, observando-se que a germinação da ervilha interferiu na diminuição dos parâmetros de coesão, elasticidade e mastigação dos pães com farinha de ervilha germinada. Segundo esses autores, a diminuição da absorção de água após germinação influenciou no teor de umidade da migalha, refletidos nos parâmetros de textura. Enquanto os resultados do parâmetro de dureza diferem dos obtidos neste trabalho, o que poderiam estar relacionados com a espécie de leguminosa usada no processo de produção.

Figura 6 – Texturometria dos pães de forma. A. Pão com farinha de feijão sem germinar (FFNG), B. Pão com farinha de feijão germinado (FFG), C. Pães fatiados



Fonte: A autora (2021)

Tabela 7 - Análise da textura dos pães de forma com farinhas de feijão germinado e não germinado

Amostra	Dureza(N)	Coesão	Elasticidade	Mastigação (N mm)
PF FFNG	25,88± 0,0 ^a	0,58± 0,0 ^a	7,78± 0,0 ^a	106,20± 0,0 ^a
PF FFG	12,41± 0,0 ^b	0,42± 0,0 ^b	6,43± 0,0 ^b	31,9± 0,0 ^b

^{a, b} Letras minúscula nas linhas verticais indicam valores diferentes estatisticamente dos pães a nível de $p < 0,05$. FFNG: farinha de feijão não germinado, FFG: farinha de feijão germinado, PF: pão de forma.

Fonte: A autora (2021)

6.3 BIOATIVIDADE DAS FARINHAS E DOS PÃES DE FORMA COM FARINHA DE FEIJÃO GERMINADO E NÃO GERMINADO

6.3.1 Atividade antioxidante

Tem-se demonstrado que os grãos germinados contêm diversos compostos bioativos, como vitaminas, ácido γ -aminobutírico (GABA), compostos fenólicos e flavonoides que podem ser de novo sintetizados ou transformados no processo de germinação. Ao mesmo tempo os também conhecidos como compostos fitoquímicos (terpenos, fenóis, flavonoides, alcaloides, estilbenos e lignanos), são os responsáveis pela atividade antioxidante dos alimentos.

São compostos provenientes do metabolismo secundário das plantas produzidos em condições de estresse para se proteger de fatores bióticos e abióticos e estão relacionados com a pigmentação das plantas. Porém, a atividade antioxidante atua diminuindo o dano oxidativo, inativando os radicais livres e consequentemente algumas bio-funcionalidades bem como funções anti-inflamatórias, antidiabéticas anti-hipertensivas, antiproliferativas que beneficiam o organismo humano (GANESAN; XU, 2017; GASALY; RIVEROS; GOTTELAND, 2020; HOU *et al.*, 2019).

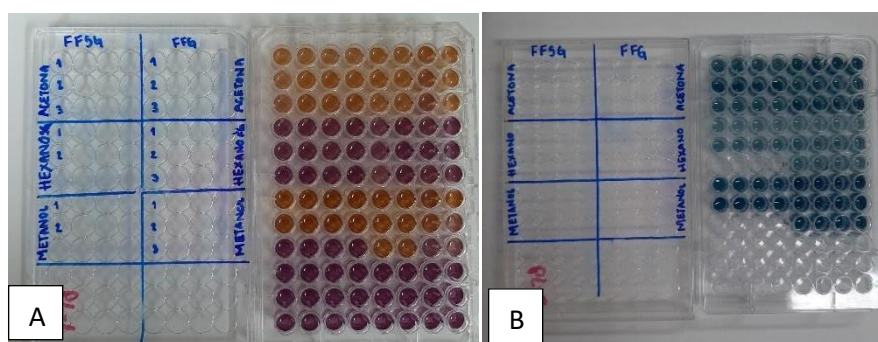
A atividade antioxidante (AOA) foi influenciada pela geminação (Tabela 8). Os resultados do método do sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) mostraram aumento significativo ($p < 0,05$) nos extratos (Figura 7A), obtendo maior teor no extrato de acetona, hexano e em menor quantidade no extrato de metanol. A variabilidade no conteúdo de extração pode estar relacionada com a polaridade dos solventes e a capacidade de retirar metabólitos primários e secundários, além de açúcares, amilose e lipídeos que podem se encontrar ligados aos compostos analisados nos alimentos (ANGELO; JORGE, 2007).

Os resultados desse estudo concordam com Sharma; Signh; Singh (2018), os quais avaliaram o tempo e a temperatura da germinação no feijão guandu (*Cajanus cajan*), observando aumento significativo da capacidade antioxidante (21,57 % a 33,81% AOA) após o processo. O mesmo comportamento ocorreu no estudo de Khang *et al.*, (2016), no qual foi avaliada a capacidade antioxidante de feijão preto e feijão mungo germinado, apresentando aumento após cinco dias de germinação. Durante a germinação, a quantidade de compostos fenólicos em leguminosas germinadas aumenta devido à presença de grupos hidroxil que podem fornecer componentes de radicais livres, resultando no aprimoramento da AOA em leguminosas germinadas (UCHEGBU; ISHIWU, 2016).

Observou-se que a germinação aumentou significativamente ($p < 0,05$) o conteúdo de ácido ascórbico quantificado pelo método de Capacidade antioxidante total (CAT) (Figura 7B, Tabela 8). Apresentou maior valor com o extrato obtido com metanol e acetona, e o menor teor de extração com hexano. Os resultados dessas análises diferem dos encontrados por Erba *et al.*, 2018, apresentando diminuição da capacidade antioxidante total após germinação do grão de bico e feijão guandu. A discrepância dos resultados deste estudo, comparados com os de Erba *et al.*, (2018) pode ter sido influenciada pelas condições de germinação e pelo tipo de grão estudado.

No decorrer do processo de germinação, houve ativação da enzima L-galactono- γ -lactona desidrogenase, enzima chave envolvida na biossíntese de ácido ascórbico, pela catalisação da oxidação de L-galactono-1,4-lactona (GAN *et al.*, 2019).

Figura 7 – Atividade antioxidante. A. Análise de 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), B. Análise de Capacidade antioxidante total (CAT).



Fonte: A autora (2021)

Tabela 8 - Atividade antioxidante das farinhas e dos pães de feijão germinado e não germinado

Solvente	Amostra Controle (FFNG)	Amostra Experimental (FFG)	PF Amostra Controle (PF FFNG)	PF Amostra Experimental (PF FFG)
DPPH (mg Trolox /g ext. seco)				
Hexano	69,34± 0,04 ^b	85,71± 0,01 ^a	25,24± 0,0 ^B	26,7± 0,02 ^A
Acetona	118,04± 0,09 ^b	122,17± 0,01 ^a	16,94± 0,01 ^B	23,3± 0,0 ^A
Metanol	29,80± 0,01 ^b	41,22± 0,03 ^a	22,72± 0,0 ^B	26,99± 0,0 ^A
CAT (mg AA. /g ext. seco)				
Hexano	25,82± 0,07 ^b	31,82± 0,04 ^a	15,15± 0,01 ^B	16,30± 0,01 ^A
Acetona	52,58± 0,07 ^b	70,10± 0,06 ^a	61,06± 0,06 ^B	64,53± 0,01 ^A
Metanol	65,33± 0,02 ^b	83,61± 0,04 ^a	46,92± 0,05 ^B	79,3± 0,11 ^A

^{a, b} Letras minúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente nas farinhas a nível de $p < 0,05$. ^{A, B} Letras maiúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente dos pães a nível de $p < 0,05$. FFNG: farinha de feijão não germinado, FFG: farinha de feijão germinado, PF: pão de forma.

Fonte: A autora (2021)

6.3.2 Fenólicos totais e flavonoides totais

Neste estudo, a germinação demonstrou influenciar no conteúdo de compostos fenólicos e flavonoides na farinha de feijão germinado (FFG), de acordo com os dados apresentados na Tabela 9. Observou-se aumento no teor de compostos fenólicos após germinação (Figura 11A), mostrando diferença significativa ($p < 0,05$) no conteúdo de fenóis extraído com acetona, metanol e hexano. Os resultados do aumento no conteúdo de fenólicos concordam com o estudo de Sharma; Singh; Singh (2018), no qual foi avaliada a influência da germinação nos compostos bioativos do feijão guandu (*Cajanus cajan*), verificando-se aumento no conteúdo de fenólicos de (6,15 a 6,82 mg A.G. /g ext. seco) após germinação.

Os fenólicos e flavonoides são compostos sensíveis a alguns fatores externos que, quando expostos, alteram o conteúdo nos alimentos. Os fatores que influenciam na manutenção ou perda desses compostos nos grãos de feijão são: o tempo de imersão em água, a temperatura na qual os grãos são expostos e a

capacidade de absorção já que alguns desses compostos podem se solubilizar na água (ELNOUR *et al.*, 2018).

Durante a germinação de leguminosas ocorre a biossíntese e bioacumulação de fenóis, juntamente com a degradação de polímeros insolúveis de alto peso molecular em polímeros de menor peso molecular e síntese de polifenóis. Também ocorre a liberação de ácidos fenólicos ligados às paredes celulares por causa da hidrólise enzimática. Geralmente esses compostos estão ligados com outras substâncias orgânicas, como carboidratos ou proteínas que foram facilmente extraídos pelos solventes (HUNG *et al.*, 2020; SHARMA; SINGH; SINGH, 2018;).

Em contrapartida, observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) no aumento do conteúdo de flavonoides após a germinação (Figura 11B), apresentando maior quantidade do composto na extração feita com acetona, hexano e menor quantidade no extrato feito com metanol. Sharma *et al.* (2018) também reportaram influência da geminação no conteúdo de flavonoides do feijão guandu (*Cajanus cajan*), apresentando aumento na farinha obtida (43,43 a 60,83 mg QE /100g ext. seco equivalente a 0,4343 a 0,6083 mg QE /g ext. seco). Resultados similares foram apresentados por Ariviani *et al.* (2020), avaliando o potencial do NaCl para promover a capacidade antioxidante no feijão guandu germinado (*Cajanus cajan*), mostrando aumentos dos flavonoides (314,08 a 371,26 μ M QE /100g ext. seco equivalente a 0,314 a 0,371,26 QE /100g ext. seco).

Durante a germinação, os flavonoides foram sintetizados pela ativação da fenilalanina amonialiase (PAL), que é uma enzima limitante de taxa da via fenilpropanoide. Nesse caminho, a PAL é responsável pela conversão de fenóis em flavonoides, juntamente com a geração de diversos tipos de enzimas ou cofatores que também mostram o caminho para a produção dos flavonoides. A biossíntese e o acúmulo de flavonoides durante a germinação de grãos dependem principalmente do tempo de germinação, temperatura, pH e *elicitor*, metabólito de sinal de patógeno que desencadeia defesas vegetais (SIGNGH; SHARMA, 2017; SANDOVAL-SICAÍROS *et al.*, 2020, SIGNGH *et al.*, 2021).

No que concerne à capacidade antioxidante, conteúdo de fenólicos e flavonoides do pão de forma com farinha de feijão germinado apresentou aumento quando comparado com a amostra controle. Segundo David-Hoes *et al.*

(2017) e Calinoiu e Vodmar (2020), o processo térmico durante a cocção dos pães influencia positivamente nos compostos, especialmente nos compostos fenólicos que apresentam reação de Maillard que reagem com o reagente de Folin-Ciocalteu.

Tian *et al.* (2021) avaliaram a atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides após a fermentação e processo térmico de pães formulados com farinha de trigo, obtendo como resultado 26,7 μmol Trolox /g de amostra para DPPH, 561,09 μg GAE/ g para fenólicos, 56,74 μg CE/ g para flavonoides. Esses resultados quando comparados com os obtidos dos pães de forma formulados com 30% de farinha de feijão germinado apresentam maior conteúdo de compostos antioxidantes, fenólicos e flavonoides quando comparado com formulações de pães com farinha trigo.

Tabela 9 - Compostos fenólicos e flavonoides das farinhas e dos pães de feijão germinado e não germinado

Solvente	Amostra Controle (FFNG)	Amostra Experimental (FFG)	PF Amostra Controle (PF FFNG)	PF Amostra Experimental (PF FFG)
FENÓLICOS (mg GAE /g ext. seco)				
Hexano	3,85± 0,0 ^b	6,16± 0,17 ^a	1,18± 0,03 ^B	4,35± 0,02 ^A
Acetona	22,40± 0,0 ^b	29,44± 0,04 ^a	9,33± 0,02 ^B	17,28± 0,0 ^A
Metanol	5,22± 0,01 ^b	16,29± 0,0 ^a	6,13± 0,01 ^B	24,72± 0,0 ^A
FLAVONOIDES (mg QE /g ext. seco)				
Hexano	3,20± 0,0 ^b	5,16± 0,04 ^a	0,50± 0,0 ^B	0,64± 0,0 ^A
Acetona	9,60± 0,07 ^b	11,29± 0,0 ^a	2,70± 0,0 ^B	3,33± 0,0 ^A
Metanol	0,36± 0,0 ^b	0,88± 0,01 ^a	1,36± 0,0 ^B	1,4± 0,0 ^A

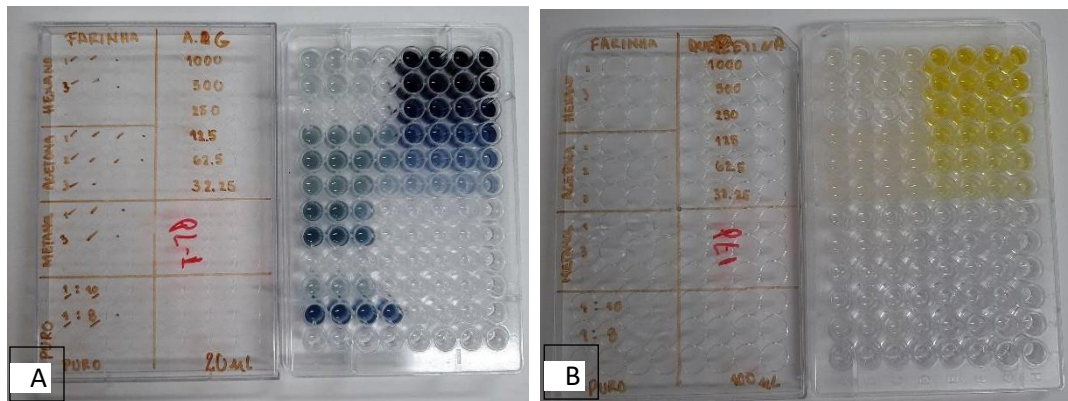
^{a, b} Letras minúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente nas farinhas a nível de $p < 0,05$. ^{A, B} Letras maiúsculas nas linhas horizontais indicam valores diferentes estatisticamente dos pães a nível de $p < 0,05$. FFNG: farinha de feijão não germinado, FFG: farinha de feijão germinado, PF: pão de forma.

Fonte: A autora (2021)

As atividades bioativas dos grãos germinados dependem da espécie, idade da semente, estágio de crescimento de mudas, condições de germinação, estresse biótico e estado de dormência. Esses parâmetros influenciam diretamente a ativação metabólica, transcrição genética, parede celular, relaxamento embrionário e

biogênese. Portanto, é aconselhável fazer uma boa seleção da semente e considerar a molécula ou moléculas de interesse que se deseja adquirir. Assim, estudos de superfície de resposta são propostos em que as condições ideais de germinação são obtidas, avaliando-se diferentes variáveis como tempo, temperatura, umidade, ciclos claro-escuro (CID-GALLEJOS *et al.*, 2020).

Figura 8 – Compostos fenólicos, B. Flavonoides



Fonte: A autora (2021)

7 CONCLUSÕES

O processo de germinação do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) influencia no teor de umidade, lipídios, proteína, cinzas, carboidratos, amido, pH e acidez presentes na farinha geminada quando comparada com a farinha controle. Mudanças que são refletidas nas características das farinhas quanto à diferença de cor, e granulometria.

As análises de farinograma e alveograma da farinha de feijão germinado apresentaram incompetência nas propriedades de panificação na substituição total da farinha de trigo, próprio das farinhas de leguminosas pela ausência de glúten, proteína do trigo que confere tenacidade, extensibilidade e força de trabalho às massas de panificação.

O processo de germinação aumentou significativamente a atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides na farinha de feijão germinado.

O pão formulado com farinha de trigo (70%) e farinha de feijão germinado (30%) demonstrou conservar as características nutricionais conferidas pela germinação na farinha de feijão. Apresentou aumento da atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides. Com relação à análise de textura, demonstrou-se que a farinha de feijão germinado impede a força do glúten de se desenvolver, obtendo-se uma massa menos compacta no pão.

A farinha de feijão germinado é uma opção viável na substituição parcial das farinhas refinadas que possibilita a formulação de produtos de panificação com maior aporte nutricional.

7.1 PERSPECTIVAS

Recomendam-se futuras pesquisas que aprofundem as propriedades tecnológicas e sensoriais nas proporções de substituição da farinha de trigo, como também avaliar o valor biológico *in vivo* das formulações do pão de forma.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, Yolanda; DÍAZ, María; JIMÉNEZ, Tania; BENITEZ, Vanesa; HERRERA, Teresa; CUADRADOS, Carmen; MARTÍN-PEDROSA, Mercedes; MARTIN-CABREJAS, María. Changes in non-nutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.34, p. 8129-8125, 2013
- ÁLVAREZ, Marta; OCHOA, Minardo; HERNÁNDEZ Gwendolyne; NUÑEZ, Margarita; ROSAS, Barbarita; GUTIÉRREZ, Edilberto. Empleo de harina de frijol blanco en panificación. **Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 166, n. 65, p. 127-139, 2016
- AMORIM, K.A.; PESSOA, C.E.; ALVES, V.M.; DIA, L.G.; DAMIANI, C. Granulometria e atividade de água de farinha de trigo, polvilho e trigo moído. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, 2016.
- "AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, Methods AOAC, (991.14); (998.08); (967.26); (980.31), 2002."
- ARIVIANI, Setyanindrum; LAINUNA, Nadhila; FAUZA, Gusti. The potential of NaCl elicitation on improving antioxidant capacity and functional properties of sprouted pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. **AIP Conference Proceedings**, Indonésia, 2020.
- BALHMANN, C.L.; LAZARINI, D.P. Estudo reológico e físico-químico das farinhas de trigo destinadas à panificação produzidas em moinhos da região de Francisco Beltrão. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013
- BAR-EL DADON, Shimrit; ABBO, Shahal; REIFEN, Ram. Leveraging traditional crops for better nutrition and health – the case of chickpea. **Trends in Food Science & Technology**, Israel, p.39-47, 2017.
- BENAYAD, Asmaa; TAGHOUTI, Mona; BENALI, Aouatif; ABOUSSALEH, Youssef; BENBRAHIM, Nadia. Nutritional and technological assessment of durum wheat-faba bean enriched flours, and sensory quality of developed composite bread. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 2020
- BENÍTEZ, Vanesa; CANTERA, Sara; AGUILERA, Yolanda; MOLLA, Esperanza; ESTEBAN, Rosa; DÍAZ, Mariá Felicia; MARTÍN-CABREJAS, María. Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. **Food Research International**, v. 50, p. 64-69, 2013
- BOUKID, Fatma; VITTADINI, Elena; LUSUARDI, Federica; GANINO, Tommaso; CARINI, Eleonora; MORREALE, Federico; PELLIGRINI, Nicolletta. Does cell wall integrity in legumes flours modulate physiochemical quality and in vitro starch hydrolysis of gluten-free bread? **Journal of Functional Foods**, v. 59, p. 110-118, 2019.
- BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Instrução Normativa nº 8/2005 do MAPA.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/18_99.htm. Acesso em: 14 jan., 2021.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC Nº90, de 18 de Outubro de 2000.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº331, Instrução Normativa Nº 60/2019

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 18 de 04 de abril de 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 31 de 18 de Outubro de 2005. Define a referência para métodos analíticos que possam a constituir padrões oficiais para análises físico-químicas de conformidade da Farinha de Trigo ao Padrão de Identidade e Qualidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme o anexo desta Instrução Normativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de Outubro de 2005.

BUTKUTÉ, Bronislava; TAUJENIS, Lukas; ORKEVICIENE, Egle. Small-Seeded Legumes as a Novel Food Source. Variation of Nutritional, Mineral and Phytochemical Profiles in the Chain: Raw Seeds-Sprouted Seeds-Microgreens. **Molecules**, v. 24, 2019.

CENSO AGRO. Resultados definitivos da agricultura. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html. Acesso em: 16 out 2020.

CID-GALLEGOSA, María; SÁNCHEZ-CHINO, Xariss; JUÁREZ, Milagros; GONZÁLEZ, Isela; MADRIGAL-BUJADAR, Eduardo; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, Cristian. Anticarcinogenic Activity of Phenolic Compounds from Sprouted Legumes. **Food Reviews International**, p. 1-16, 2020.

CLIBAS VIEIRA, TRAZILBO JOSÉ DE PAULA, ALUÍZIO BORÉM. **A cultura do feijão**. 1era. ed. Brasil: Conab, 2018.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/images/banners/Calendario-de-Safras-e-Prohort-2021.pdf>. Acesso em: 14 de jan. 2021.

DAVID-HOES, Lisa; SCALON, Martin; GIRGIH, Abraham; ALUKO, Rotimi. Effect of pea flours with different particle sizes on antioxidant activity in pan breads. **Cereal Chemistry**, Canadá, 2017.

DEDEURWAERDEREA, Tom; SCHUTTER, Olivier; HUDON, Marek; MATHIJS, Erik; ANNAERT, Bernd; AVERMAETE, Tessa; BLEECKX, Thomas; DE CALLATAÿ, Charlotte; DE SNIJDER, Pepijn; FERNÁNDEZ-WULFF, Paula; JOACHAIN, Hélène;

VIVERO, Jose-Luis. The governance features of social enterprise and social network activities of collective food buying groups. **Ecological Economics**, Belgium, p. 123-135, 2017.

DING, Junzhou; FENG, Hao. Controlled germination for enhancing the nutritional value of sprouted grains. In: ACCC (Ed.). **Sprouted Grains**. 1 ed. United States: Elsevier Inc., 2019. p. 91–112.

DONKOR, O.N.; STOJANOVSKA, I.; GINN, P.; ASHTON, J.; VASILJEVIC, T. Germinated grains – Sources of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 135, p. 950-959, maio 2012.

DUANGMAL, K.; SANGSUKIAM T. Effect of germination period on changes in mungbean and azuki bean protein and amino acid profiles. **Acta Horticulturae**, p. 563-568, 2015.

DUEÑAS, Monserrat; SARMENTO, Thaise.; AGUILERA, Yolanda; BENITEZ, Vanesa; MOLLÁ, Esperanza; ESTEBAN, Rosa M.; MARTÍN-CABREJAS, María. Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 66, p. 72-78, 2016.

ELBARBARY, Nancy; ISMAIL, Eman; ZAKI, Mamdouh; DARWISH, Yasser; IBRAHIM, Marwa; EL-HAMAMSY, Manal. Vitamin B complex supplementation as a homocysteine-lowering therapy for early-stage diabetic nephropathy in pediatric patients with type 1 diabetes: A randomized controlled trial. **Clinical Nutrition**, v. 39, p.49-56, 2020.

ELNOUR, Ahmed; MIRGHANI, Mohamed; AHMED, Nassereldeen; HAMID, Khalid. Challenges of extraction techniques of natural antioxidants and their potential application opportunities as anti-cancer agents. **Health Science Journal**, Malaysia, p. 1-25, 2018.

ERBA, Daniela; ANGELINO, Donato; MARTI, Alessandra; MANINI, Federica; FAOROC, Franco; MORREALE, Federico; PELLEGRINI, Nicoletta; CASIRAGH, Maria. Effect of sprouting on nutritional quality of pulses. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 70, p. 30-40, 2019.

FAO. Legumbres, Un viaje por todas las regiones del planeta, 2016. ISBN 978-92-5-309463-9.

FAOSTAT. Selected indicators provide an overview of key indicators and charts by country. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#country>. Acesso em: 20 nov. 2020.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos**, 2 e, armed, 2006.

FINNIE, Sean; BROVELLI, Vanessa; NELSON, Darrel. Sprouted grains as a food ingredient. **Sprouted Grains**. AACCC. p. 113-114, 2019.

FRANCISQUETI, F. V.; SOUZA, S. Alimentos germinados: das evidências científicas à viabilização prática. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**, v. 6, n. 58, p. 29-35, 2014.

GAN, Ren-You; CHAN, Chak-Lun; YANG, Qiong-Qiong; LI, Hua-Bin; ZHANG, Dan; GE, Ying-Ying; GUNARATNE, Anil; GE, Jiao; CORKE, Harold. Bioactive compounds and beneficial functions of sprouted grains. In: AACCC **Sprouted Grains**. 1 ed. United States: Elsevier Inc., cap. 9, p. 191–246, 2019.

GAN, Ren-You; LUI, Wing-Yee; WU, Kao; CHAN, Chak-Lun; DAI, Shu-Hong; SUI, Zhong-Quan; CORKE, Harold. et al. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. **Trends in Food Science and Technology**, v.59, p. 1-14, 2017.

GANESAN, Kumar; XU, Baojun. Polyphenol-Rich Dry Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L) and Their Health Benefits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, p. 2-26, 2017

GASALY, N.; RIVEROS, K.; GOTTELAND, M. Fitoquímicos: una nueva clase de prebióticos. **Revista Chilena de Nutrição**, Santiago, Chile, p. 317-327, 2020.

GIL, Bela. **Bela Cozinha**. Ed. GLOBO, v. 2, p. 134, 2015.

GRASSI DE ALCANTARA, Rafael; APARECIDA DE CARVALHO, Rosemary; MARIA VANIN, Fernanda. Evaluation of wheat flour substitution type (corn, green banana and rice flour) and concentration on local dough properties during bread baking. **Food Chemistry**, v.326, 972, 2020.

GUAJARDO-FLORES, Daniel; SERNA-SALDIVAR, Sergio O.; GUTIÉRREZ-URIBE, Janet A. Evaluation of the antioxidant and antiproliferative activities of extracted saponins and flavonols from germinated black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 141, n. 2, p. 1497-1503, 2013.

GUARDADO-FÉLIX, Daniela; LAZO-VÉLEZ, Marco; PÉREZ-CARRILLO, Esther; PANATA-SAQUICILI, Diego; SERNA-SADÍVAR, Sergio. Effect of partial replacement of wheat flour with sprouted chickpea flours with or without selenium on physicochemical, sensory, antioxidant and protein quality of yeast-leavened breads. **LWT - Food Science and Technology**, v. 129, p. 109-517, 2020.

HOU, Dianzhi; YOUSAF, Laraib; XUE, Yong; HU, Jinrong; WU, Jihong; HU, Xiaosong; FENG, Naihong; SHEN, Qun. Mung Bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive Polyphenols, Polysaccharides, Peptides, and Health Benefits. **Nutrients**, v. 11, p. 1238, 8 de maio de 2019.

HUNG, Pham; HOANG, Nguyen; LAN, Nguyen; HA, Nguyen; THU, Nguyen. Nutritional composition, enzyme activities and bioactive compounds of mung bean (*Vigna radiata* L.) germinated under dark and light conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 133, 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 1ª ed. Impressa. São Paulo, 2008.

JIMENEZ, María; LOBO, Manuel; SAMMÁN, Norma. 12th IFDC 2017 Special Issue – Influence of germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus*) grains on nutritional and techno-functional properties of their flour. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 84, n. 1, p. 103-209, 2019.

KARRI, V.R.; NALLURI, N. Pigeon Pea (*Cajanus cajan* L.) by-products as potent natural resource to produce protein rich edible food products. **International Journal Current: Agricultural Sciences**, India, p. 229-236, 2017.

KAUR, Navdeep; SINGH, Devinder. Deciphering the consumer behaviour facets of functional foods. **Appetite**, v. 112, p. 167-187, 2017.

KELKAR, S.; SIDDIQ, M.; HARTE, J.B.; DOLAN, K.D.; NYOMBAIRE, G.; SUNIAGA, H. Use of low-temperature extrusion for reducing phytohemagglutinin activity (PHA) and oligosaccharides in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Navy and Pinto. **Food Chemistry**, v. 133, n. 4, p. 1636-1639, 2012.

KHANG, Do; DUNG, Tran; ELZAAWELY, Abdelnaser; XUAN, Tran. Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Germinated Legumes. **Foods**, v. 5, p. 27, 2016

LAVARDA, Cedeni; LANZARINI, Daiane. **Estudo reológico e físico-químico das farinhas de trigo destinadas a panificação produzidas em moinhos da região de Francisco Beltrão (TCC)**. Curso de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, 2013.

LIU, Caixian; YU, Qiuxiu; LI, Zeqing; JIN, Xiaoling; XING, Wen. Metabolic and transcriptomic analysis related to flavonoid biosynthesis during the color formation of *Michelia crassipes* tepal. **Plant Physiology and Biochemistry**, China, p. 938-951, 2020.

LIU, Yu; SU, Chunyan; SALEH, Ahmed; WU, Hao; ZHAO, Kun; ZHANG, Guoquan; JIANG, Hao; YAN, Wenjie; LI, Wenhao. Effect of germination duration on structural and physicochemical properties of mung bean starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 154, p. 706-713, 2020.

LOS, Francine; ZIELINSKI, Acácio; WOJEICCHOWSKI, José; NOGUEIRA, Alessandro; DEMIATE, Ivo. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. **Food Science**, v. 19, p. 63-71, 2018.

LUIGIA, D.S. New protein: Novel Foods. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, v. 1, p. 276-279, 2019

MAETENS, Emma; HETTIARACHCHY, Navam; DEWETTINCK, Koen; HORAX, Ronny; MOENS, Kim; MOSELEY, David. Physicochemical and nutritional properties of a healthy snack chip developed from germinated soybeans. **LWT-Food Science and Technology**, v. 84, p. 505-510, 2017.

MALDONADO, Andrés; ROSE, Devin. Particle Distribution and Composition of Retail Whole Wheat Flours Separated by Sieving. **Cereal Chemistry**, v.90, p.127-131, 2013.

MEDHE, Seema; JAIN, Surangna; ANAL, Anil K. Effects of sprouting and cooking processes on physicochemical and functional properties of moth bean (*Vigna aconitifolia*) seed and flour. **J Food Sci Technol**, v. 56, p. 2115-2125, 2019.

MIERLO, Klara; ROHMER, Sonja; GERDESSEN, Johanna. A model for composing meat replacers: Reducing the environmental impact of our food consumption pattern while retaining its nutritional value. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 930-950, 2017.

MILLAR, K.A.; BARRY-RYAN, R.; MCCARTHY, S.; GALLAGHER, E. Dough properties and baking characteristics of white bread, as affected by addition of raw, germinated and toasted pea flour. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 56, 2019.

MONTOWSKA, Magdalena; FORMAL, Emilia. Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 87, p. 310-317, 2018.

OLIVEIRA, Fernanda; OLIVEIRA DE VERAS, Bruno; SANT'ANNA DA SILVA, Ana; DIAS DE ARAÚJO, Amanda; SILVA, Deyzi; MENDES, Tayane de Cássia; FERNANDES, Elisabete; LEITE, Marta; SOUZA, Umberto; LIMA, Vera; VANUSA DA SILVA, Márcia; LOPES, Norberto; ARAÚJO, Larissa; GUEDES DA SILVA, Jackson. Photoprotective activity and HPLC-MS-ESI-IT profile of flavonoids from the barks of *Hymenaeamartiana* Hayne (Fabaceae): development of topical formulations containing the hydroalcoholic extract. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, Brazil, p. 504-516, 2021.

OLMEDILLA, Begoña; ROVIRA, Rosaura; VEGAS, Carmen; PEDROSA, Mercedes. Papel de las leguminosas en la alimentación actual. **Actividad Dietética**, v. 14, p. 72-76, 2010.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Legumbres, **Un viaje por todas las regiones del planeta**, 2016. ISBN 978-92-5-309463-9

OYAIZU, M. Studies on Products of Browning Reactions: Antioxidative Activities of Product of Browning Reaction Prepared from Glucosamine. **Japan Journal of Nutrition**, V. 44, P. 307-315, 1986

PRAZERES, Lady; ARAGÃO, Ticiania; BRITO, Samara; ALMEIDA, Cynthia; D SILVA, Amanda; F DE PAULA, Mirella; Farias, Juliane; D VIEIRA, Leucio; DAMASCENO, Bolívar; ROLIM, Larissa; VERAS, Bruno O.; ROCHA, Ismael; WANDERLEY, Almir G. Antioxidant and antiulcerogenic activity of the dry extract of pods of *Libilibia ferrea* Mart. ex Tul. (Fabaceae). **Oxidative Medicine and Cellular**

Longevity, Brazil, 2019.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, Aurea; GAYTÁN-MARTÍNEZ, Marcela; MORALES-SÁNCHEZ, Eduardo; LOARCA-PIÑA, Guadalupe. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. **LWT - Food Science and Technology**, v.89, n. 141, p. 674-680, 2018.

RE, Roberta; PELLEGRINI, Nicoletta; PROTEGGENTE, Anna; Pannala, Ananth; YANG, MIN; RICE-EVANS, Catherine. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, n. 26, p. 1231–1237, 1999.

ROSA-MILLÁN, Julián; HEREDIA-OLEA, Erick; PEREZ-CARRILLO, Esther; GUAJARDO-FLORES, Daniel; SERNA-SALDÍVAR, Sergio. Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 102, p.330-337, 2019.

RUFINO. M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; JIMENEZ, J.P.; CALIXTO, F.D.S. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Comunicado **Técnico Embrapa**, v. 127, p. 1-4, 2007.

RUI, Xin; BOYE, Joyce; SIMPSON, Benjamin; PRASHER, Shiv. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of *Phaseolus vulgaris* bean hydrolysates: Effects of different thermal and enzymatic digestion treatments. **Food Research International**, v. 49, p. 739-746, set. 2012.

RUIZ-RUIZ, Jorge; DÁVILA-ORTIZ, Gloria; CHEL-GUERRERO, Luis; BETANCUR-ANCONA, David. Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory and Antioxidant peptide fractions from Hard-To-Cook Bean Enzymatic Hydrolysates. **Journal of Food Biochemistry**, v. 37, p. 26-35, 2013.

SANDOVAL, Galo; ÁLVAREZ, Mario; PAREDES, Mayra; LASCANO, Alexandra. Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. **Scientia Agropecuaria**, v. 2, p. 123-131, 2012.

SANDOVAL-SICAIROS, Eslim; DOMÍNGUEZ-RODRÍGUEZ, Maribel; MONTOYA-RODRÍGUEZ, Alvaro; MILÁN-NORIS, Ada; REYES-MORENO, Cuauhtémoc; MILÁN-CARRILLO, Jorge. Phytochemical compounds and antioxidant activity modified by germination and hydrolysis in Mexican Amaranth. **Plant Foods Human Nutrition**, v. 75, p. 192–199, 2020

SECRETARIA DE DEFENSA AGROPECUARIA. **Regras para análise de sementes**. Ed. I. Ministerio de Agricultura, 2009.

SEIBEL, Neusa; BELÉIA, A. D. Características químicas e funcionalidade tecnológica de ingredientes de soja [*Glycine Max* (L.) Merrill]: carboidratos e proteínas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 113-

122, 2009.

SETIA, Rashim; DAI, Zhixin; NICKERSON, Michael; SOPIWNYK, Elaine; MALCOLMSON, Linda; AI, Yongfeng. Impacts of short-term germination on the chemical compositions, technological characteristics and nutritional quality of yellow pea and faba bean flour. **Food Research International**, v. 122, p. 263-272, 2019.

SHARMA, Savita; SINGH, Arashdeep; SINGH, Baljit. Characterization of in vitro antioxidant activity, bioactive components, and nutrient digestibility in pigeon pea (*Cajanus cajan*) as influenced by germination time and temperature. **Journal of Food Biochemistry**, Índia, p. 1-13, 2018.

SHEVKANI, Khetan; SINGH, Narpinder; KAUR, Amritpal; RANA, Jai. Structural and functional characterization of kidney bean and field pea protein isolates: a comparative study. **Food Hydrocoll**, v. 43, p. 679–689, 2015.

SILVA, Elisangela; BRACARENSE, Ana. Phytic Acid: From Antinutritional to Multiple Protection Factor of Organic Systems. **Journal of Food Science**, v. 81, n.6, p. 1357-1362, 2016

SINGH, Arashdeep; SHARMA, Savita; SINGH, Baljit. Effect of germination time and temperature on the functionality and protein solubility of sorghum flour. **Journal of Cereal Science**, v. 76, p. 131–139, 2017

SINGH, Arashdeep; BOBADE, Hanuman; SHARMA, Savita; SINGH, Baljit; GUPTA, Antima. Enhancement of Digestibility of Nutrients (In vitro), Antioxidant Potential and Functional Attributes of Wheat Flour Through Grain Germination. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 76, p. 118–124, 2021

SINGH, Arashdeep; SHARMA, Savita. Bioactive components and functional properties of biologically activated cereal grains: A bibliographic review, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.57:14, p. 3051-3071, 2017.

SINGLETON, Vernon L.; ORTHOFER, Rudolf; LAMUELA-RAVENTÓS, Rosa M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in enzymology** v. 299, p. 152-178, 1999.

SOUZA, Deborah; NOGUEIRA, Marco; VENTURA, Maurício; FAGOTTI, Dáfila; CEREZINI, Paula. Fijación biológica de nitrógeno en frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en sistemas de prodección agroecológica. **SOCLA**, v. I, p. 220, 2013.

Tabela brasileira de composição de alimentos. NEPA – Núcleo de Estudos e pesquisas em alimentação, UNICAMP. 4º Ed. Rev. e ampl. - Campinas, 161p., 2011.

UCHEGBU, Nneka; ISHIWU, Charles. Germinated Pigeon Pea (*Cajanus cajan*): a novel diet for lowering oxidative stress and hyperglycemia. **Food Science and Nutrition**, v. 4, p. 772-777, 2016

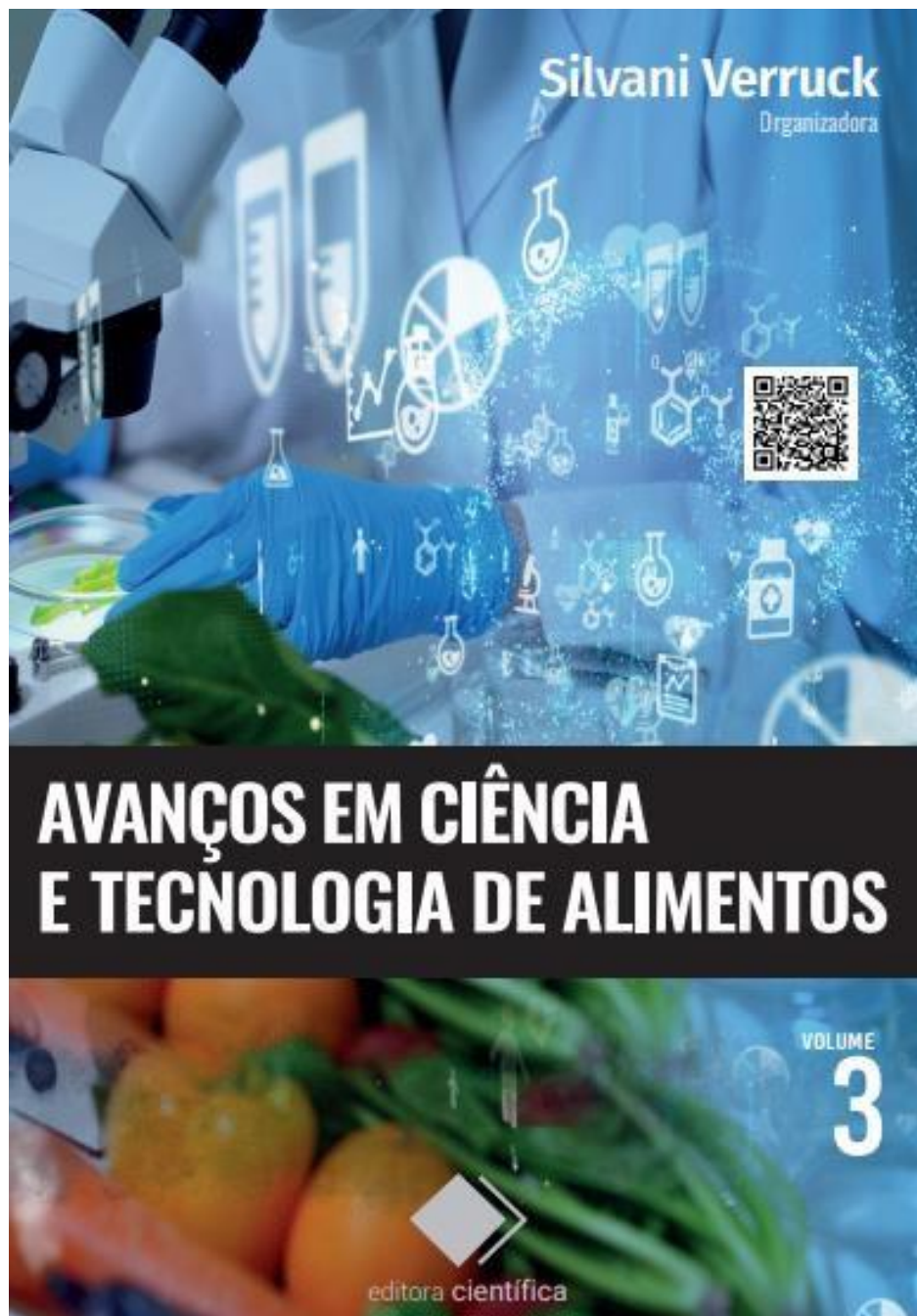
VILLANUEVA, Marina; PÉREZ-QUIRCE, Sandra; COLLAR, Concha; RONDA, Felicidade. Impact of acidification and protein fortification on rheological and thermal

properties of wheat, corn, potato and tapioca starch-based blended matrices. **Food Science and Technology**, Spain, p. 446-454, 2018.

WANG, Pei; CHEN, Haiying; MOHANAD, Bashari; XU, Lei; NING, Yawei; XU, Jin. Effect of frozen storage on physico-chemistry of wheat gluten proteins: Studies on gluten-, glutenin- and gliadin-rich fractions. **Food hydrocolloids**, v. 39, p. 187-194, 2014.

XU, Minwei; JIN, Zhao; GU, Zixuan; RAO, Jiajia; CHEN, Bingcan. Changes in odor characteristics of pulse protein isolates from germinated chickpea, lentil, and yellow pea: Role of lipoxygenase and free radicals. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126-184, 2020.

**APENDICE A - EFEITOS DA GERMINAÇÃO EM LEGUMINOSAS E CEREAIS:
PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS**



Capítulo 26 do livro:
Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Volume 3
Efeitos da germinação em leguminosas e cereais: Propriedades
Nutricionais e Tecnológicas

Marión Elizabeth Aguilar Fernández; Thayza Christina Montenegro Stamford; Raiane Duarte Viana; Cristina Alexandra Correia dos Santos; Antônio Felix da Costa; Tânia Lúcia Montenegro Stamford.

DOI: 10.37885/210203230
Publicado em: 01/04/2021

RESUMO

As leguminosas e cereais são alimentos tradicionais de consumo humano e animal, que são valorizados por seu conteúdo nutricional, poder de aquisição e emprego de técnicas agrícolas sustentáveis. Fazem parte de campanhas que promovem o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como medidas para garantir a segurança alimentar. Os grãos para serem consumidos devem ser submetidos a processos como cozimento, aquecimento por infravermelho, aquecimento por micro-ondas, fermentação e germinação. A germinação é um processo biológico, influenciado por fatores internos, incluindo inibidores e promotores da germinação, enzimas hidrolíticas que liberam nutrientes do embrião, melhorando a disponibilidade de absorção dos compostos nutricionais no grão germinado. Neste capítulo se propõe estudar os efeitos do processo da germinação em leguminosas e cereais, para avaliar a germinação dos grãos, resultando em modificações nutricionais, físico-químicas e tecnológicas que beneficiam a formulação de alimentos com ações anticancerígenas ou anti-inflamatórias e no controle da obesidade, não obstante a germinação produzir algumas modificações que podem alterar as características organolépticas, prejudicando a aceitabilidade dos produtos.

Palavras-chaves: Compostos bioativos. Feijões. Soja. Grãos integrais.

INTRODUÇÃO

As leguminosas e os cereais são alimentos tradicionais que fazem parte da alimentação dos seres humanos e animais. Em 2015 foram estabelecidos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), abrangendo questões de desenvolvimento social e econômico; incluído a fome, saúde e meio ambiente, entre outros. Nesse sentido, as leguminosas e cereais têm um papel importante na segurança alimentar devido às suas qualidades nutricionais, facilidade de aquisição e cultivo sustentável.

A produção e consumo de grãos mostraram incremento devido ao crescimento populacional, à capacidade dos cultivos de se reproduzirem em climas extremos de frio e calor e à habilidade das leguminosas de fixar nitrogênio do ar para conversão de amônia, permitindo práticas agrícolas sustentáveis (FAO, 2016). Estudo realizado pela FAO mostrou que, em 2018, a soja e o arroz continuaram ocupando os primeiros lugares da produção mundial, com 384.712.311 e 782.000.147 toneladas, respectivamente. Atualmente existe um aumento na produção e consumo da soja, ficando o Brasil em segundo lugar como produtor mundial desta leguminosa em 2020, com 135 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

Segundo Boye *et al.*, (2010), as leguminosas são grãos que representam importante fonte de proteína vegetal, sendo lisina, leucina, ácido aspártico, ácido glutâmico e arginina os aminoácidos em maior proporção, enquanto os cereais são grãos que contêm aminoácidos sulfurados e triptofano. A combinação de leguminosas e cereais apresenta uma refeição com um perfil aminoacídico completo. São alimentos considerados importantes na prevenção de fatores de risco em doenças crônicas não transmissíveis como obesidade, hipertensão, diabetes tipo II, câncer, entre outros (VAZ PATTO *et al.*, 2015).

Além do consumo humano, os grãos também desempenham um papel importante na nutrição animal. Os subprodutos das culturas, após a colheita das sementes, são utilizados como alimento para ruminantes, como, por exemplo, restos de caule e cascas, obtidos durante o processamento desses grãos para consumo. Alguns cereais e a soja predominam em dietas para animais em sistemas intensivos de produção animal (SHERASIA; GARG; BHANDERI, 2018)

Entretanto, apesar da ampla capacidade de utilização desses grãos, as leguminosas e os cereais precisam ser processados, antes do consumo, para melhorar o perfil nutricional e diminuir alguns compostos anti-nutricionais inibidores da digestão. Alguns tratamentos são utilizados com essa finalidade como, imersão em água, cozimento, aquecimento por infravermelho, aquecimento por micro-ondas, fermentação e a germinação foram considerados eficazes (FRANCISQUETI; SOUZA, 2014).

A técnica da germinação é um processo fácil e econômico que disponibiliza uma série de compostos ativos em algumas leguminosas e cereais que mostrou efeitos sobre a fração de fibras solúveis e insolúveis, causando um aumento significativo desses elementos (DUEÑAS *et al.*, 2016). Com esta técnica, as proteínas são hidrolisadas e, conseqüentemente, a digestibilidade é melhorada. Simultaneamente, o amido é degradado pela ação das amilases, produzindo dextrinas e glicose que são oxidadas para o crescimento do embrião (DEVI; KUSHWAHA; KUMAR, 2015). Além disso, as mudanças provocadas pela germinação podem levar modificações nas propriedades funcionais, reológicas, térmicas e organolépticas dos grãos germinados, características que podem ser importantes se forem utilizadas como ingredientes para alimentos processados (JIMENEZ; LOBO; SAMMÁN, 2019).

Neste capítulo se propõe estudar os efeitos do processo da germinação em leguminosas e cereais para verificar a ação desta técnica nos grãos, resultando em modificações nutricionais, físico-químicas e tecnológicas que beneficiam a formulação de alimentos com ações anticancerígenas ou anti-inflamatórias e no controle da obesidade.

DESENVOLVIMENTO

Produção de leguminosas e cereais

A FAO lançou em 2016 uma campanha chamada “Año Internacional de las Leguminosas” com o objetivo de divulgar os benefícios das leguminosas e promover o consumo desses alimentos em combinação com cereais. Esses grãos fazem parte da dieta, sendo os mais produzidos no mundo (Gráfico 1), tornando-se uma das fontes alimentares mais importantes, representando a metade das calorias que os seres vivos consomem. São alimentos chave para a segurança alimentar que podem contribuir com o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que têm como finalidade erradicar a fome e a desnutrição, além da pobreza extrema, e combater as mudanças climáticas, entre outros objetivos (BID, 2019).

A produção e o consumo desses alimentos estão tendo um incremento, considerando a produção global. A soja (384.712.311 t) está em primeiro lugar, seguida de feijão (55.884.456 t), grão de bico (14.246.295 t), lentilha (5.734.201 t) e ervilha (35.950.309 t). Os cereais mais produzidos foram milho (1.147.621.938 t), arroz (782.000.147 t) e trigo (765.769.635 t) (FAOSTAT, 2019).

Atualmente, o Brasil é um dos principais produtores agrícolas mundiais, estimando-se que quase 64 milhões de hectares sejam destinados a todos os tipos de culturas. Sendo um país classificado em segundo lugar no ranking mundial dos produtores de soja, ocupa 53% da terra cultivada com esse tipo de cultura, o que resultou na produção de 135 milhões de toneladas de soja na safra 2020/2021, com um campo de cultivo promissor que será capaz de superar nos próximos anos os Estados Unidos, também está em terceiro lugar na produção de feijão em suas diversas variedades, com 3,2 milhões de toneladas (Gráfico 2) (CONAB, 2020).

A previsão da FAO para 2019 em relação à produção mundial de cereais foi de 2.715 milhões de toneladas, sendo esta considerada a terceira maior colheita mundial (Gráfico 3); deste total produzido, 44% será destinado ao consumo humano e 66% ao consumo animal. Em 2011, o consumo mundial per capita de cereais (kg / pessoa / ano) excluindo a cerveja, foi igual a 147,2 kg / ano / pessoa (equivalente a 403 g / pessoa / dia). O Brasil ocupa a terceira posição mundial com a maior produção de milho, possuindo uma área de colheita que corresponde a 16.121.147 hectares e uma produção de 108 milhões de toneladas (CONAB, 2020)

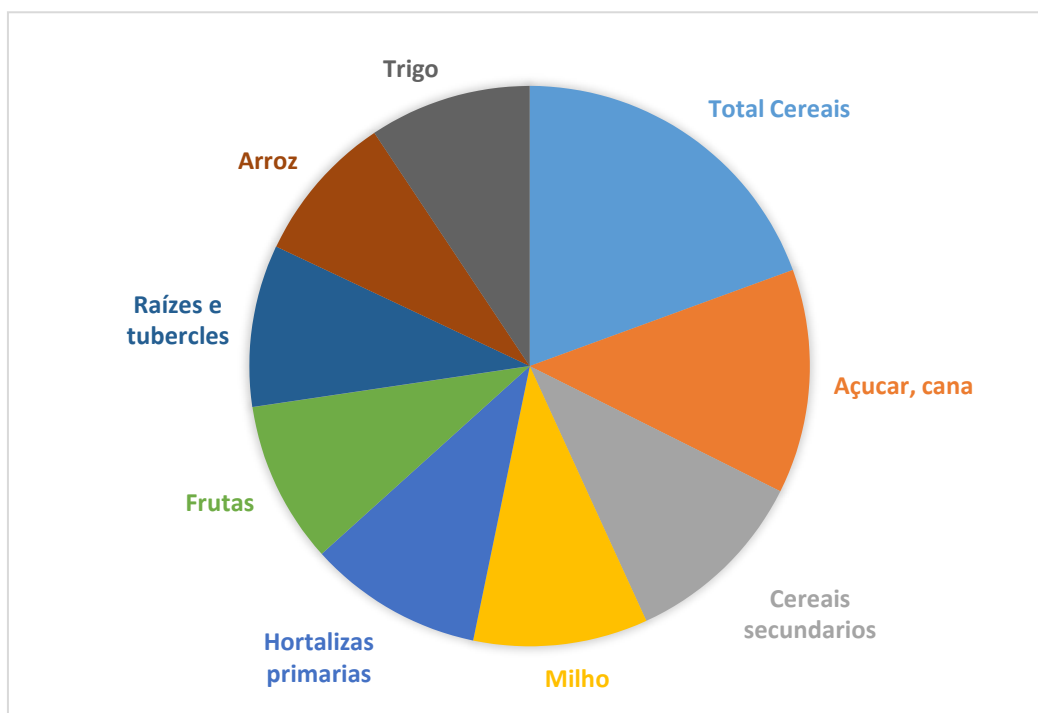


Gráfico 1 Alimentos mais produzidos no mundo em 2019

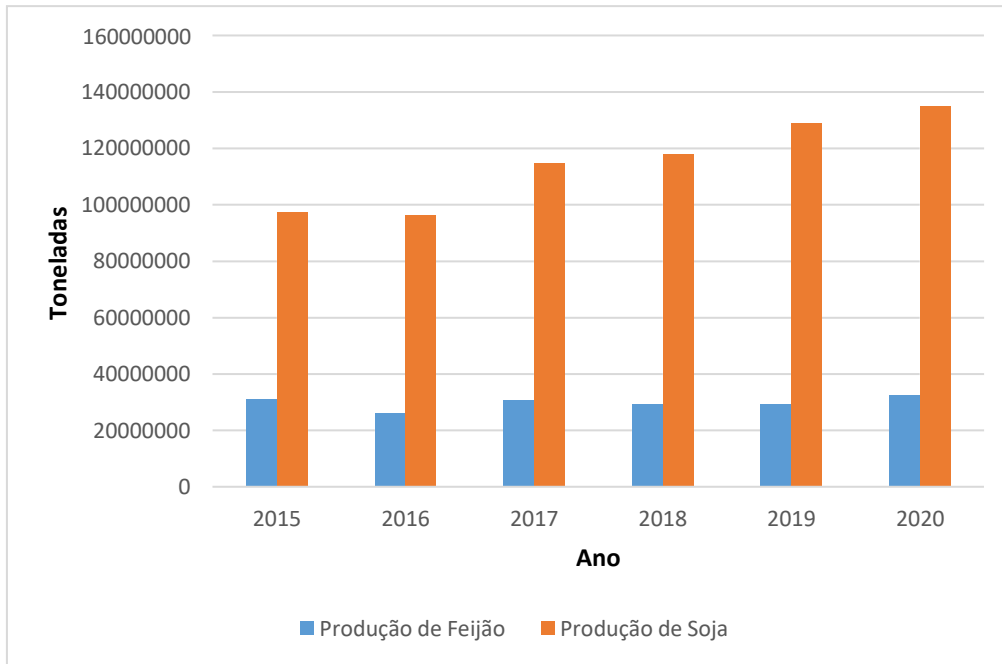


Gráfico 2 Produção de Leguminosas no Brasil

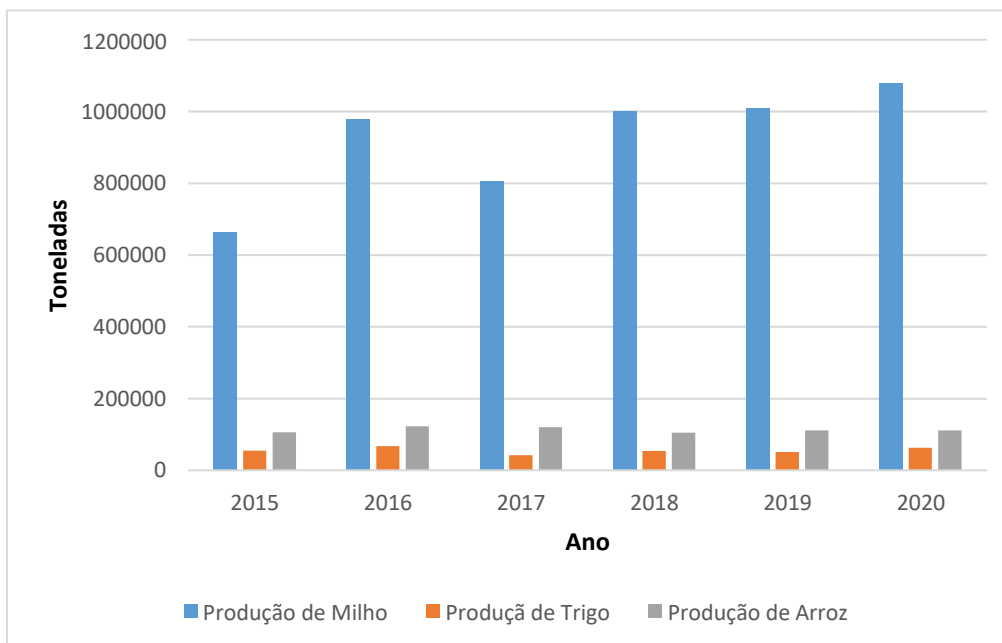


Gráfico 3 Produção de Cereais no Brasil

Perfil nutricional das leguminosas e cereais

As leguminosas têm um perfil nutricional com um conteúdo de carboidratos (50%-60%), proteínas (17%-25%), fibras alimentares (3%-8%), gorduras (1%-6%), minerais e vitaminas; também são uma fonte de antioxidantes naturais, como compostos fenólicos, vitamina C e tocoferóis (DUEÑAS *et al.*, 2016). Os cereais têm uma estrutura e um valor nutricional semelhantes; 100 g de grãos integrais fornecem aproximadamente 350 kcal, 8 a 12 g de proteína e quantidades de cálcio, ferro e vitaminas do complexo B como tiamina, riboflavina e niacina localizadas no embrião dos grãos (JIANG *et al.*, 2020). A combinação de leguminosas e cereais apresenta um melhor aporte nutricional (YAN *et al.*, 2020), além disso, são alimentos considerados na prevenção de fatores de risco em doenças crônicas não

transmissíveis como obesidade, hipertensão, diabetes tipo II, câncer, entre outros (VAZ PATTO *et al.*, 2015).

Os cereais são grãos utilizados de várias formas na alimentação animal. Na produção de rações observa-se o uso de grãos integrais, moídos (incorporados à ração) e plantas inteiras colhidas antes da maturidade e ensiladas (milho, cevada e sorgo). O milho, trigo, sorgo e cevada são as matérias-primas principais para a produção de ração de animal. As leguminosas também são usadas para produzir alimentos para consumo animal, como é o caso da soja que 94% da sua produção é destinada à produção de concentrados para alimentação de bovinos, porcos e galinhas (SHERASIA; GARG; BHANDERI, 2018).

Na indústria dos alimentos esses grãos são processados em diferentes formas, obtendo-se produtos diversos, sendo uma das mais comuns as farinhas à base de cereais que foram identificadas como veículos estratégicos para a fortificação com ferro e ácido fólico, uma medida que foi tomada nos países latino-americanos para reduzir o déficit de micronutrientes e diminuir a predisposição a patologias como defeitos no tubo neural (GRANDE *et al.*, 2019). O uso de diferentes fontes vegetais para produção de farinha a fim de substituir as matérias primas tradicionais tem sido amplamente explorado ao longo dos últimos anos, mostrando que as leguminosas apresentam potencial para elaboração desse produto

As desvantagens do uso desses grãos são a presença de compostos anti-nutricionais, como lectinas, aglutininas, tripsina, quimio-tripsina, inibidores da amilase, ácido fítico e saponinas. Esses compostos reduzem a biodisponibilidade dos nutrientes, efeito que se manifesta se a semente for consumida sem um processo prévio de cocção ou germinação (FRANCISQUETI; SOUZA, 2014).

Processo de Germinação das leguminosas e cereais

O processo de germinação de grãos é uma prática que teve início no ano 8.000 a.C. O trigo antigo e outros grãos, uma vez recolhidos, eram armazenados em condições úmidas que faziam com que as sementes germinassem ou brotassem. Os grãos brotados foram então moídos, produzindo pães que eram alimento fácil de transportar. Na década de 1700, os marinheiros consumiam sementes germinadas para combater o escorbuto, doença que afetava particularmente marinheiros mal nutridos (FINNIE; BROVELLI; NELSON, 2019)

A Associação Americana de Química Clínica (AACC), em 2008, definiu grãos germinados como: "Grãos maltados ou germinados contendo todo o farelo, germe e endosperma originais e são considerados grãos integrais, desde que o crescimento da germinação não exceda o comprimento do grão e os valores nutricionais não sejam inferiores ao não germinado".

O processo de germinação começa com a absorção de água pela semente e termina com o crescimento do eixo embrionário, no qual ocorre a produção do embrião através do tegumento que caracteriza o alimento germinado. A sequência de eventos fisiológicos é influenciada por diferentes fatores internos, incluindo inibidores e promotores da germinação, enzimas hidrolíticas que liberam nutrientes do embrião (germe) e endosperma do grão; e fatores externos como luz, temperatura, água, gases e substrato (meio de crescimento) (DZIKI; GAWLIK-DZIKI, 2019). Esses fatores externos são condições ideais e são padronizados para que os resultados dos testes de germinação possam ser reproduzidos e comparados, dentro dos limites tolerados pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009)

Durante o processo de germinação os carboidratos, proteínas, lipídeos, vitaminas, minerais e compostos bioativos apresentam modificações induzidas pelas enzimas. Os

pesquisadores Jimenez *et al.*, (2019), Francisqueti (2014) e Gan *et al.*, (2019) expõem as mudanças achadas na germinação de grãos (Quadro 1).

Quadro 1 Mecanismo de ação da germinação em macro e micronutrientes

Composto	Mecanismo de ação
Carboidratos	O amido armazenado no endosperma como amilase e amilopectina é submetido à hidrólise, obtendo açúcares simples, devido à atividade da amilase. Esta atividade também modifica a quantidade de fibras presentes nos grãos germinados (JIMENEZ; LOBO; SAMMÁN, 2019).
Proteínas	As proteínas de armazenamento, como globulinas, prolaminas e glutelinas, sofrem proteólise pela ação das endopeptidases para induzir alterações conformacionais (GAN <i>et al.</i> , 2019).
Lipídeos	Os triglicerídeos podem ser decompostos durante a germinação pela ação das lipases, produzindo ácidos graxos e glicerol, fornecendo substratos para β -oxidação, gliconeogênese, e esqueletos de carbono para o desenvolvimento da fotossíntese dos brotos, processos os quais envolvem um alto consumo energético, que pode acarretar a redução nos teores de gorduras em grande parte dos grãos submetidos à germinação (FRANCISQUETI; SOUZA, 2014).
Vitaminas e Minerais	As vitaminas melhoram seu perfil devido à presença de algumas enzimas, como é o caso da vitamina C, que ativa a L-galactona e γ -lactona desidrogenase, uma enzima envolvida na biossíntese do ácido ascórbico. A vitamina E mostra um aumento no isômero γ -tocoferol. Os minerais não são mais inibidos por compostos como os fitatos, pois estes passam por um processo de desfosforilação devido à ação da hidrolase (GAN <i>et al.</i> , 2019).
Compostos bioativos	O ácido γ -aminobutírico (GABA) aumenta devido à atividade da enzima glutamato descarboxilase (GAD) (GAN <i>et al.</i> , 2019). Os compostos fenólicos ligados podem ser liberados do complexo devido à quebra de seus conjugados nas paredes celulares, como carboidratos e proteínas, melhorando sua digestibilidade (FRANCISQUETI; SOUZA, 2014).

A qualidade nutricional é melhorada, o que pode indicar possíveis efeitos benéficos para a saúde no consumo regular de grãos germinados, fazendo parte dos alimentos funcionais, que, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), na resolução 18, de 04/04/1999, definiu “Alimentos funcionais são quaisquer alimentos ou ingredientes que, além das funções nutricionais básicas, quando consumidos como parte da dieta usual, produzem

efeitos metabólicos e / ou fisiológicos e / ou benéficos para a saúde e devem ser seguros para consumo sem supervisão médica ”.

O interesse demonstrado pelos consumidores e indústria por alimentos funcionais é cada dia maior, da mesma forma, a comunidade científica está orientando suas pesquisas na formulação de novos produtos alimentícios, sujeitando-os a métodos que permitam melhorar o perfil nutricional dos alimentos. O papel das leguminosas e dos cereais germinados tornou-se importante para uma dieta sustentável e equilibrada. Nesse contexto é que serão discutidos estudos realizados que apresentam os efeitos da germinação nas propriedades físico-químicas, nutricionais e tecnológicas nos grãos.

Uma das alterações mais significativas é a hidrólise do amido que intervém na presença de amilose, amilopectina, açúcares totais e redutores. Observa-se um aumento na presença de glicose celulósica que produz um aumento na fibra total. Foram germinadas sementes de quinoa e amaranto (JIMENEZ; LOBO; SAMMÁN, 2019), ervilha amarela e feijão-caupí (SETIA *et al.*, 2019) e mucuna preta (BENÍTEZ *et al.*, 2013), refletindo um comportamento semelhante na diminuição de 15%-20% do amido total e aumento no teor de fibra total de 5%-15%, açúcares totais de 10%-15% e açúcares redutores de 15%-20%, com exceção de ervilha amarela que apresentou um aumento menor que 3% em comparação às outras espécies. O amido desempenha um papel importante nas características dos alimentos, uma vez que fornece o poder de inchaço e da estabilidade na gelificação, o que permite que seja utilizado na elaboração de alimentos tipo macarrão, que demonstram boa culinária e textura suave (LIU *et al.*, 2020).

Em relação às proteínas, foi elaborado um gráfico comparativo (Gráfico 4) com base em pesquisa realizada por autores que germinaram as sementes de painço (adlay), também conhecido como Lágrima de Nossa Senhora (XU *et al.*, 2017), quinoa e amaranto (JIMENEZ; LOBO; SAMMÁN, 2019), ervilha seca e fava (*Vicia faba*) (SETIA *et al.*, 2019), trigo (CECCARONI *et al.*, 2020), feijão preto (ROSA-MILLÁN *et al.*, 2019), soja (MAETENS *et al.*, 2017), grão de bico e lentilha (XU, Minwei *et al.*, 2020). O processo de germinação foi realizado por 24 e 48 horas, obtendo-se resultados que variam de acordo com as espécies, concordando com os autores Wang *et al.*, (2014), que afirmam que algumas proteínas são hidrolisadas, enquanto outras são sintetizadas, sendo esse balanço o que determina o teor de proteínas após a germinação.

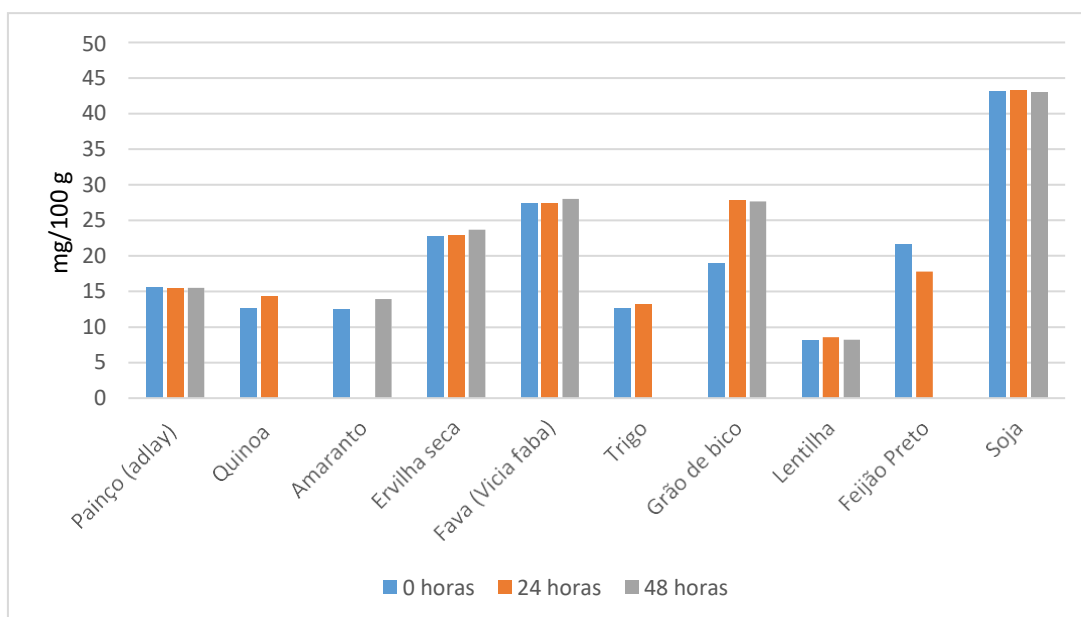


Gráfico 4 Conteúdo de proteínas em grãos após germinação

A germinação e extrusão de feijão preto mostrou que a germinação promoveu fortes interações moleculares entre as frações de proteína e amido, apresentando maior biodisponibilidade da proteína na forma bruta e índices glicêmicos moderados, propriedades que poderiam ser úteis para formular novos produtos alimentícios à base de grãos (ROSA-MILLÁN *et al.*, 2019). O consumo de proteína vegetal é valorizado devido aos benefícios nutricionais e às vantagens tecnológicas na indústria de alimentos. Montowska *et al.*, (2018) expõem que a proteína vegetal possui maior capacidade de retenção de água e melhores propriedades gelificantes em comparação com a proteína animal; portanto, elas são comumente adicionadas aos produtos à base de carne para estabilizar os componentes da emulsão da carne, além de melhorar a textura dos produtos finais, pela formação de um gel. Essas mudanças beneficiam o uso de grãos germinados na fabricação de alimentos como embutidos, creme e massa porque absorvem a água sem dissolução de proteínas, atingindo o espessamento e a viscosidade do corpo (BENÍTEZ *et al.*, 2013).

Em relação aos lipídios, Maetens *et al.*, (2017) verificaram que a germinação influenciou na sua quantidade em grãos germinados. Os resultados mostraram que a partir do terceiro até o quinto dia houve diminuição de lipídeos em grãos de soja germinados e que grãos de ervilha seca apresentam diminuição de 0,5g-4,5g/100g de lipídios durante os cinco dias da germinação. Entretanto Xu, Lei *et al.*, (2017) e Setia *et al.*, (2019) observaram que sementes de painço (adlay) e fava não apresentaram mudanças no conteúdo de lipídeos até o quinto dia de germinação.

A germinação desempenha um papel importante no conteúdo de antioxidantes presentes nos grãos. Uma das mudanças significativas estudadas por Gan *et al.*, (2019) mostrou que o processo de germinação aumentou o conteúdo de ácido γ -aminobutírico (GABA), atribuído à atividade da diamino oxidase (DAO) e das enzimas endógenas da aminoaldeído desidrogenase que estão envolvidas na biossíntese do GABA. Na tabela a seguir (Tabela 1) apresentam-se os efeitos da germinação em leguminosas e cereais no conteúdo de GABA, segundo o tempo de germinação.

Tabela 1 Conteúdo de GABA em cereais e leguminosas germinados

Grão Germinado	Tempo	Sem Germinar	Germinado	Referência
Aveia	1-7 dias	0,54-1,41 mg/100 g	5,71-20,4 mg/100 g	(XU, Jian et al., 2010)
Painço (Adlay)	1-3 dias	29,7mg/100 g	102,07 mg/100 g	(XU, Lei et al., 2017)
Feijão	4-8 dias	0 mg/g	0,34-0,95 mg/g	(LIMÓN et al., 2014)
Arroz marron	6-48 horas	0 g/kg	0,20-1,40 g/kg	(ZHANG et al., 2014)
Sesamo branco	3 dias	0,14 mg/g	0,22 mg/g	(HA et al., 2017)

A influência da germinação sobre fenóis totais foi estudada em diferentes leguminosas e cereais cujos resultados mostraram que a germinação pode acumular gradualmente fenóis solúveis (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2017). Gong *et al.*, (2018) verificaram que a germinação de milho apresentou aumento no conteúdo de compostos fenólicos livres e ligados, e que o incremento pode ser resultado da liberação e biossínteses de compostos pelas enzimas de degradação da parede celular ativa após germinação (NELSON *et al.*, 2016).

Ceccaroni *et al.*, (2020) estudaram o efeito da temperatura de germinação nos compostos fenólicos do trigo (*Triticum aestivum*, L. e *Panicum miliaceum*, L), mostrando uma disponibilidade diferente para polifenóis livres e ligados de acordo com as diferentes temperaturas de germinação. Os autores concluíram que a temperatura e o tempo de germinação, bem como o tipo de grão, desempenham um papel fundamental para a melhoria da qualidade nutricional dos grãos.

Benefícios dos grãos germinados na saúde

As reações alérgicas provocadas pelos alimentos são problemas frequentes enfrentados pelo consumidor e pela indústria de alimentos. Rao *et al.*, (2018) identificaram que a germinação de amendoim pode diminuir os compostos alergênicos, mostrando que o conteúdo total de proteínas e proteínas alergênicas, Ara h 1,3 e 2/6 foi significativamente degradado após a germinação. A reatividade da IgE dos amendoins germinados por cinco dias diminuiu significativamente. Uma concentração mais baixa de resveratrol teve um efeito inibitório na liberação de β -hexosaminidase. Portanto, os autores concluíram que a degradação de alérgenos e o enriquecimento de resveratrol podem ser responsáveis pela menor alergenicidade dos amendoins germinados. Da mesma forma, o estudo de Oyedeji *et al.*, (2018) confirmou que a germinação da soja diminui a glicina e a β -conglucina, proteínas de armazenamento que em seu estado nativo são alérgicas devido ao seu alto peso molecular.

Além disso, o estudo sobre amendoim germinado e seus efeitos na obesidade foi investigado por Kang *et al.*, (2014), demonstrando que o processo de germinação produz quantidades significativas de resveratrol (0,15 g/mg de amendoim não germinado a 14,2 g/mg de amendoim germinado). O estudo foi realizado *in vivo*, utilizando ratos que receberam dietas ricas em gordura e uma dose de extrato de amendoim germinado, demonstrando que esse extrato tem um efeito anti-obesidade, reduzindo expressões de receptores ativados pelo peroxissoma proliferador (PPARs) e adiponectina que são necessários para o processo de diferenciação de adipócitos.

A alfafa é uma leguminosa estudada pelos efeitos anti-inflamatórios dos extratos das folhas devido à sua capacidade antioxidante. Almuhayawi *et al.*, (2021) avaliaram o efeito anti-inflamatório nos brotos de alfafa, na presença de CO₂ demonstrando que o extrato desses brotos inibe a ciclo-oxigenase (COX-2) e lipo-oxigenase (LOX) (conhecidas como biomarcadores inflamatórios). O alto potencial anti-inflamatório apresentado neste estudo, poderia ser atribuído à acumulação de fenóis, flavonóis, micro minerais e pigmentos alterados pelo tratamento de CO₂.

O processo de germinação apresenta diversas vantagens, é uma técnica promissora para a melhoria de funcionalidades que favorecem o desenvolvimento de novos produtos alimentícios com benefícios para saúde. Tem sido demonstrado que a germinação poderia diminuir os fatores alergênicos e melhorar a disponibilidade de compostos antioxidantes que geram efeitos anticancerígenos ou anti-inflamatórios, e mais recentemente tem-se demonstrado que poderia ajudar no controle da obesidade.

CONCLUSÃO

Os grãos germinados apresentam aumento no conteúdo de fibras, proteínas, vitamina E, B12, GABA e compostos fenólicos e diminuição de amido e lipídeos. Em virtude dos fatos mencionados, são alimentos que ajudam na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis e influenciam na diminuição de compostos alergênicos em grãos como o amendoim e a soja.

Quanto às mudanças físico-químicas, demonstrou-se que a germinação gera propriedades tecnológicas como absorção de água, formação de espuma, gelificação e emulsão, tornando-se uma alternativa viável para a substituição de ingredientes na formulação de produtos processados. Vale salientar que a germinação apresenta desvantagens em relação às mudanças das características organolépticas produzidas pela enzima lipooxigenase e radicais livres que provocam oxidação de ácidos insaturados levando ao escurecimento enzimático.

Dessa forma, observou-se que o processo de germinação aplicado em leguminosas e cereais promove a qualidade nutricional, gerando novas características que são promissórias para o desenvolvimento de alimentos funcionais.

FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através de concessão de bolsa pelo programa de demanda social para o Mestrado em Nutrição na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

REFERÊNCIAS

ALMUHAYAWI, Mohammed S.; HASSAN, Abdelrahim H.A.; JAOUNI, Soad; ALKHALIFAH, Dalal; HOZZEIN, Wael; SELIM, Samy; ABDELGAWAD, Hamada; KHAMIS, Galal. Influence of elevated CO₂ on nutritive value and health-promoting prospective of three genotypes of Alfalfa sprouts (*Medicago Sativa*). **Food Chemistry**, v. 340, p. 128-147, 2021.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). **Seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe**. Ed. Darrel Pérez. 2019. ISBN: 9788578110796. DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0001784>.

BENÍTEZ, Vanesa; CANTERA, Sara; AGUILERA, Yolanda; MOLLÁ, Esperanza; ESTEBAN, Rosa; DÍAZ, María; MARTÍN-CABREJAS, María. Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. **Food Research International**, v. 50, p. 64-69, set. 2013.

BOYE, Joyce; ZARE, Fatemeh; PLETCH, Alison. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. **Food Research International journal**, v. 43, p. 414-431, 2010.

CECCARONI, Dayana; ALFEO, Vincenzo; BRAVI, Elisabetta; SILEONI, Valeria; PERRETTI, Giuseppe; MARCONI, Ombretta. Effect of the time and temperature of germination on the phenolic compounds. **LWT - Food Science and Technology**, v. 127, p. 109-396, 2020.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, Portal de Informações Agropecuarias, 2020. Disponível em <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>. Acesso em 16 de março de 2021.

DEVI, Chingakham; KUSHWAHA, Archana; KUMAR, Anil. Sprouting characteristics and associated changes in nutritional composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). **J Food Sci Technol**, v. 52, n. 10, p. 6821-6871, 2015.

DUEÑAS, Montserrat; SARMENTO, Thaise.; AGUILERA, Yolanda; BENITEZ, Vanesa; MOLLÁ, Esperanza; ROSA, M. Esteban; MARTIN-CABREJAS, María A. et al. Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). **LWT- Food Science and Technology**, v. 66, p. 72-78, 2016.

DZIKI, Dariusz; GAWLIK-DZIKI, Urszula. Processing of germinated grains. In: AACC. **Sprouted Grains**, 1st ed. United States, Hao Feng, Boris Nemzer, Jonathan Devries, cap. 4, p. 69-90, 2019.

FAO. (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available from <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. 07.09.16

FINNIE, Sean; BROVELLI, Vanessa; NELSON, Darrel. Sprouted grains as a food ingredient. In: AACC. **Sprouted Grains**, 1st ed. United States, Hao Feng, Boris Nemzer, Jonathan Devries, cap. 6, p. 113-142, 2019.

FRANCISQUETI, Fabiane; SOUZA, Neiva dos Santos. Alimentos germinados: das evidências científicas à viabilização prática. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**, v. 6, n. 58, p. 29-35, 2014.

GAN, Ren-You; LUI, Wing-Yee; WU, Kao; CHAN, Chak-Lun; DAI, Shu-Hong; SUI, Zhong-Quan; CORKE, Harold. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts. **Trends in Food Science and Technology**, v.59, p. 1-14, 2017.

GONG, Kuijie; CHEN, Lirong; LI, Xiaiyue; SUN, Linlin; LIU, Kaichang. Effects of germination combined with extrusion on the nutritional composition, functional properties and polyphenol profile and related in vitro hypoglycemic effect of whole grain corn. **Journal of Cereal Science**, v.83, p. 1-8, 2018.

GRANDE, Fernanda; BISTRICHE, Eliana; COELHO, Kristy; MENEZES, Elizabete. Elaboration of a standardized dataset for foods fortified with iron and folic acid in Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 83, p. 7, 2019.

HA, Tae; LEE, Myoung-Hee; SEO, Woo; BAEK, In-Youl; KANG, Jae; LEE, Jin. Changes occurring in nutritional components (phytochemicals and free amino acid) of raw and sprouted seeds of white and black sesame (*Sesamum indicum* L) and screening of their antioxidant activities. **Food Science and Biotechnology**, v. 26, n. 1, p. 71–78, 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Agro, 2017, Disponível em https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html Acesso em 04 de dezembro de 2020.

JIANG, Yiran; ZHANG, Hui; QI, Xiguang; WU, Gangcheng. Structural characterization and antioxidant activity of condensed tannins fractionated from sorghum grain. **Journal of Cereal Science**, v. 92, p. 102-918, 2020.

JIMENEZ, María; LOBO, Manuel; SAMMÁN, Norma. 12th IFDC 2017 Special Issue – Influence of germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus*) grains on nutritional and techno-functional properties of their flour. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 84, n. 1, p. 103-209, 2019.

KANG, Nam E.; HÁ, Ae Wha; WOO, Hye Won; KIM, Woo. Peanut sprouts extract (*Arachis hypogaea* L.) has anti-obesity effects by controlling the protein expressions of PPAR γ and adiponectin of adipose tissue in rats fed high-fat diet. **Nutrition Research and Practice**, v. 8, n. 2, p. 158-164, 2014.

LIMÓN, Rocio I; PEÑAS, Elena; MARTÍNEZ, Cristina; FRIAS, Juana. Role of elicitation on the health-promoting properties of kidney bean sprouts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 56, n. 2, p. 328–334, 2014.

LIU, Yu; SU, Chunyan; SALEH, Ahmed; WU, Hao; ZHAO, Kun; ZHANG, Guoquan; JIANG, Hao; YAN, Wenjie; LI, Wenhao. Effect of germination duration on structural and physicochemical properties of mung bean starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 154, p. 706-713, 2020.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, Leticia; LEYVA-LOPEZ, Nayely; GUTIÉRREZ-GRIJALVA, J. Basilio. Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 624-634, 2017.

MAETENS, Emma; HETTIARACHCHY, Navam; DEWETTINCK, Koen; HORAX, Ronny; MOENS, Kim; MOSELEY, David. Physicochemical and nutritional properties of a healthy snack chip developed from germinated soybeans. **LWT-Food Science and Technology**, v. 84, p. 505-510, 2017.

MONTOWSKA, Magdalena; FORNAL, Emilia. Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 87, p. 310-317, 2018.

NELSON, Kristina; MATHAI, Michael; ASHTON, John; DONKOR, Osaana; VASILJEVIC, Todor; MAMILLA, RAVIKUMAR; STOJANOVSKA, Lily. Effects of malted and non-malted whole-grain wheat on metabolic and inflammatory biomarkers in overweight/obese adults: A randomised crossover pilot study. **Food Chemistry**, v. 194, p. 495-502, 2016.

OYEDEJI, Ajibola B.; MELLEME, John J.; IJABADENIYI, Oluwatosin A. Potential for enhanced soy storage protein breakdown and allergen reduction in soy-based foods produced

with optimized sprouted soybeans. **LWT - Food Science and Technology**, v. 98, p. 540-545, 2018.

RAO, Huan; CHEN, Cunkun; TIAN, Yang; LI, Yuanyuan; GAO, Yang; TAO, Sha; XUE, Wentong. Germination results in reduced allergenicity of peanut by degradation of allergens and resveratrol enrichment. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 50, p. 188-195, 2018.

ROSA-MILLÁN, Julián; HEREDIA-OLEA, Erick; PEREZ-CARRILLO, Esther; GUAJARDO-FLORES, Daniel; SERNA-SALDÍVAR, Sergio. Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 102, p.330-337, 2019.

SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

SETIA, Rashim; DAI, Zhixin; NICKERSON, Michael; SOPIWNYK, Elaine; MALCOLMSON, Linda; AI, Yongfeng. Impacts of short-term germination on the chemical compositions, technological characteristics, and nutritional quality of yellow pea and faba bean flour. **Food Research International**, v. 122, p. 263-272, 2019.

SHERASIA, P. I.; GARG, M. R.; BHANDERI, B. M. **Pulses and their by-products as animal feed**, Ed. Rome, Italia T. CALLES & MAKKAR H. P. S. FAO, 2017.

VAZ PATTO, Maria C.; AMAROWICZ, Ryszard; Aryee, Alberta N.A.; BOYE, Joyce; CHUNG, Hyun-Jung; MARTÍN-CABREJAS, María; DOMONEY, Claire. Achievements and Challenges in Improving the Nutritional Quality of Food Legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, p. 105-143, 2015.

WANG, Pei; CHEN, Haiying; MOHANAD, Bashari; XU, Lei; NING, Yawei; XU, Jin. Effect of frozen storage on physico-chemistry of wheat gluten proteins: Studies on gluten-, glutenin- and gliadin-rich fractions. **Food hydrocolloids**, v. 39, p. 187-194, 2014.

XU, Jian; HU, Qing; DUAN, Jiang; TIAN, Cheng. Dynamic Changes in γ -Aminobutyric Acid and Glutamate Decarboxylase Activity in Oats (*Avena nuda* L.) during Steeping and Germination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry Article**, v. 1, p. 9759-9763, 2010.

XU, Lei; CHEN, Long; ALI, Barkat; YANG, Na; CHEN, Yisheng; WU, Fengfeng; JIN, Zhengyu; XU, Xueming. Impact of germination on nutritional and physicochemical properties of adlay seed (*Coixlachryma-jobi* L.). **Food Chemistry**, v. 220, p. 312-218, 2017.

XU,Minwei; JIN, Zhao; GU, Zixuan; RAO, Jiajia; CHEN, Bingcan. Changes in odor characteristics of pulse protein isolates from germinated chickpea, lentil, and yellow pea: Role of lipoxygenase and free radicals. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126-184, 2020.

YAN, Xudong; LIU, Chengmei; HUANG, Ao; CHEN, Rullyun; CHEN, Jun; LUO, Shunjing. The nutritional components and physicochemical properties of brown rice flour ground by a novel low temperature impact mill. **Journal of Cereal Science**, v. 92, p.102-927, 2020.

ZHANG, Qian; XIANG, Jun; ZHANG, Lizhen; ZHU, Xiaofeng; EVERS, Jochem; DUAN, Liusheng. Optimizing soaking and germination conditions to improve gamma-aminobutyric acid content in japonica and indica germinated brown rice. **Journal of Functional Foods**, v. 10, p. 283–291, 2014.