

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

ALESSANDRA ANDRÉA PEREIRA NICOLAU

**POTENCIAL DAS FAVAS PERUANAS NA PROMOÇÃO DA LONGEVIDADE
HUMANA: BIOACESSIBILIDADE DE COMPOSTOS FENÓLICOS**

ALFENAS/MG

2024

ALESSANDRA ANDRÉA PEREIRA NICOLAU

**POTENCIAL DAS FAVAS PERUANAS NA PROMOÇÃO DA LONGEVIDADE
HUMANA: BIOACESSIBILIDADE DE COMPOSTOS FENÓLICOS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Nutrição e Longevidade, pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Alimentos e Longevidade.
Orientador: Bruno Martins Dala Paula
Co-Orientadora: Rebeca Salvador Reyes

ALFENAS/MG

2024

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Pereira Nicolau, Alessandra Andréa.

Potencial das favas peruanas na promoção da longevidade humana:
Bioacessibilidade de compostos fenólicos / Alessandra Andréa Pereira
Nicolau. - Alfenas, MG, 2024.

82 f. : il. -

Orientador(a): Bruno Martins Dala Paula.

Dissertação (Mestrado em Nutrição e Longevidade) - Universidade
Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2024.

Bibliografia.

1. Panificação. 2. Leguminosas. 3. Sustentabilidade. 4. Favas. 5.
Antioxidantes. I. Martins Dala Paula, Bruno, orient. II. Título.

ALESSANDRA ANDRÉA PEREIRA NICOLAU

**POTENCIAL DAS FAVAS PERUANAS NA PROMOÇÃO DA LONGEVIDADE
HUMANA: BIOACESSIBILIDADE DE COMPOSTOS FENÓLICOS**

O Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação da Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Nutrição e Longevidade pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Nutrição

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2024

Prof. Dr. Bruno Martins Dala Paula
Universidade Federal de Alfenas

Prof.^a Dr.^a Patricia Amaral Souza Tette
Universidade Federal do Goiás

Prof.^a Dr.^a Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici
Universidade Estadual de Campinas



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Martins Dala Paula, Professor do Magistério Superior**, em 28/02/2024, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1198157** e o código CRC **2AD4B8B5**.

Dedico este trabalho principalmente a Deus, depois aos meus pais, meus irmãos, a minha filha, meu neto e minhas amigas que sempre estiveram ao meu lado e torceram tanto por mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar força e resiliência para passar por todo processo com fé e paciência.

Agradeço a minha família por todo apoio, carinho e suporte.

Agradeço ao meu netinho por me fazer sorrir todos os dias, mesmo naqueles dias mais desafiadores.

Agradeço ao meu orientador prof. Bruno por todo ensinamento, pela parceria, empenho e dedicação durante todo o trabalho.

Agradeço a minha co-orientadora Rebeca pela oportunidade de estudar as farinhas de favas peruanas e pelo empenho em me auxiliar sempre que necessário.

Agradeço a profa. Olga por todo seu carinho e empenho em me auxiliar nos momentos desafiadores.

Agradeço aos meus professores da UNIFAL e da UFSC que me acolheram com tanto carinho e auxiliaram na minha evolução pessoal e profissional.

Agradeço a Universidade Federal de Alfenas pelo espaço cedido para a execução desse trabalho.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio por meio da bolsa de estudos e apoio em pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de financiamento 001.

RESUMO

O ser humano busca incessantemente a longevidade, visto que, já é sabido que a longevidade é diretamente influenciada pelo estilo de vida, epigenética e prevalência de doenças. A alimentação saudável vem mostrando ser um fator de grande impacto na longevidade e qualidade de vida da população. Devido ao crescente aumento da população mundial, as alterações climáticas e os impactos no meio ambiente se fará necessário a diminuição do consumo de alimentos de origem animal, sendo os alimentos de origem vegetal um grande aliado, tanto na melhora da qualidade nutricional quanto da sustentabilidade. As leguminosas são grandes colaboradoras nesta transição, pois são ricas em macro e micronutrientes essenciais para manutenção da saúde humana, como, carboidratos, proteínas, vitaminas, minerais e compostos bioativos. Uma excelente alternativa para o aumento do consumo de leguminosas é sua utilização na fabricação de produtos de panificação. Uma leguminosa muito promissora para este fim é a fava peruana (*Vicia faba* L), devido ao seu perfil nutricional completo. A farinha de fava peruana é rica em carboidratos, vitaminas e minerais, alto teor proteico e de compostos bioativos. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a preservação dos compostos fenólicos e do potencial antioxidante nos pães produzidos com farinha crua de fava peruana (*Vicia faba* L.) de diferentes cultivares. Para tanto, foram produzidos pães com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de fava peruana crua de diferentes cultivares. Por meio de metodologias espectrofotométricas, o teor total de compostos fenólicos e antioxidantes foram avaliados nas farinhas cruas de favas peruanas dos tipos *Verde*, *Quelcao* e *Peruanita* e nos pães produzidos com substituição da farinha de trigo em diferentes percentuais (10 e 20%). Os resultados mostraram que a farinha de fava peruana do cultivar *Peruanita* apresentou maior potencial antioxidante em relação à farinha de trigo, aproximadamente 19 vezes pelo método ABTS. Já pelo método DPPH, as farinhas dos cultivares *Quelcao* e *Peruanita* foram cerca de 4 vezes mais antioxidantes que a farinha de trigo. Quando comparadas entre si, a farinha *Peruanita* apresenta maior potencial antioxidante (ambos os métodos ABTS e DPPH), fenólicos totais e flavonóides. A substituição de farinha de trigo por farinha de fava não alterou o teor de cinzas dos pães, mas aumentou o teor de fenólicos totais. Após o processo de digestão *in vitro*, tanto as farinhas quanto os pães, apresentaram aumento no potencial antioxidante (ambos os métodos ABTS e DPPH) e aumento no teor de fenólicos totais.

Palavras-chave: Antioxidantes; Favas; Leguminosas; Panificação; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Human beings incessantly seek longevity, as it is already known that longevity is directly influenced by lifestyle, epigenetics and the prevalence of diseases. Healthy eating has proven to have a major impact on the longevity and quality of life of the population. Due to the growing increase in the world population, climate change and impacts on the environment will make it necessary to reduce the consumption of foods of animal origin, with foods of plant origin being a great ally, both in improving nutritional quality and sustainability. Legumes are great contributors to this transition, as they are rich in macro and micronutrients essential for maintaining human health, such as carbohydrates, proteins, vitamins, minerals and bioactive compounds. An excellent alternative for increasing the consumption of legumes is their use in the manufacture of bakery products. A very promising legume for this purpose is the Peruvian broad bean (*Vicia faba* L), due to its complete nutritional profile. Peruvian bean flour is rich in carbohydrates, vitamins and minerals, high protein and bioactive compounds. Therefore, the present study aimed to evaluate the preservation of phenolic compounds and the antioxidant potential in breads produced with raw Peruvian bean flour (*Vicia faba* L.) from different cultivars. To this end, breads were produced with partial replacement of wheat flour with raw Peruvian bean flour from different cultivars. Using spectrophotometric methodologies, the total content of phenolic compounds and antioxidants were evaluated in raw Peruvian broad bean flours of the Verde, Quelcão and Peruanita types and in breads produced by replacing wheat flour in different percentages (10 and 20%). The results showed that Peruvian bean flour from the Peruanita cultivar presented greater antioxidant potential compared to wheat flour, approximately 19 times by the ABTS method. Using the DPPH method, flours from the Quelcão and Peruanita cultivars were approximately 4 times more antioxidant than wheat flour. When compared to each other, Peruvian flour has greater antioxidant potential (both ABTS and DPPH methods), total phenolics and flavonoids. Replacing wheat flour with fava bean flour did not change the ash content of the breads but increased the total phenolic content. After the in vitro digestion process of both flour and bread, there was an increase in the antioxidant potential (both ABTS and DPPH methods) and an increase in the total phenolic content.

Keywords: Antioxidants; Baking; Broad beans; Legumes; Sustainability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Formulações das farinhas mistas cruas de favas peruanas e de trigo	38
Tabela 2 -	Teor de umidade e cinzas de farinhas de favas peruanas de diferentes cultivares	45
Tabela 3 -	Teor de umidade e cinzas de pães de favas peruanas de diferentes cultivares	46
Tabela 4 -	Descrição do percentual de água utilizado em cada formulação dos pães de favas peruanas de diferentes cultivares	47
Tabela 5 -	Bioacessibilidade de fenólicos totais e efeito da digestão gastrointestinal simulada no potencial antioxidante de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares.....	56
Tabela 6 -	Bioacessibilidade de fenólicos totais e efeito da digestão gastrointestinal simulada no potencial antioxidante de pães produzidos parcialmente com farinhas cruas de favas peruanas de diversos cultivares	59
Tabela 7 -	Potencial antioxidante, fenólicos e flavonoides totais de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares, extraídas com solvente etanol/água 4:1 v/v.	82
Tabela 8 -	Potencial antioxidante, fenólicos e flavonoide de frações livres de pães de favas peruanas de diversos cultivares, extraída com solvente de etanol/água 4:1 v/v.	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Características do fenótipo na senescência celular	16
Figura 2 -	Efeitos das leguminosas, incluindo a soja, em fatores de risco cardiometabólico. (+), melhoria; (NE) nenhuma evidência suficiente; (?) incerto	21
Figura 3 -	Compostos antioxidantes das Favas Peruanas	28
Figura 4 -	A bioacessibilidade mede a proporção de um composto consumido em uma refeição que é liberado da matriz alimentar durante a digestão e fica acessível para absorção no intestino delgado ou transformado pela microbiota intestinal.	33
Figura 5 -	Farinhas cruas de favas peruanas adquiridas da Unicamp	37
Figura 6 -	Pães produzidos com farinha crua de fava peruana: A: Verde 10%, B: Quelcao 10%, C: Peruanita 10%, D: Verde 20%, E: Quelcao 20% e F: Peruanita 20%	39
Figura 7 -	Potencial antioxidante (ABTS) de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares, extraídas com solvente etanol/água 4:1 v/v. ...	49
Figura 8 -	Potencial antioxidante (DPPH), fenólicos totais e flavonóides de frações livres de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares, extraídas com solvente etanol/água 4:1 v/v.	49
Figura 9 -	Potencial antioxidante (ABST) de frações livres de pães de favas peruanas de diversos cultivares, extraída com solvente de etanol/água 4:1 v/v.	53
Figura 10 -	Potencial antioxidante (DPPH), fenólicos totais e flavonóides de frações livres de pães de favas peruanas de diversos cultivares, extraídas com solvente etanol/água 4:1 v/v	53
Figura 11 -	Solução final das amostras de bioacessibilidade de pães para análise de flavonoides totais.....	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo Geral.....	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
2	DESENVOLVIMENTO.....	15
2.1	O ENVELHECIMENTO	15
2.2	LONGEVIDADE	16
2.3	NUTRIÇÃO E LONGEVIDADE	17
2.4	LEGUMINOSAS E SAÚDE	20
2.5	FAVAS (<i>Vicia faba</i> L.)	22
2.5.1	História e importância das favas no Peru.....	25
2.5.2	Características funcionais das favas	26
2.6	CONSUMO DE PÃES	30
2.6.1	Pães enriquecidos com leguminosas	30
2.7	BIOACESSIBILIDADE	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	REAGENTES, PADRÕES ANALÍTICOS E ENZIMAS DIGESTIVAS	37
3.2	PREPARO DAS FARINHAS E PÃES	37
3.3	ANÁLISES QUÍMICAS POR MÉTODO IN VITRO	39
3.3.1	Determinação do teor de umidade	39
3.3.2	Cinzas	40
3.3.3	Preparo de extratos para as determinações do potencial antioxidante e dos compostos fenólicos	40
3.3.4	Determinação do potencial antioxidante pelo método de captura do radical ABTS	41
3.3.5	Determinação do potencial antioxidante pelo método de captura do radical DPPH	41
3.3.6	Determinação de compostos fenólicos totais	42
3.3.7	Determinação de flavonóides	42
3.4	ENSAIO DE BIOACESSIBILIDADE	43
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS	44

4	RESULTADOS	45
4.1	TEOR DE UMIDADE E CINZAS	45
4.2	POTENCIAL ANTIOXIDANTE, FENÓLICOS TOTAIS E FLAVONOIDES NAS FARINHAS CRUAS DE FAVA PERUANA	48
4.3	POTENCIAL ANTIOXIDANTE, FENÓLICOS TOTAIS E FLAVONOIDES DE PÃES PRODUZIDOS COM FARINHAS CRUAS DE FAVA PERUANA	52
4.4	BIOACESSIBILIDADE	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
	REFERÊNCIAS.....	67
	ANEXOS.....	82

1 INTRODUÇÃO

Segundo a ONU 2016, relatado na Revisão de 2015 das Estimativas e Projeções Populacionais das Nações Unidas, em 2025 a população mundial deve chegar a 8,1 bilhões, subindo para 9,6 bilhões em 2050. Juntamente com o aumento da população global, a expectativa de vida deve aumentar para 77 anos até 2045-2050 (Garcia-segovia; Igual; Matinez-monzó, 2020).

Os dados populacionais globais mostram que a longevidade humana aumentou cerca de 30 anos (Kalache *et al.*, 2019), ou mais, do que uma década atrás, graças aos avanços das pesquisas na área da saúde (Barrington; White, 2016; Pignatti *et al.*, 2020). Porém, esse aumento de expectativa de vida não está sendo acompanhado por melhorias da saúde (Kalache *et al.*, 2019; Pignatti *et al.*, 2020; Barrington; White, 2016; Salehi *et al.*, 2020), gerando preocupação e interesse da comunidade científica em pesquisar e elaborar estratégias para melhorar a qualidade de vida (Pignatti *et al.*, 2020).

A expectativa de vida depende de fatores ambientais, genéticos e do estilo de vida, sendo os aspectos genéticos influenciáveis apenas 20 a 25% e o estilo de vida parece ser o fator mais importante (Pignatti *et al.*, 2020).

Estudos epidemiológicos, clínicos e experimentais demonstraram que, o que e o quanto comemos, contribui para nossa expectativa de vida (Pignatti *et al.*, 2020; Ekmekcioglu, 2020), já estando bem estabelecido que, o impacto da dieta associada aos maus hábitos alimentares estão associados a muitos fatores de risco para a saúde (Kalache *et al.*, 2019; Longo; Anderson., 2022), sendo a principal causa global de doenças, representando grande ônus para a economia (Rico-Campà *et al.*, 2019).

Alguns estudos epidemiológicos demonstram relação entre o alto consumo de produtos de origem vegetal com o aumento da expectativa de vida e uma baixa prevalência de doenças crônicas não transmissíveis (Barrington; White, 2016; Naghshi *et al.*, 2020; Salehi *et al.*, 2020). Segundo Kitada *et al.* (2016), a quantidade e as fontes de proteínas ingeridas parecem ter relação com doenças como câncer, doença cardiovascular e doença renal crônica, risco metabólico (Chalvon-Demersay *et al.*, 2017) e mortalidade.

As leguminosas são alimentos importantes na dieta humana e algumas diretrizes (Mann *et al.*, 2004; Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines Expert Committee, 2013) recomendam fortemente seu consumo devido

aos potenciais benefícios à saúde (Becerra-Tomás; Papandreou; Salas-Salvadó, 2019).

Considerando a abundante presença de macro e micronutrientes, aminoácidos essenciais e fibras (Duranti, 2006), as leguminosas tem um papel nutricional fundamental na prevenção e tratamento de várias doenças, sendo fortemente indicadas para uma ingestão dietética regular como caminho para uma vida saudável (Becerra-Tomás; Papandreou; Salas-Salvadó, 2019), sendo muitas vezes o único suprimento de proteína da dieta (Duranti, 2006), contribuindo para segurança alimentar e sustentabilidade (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019).

Dentre as leguminosas, a fava (*Vicia Faba L.*) está entre as culturas mais antigas do mundo, é cultivada em 58 países, incluindo China, Etiópia, Egito, região do Mediterrâneo e em partes da América Latina (Singh *et al.*, 2013). Possui alto teor proteico (14 a 35%) (Munõz *et al.*, 2022), rica em fibras (Sanchez, 2022), e apresenta vários compostos bioativos, incluindo compostos fenólicos como, flavonoides, terpenóides e lignanas, sendo promotores de saúde (Poonia *et al.*, 2022; Dhull *et al.*, 2021), sendo assim considerada importante do ponto de vista nutricional, econômico e ecológico (Dhull *et al.*, 2021).

Para que estes compostos bioativos, como os fenólicos, exerçam seus efeitos biológicos, eles devem estar biodisponíveis, variando de acordo com a bioacessibilidade, estabilidade contra fatores bioquímicos e capacidade de absorção intestinal (Lingua *et al.*, 2019). A bioacessibilidade, sendo definida como a porção de compostos presentes no trato gastrointestinal disponível para absorção, é um dos fatores mais importantes para atividade benéfica dos fenólicos, sendo um mecanismo essencial para liberação destes compostos da matriz alimentar (Castaldo *et al.*, 2020).

Pensando em uma alternativa para o aumento no consumo de leguminosas pela população, a fortificação de pães tem sido promissora. O pão é um dos alimentos mais consumidos no mundo, sendo composto basicamente de farinha de trigo, sal, água e fermento. Apesar do pão ser fonte de carboidratos aumentando a oferta de energia, ele é deficiente em compostos bioativos e em alguns aminoácidos essenciais. Uma excelente alternativa para melhorar o perfil proteico e os níveis de compostos bioativos, seria sua fortificação com farinha de leguminosas, a exemplo das favas peruanas (Boukid *et al.*, 2019).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial antioxidante e a preservação dos compostos fenólicos totais e flavonóides em pães produzidos com farinha crua de fava peruana (*Vicia faba L.*) de diferentes cultivares.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Produzir pães (do tipo forma) substituindo parcialmente a farinha de trigo por farinha crua de fava peruana melhorando sua qualidade funcional;
- b) Determinar o potencial antioxidante, teor de compostos fenólicos totais e flavonoides nas farinhas de favas peruanas de três cultivares (*Verde, Quelcao e Peruanita*) e nos pães produzidos com substituições de 10% e 20% da farinha de trigo;
- c) Determinar o efeito da digestão simulada *in vitro* no potencial antioxidante dos pães produzidos com maior percentual de farinha crua (10% e 20%) de cada cultivar de fava peruana;
- d) Determinar índice de bioacessibilidade de fenólicos totais dos pães produzidos com farinha crua (10% e 20%) de cada cultivar de fava peruana;
- e) Determinar índice de bioacessibilidade de flavonóides dos pães produzidos com farinha crua (10% e 20%) de cada cultivar de fava peruana.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O ENVELHECIMENTO

O envelhecimento é uma experiência fascinante e misteriosa, que intriga pesquisadores em todo mundo. É um processo complexo tanto fisiologicamente quanto psicossocialmente (Fulop *et al.*, 2023). É também um processo de mudanças naturais e graduais que acontecem ao longo da vida, sendo um mecanismo multifacetário em níveis moleculares, celulares, fisiológicos e funcionais (Leitão *et al.*, 2022).

Segundo Lopez-Otin *et al.* (2023), a perda progressiva da integridade fisiológica, podendo levar ao comprometimento das funções orgânicas e aumento da previsibilidade de morte, caracteriza o envelhecimento. Essa perda da função fisiológica é um importante fator de risco para o surgimento de diversas patologias como, doenças neurodegenerativas, câncer e doenças cardiovasculares (Shen *et al.*, 2022).

Dano e reparo são dois mecanismos que podem estar interligados, atuando juntos ou separados, e podem ser resultado dos declínios físicos e cognitivos do organismo. Esta interação pode explicar o motivo de alguns indivíduos apresentarem sintomas do envelhecimento de forma mais acelerada (Ferrucci *et al.*, 2020).

Segundo Ferrucci *et al.* (2020), existem nove processos que são comuns do envelhecimento e que podem ser gatilhos iniciais para uma progressão das consequências prejudiciais orgânicas ao longo do tempo:

- a) Instabilidade genômica;
- b) Comprimento dos telômeros;
- c) Alterações epigenéticas;
- d) Perda de proteostase;
- e) Detecção desregulada de nutrientes;
- f) Disfunção mitocondrial;
- g) Senescência celular;
- h) Exaustão de células-tronco;
- i) Alteração da comunicação intracelular.

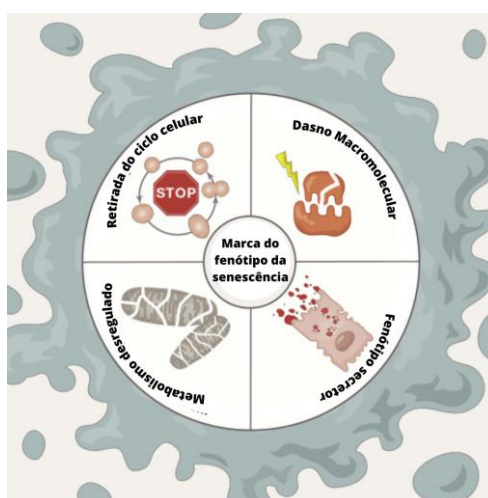
Além desses conceitos, a inflamação tem um papel importantíssimo no processo de envelhecimento, sendo este processo fisiológico, moldável, porém

inevitável (Fulop *et al.*, 2023).

O processo de envelhecimento traz um aumento na concentração de substâncias pró-inflamatórias circulantes e está associado ao estado inflamatório de baixo grau. O estado inflamatório elevado no processo de envelhecimento pode desencadear ou potencializar o surgimento de diversas doenças relacionadas ao envelhecimento, como, síndrome metabólica, neurodegeneração, depressão, aterosclerose, sarcopenia, diabetes tipo 2 e obesidade (Calder *et al.*, 2017, Mechchate *et al.*, 2022). O envelhecimento também está associado ao desequilíbrio entre a produção de radicais livres e a sua estabilização pelos diferentes complexos antioxidantes inerentes do organismo humano (Mechchate *et al.*, 2022).

Envelhecimento e senescência celular não são sinônimos. A senescência pode acontecer independentemente da idade do indivíduo, sendo detectada desde a embriogênese e contribui para o reparo tecidual, supressão tumoral e impede a propagação de células danificadas (Gorgoulis *et al.*, 2019). Ela consiste na incapacidade das células de se dividirem e se renovarem (Mechchate *et al.*, 2022), levando a uma parada do ciclo celular, dano no DNA e liberação de citocinas inflamatórias, que respondem a diversos fatores, como, exposição a agentes genotóxicos, hipóxia, disfunção mitocondrial, deficiência de nutrientes, ativação de oncogenes e encurtamento de telômeros (Gorgoulis *et al.*, 2019) (Figura 1).

Figura 1 - Características do fenótipo na senescência celular.



Fonte: Adaptada de Gorgoulis *et al.* (2019).

Diversas intervenções podem auxiliar na diminuição da inflamação e no

retardo do envelhecimento e da senescência celular, incluindo a nutrição, controle dos níveis de estresse, socialização e atividade física (Fulop *et al.*, 2023). O estilo de vida e fatores ambientais são determinantes para um envelhecimento saudável, onde a nutrição é um componente importante no processo de envelhecimento, tendo potencial para aumentar a expectativa de vida. O consumo de grãos, vegetais, frutas e nozes estão diretamente associados a um menor risco de mortalidade por todas as causas (Ekmekcioglu *et al.*, 2020).

O envelhecimento é um processo que se dá ao longo da vida, sendo assim, visando uma vida mais saudável e longa, recomenda-se que seja adotado um estilo de vida saudável, podendo assim, retardá-lo e otimizá-lo (Fulop *et al.*, 2023).

2.2 LONGEVIDADE

A expectativa de vida média da população mundial aumentou exponencialmente nos últimos 150 anos e continua a aumentar. As populações estão envelhecendo em um ritmo rápido e essa transição tem grande impacto em todos os aspectos da sociedade. A expectativa de vida global aumentará em 4,4 anos até 2040, sendo de 74,3 anos para homens e 79,7 anos para mulheres. O ser humano sonha com uma vida longa, com boas condições de saúde física e mental, e tem buscado isso incessantemente (Dominguez *et al.*, 2021).

Com o aumento dos níveis socioeconômicos e o envelhecimento da população, a longevidade vem aumentando gradativamente e se tornando foco para diversos estudos (Yang *et al.*, 2017). A expectativa de vida aumentou com o passar dos anos, mas isso não significa que as pessoas tenham mais qualidade de vida quando comparada com gerações anteriores (Leitão *et al.*, 2022). O aumento da expectativa média de vida nos últimos dois séculos ocorreu devido a melhoria da higiene, da nutrição e cuidados com a saúde (Slagboom *et al.*, 2011), porém este aumento foi acompanhado pelo aparecimento de doenças como, síndrome metabólica, obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes tipo 2 (Kalache *et al.*, 2019).

A longevidade é influenciada pelo estilo de vida e por diversas doenças e, suas causas, tanto ambientais quanto genéticas ainda não estão claras. As populações longevas podem fornecer um bom modelo de envelhecimento saudável para que se entenda este processo associado à qualidade de vida (Yang *et al.*,

2017). Dessa forma, diversas situações são estudadas com o intuito de identificar os parâmetros, relacionados a idade, que interferem no envelhecimento e como tais marcadores podem influenciar o surgimento de doenças e suas comorbidades (Slagboom *et al.*, 2011).

2.3 NUTRIÇÃO E LONGEVIDADE

O equilíbrio de macronutrientes e micronutrientes da dieta tem impacto significativo na longevidade e saúde metabólica (Kitada *et al.*, 2019). Uma dieta saudável, como a dieta do mediterrâneo, está associada a baixas concentrações de mediadores inflamatórios, em contrapartida, a dieta ocidental está associada a seu aumento e do nível de inflamação. A maior ingestão de alimentos ricos em polifenóis e antioxidantes é uma possível estratégia para diminuir o potencial inflamatório (Calder *et al.*, 2017, Ekmekcioglu *et al.*, 2020), contribuindo com a regeneração tecidual, ativação de genes de longevidade, reparo do DNA, ativação dos telômeros e diminuição da senescência celular (Mechchate *et al.*, 2022).

A quantidade de proteína ingerida, as fontes proteicas, animal ou vegetal, podem afetar a mortalidade e levar a uma grande quantidade de doenças como, câncer, doenças cardiovasculares (DCV) e doença renal crônica. As proteínas de origem vegetal têm apresentado um efeito protetor, associado a diminuição do estresse oxidativo, da inflamação e menor mortalidade por todas as causas, demonstrando a importância da fonte proteica para saúde a longo prazo (Kitada *et al.*, 2019).

O aumento da disponibilidade de alimentos ultraprocessados, com alta densidade energética e baixa qualidade nutricional, aumentou drasticamente em diversos países, tendo contribuído para a diminuição do consumo de alimentos *in natura* e minimamente processados. O alto consumo dos ultraprocessados (> 4 porções diárias) tem sido associado ao aumento em 62% do risco de mortalidade. Esses alimentos possuem alto teor de gordura, açúcares e sal, além de baixo conteúdo de fibras, vitaminas e minerais e, por isso, apresentam efeito altamente nocivo à saúde (Rico-Campà *et al.*, 2019).

De acordo com a Associação Canadense de Prevenção e Reabilitação Cardiovascular, as recomendações para prevenção e tratamento de DCV, sugerem que a população deve aderir a padrões alimentares saudáveis, incluindo maiores

quantidades de fibras, frutas, nozes, vegetais, grãos e proteínas vegetais. Além disso, devem reduzir as gorduras saturadas e carboidratos simples; sendo uma dieta ideal a ingestão ilimitada de vários alimentos vegetais (por exemplo, legumes, grãos integrais, frutas e vegetais) e uma ingestão reduzida de alimentos de origem animal (por exemplo, carne, ovos e laticínios) e alimentos ultraprocessados (Morin *et al.*, 2019), podendo prevenir o aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis e promover boas respostas a glicose, insulina e lipídios. Dessa forma, a mudança do estilo de vida e de padrões alimentares reduzem o surgimento e o desenvolvimento de diversas doenças crônicas não transmissíveis e suas comorbidades, promovendo um envelhecimento saudável (Leitão *et al.*, 2022).

Diversos estudos demonstraram que a qualidade e a quantidade de nutrientes dos alimentos ingeridos diariamente são fundamentais para mudar as condições de saúde (Most *et al.*, 2017; Simpson *et al.*, 2017; Manoogian; Panda., 2017; Brownborg; Buffenstein, 2017; Mattson; Longo; Harvie., 2017; Ingram; De Cabo., 2017; Balasubramanian; Mattison; Anderson., 2017; Hoddy *et al.*, 2020; Hwangbo *et al.*, 2020; Waldman; Renteria; Mcallister., 2020; Zhu *et al.*, 2020).

Apesar das inúmeras evidências científicas, há necessidade de conscientização da população e divulgação de práticas alimentares saudáveis, visando o aumento da longevidade associado à qualidade de vida (Dominguez *et al.*, 2021).

Devido as recomendações dietéticas serem muitas vezes complexas e pouco compreendidas pela população em geral, muitas pessoas não as seguem, consumindo excessivamente alimentos processados e ultraprocessados. Desta forma, a educação alimentar e nutricional constitui uma ferramenta importante para a promoção da saúde da população. Uma revisão sistemática de Guillaumie, Godin e Vezina-Im (2010) sugeriu que o conhecimento nutricional é um dos fatores mais consistentemente relacionados à alimentação saudável (neste caso, ingestão de frutas e vegetais); e a revisão de Shaikh *et al.* (2008) demonstrou fortes evidências do efeito do conhecimento na alimentação saudável (Ridder *et al.*, 2017).

Nos programas de educação alimentar e nutricional, melhorar as escolhas alimentares é o objetivo principal (Morin *et al.*, 2019), sendo uma estratégia para melhorar o conhecimento, as habilidades e a autoeficácia necessárias para fazer escolhas alimentares saudáveis que atendam às necessidades alimentares e melhorem a saúde (Atoloye *et al.*, 2021), ajudando a promover a mudança de

comportamento (Noronha *et al.*, 2020).

Programas de educação alimentar e nutricional levam a melhorias significativas, como eficácia e benefícios de saúde a curto prazo, redução de vícios relacionados a hábitos alimentares anteriores, seleção de estratégias adequadas de escolha de alimentos, equilíbrio entre transformação e adaptação aos ambientes físico e social, e o desenvolvimento de habilidades de aquisição ou preparação de alimentos (Morin *et al.*, 2019). Diversos estudos relatam que após as intervenções de educação alimentar e nutricional, houve melhorias nos escores gerais de qualidade da dieta, aumento na ingestão de alguns grupos de alimentos, como frutas, verdura e legumes, leite, pão/cereal e grãos integrais (Perkins *et al.*, 2019; Torisky *et al.*, 1989; Guenther; Luick, 2015; Del Tredici *et al.*, 1988) e aumento na ingestão de vitamina C, ferro e fibras, além da redução da ingestão de calorias (Cullen *et al.*, 2009).

Os efeitos da intervenção a curto prazo relacionados ao conhecimento, fornecido pela educação alimentar e nutricional, como a conscientização para a leitura de rótulos, dos tamanhos das porções e redução da aquisição de alimentos processados e ultraprocessados, com a consequente economia em compras (Bessems *et al.*, 2020).

Nesse contexto, para melhorar a dieta geral, a educação alimentar e nutricional é recomendada e deve fornecer metas de alimentação saudável praticáveis de acordo com o estilo de vida e direcionar barreiras motivacionais para aumentar a sua adesão (Noronha *et al.*, 2020).

2.4 LEGUMINOSAS E SAÚDE

Kitada *et al.* (2019) referiram que a fonte, quantidade, e a composição das proteínas podem estar ligadas a saúde metabólica e a longevidade, sendo a fonte mais importante do que a quantidade de ingestão, pensando em risco de mortalidade.

Levando em conta a sustentabilidade, há grande impacto ambiental decorrente do alto consumo de proteínas animais (Chalvon-Demersay *et al.*, 2017; Lonnie *et al.*, 2018; Dhull, 2021). Estima-se que mudanças para uma alimentação mais saudável até 2050 necessitarão de aumento no consumo de alimentos à base de plantas e uma redução de 50% no consumo de proteínas animais (Dominguez *et*

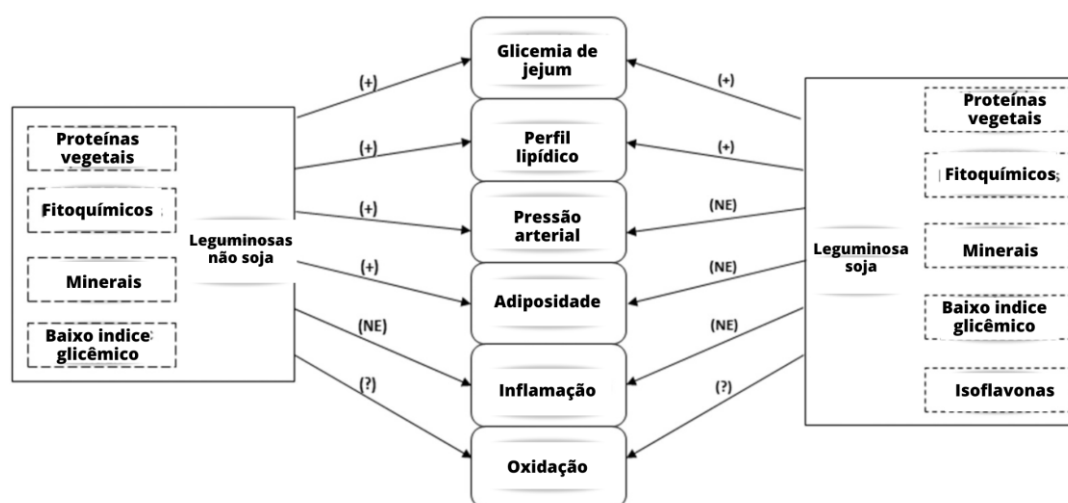
al., 2021).

Diets saudáveis a base de plantas, onde se tem um maior consumo de grãos integrais, leguminosas, legumes, vegetais e frutas e uma diminuição da ingestão de sal, gorduras saturadas e açúcares adicionados, estão associadas a uma melhora da saúde a longo prazo e diminuição de doenças, contribuindo com a sustentabilidade e expectativa de vida (Herpich; Muller-Werdan; Norman, 2022).

Grande parte das leguminosas são pertencentes a família *Favaceae*, a qual inclui a soja, amendoim, feijões, ervilha, grão de bico, lentilha, fava, alfafa, trevo e tremoço (Becerra-Tomas; Papandreou; Salas-Salvado, 2019). Esses alimentos são acessíveis e considerados "super alimentos" devido a sua composição nutricional rica em macro e micronutrientes, trazendo diversos benefícios a saúde, além de contribuir para segurança alimentar e nutricional, biodiversidade e sustentabilidade (Boukid *et al.*, 2019).

Eles apresentam um perfil nutricional composto por proteínas, carboidratos, fibras alimentares, vitaminas do complexo B, minerais, e diversos fitoquímicos, e baixo índice glicêmico, sendo importantes para abordar questões globais, como a desnutrição (figura 2) (Becerra-Tomas; Papandreou; Salas-Salvado, 2019; Stone *et al.*, 2019; Bessada; Barreira; Oliveira, 2019).

Figura 2 - Efeitos das leguminosas, incluindo a soja, em fatores de risco cardiometabólico. (+), melhoria; (NE) nenhuma evidência suficiente; (?) incerto



Fonte: Adaptada de Becerra-Tomas; Papandreou; Salas-Salvado, (2019).

As leguminosas tem demonstrado associação com a diminuição das concentrações séricas de lipídios, melhora do controle glicêmico, redução de peso, aumento de saciedade, diminuição nos níveis periféricos de proteína C reativa (PCR), levando assim a um menor risco de DCV, diminuição de hipercolesterolemia, de risco cardiometabólico, de pressão arterial sistólica e diastólica, da diminuição de inflamação, da atividade plaquetária e da mortalidade, melhora da saúde óssea e prevenção de câncer (Becerra-Tomas; Papandreou; Salas-Salvado, 2019; Chalvon-Demersay *et al.*, 2017; Duranti, 2006; Carbonaro; Maselli; Nucara, 2015; Motta *et al.*, 2016).

As leguminosas podem desempenhar funções bioativas com diversos efeitos fisiológicos e à saúde (Duranti, 2006) e por isso, podem ser classificadas como alimentos funcionais (Carbonaro; Maselli; Nucara, 2015). A partir dessas características, são potenciais matérias-primas em potencial para o desenvolvimento de produtos com alegação de funcionalidade (Duranti, 2006).

Para encorajar um novo foco no valor nutricional e na sustentabilidade, as Organização das Nações Unidas intitularam 2016 como "Ano Internacional das Leguminosas", classificando-as como "sementes nutritivas para um futuro sustentável" (FAO, 2016; Do Carmo *et al.*, 2021). O intuito foi aumentar a conscientização global com relação aos benefícios das leguminosas, visando acabar com a fome, melhorar a nutrição, promover uma agricultura sustentável e alcançar a segurança alimentar e nutricional (FAO, 2016; Motta *et al.*, 2016).

2.5 FAVAS (*Vicia faba* L.)

O sistema alimentar tem enfrentado grandes desafios como, degradação ambiental, perda da biodiversidade agrícola e desnutrição, sendo necessário abordar questões que impactam diretamente no desenvolvimento de doenças crônicas e na saúde individual e social (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

Vicia faba L., é uma leguminosa presente na Ásia Central, no Mediterrâneo e na América do Sul (Singh *et al.*, 2013), sendo um dos cultivares mais antigos do mundo (Dhull *et al.*, 2021). Acredita-se que a fava tenha chegado à América durante o período colonial, por volta de 1602 (Salvador-Ryes *et al.*, 2023). No Peru é

comumente encontrada na serra, onde está 95% do seu cultivo e consumida em todo país, sendo seu consumo tradicional entre as famílias, com per capita de 2,2 kg por ano (Ferro, 2004). Em países da América do Sul, como Peru, México e Brasil, o cultivo de favas e seu consumo são limitados apenas à população rural, apresentando uma carência de estudos que avaliem suas características agroindustrial (Minam, 2016).

Segundo FAOSTAT (2020), a produção mundial de favas, em 2019, foi de 5,39 milhões de toneladas, crescendo 3,8% anualmente, devido a população mundial vir demonstrando uma tendência ao consumo de alimentos saudáveis e alimentos proteicos de fonte vegetal (FIESP; ITAL, 2010; Multari; Stewar; Russel, 2015).

O seu valor nutritivo é alto, sendo considerado, em alguns locais, superior a outras leguminosas (Singh *et al.*, 2013). Ela apresenta considerado potencial de utilização em diversos produtos ricos em proteína, sendo uma excelente alternativa na substituição de proteínas animais (Millar *et al.*, 2019; Do Carmo *et al.*, 2021).

A fava é rica em proteína, carboidratos, fibras alimentares, vitaminas, minerais (sódio, potássio, cálcio, cobre, zinco, manganês, ferro, enxofre e fósforo) e diversos compostos bioativos (fenólicos, flavonoides e antioxidantes), além disso apresenta baixo teor de gordura. Sua proteína é constituída de aminoácidos essenciais, isoleucina, leucina, valina, fenilalanina, lisina, metionina, tirosina, triptofano, treonina e histidina, e de aminoácidos não essenciais, alanina, arginina, serina, prolina, glicina, ácido aspártico e ácido glutâmico (Bessada; Barreira; Oliveira., 2019; Dhull, 2021; Do Carmo *et al.*, 2021). As sementes maduras de fava contêm 26,1% de proteínas, 58,3% de carboidratos e 25% de fibras alimentares, onde, as quantidades de proteínas podem variar de acordo com a fonte de consumo, como farinha, fração ou isolado, e de acordo com o método de adubação, local de plantio e época de plantio (Dhull, 2021).

A proporção proteína-carboidrato das favas peruanas, a depender da variedade, é mais elevada do que em outras leguminosas, como, feijões, grão de bico, lentilhas e ervilhas, se tornando uma excelente alternativa proteica para combater a desnutrição. As variações na composição das favas de cada cultivar podem estar ligadas a fatores genéticos e a condições de cultivo nos Andes, que afetam o teor de amido e de proteínas dos grãos, podendo apresentar um teor relativamente mais baixo de amido nesses grãos, em torno de 11 a 17%, exibindo

amido de digestão lenta, podendo contribuir para elaboração de produtos de baixo índice glicêmico (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

Além disso, a concentração de nutrientes pode ser afetada pelo processamento e maturidade do grão, verde ou seco. O grão verde apresenta cerca de 60% de água, com concentrações mais baixas de macronutrientes, vitaminas do complexo B e minerais em relação ao grão seco. Já o grão seco apresenta aminoácidos essenciais como, isoleucina, arginina e lisina, sendo esta última um aminoácido limitante nos cereais, e pobres em metionina e cisteína, abundantes nos cereais. Sendo assim, o recomendável seria o consumo combinado de fontes de favas e cereais para um perfil de aminoácidos mais equilibrado (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

Além da sua relevância nutricional, ela apresenta vantagens ambientais, sendo comumente utilizada como cultura para recuperar níveis de nitrogênio e proteger o solo contra erosão (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; FAO, 2016), permitindo a prática de uma agricultura mais sustentável (Dhull, 2021) ao reduzir a necessidade de fertilizantes. Além disso é uma leguminosa barata, agrônômica e ecologicamente viável (Davies *et al.*, 2022), no entanto, ainda pouco explorada (Dhull, 2021).

A presença de fava na alimentação tem sido associada a diminuição de colesterol, redução do risco de doenças cardiovasculares, efeito hipoglicemiante, anticancerígeno, antimutagênico e anti-hipertensivo (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; Dhull, 2021). A fava apresenta um possível efeito relacionado ao retardo da degeneração dependente do envelhecimento celular, através da diminuição da atividade citosólica da superóxido dismutase (SOD), e aumento da concentração de catalase e glutatona. (Mechchate *et al.*, 2022). As enzimas SOD, catalase e glutatona constituem uma barreira defensiva de células de fibroblastos humanos contra danos oxidativos (Okada; Okada, 2000).

Apresenta boa fonte de lisina e levodopa (L-dopa), um precursor da dopamina, podendo ser potencial para tratamento da doença de Parkinson e auxiliando no controle da hipertensão (Singh *et al.*, 2013; Dhull, 2021; Poonia *et al.*, 2022); apresenta polifenóis e flavonoides com grande poder antioxidante e precursores de ácido gama-aminobutírico (GABA), um neurotransmissor que traz diversos benefícios a saúde humana como, regulação da pressão arterial e frequência cardíaca, dor e ansiedade (Poonia *et al.*, 2022).

As sementes das favas podem ser consumidas secas, torradas, cozidas, congeladas ou enlatadas (Dhull, 2021). Uma ótima opção para aumentar a acessibilidade da fava é utilizá-la como matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (Strauta; Muiznie-Brasava, 2016). O interesse por produtos enriquecidos com farinha de fava vem crescendo, pois, esses produtos oferecem melhor funcionalidade, alto valor nutricional e diversos benefícios a saúde (Dhull *et al.*, 2021).

2.5.1 História e importância das favas no Peru

As favas são cultivadas em diversas regiões peruanas, sendo a maior parte do cultivo em regiões andinas, e podem ser classificadas em verdes e secas. Em 2022, sua produção superou a de ervilha, lentilha e feijão comum, com uma produção de 80 mil toneladas, destacando o impacto positivo socioeconômico, visto que 95% são produzidas por pequenos agricultores rurais (140.000 famílias) (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

Em contrapartida, as regiões com maior produção de fava são as que apresentam maiores índices de desnutrição. Possíveis causas são, grande produção destinada à exportação e dieta típica regional com alto consumo de carboidratos, como batata e milho. Uma solução viável para resolver este desequilíbrio, visto que a população andina apresenta baixo consumo de proteínas de origem animal, é aumentar o consumo tanto de favas como de milho, enriquecendo a dieta com uma ótima fonte proteica de origem vegetal (ONU, 2022).

A *Vicia faba* L., no Peru, é dividida em duas subespécies: *Vicia faba* major, para o consumo humano e *Vicia faba* minor para alimentação animal, sendo encontrada diversas variedades dentre cada subespécie. Em terras altas do litoral norte predomina cultivares como *Verde Anta*, *Verde*, *Chiqui* e *Moroquito*, predominantemente utilizado para exportação de grãos frescos e secos. Em terras altas do centro e do sul, altitudes de 2.500 a 3.850 m, predomina-se cultivares como *Peruanita*, *Chacha*, *Quelcao* e *Roja*, normalmente comercializadas nos mercados locais (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

Entre várias culturas regionais, a fava andina (*Vicia faba* L.) tem papel de destaque devido ao seu perfil nutricional, benefícios ecológicos e rica história, sendo cultivada a mais de 500 anos. Devido ao mercado externo tem a tendência em

favorecer outras leguminosas, a fava tem sido negligenciada. Porém a fava peruana é uma leguminosa com altíssima qualidade nutricional e propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes (Dhull *et al.*, 2022; Millar *et al.*, 2019). Devido a estas características e suas aplicações culinárias versáteis, a fava peruana, tem potencial para se juntar aos chamados superalimentos peruanos, como a maca peruana, o milho roxo e a quinoa (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

2.5.2 Características funcionais das favas

Antioxidantes são compostos que, direta ou indiretamente, agem na prevenção, inibição, retardo ou eliminação da produção espécies reativas de oxigênio (radicais livres) no organismo, e são naturalmente encontrados principalmente nos alimentos de origem vegetal, frutas, verduras, sementes e leguminosas (Amarowicz; Shahidi, 2017; Ciudad-mulero *et al.*, 2020). Os radicais livres são produzidos como consequência do metabolismo celular e, quando em excesso, causam diversos danos ao organismo. Para manter o funcionamento normal e preservar a saúde, existe uma defesa antioxidante por mecanismos endógenos de neutralização desses radicais livres, como o complexo enzimático da glutathione oxidase e catalase (Ciudad-Mulero *et al.*, 2020). O excesso de radicais livres e a baixa capacidade da defesa antioxidante gera o estresse oxidativo, levando a prováveis danos celulares, surgimento de diversas doenças como, diabetes mellitus, inflamação crônica, DCV e câncer (Amarowicz; Shahidi, 2017; Valente *et al.*, 2019; Ciudad-Mulero *et al.*, 2020; Rajhi *et al.*, 2022), além do declínio cognitivo, e doenças neurodegenerativas, como a doença de Parkinson (Valente *et al.*, 2019).

Os antioxidantes podem ser classificados de acordo com sua solubilidade, sua origem e seu mecanismo de ação:

- a) Antioxidantes primários: inibem os radicais livres;
- b) Antioxidantes secundários: eliminam radicais livres;
- c) Antioxidantes terciários: reparam moléculas danificadas pelos radicais livres (Ciudad-Mulero *et al.*, 2020).

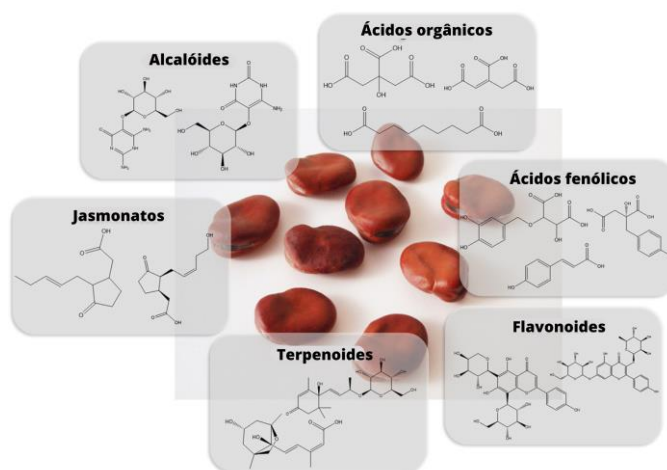
Os antioxidantes são importantes para prevenir a deterioração dos produtos alimentícios (retardando o processo de oxidação) e para conservar o valor nutricional dos alimentos, além do seu papel fundamental na saúde humana

(Ciudad-Mulero *et al.*, 2020; Rajhi *et al.*, 2022). Esses compostos se apresentam como uma junção de componentes hidrofílicos e lipofílicos que protegem o organismo contra processos oxidativos, modulam a expressão gênica e estimulam seletivamente a microbiota intestinal. Os principais grupos de antioxidantes encontrados em alimentos são, vitaminas [ácido ascórbico, compostos retinoides (vitamina A) e substâncias tocóis (vitamina E)], carotenoides (carotenos e xantofilas) e polifenóis (taninos, estilbenos, ácidos fenólicos e flavonoides). A ação dos antioxidantes no organismo é dependente da sua capacidade de biodisponibilidade e bioacessibilidade, ou seja, eles devem ser liberados da matriz alimentícia para serem absorvidos pela mucosa intestinal. Alguns antioxidantes, como os polifenóis ligados a fibra dietética, tem a capacidade de biodisponibilidade e bioacessibilidade reduzida, chegando ao cólon inalterados e sendo fermentados pela microbiota colônica (Ciudad-Mulero *et al.*, 2020).

Os polifenóis são metabólitos secundários das plantas (Baginsky *et al.*, 2013; Zhu *et al.*, 2020), produzidos como resposta a condições de estresse e auxiliam na proteção contra radiação UV, predadores, parasitas e patógenos. Eles são fundamentais para o crescimento e reprodução das plantas, adicionam características sensoriais, neutralizam ação de radicais livres modulando o processo de oxidação. Os compostos fenólicos possuem potencial para controlar a resposta glicêmica pós-prandial, reduzindo a digestão e absorção da glicose no intestino (Zhu *et al.*, 2020).

Nas favas são encontrados diversos compostos antioxidantes, como ácidos fenólicos, flavonoides, vitamina C, folato, carotenoides, tocoferóis e terpenoides (Figura 3) (Amarowicz; Shahidi, 2017; Valente *et al.*, 2019; Rajhi *et al.*, 2022). A atividade antioxidante também pode estar ligada a quantidade de taninos e fenólicos presentes, sugerindo uma baixa ou alta proteção ao estresse oxidativo (Amarowicz; Shahidi, 2017; Valente *et al.*, 2019) e nos tipos de cultivares (Rajhi *et al.*, 2022).

Figura 3 - Compostos antioxidantes das Favas Peruanas.



Fonte: Adaptada de Valente *et al.*, (2019).

Os compostos considerados antinutrientes, em concentrações adequadas, podem ser benéficos à saúde, como proteção contra doenças crônicas através da redução da atividade enzimática associada a inflamação, inibição de crescimento tumoral, prevenção de cálculos renais, controle de doenças cardiovasculares, propriedades antidiabéticas e anticancerígenas, e efeito antioxidante. Porém em altas concentrações podem trazer malefícios ao organismo (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

Para reduzir os antinutrientes, melhorar a qualidade nutricional e a palatabilidade, as leguminosas não devem ser consumidas cruas, mas sim processadas. Os processos incluem maceração, cozimento, torrefação, germinação ou extrusão, e contribuem com a retenção de quantidades de fitoquímicos benéficos a saúde humana e aumento da digestibilidade (Ciudad-Mulero *et al.*, 2020; Dhull *et al.*, 2022; Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

Segundo Labba, Frøkiær e Sandberg (2021), existe uma diferença significativa entre os tipos de cultivares de fava em relação ao seu teor de nutrientes e antinutrientes.

Segundo Dhull *et al.* (2022), os antinutrientes das favas podem ser removidos por maceração, ao se descartar a água. O nível de extração dos antinutrientes pela água aumenta com a temperatura e diminui quando há acréscimo de bicarbonato de

sódio. A maceração pode reduzir o teor de cinzas, de atividade inibidora de tripsina, de taninos, de ácido fítico, podendo também diminuir o teor de fenólicos e antioxidantes devido a lixiviação destes compostos da casca da fava para o meio de imersão.

Os fenólicos identificados nas favas apresentam propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antimicrobianas, anti-inflamatórias e antimutagênicas (Valente *et al.*, 2019). Dentre seus polifenóis, foram reportados a crisina, catequinas, genisteína e mais abundantemente kaemferol (Ciudad-Mulero *et al.*, 2020).

Devido a precipitação de proteínas e à inativação de enzimas digestivas, a interação entre fenólicos e proteínas das favas podem resultar em perdas nutricionais e alteração da capacidade de biodisponibilidade e bioacessibilidade, protegendo esses compostos fenólicos da oxidação durante a passagem pelo trato gastrointestinal, sendo o potencial antioxidante dos fenólicos mais amplamente liberados na digestão intestinal (Gu *et al.*, 2023). Sendo as sementes de fava são promissoras no tratamento de doenças associadas ao estresse oxidativo, devido ao seu potencial antioxidante (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

A farinha de fava tem sido muito utilizada juntamente com a farinha de trigo em formulações de pães, massas e biscoitos (Dhull *et al.*, 2022; Millar *et al.*, 2019), demonstrando seu grande potencial no enriquecimento de alimentos, ao contribuir com propriedades funcionais no produto final (Millar *et al.*, 2019), melhorando o perfil nutricional, aumentando o teor de proteínas e fibras, e reduzindo gorduras (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

As favas têm sido vistas como promissoras como ingrediente para a indústria de alimentos sem glúten, dado seu perfil nutricional e propriedades funcionais. Sendo uma ótima oportunidade de melhorar a qualidade nutricional dos produtos sem glúten, levando em consideração a comum ingestão inadequada de nutrientes entre os indivíduos que sejam uma dieta com restrição de glúten. É ideal que sejam implementadas estratégias de promoção e valorização, destacando os benefícios nutricionais e culturais das favas peruanas, destacando também sua versatilidade gastronômica e formulação de novos produtos, mais saudáveis, nutritivos, conscientes e sustentáveis (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

Há ainda um longo caminho a ser percorrido na investigação científica sobre as favas peruanas, já que a maioria dos artigos já publicados são centrados na agronomia e desenvolvimento de novos produtos. É essencial que se investigue

profundamente a composição nutricional, os compostos bioativos e os fatores antinutricionais das favas peruanas, semelhantemente realizado com favas egípcias, favas europeias e outras leguminosas (Salvador-Ryes *et al.*, 2023).

2.6 CONSUMO DE PÃES

O pão é um produto alimentar básico, acessível e econômico, de fácil preparo e consumido em todo mundo. O seu processo de fabricação é barato, sendo fácil de se implementar (Bresciani; Marit, 2019; Betoret; Roseli, 2020), e um dos principais produtos alimentícios do mundo (Engindeniz; Bolatova, 2019).

O pão é um alimento altamente consumido mundialmente e fabricado de diversa formas, com diferentes ingredientes e processos de fabricação (Garcia-Segovia; Igual; Martinez-Monzó, 2020). O pão de trigo é um alimento básico de diversas dietas, tendo grande impacto na saúde humana (Parenti *et al.*, 2020). O consumo de pães vem crescendo constantemente no mundo, sendo associado ao crescimento da população global, e adaptando-se de acordo com o desejo dos consumidores (Eglite; Kunkulberga, 2017).

O interesse do consumidor por alimentos mais saudáveis vem crescendo e está impulsionando o setor de panificação a inovar (Garcia-Segovia; Igual; Martinez-Monzó, 2020). No entanto, há relatos na literatura da correlação direta entre a diminuição do consumo de pão com farinha refinada e a diminuição de gordura abdominal e ganho de peso (Serra-Majem; Bautista-Castanõ, 2015), podendo ser substituído por farinhas integrais, que são ricas em fibras, minerais, lignanas e compostos fenólicos, tendo impacto positivo na saúde humana (Parenti *et al.*, 2020).

2.6.1 Pães enriquecidos com leguminosas

Enriquecer o pão com farinha integral de leguminosas, pode exercer um impacto positivo na saúde (Boukid *et al.*, 2019), como o aumento de proteínas e fibras para a população (Garcia-segovia; Igual; Martinez-Monzó, 2020), além de diminuir a pegada hídrica e de carbono, proporcionados pelas características de produção das leguminosas (Boukid *et al.*, 2019).

A farinha de leguminosas é um excelente fortificante para pães e produtos de panificação, aumentando seu valor nutricional, decorrente da sua composição

equilibrada de aminoácidos essenciais e seu teor alto de fibras, impactando tanto nas propriedades nutricionais quanto nas propriedades físicas, químicas e funcionais; aumentando, em comparação com pão 100% de farinha de trigo, o teor de fibras alimentares, proteínas, gorduras e minerais, favorecendo uma dieta equilibrada e de baixo impacto ambiental, sendo interessante para combater a desnutrição (Indrani *et al.*, 2011; Boukid, 2019). Além disso, diversos estudos tem demonstrado que uma mistura de leguminosas (alto teor de lisina e pobre em aminoácidos sulfurados) e cereais (ricos em aminoácidos sulfurados e pobres em lisina e triptofano), tendem a ser uma maneira fácil e econômica de aumentar o teor proteico dos alimentos (Pires *et al.*, 2016; Multari; Stewar; Russel, 2015).

Segundo Boukid *et al.* (2019), pães contendo farinha de leguminosas em 10-15%, tem sua composição nutricional, sensorial e características tecnológicas melhoradas.

Os cereais e os produtos à base de cereais são amplamente utilizados para enriquecimento dos alimentos, principalmente quando são detectadas deficiências nutricionais em determinada região. O sabor agradável do pão garante grandes possibilidades de aceitação quando enriquecidos, levando a facilidade para acréscimo de componentes saudáveis, como alimentos funcionais e compostos bioativos que trazem benefícios a saúde (Betoret; Roseli, 2020).

Normalmente os pães enriquecidos são produzidos a partir do trigo. O trigo é fonte de energia, carboidratos complexos, aminoácidos essenciais como lisina e treonina, vitaminas, minerais, fibras alimentares e compostos bioativos. Esses compostos bioativos são influenciados pelas condições do processamento. Durante o refinamento a farinha de trigo perde diversos nutrientes, fibras e compostos bioativos (Bresciani; Marti, 2019; Oghbaei; Prakash, 2019), como compostos fenólicos e flavonoides (Oghbaei; Prakash, 2019).

Existe um grande interesse em incorporar a farinha de leguminosas em alimentos tradicionais a base de cereais, como, massas, biscoitos, pães e salgados (Stone *et al.*, 2019), e quando esses produtos são enriquecidos eles conseguem atingir um maior número de pessoas, devido ao seu grande consumo (Swieca *et al.*, 2017).

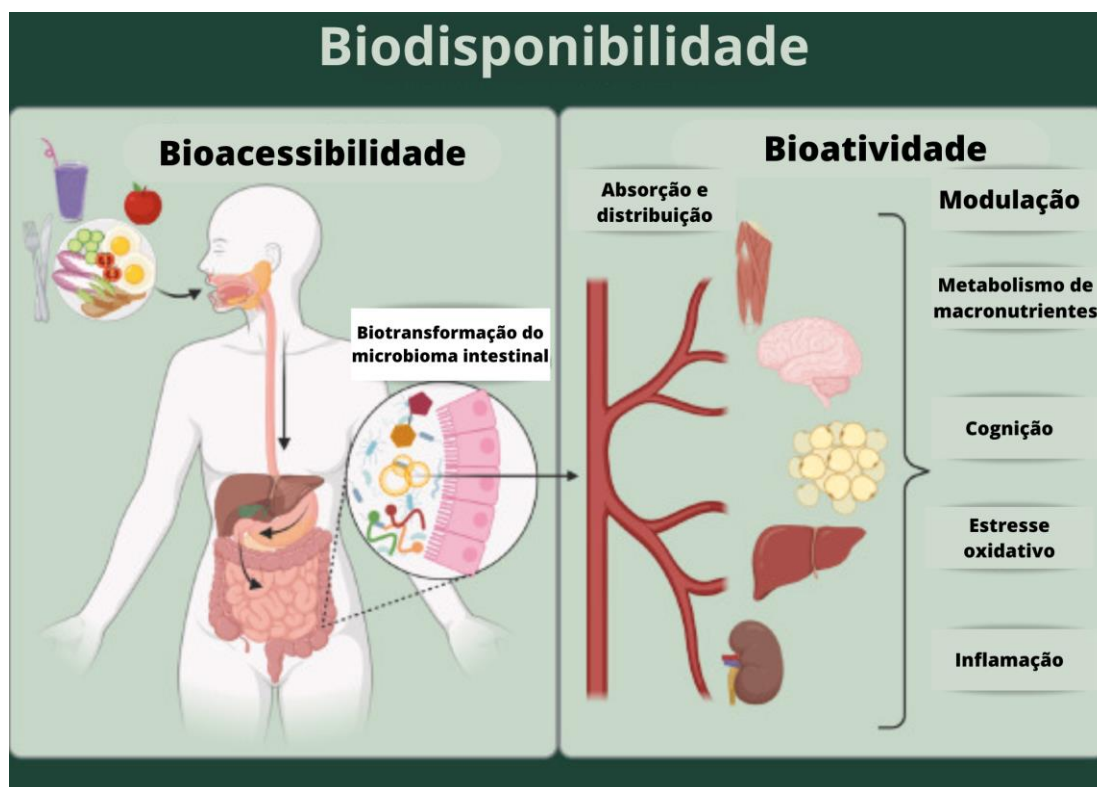
2.7 BIOACESSIBILIDADE

Os produtos de panificação são amplamente consumidos no mundo, sendo muitas vezes boa fonte de compostos bioativos, como os antioxidantes e polifenóis (MEncin, 2023). Esses produtos são produzidos, normalmente, pela fermentação e cozimento de farinha de trigo, sal e água, porém existe diversos produtos que adicionam outros ingredientes, deixando o pão com diferentes qualidades e sabores. Porém, para que esses compostos sejam assimilados pelo organismo eles precisam ser liberados da matriz alimentar e absorvidos no intestino (Andrade-Cuvi, 2021). Dessa forma, apenas saber a composição dos alimentos não determina os seus benefícios à saúde, é preciso saber a bioacessibilidade e biodisponibilidade destes compostos no organismo humano (Rodrigues *et al.*, 2020).

Para que um composto bioativo seja utilizado pelo organismo de forma adequada ele deve ser mantido no produto durante a fabricação, armazenamento e passagem pelo trato gastrointestinal. Sendo uma mistura complexa de macro e micronutrientes, os alimentos podem apresentar estruturas químicas organizadas de uma tal maneira que aprisionam compostos bioativos, inibindo ou reduzindo sua bioacessibilidade, influenciando dessa forma a liberação destes composto da matriz alimentar e conseqüentemente sua bioatividade. Sendo assim, a panificação pode afetar a biodisponibilidade e bioacessibilidade destes compostos devido a sua complexidade de restrições físicas e químicas (Betoret; Roseli, 2020).

A biodisponibilidade revela a quantidade de componentes que completa a passagem pelo trato gastrointestinal, após absorção e alcance dos tecidos alvo, tanto na forma intacta quanto na forma metabolizada para ser armazenada ou realizar sua função orgânica (Rodrigues *et al.*, 2020; Andrade-Cuvi, 2023; Angelino *et al.*, 2017). Para que se torne biodisponível, um composto deve passar pelo processo de digestão gastrointestinal, absorção intestinal, metabolismo e distribuição nos tecidos. A bioacessibilidade é utilizada para auxiliar a prever a biodisponibilidade (Andrade-cuvi, 2023; Angelino *et al.*, 2017). A bioacessibilidade é a fração de um composto liberado da sua matriz alimentar ficando disponível para absorção intestinal (Mencin, 2023; Andrade-Cuvi, 2021) (Figura 4).

Figura 4 - A bioacessibilidade mede a proporção de um composto consumido em uma refeição que é liberado da matriz alimentar durante a digestão e fica acessível para absorção no intestino delgado ou transformado pela microbiota intestinal.



Fonte: Adaptada de Rodrigues *et al.* (2020).

O processo de bioacessibilidade é avaliado por procedimentos de digestão *in vitro* que tem a capacidade de simular a digestão oral, gástrica e intestinal, sendo essencial para formulação de produtos enriquecidos (Andrade-Cuvi, 2023; Angelino, 2017).

Normalmente a biodisponibilidade de compostos ingeridos na forma pura é maior do que a biodisponibilidade do mesmo composto presente na matriz alimentar. Normalmente, os compostos bioativos estão ligados quimicamente a outros componentes, limitando assim sua liberação e absorção (Szawara-Nowak; Baczek; Zielinski, 2016). Porém, Dima *et al.* (2020) demonstraram que os efeitos de um composto dentro de uma matriz alimentar são geralmente superiores aos de um composto livre, com o mesmo conteúdo que a matriz alimentar.

A bioacessibilidade *in vitro* é uma forma rápida e econômica de avaliar, através da simulação da digestão gástrica e intestinal, o composto bioativo de

acordo com as variações da matriz alimentar e o processamento dos alimentos (Angelino, 2017). A avaliação da bioacessibilidade *in vitro* é também uma alternativa para compensar as restrições éticas e experimentais comparados aos estudos *in vivo* em humanos ou animais (Rodrigues *et al.*, 2020). Porém, esse método não consegue aferir totalmente a biodisponibilidade desses compostos, pois para isso apenas metodologias *in vivo* são capazes (Angelino, 2017).

A bioacessibilidade *in vitro* simula os processos fisiológicos do trato gastrointestinal, permitindo a investigação das mudanças estruturais dos alimentos, a digestão e a liberação dos compostos de acordo com o ambiente digestivo simulado, trazendo compreensão da via metabólica dos alimentos e o estágios da digestão humana. Este modelo *in vitro* é uma ótima escolha para modelos animais e humanos, com resultados precisos em curto período de tempo (Szawara-Nowak; Baczek; Zielinski, 2016).

Existem, na literatura diversos métodos para análise de bioacessibilidade *in vitro*, com variáveis graus de complexidade e condições experimentais de digestão. Para facilitar a comparação de resultados e nivelar essas condições, a rede INFOGEST, que é uma rede internacional de referência na avaliação do sistema gastrointestinal, padronizou um protocolo para a digestão simulada estática e semidinâmica, utilizado por pesquisadores do mundo todo, simulando as condições fisiológicas da digestão nas fases oral, gástrica e do intestino delgado (Minekus *et al.*, 2014, Brodkorb *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2020).

INFOGEST apresenta um método de simulação de digestão gastrointestinal de alimentos estática, que utiliza em cada etapa da digestão, um pH constante e proporções contínuas de alimentos para os fluidos digestivos, sendo um método de utilização simples. Neste método às amostras alimentares são levadas, sequencialmente, a digestão oral, gástrica e intestinal, enquanto os parâmetros como enzimas, bile, eletrólitos, pH, tempo e diluição são baseados em dados fisiológicos disponíveis. Esse método avalia o resultado final da digestão do alimento, avaliando a liberação de nutrientes da matriz alimentar e os produtos da digestão. Modelos estáticos de digestão *in vitro* demonstraram ser muito úteis na previsão dos resultados da digestão *in vivo* (Brodkorb *et al.*, 2019).

A bioacessibilidade de compostos antioxidantes e polifenóis são importantes, pois, esses compostos são facilmente oxidados e decompostos no trato gastrointestinal, acontecendo antes de serem absorvidos pelo sistema circulatório,

interferindo assim na biodisponibilidade destes compostos (Andrade-Cuvi, 2023). Portanto os fenólicos abundantes em determinados alimentos podem não ser, necessariamente, aquele que demonstra a maior biodisponibilidade (Angelino, 2017).

Várias condições ambientais podem sensibilizar a absorção de compostos fenólicos, mudando suas propriedades (Mencin, 2023). A bioacessibilidade pode ser afetada por diversos fatores, como, forma química do composto, características da matriz alimentar, tempo de esvaziamento gástrico e trânsito intestinal, resultando em uma alta variabilidade individual (Angelino, 2017). O amido resistente, proteína resistente e fibra dietética, resistentes a ação das enzimas digestivas podem diminuir a bioacessibilidade dos compostos fenólicos em pães (Mencin, 2023).

A formulação, o pré-processamento e o processo de panificação influenciam o conteúdo e a biodisponibilidade de diversos compostos fenólicos no pão final. O processo de panificação inclui misturar, amassar, fermentar e levedar. O misturar e amassar pode levar a uma diminuição da bioacessibilidade de compostos fenólicos totais, já a fermentação e levedação podem melhorar a bioacessibilidade dos fenólicos. Essa melhora na bioacessibilidade pode se dar por dois mecanismos: devido à quebra da matriz da parede celular devido aos micro-organismos ativados na fermentação e através da transformação enzimática dos compostos bioativos. A alta temperatura leva a degradação de compostos fenólicos conjugados, aumentando os fenólicos livres e melhorando sua bioacessibilidade, porém podem variar de acordo com o tipo de composto fenólico. Sendo assim sugere-se que embora haja uma diminuição dos fenólicos durante o preparo da massa, pode acontecer aumento da liberação dos compostos restantes (Angelino, 2017).

Koehnlein (2016) relata que os grupos dos cereais e leguminosas apresentaram maiores teores de fenólicos e maior capacidade antioxidante total após a digestão *in vitro*. Possivelmente a maior capacidade antioxidante total, após a digestão enzimática *in vitro*, se dá devido ao aumento do teor de fenólicos totais e à sua hidrólise parcial, e à desprotonação das porções hidroxila que estão presentes em seus nos anéis aromáticos. Durante o processo de digestão, nos grupos dos cereais e leguminosas, há pouca perda de compostos fenólicos, isso decorrente da interação com enzimas digestivas e pelas condições químicas que se mantem durante a digestão pancreática. Os fenólicos, sendo sensíveis a condições alcalinas e secreção de sais biliares, sofrem alterações nas suas estruturas químicas levando

a formação de novos compostos, com diferentes biodisponibilidades e atividades biológicas.

Deve-se levar em consideração, ao desenvolver métodos de bioacessibilidade *in vitro*, as alterações nas funções gastrointestinais ao longo da vida, pois as funções mudam gradualmente à medida que se envelhece, com características específicas em cada fase da vida: criança, jovem, adulto ou idoso. À medida que vai se envelhecendo as taxas de liberação da secreção gástrica diminuem, aumentando o pH estomacal; o esvaziamento gástrico, que é dependente da motilidade gastrointestinal, é diminuído levando ao aumento do tempo de esvaziamento gástrico; e a microbiota intestinal também sofre alterações, afetando a bioacessibilidade e biodisponibilidade (Rodrigues *et al.*, 2020).

Considerando como base os resultados já encontrados sobre os teores de compostos bioativos na farinha de fava, é importante que se investigue se há manutenção desses compostos também nos pães fabricados com farinha de fava crua. Esta análise contribuirá para esclarecer a possível conservação de compostos bioativos em pães fabricados com a farinha de fava crua e sua comparação com os pães fabricados com 100% de farinha de trigo, fornecendo informações para que outros estudos possam futuramente recomendar, de forma segura e eficaz, o uso deste tipo de farinha na fabricação de novos produtos pela indústria alimentícia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 REAGENTES, PADRÕES ANALÍTICOS E ENZIMAS DIGESTIVAS

Todos os reagentes e solventes que foram utilizados nas análises são de grau de pureza compatível com as análises (grau PA), os padrões de cada analito apresentam grau de pureza $\geq 97\%$. As enzimas utilizadas nas análises de bioacessibilidade foram α -amilase (SIGMA A-317), pepsina (SIGMA P-7012) e pancreatina (SIGMA P-3292) de origem suína e bile bovina (SIGMA B-3883).

3.2 PREPARO DAS FARINHAS E PÃES

Foram utilizadas farinhas de três cultivares de favas peruanas (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*). As sementes de favas peruanas foram importadas do Peru, comercializadas no formato de grãos secos (registro sanitário – anexo I), e as farinhas foram produzidas na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição, a partir das seguintes etapas:

As favas foram embebidas em água destilada (1:10) por 24 h em temperatura ambiente para remoção da maioria dos compostos antinutricionais termoestáveis, conforme indicado por Luo e Xie (2013). Para obtenção da farinha, os grãos embebidos foram secos em estufa com circulação de ar a 50 °C por 24 h até atingir 10% de umidade, e em seguida os grãos secos foram moídos em moinho de martelos.

As farinhas foram enviadas ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) embaladas separadamente por tipo de cultivar e foram mantidas em congelador até a sua utilização para o preparo dos extratos e fabricação dos pães (Figura 5).

Figura 5 - Farinhas cruas de favas peruanas adquiridas da Unicamp



Fonte: Autora (2024).

A partir das farinhas cruas de favas peruanas (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*) e como substituição parcial da farinha de trigo, foram produzidas seis formulações diferentes de pães (do tipo forma). Na tabela 1 está demonstrada as porcentagens de mistura, estabelecidas de acordo com dados da literatura que indicam que a substituição da farinha de trigo por farinha de leguminosas, como as favas, em uma massa pode ser entre 5 e 20%, para evitar diminuição ou prejuízo da qualidade (LEVY, 2003). As formulações foram comparadas a formulação controle contendo 100% de farinha de trigo branca e refinada. Os demais ingredientes, em todas as formulações, tiveram as seguintes proporções: 67,6% de farinha de trigo (mistura conforme Tabela 1), 11,2% de açúcar, 11,2% de gordura vegetal, 6,7% de leite em pó, 2,2% de fermento instantâneo e 1,1% de sal. Com exceção das farinhas de favas, todos os demais ingredientes foram adquiridos no comércio local do município de Alfenas, MG.

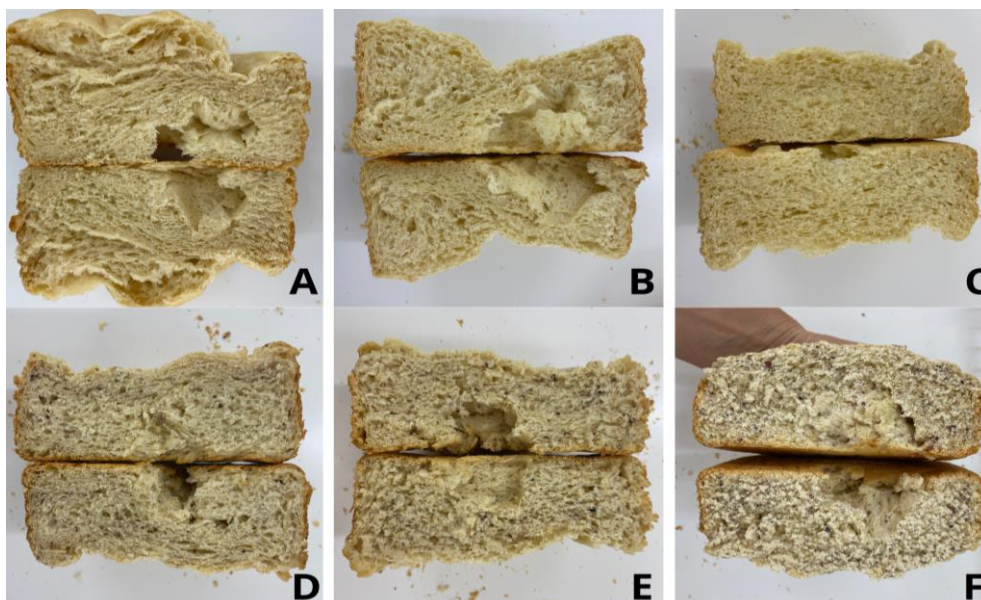
Tabela 1 - Formulações das farinhas mistas cruas de favas peruanas e de trigo

Formulação	Farinha de trigo (%)	Farinha de fava crua (%)		
		<i>Verde</i>	<i>Quelcao</i>	<i>Peruanita</i>
Controle	100	-	-	-
<i>Verde</i> 10%	90	10	-	-
<i>Verde</i> 20%	80	20	-	-
<i>Quelcao</i> 10%	90	-	10	-
<i>Quelcao</i> 20%	80	-	20	-
<i>Peruanita</i> 10%	90	-	-	10
<i>Peruanita</i> 20%	80	-	-	20

Fonte: Autora (2024).

Os pães foram produzidos e assados em processo de triplicata para cada mistura, em máquina de panificação Cadence-Finezza (modelo PAD 502), no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), no ciclo básico 500 g e na cor clara. Após assados foram levados para resfriamento em grelha, na temperatura ambiente, por 1 h 30 min. Após o resfriamento, os pães foram fotografados, retratando a vista superior e lateral, cortados ao meio, embalados e congelados metades de cada um. Os pães foram identificados e armazenados sob congelamento até o momento do preparo dos extratos (Figura 6).

Figura 6 - Pães produzidos com farinha crua de fava peruana: A: Verde 10%, B: Quelcao 10%, C: Peruanita 10%, D: Verde 20%, E: Quelcao 20% e F: Peruanita 20%.



Fonte: Autora (2024).

3.3 ANÁLISES QUÍMICAS POR MÉTODO IN VITRO

3.3.1 Determinação do teor de umidade

As amostras foram pesadas em balança analítica digital (Shimadzu AY220, Shimadzu Corp., Kyoto, Japão) com capacidade máxima de 220 g. Após a pesagem de 2,0000 g, as amostras foram inseridas em cadinhos de porcelana previamente pesados e secos e levados ao aquecimento em estufa (QUIMIS, Diadema, São Paulo, Brasil) a 105 °C até peso constante. Em seguida, após resfriamento dos cadinhos em dessecador, eles foram pesados para determinação realizada por gravimetria através da fórmula:

$$\text{UMIDADE (\% ou g/100 g)} = \frac{N \times 100}{P}$$

sendo:

N = Perda de peso em gramas, ou seja, (massa da amostra + cadinho antes da estufa – massa do cadinho depois da estufa) {Peso inicial - Peso final}.

P= Quantidade de amostra (em gramas).

3.3.2 Cinzas

Foram pesadas em balança analítica digital Shimadzu AY220 (Corp. Kyoto, Japão) com capacidade máxima de 220 g, 1 g das amostras da polpa, casca, película e amêndoa em cadinhos de porcelana. As cinzas foram obtidas em mufla a 550 °C/ 6 horas. Após retirados da mufla, os cadinhos foram levados ao dessecador, pesados e as cinzas foram determinadas através da fórmula:

$$\text{CINZAS\%} = (\text{Peso do cadinho} + \text{cinzas}) - \text{Peso do cadinho} / \text{Peso da amostra} \times 100$$

3.3.3 Preparo dos extratos para as determinações do potencial antioxidante e dos compostos fenólicos

Para extração, os pães foram ralados em ralador fino e foram armazenados em congelador até utilização. Dois diferentes extratos foram obtidos para cada amostra, utilizando os solventes etanol (99,9%)/ água (4:1 v/v) como descrito por Verardo *et al.* (2018) com modificações. Para a obtenção dos extratos, as amostras de pães foram raladas em ralador fino e uma alíquota de aproximadamente 2,0 g, foram pesadas em triplicada em tubos Falcon de 50 mL. Em cada tubo foram adicionados 10 mL de solução do solvente, sendo a mistura, em seguida, homogeneizada durante 30 s em equipamento de vórtex de bancada (Modelo Global Trade Technology XH-DU, Jaboticabal, São Paulo, Brasil). A mistura foi mantida em banho de ultrassom a 25 °C por 10 min e novamente homogeneizada durante 30 s em vórtex de bancada. A mistura foi centrifugada (Centrífuga Fanem Excelsa Baby Modelo 206-BL, Guarulhos, São Paulo, Brasil) a 4000 x g, por 10 min a 4 °C e então recolhido o sobrenadante. As etapas descritas foram repetidas por mais uma vez, após adição de 10 mL do solvente em cada etapa. Ao final, os sobrenadantes foram combinados e o volume total registrado. Os extratos filtrados foram encaminhados para as análises de potencial antioxidante pelos métodos ABTS, DPPH e fenólicos totais por espectrofotometria.

3.3.4 Determinação do potencial antioxidante pelo método de captura do radical ABTS•+

O potencial antioxidante foi determinado a partir do método espectrofotométrico de descoloração do radical catiônico ABTS•⁺ (2,2'-azinobis 3-etilbenzoatiazolina-6-ácidosulfônico), obtido a partir de sua neutralização com compostos antioxidantes presentes nas amostras, conforme metodologia descrita por Granato (2016). A solução de ABTS•⁺ foi preparada misturando solução aquosa 7mM de ABTS•⁺ com solução 2,45 mM de persulfato de potássio e incubado no escuro em temperatura ambiente por 12 h. A solução resultante foi diluída até obtenção de absorbância igual a $0,7 \pm 0,05$, determinada em espectrofotômetro BelPhotonics Ultraviolet/Visible-M51 (Monza, Milão, Itália), ajustado em comprimento de onda de 734 nm.

A diferença de cor entre as leituras da solução completamente colorida, considerada a solução de 100% de radicais livres ABTS•⁺ (750 µL de ABTS•⁺ + 250 µL de solução de álcool etílico a 70% v/v) e da leitura da solução de radicais ABTS•⁺ contendo o extrato da amostra (750 µL de ABTS•⁺ + 250 µL de amostra adequadamente diluída) com incubação em ambiente escuro por 15 min. A mistura foi analisada em espectrofotômetro em comprimento de onda de 734 nm. Os resultados foram comparados com uma curva analítica construída com sete pontos de diferentes concentrações (1-17 nmol/mL) de solução padrão do antioxidante trolox. Duas soluções branco foram preparadas, substituindo a alíquota de amostra por água e mantendo a solução de ABTS. Os valores de absorbância encontrados nas leituras de cada amostra foram descontados das soluções branco, que possuam os maiores valores de absorbância. Os resultados foram expressos em µmol equivalente de trolox/ g (ET µmol/ g).

3.3.5 Determinação do potencial antioxidante pelo método de captura do radical DPPH

A atividade de captura do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) por antioxidantes foi quantificada conforme metodologia descrita por Margraf *et al.* (2016), com modificações, utilizando Trolox como padrão. Uma alíquota de 100 µL de cada amostra adequadamente diluída será colocada em tubo de ensaio com 650

μL de solução de DPPH a 0,10 mM solubilizada em metanol, sendo manualmente homogeneizados e mantidos no escuro, em temperatura ambiente, por 30 min. A absorbância foi medida em espectrofotômetro ajustado a 517 nm; e calculada a partir de equação da reta obtida por meio de uma curva de calibração de sete pontos, considerando diferentes concentrações do padrão de Trolox (1-14.7 nmol/mL) e a taxa de eliminação do radical DPPH. Duas soluções branco foram preparadas, substituindo a alíquota de amostra por água e mantendo a solução de DPPH. Os valores de absorbância encontrados nas leituras de cada amostra foram descontados das soluções branco, que possuam os maiores valores de absorbância. Os resultados foram expressos em μmol equivalente de trolox/ g (ET $\mu\text{mol}/\text{g}$).

3.3.6 Determinação dos compostos fenólicos totais

A determinação dos teores de compostos fenólicos totais das amostras foi realizada conforme método descrito por Wang *et al.* (2020), com modificações. Uma alíquota de 160 μL da amostra adequadamente diluída, obtida do extrato, foi adicionada em um tubo de ensaio contendo 80 μL do reagente de *Folin-Ciocalteu*, agitada manualmente por 10 s. Um volume de 640 μL de Na_2CO_3 (7,5% p/v) foi adicionado e incubado, ao abrigo da luz, a 25 °C por 30 min. A absorbância foi mensurada a 756 nm, em espectrofotômetro. Os resultados foram quantificados a partir da equação da reta obtida por meio de uma curva padrão construída com sete pontos, com diferentes concentrações de padrão de ácido gálico (1-10 $\mu\text{g}/\text{mL}$). Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico/g de amostra (EAG mg/g).

3.3.7 Determinação de flavonoides

Os teores de flavonoides totais foram determinados conforme metodologia relatada por Boateng *et al.* (2008), com modificações. Uma alíquota de 625 μL de amostra adequadamente diluída foi adicionada em um tubo de ensaio. Em seguida, foram adicionados 37,5 μL de nitrito de sódio (NaNO_2) a 5% (p/v), com agitação manual por aproximadamente 10 segundos e incubação por 5 minutos à temperatura de 25 °C. Após o período de incubação, foram adicionados 37,5 μL de cloreto de alumínio (AlCl_3) a 10% (p/v). A mistura foi manualmente agitada por 10

segundos e levada para incubação por 5 minutos a 25 °C. Na sequência, foram adicionados 250 µL de hidróxido de sódio (NaOH) 1M e 350 µL de água destilada, com os tubos novamente agitados manualmente e incubados nas mesmas condições descritas anteriormente. A absorbância das amostras foi mensurada em espectrofotômetro (Modelo BelPhotonics Ultraviolet/Visible-M51, Monza, Milão, Itália) em comprimento de onda ajustado em 510 nm. Uma curva padrão de catequina foi construída e utilizada para a quantificação dos teores de flavonoides totais, expressos em mg equivalentes de catequinas/g de amostra (mg EC/g).

3.4 ENSAIO DE BIOACESSIBILIDADE

A digestão gastrointestinal foi realizada conforme descrito por Minekus *et al.* (2014) com algumas modificações. O protocolo simulou todo o processo de digestão gastrointestinal: oral, gástrica e intestinal.

Na fase oral 5 g da amostra de pães de fava previamente ralados, foi misturada em um tubo Falcon de 50 mL com 4 mL de fluido salivar simulado [KCl, KH₂PO₄, NaHCO₃, MgCl₂(H₂O)₆, (NH₄)₂CO₃, HCl], 25 µL de 0,3 M CaCl₂(H₂O)₂, e 975 µL de solução de amilase salivar com atividade enzimática final de 75 U/mL, considerando o volume final de amostra e fluidos simulados como 10 mL. A proporção de amostra do pão para fluido salivar simulado foi de 1:1 (p/p) proporção de amostra de pão para fluido oral simulado. A mistura foi agitada (45 rpm) em uma incubadora a 37 °C por 2 min.

Na fase gástrica, toda a solução da fase oral foi ajustada para pH 3,0 (300 µL 1 M HCl) e misturada com 8,5 mL de fluido gástrico simulado [KCl, KH₂PO₄, NaHCO₃, NaCl, MgCl₂(H₂O)₆, (NH₄)₂CO₃ e HCL], 5 µL de 0,3 M CaCl₂(H₂O)₂ e 1,195 µL de pepsina para uma atividade enzimática final em um volume total de 20 mL igual a 2.000 U/ mL. A mistura foi agitada (45 rpm) em uma incubadora a 37 °C por 2 h.

Na fase intestinal, toda a solução da digestão gástrica foi ajustada para pH 7,0 com 450 µL de NaOH 1M e misturada com 11,51 mL de fluido intestinal simulado [KCl, KH₂PO₄, NaHCO₃, NaCl, MgCl₂(H₂O)₆, (NH₄)₂CO₃ e HCL], 40 µL de 0,3 M CaCl₂(H₂O)₂, 3 mL de sais biliares e 5 mL de solução de pancreatina necessários para alcançar a concentração final da bile e a atividade enzimática da tripsina na pancreatina de 10 mM e 100 U/mL, respectivamente, considerando o volume final de

40 mL. Essa mistura foi agitada (45 rpm) em uma incubadora a 37 °C por 2 h. A interrupção da reação enzimática ao final da digestão *in vitro* foi realizada pela imersão do tubo de ensaio em banho de gelo.

A mistura final foi centrifugada a 7.000 × g a 4 °C (MOD 280R, FANEN Excelsa 4, São Paulo, SP, Brasil) por 10 min. Em seguida, o sobrenadante foi coletado, filtrado e armazenado em tubos tipo Eppendorf a -80 °C até a análise de potencial antioxidante e compostos fenólicos. O protocolo de digestão foi realizado em triplicata e as amostras foram filtradas através de membrana de 0,45 µm, antes da análise por HPLC. Foram realizados tratamentos controle para a digestão, sem adição das respectivas enzimas, mas com adição dos sais biliares, de todos os fluidos simulados e seguindo todas as condições de pH, temperatura e agitação.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

As determinações de umidade e cinza, do potencial antioxidante, dos conteúdos de fenólicos e flavonoides totais foram realizadas em triplicata. Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão. Para determinar a existência de diferenças significativas entre as etapas da digestão *in vitro*, os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), seguidas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para identificar quais grupos diferiram entre si por meio do *software* estatístico Minitab® 16.2.3.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 TEOR DE UMIDADE E CINZAS

Na tabela 2 estão apresentados os teores de umidade e cinza da farinha de trigo e de farinhas de fava de diferentes cultivares (*Verde, Quelcao e Peruanita*).

Tabela 2 - Teor de umidade e cinzas de farinhas de favas peruanas de diferentes cultivares

Amostras	Teor de umidade (g/100g)	Teor de cinzas (g/100g)
FT	10,50±0,03 ^a	0,40±0,03 ^b
FV	7,09±0,11 ^b	2,70±0,13 ^a
FQ	6,67±0,17 ^b	2,79±0,12 ^a
FP	6,39±0,09 ^b	3,21±0,09 ^a

Fonte: Autora (2024)

Leg.: FT: farinha de trigo; FV: farinha de fava peruana Verde; FQ: farinha de fava peruana Quelcao; FP: farinha de fava peruana Peruanita. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão. n=9 (3 replicatas de 3 lotes de amostras). Valores seguidos de letras iguais numa mesma coluna não diferem entre si pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$.

De acordo com tabela 2, a farinha de trigo apresentou maior teor de umidade em comparação com as farinhas de fava peruana dos diferentes cultivares, que não apresentaram diferença significativa entre si. Já em relação ao teor de cinzas, não houve diferença significativa entre os cultivares de farinha de fava, porém a farinha de trigo apresentou menor teor de cinzas em relação as farinhas de fava.

O teor de umidade é um parâmetro que afeta diretamente a qualidade e estabilidade das farinhas, desta forma seu controle é importante para evitar a proliferação de micro-organismos indesejados, e conseqüentemente deterioração do produto e preservação das características físicas, nutricionais, tecnológicas e funcionais das farinhas (BRASIL, 2005). Segundo a RDC nº 263/2005, publicada pelo Ministério da Agricultura, e Salazar, Rodas e Arancibia (2020), o teor de umidade permitido para as farinhas derivadas de trigo é de, no máximo, 15g/100g, estando FT e as provenientes de favas peruanas estão de acordo com esse parâmetro.

No estudo realizado por Alvarado e Cerna (2017) foi apresentado um teor de umidade da farinha de fava (6,93%) inferior ao de farinha de trigo (13%), o qual foi

próximo ao que foi encontrado neste trabalho.

O teor de cinzas totais foi significativamente maior para todas as farinhas de favas (2,7 a 3,2 g/100 g) em comparação com a farinha de trigo (0,40 g/100 g), corroborando com os valores encontrados por Alvarado e Cerna (2017), analisando farinha de favas, o que foi esperado por se tratar de uma farinha integral, enquanto a farinha de trigo é refinada do tipo 1. O maior teor de cinzas da farinha de leguminosas se devem à presença natural de minerais nestas farinhas, sugerindo que eles têm o potencial de aumentar a oferta de minerais na dieta quando combinados em produtos alimentícios com a farinha de trigo, por exemplo (Millar *et al.*, 2019). Além disso, a farinha de trigo utilizada analisada foi do tipo refinada, constituída basicamente pelo endosperma do trigo, porção do cereal pobre em minerais e rica em amido (Silva; Vieira, 2022). No entanto, a farinha com alto teor de cinzas (>1%) é geralmente considerada de baixa qualidade tecnológica pelos padeiros devido ao efeito de diluição das proteínas formadoras de glúten, provocando efeito negativo na panificação e resultando na redução do volume do pão (Millar *et al.*, 2019; Miedzianka *et al.*, 2021).

Na tabela 3 estão apresentados os teores de umidade e cinza dos pães (tipo forma) produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinhas de fava de diferentes cultivares (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*).

Tabela 3 - Teor de umidade e cinzas de pães de favas peruanas de diferentes cultivares

Amostras	Teor de umidade (g/100g)	Teor de cinzas (g/100g)
PC	27,94±0,97 ^b	1,17±0,10 ^b
PV 10%	28,26±0,87 ^b	1,34±0,08 ^b
PV 20%	30,72±0,63 ^a	1,37±0,01 ^b
PQ 10%	30,63±1,51 ^a	1,26±0,23 ^b
PQ 20%	30,65±0,94 ^a	1,35±0,06 ^b
PP 10%	28,89±1,07 ^b	1,12±0,09 ^b
PP 20%	29,06±1,55 ^b	1,47±0,04 ^a

Fonte: Autora (2024)

Leg.: PC: pão controle (100% farinha de trigo); PV: pão de farinha crua de fava peruana Verde; PQ: pão de farinha crua de fava peruana Quelcao; PP: pão de farinha crua de fava peruana Peruanita; 10% e 20%: substituição parcial de farinha de trigo por farinha de fava peruana. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão. n=9 (3 replicatas de 3 pães produzidos de forma independente). Valores seguidos de letras iguais numa mesma coluna não diferem entre si pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Os resultados obtidos demonstram a influência significativa dos diferentes cultivares no teor de umidade e cinzas dos pães, o que é de grande relevância tanto para a indústria alimentícia quanto para o consumidor final.

A umidade média dos pães de forma variou de 27,98% a 30,72%. Com relação à legislação brasileira, durante muitos anos a umidade dos pães foi monitorada, sendo estabelecido inicialmente um limite máximo de 30%. Posteriormente, esse valor foi alterado para 38%, e, a partir de setembro de 2005, esse parâmetro foi extinto e atualmente é definido pelo próprio fabricante. O elevado teor de umidade em pães aumenta a atividade microbiana, além disso deixa o produto grudento e borrachudo, alterando sua textura, sendo este um dos fatores responsáveis pela perda da qualidade do produto (Oliveira et. al., 2011).

Em relação ao teor de umidade, observou-se que os pães preparados com adição de farinha de fava peruana da cultivar *Quelcao* em ambas as concentrações (10% e 20%) e o adicionado de 20% de farinha de fava Verde apresentaram valores superiores quando comparados ao pão controle. Os pães formulados com substituição de farinha de fava peruana da cultivar Verde com 10% e *Peruanita*, em ambas as concentrações (10% e 20%), demonstraram teores de umidade semelhantes ao pão controle. Desta forma, a substituição parcial de farinha de trigo por farinhas de algumas cultivares de fava peruana poderia afetar significativamente o teor de umidade dos pães, sendo importante destacar que a quantidade de água adicionada em cada formulação não foi a mesma (Tabela 4). O aumento na absorção de água pode ser atribuído a capacidade, das farinhas de leguminosas, de reter mais água, sendo associado ao aumento no teor de proteína, podendo resultar na modificação da distribuição e dinâmica da água na massa (Boukid et al., 2019).

Em relação ao teor de cinzas, observou-se que apenas as formulações de pães elaborados com 20% de substituição da farinha de trigo pela farinha de fava da cultivar *Peruanita* apresentaram valores mais elevados ($1,47 \pm 0,04 \text{g}/100\text{g}$) em comparação com as outras amostras.

Esses resultados sugerem que a substituição parcial (até 20%) de farinha de trigo por farinhas de favas peruanas das cultivares *Quelcao* e Verde não influenciou o teor de cinzas dos pães, no entanto a formulação com 20% de farinha de fava da cultivar *Peruanita* contribuiu para o seu aumento.

Tabela 4 - Descrição do percentual de água utilizado em cada formulação dos pães de favas peruanas de diferentes cultivares

Amostras	Percentual de água (%)
PC	57
PV 10%	60
PV 20%	62
PQ 10%	59
PQ 20%	62
PP 10%	57
PP 20%	61

Fonte: Autora (2024)

Leg.: *Percentual em relação à quantidade total de farinha adicionada à formulação; PC: pão controle (100% farinha de trigo); PV: pão de farinha crua de fava peruana Verde; PQ: pão de farinha crua de fava peruana Quelcao; PP: pão de farinha crua de fava peruana Peruanita; 10% e 20%: substituição parcial de farinha de trigo por farinha de fava peruana. Fonte: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição.

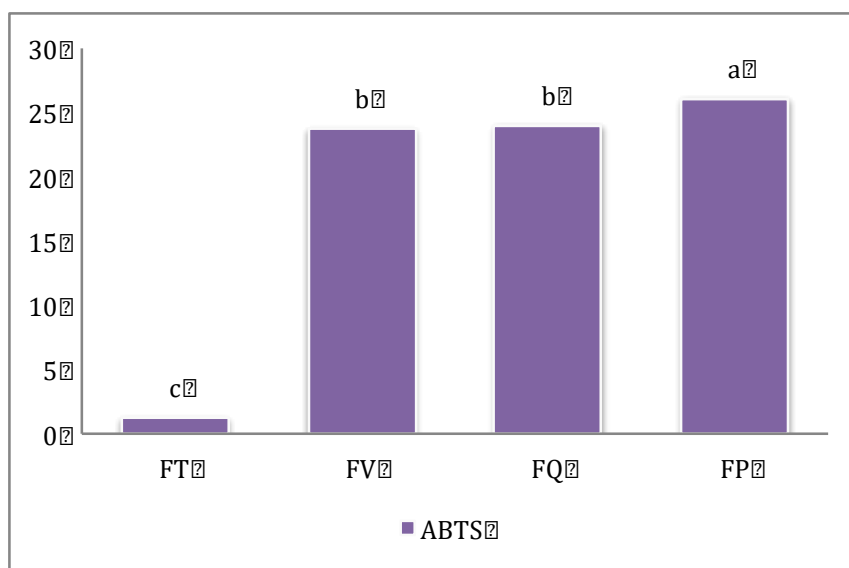
No estudo realizado por Alvarado e Cerna (2017) foi apresentado um teor de umidade pão controle (20,72%) inferior ao do pão com substituição de farinha de fava (6,8%) e farinha de linhaça (6,8%) (21,85%), assim como encontrado neste trabalho.

O teor de cinzas totais foi significativamente maior apenas para o PP 20% (1,47 g/100 g) em comparação à farinha de trigo (1,17 g/100 g), corroborando com os valores encontrados por Alvarado e Cerna (2017), onde o pão com substituição de farinha de fava (6,8%) e farinha de linhaça (6,8%) teve um valor significativamente superior ao pão controle produzido com 100% de farinha de trigo, 3% e 2,69%, respectivamente.

4.2 POTENCIAL ANTIOXIDANTE E FENÓLICOS TOTAIS NAS FARINHAS CRUAS DE FAVA PERUANA

Nas figuras 7 e 8 estão apresentados os resultados de potencial antioxidante e de compostos fenólicos totais e flavonóides em farinhas cruas de favas peruanas de diferentes cultivares.

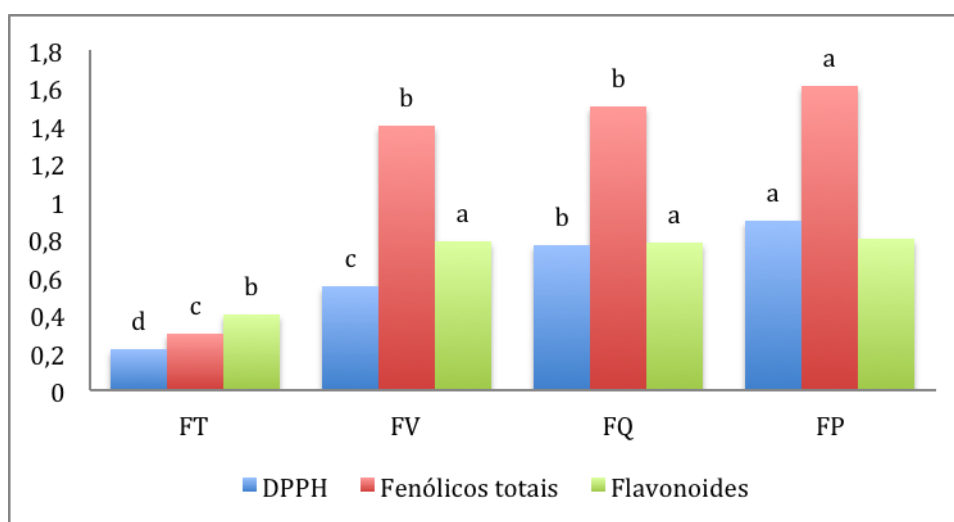
Figura 7 - Potencial antioxidante (ABTS) de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares, extraídas com solvente etanol/água 4:1 v/v.



Fonte: Autora (2024)

Leg.: FT: farinha de trigo; FV: farinha de fava peruana Verde; FQ: farinha de fava peruana Quelcao; FP: farinha de fava peruana Peruanita. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Figura 8 - Potencial antioxidante (DPPH), fenólicos totais e flavonóides de frações livres de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares, extraídas com solvente etanol/água 4:1 v/v.



Fonte: Autora (2024)

Leg.: FT: farinha de trigo; FV: farinha de fava peruana Verde; FQ: farinha de fava peruana Quelcao; FP: farinha de fava peruana Peruanita. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$.

A farinha de trigo apresentou os menores valores de potencial antioxidante, nos dois métodos realizados (neutralização do radical ABTS•+ e DPPH), quando comparadas às farinhas de favas peruanas.

O ensaio DPPH e o ensaio ABTS•+ são semelhantes em seu mecanismo para avaliar a capacidade antioxidante. Ambos utilizam a capacidade de eliminação de radicais de compostos fenólicos pelos radicais livres estáveis (Vo *et al.*, 2022). O método DPPH fornece valores de potencial antioxidante mais baixos relacionados ao padrão Trolox do que o método ABTS•+ devido à maior estabilidade do radical DPPH (Mareček *et al.*, 2017). O ABTS•+ é mais sensível para compostos hidrofílicos, enquanto o DPPH é mais adequado para analisar a atividade de compostos hidrofóbicos (Platzer *et al.*, 2021; VO *et al.*, 2022). A vantagem do radical ABTS é sua alta reatividade e, portanto, provavelmente a capacidade de reagir com uma gama mais ampla de antioxidantes (Mareček *et al.*, 2017).

As farinhas de fava peruana apresentaram potencial antioxidante pelo método de captura do radical ABTS•+ significativamente superior a farinha de trigo. Dentre as cultivares estudadas de fava, a *Peruanita* apresentara os maiores valores, correspondendo à aproximadamente 19 vezes mais, respectivamente, ao potencial antioxidante encontrado na farinha de trigo, já os cultivares *Verde* e *Quelcao* apresentam à aproximadamente 17 vezes mais ao potencial antioxidante em comparação a farinha de trigo.

Quanto à captura do radical ABTS•+, as farinhas de fava peruana de diferentes cultivares apresentaram valores superiores aos observados por Mitic *et al.* (2023) em 14 tipos de sementes de favas da Sérvia em diferentes safras (2021 e 2022) com extração por metanol 80% (v/v), variando entre $1,72 \pm 0,1$ $\mu\text{mol ET/g}$ e $8,09 \pm 0,6$ $\mu\text{mol ET/g}$. Já Ceramella *et al.* (2022) encontrou valores superiores utilizando um solvente orgânico de acetona, metanol e etanol aquoso (70%) em farinhas de favas do Sul da Itália de $89,3 \pm 1,03$ $\mu\text{mol ET/g}$ e $6,7 \pm 0,3$ $\mu\text{mol ET/g}$ no extrato seco.

De acordo com o método DPPH pode-se observar que a farinha de fava das cultivares *Quelcao* e *Peruanita*, apresentaram o maior potencial antioxidante, $0,77 \pm 0,54$ $\mu\text{mol ET/g}$ e $0,90 \pm 0,10$ $\mu\text{mol ET/g}$, respectivamente, em comparação a farinha de trigo ($0,22 \pm 0,03$ $\mu\text{mol ET/g}$), demonstrando um potencial antioxidante aproximadamente 4 vezes maior em relação a farinha de trigo.

Quanto à captura do radical DPPH, as farinhas de fava peruana de diferentes

cultivares apresentaram valores inferiores aos observados por Mitic *et al.* (2023) em 14 tipos de sementes de favas da Sérvia em diferentes safras (2021 e 2022). Os autores utilizaram metanol 80% para extração reportando valores entre 2,89 $\mu\text{mol ET/g}$ e 6,17 $\mu\text{mol ET/g}$. Valente *et al.* (2018) reportaram valores que variaram entre 3,2 e 4,92 $\mu\text{mol ET/g}$ em sementes de favas europeias extraídas com metanol 70% e Millar *et al.* (2019) encontrou valores de 2,5 $\mu\text{mol ET/g}$ em farinha de fava do Reino Unido extraídas com acetona 80%, resultados esses que também foram superiores aos encontrados para as farinhas de fava peruana avaliadas neste trabalho.

Os resultados de capacidade antioxidante das farinhas de fava peruana avaliadas corroboram com estudos anteriores que destacam as leguminosas como fontes naturais de antioxidantes, que podem contribuir para prevenção de doenças associadas ao estresse oxidativo (Amarowicz; Shahidi, 2017; Valente *et al.*, 2019; Ciudad-Mulero *et al.*, 2020; Rajhi *et al.*, 2022).

Os resultados indicaram que as farinhas de fava dos diferentes cultivares (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*) apresentaram valores significativamente maiores no teor de fenólicos totais em comparação a farinha de trigo, sendo a farinha de fava do cultivar *Peruanita* a que obteve o maior teor ($1,61 \pm 0,08$ mg EAG/g) e foi aproximadamente 5 vezes maior que a FT.

Quanto ao teor de fenólicos totais, as farinhas de fava peruana de diferentes cultivares apresentaram valores inferiores comparados com sementes de fava em extrações utilizando metanol (70%, 80% e 90%) observados por Mitic *et al.* (2023) 10,12 a 26,94 mg EAG/g; por Johnson *et al.* (2021) 2,58 a 5,7 mg EAG/g; por Saleh *et al.* (2019) 5,04 mg EAG/g; por Millar *et al.* (2019) 3,87 mg EAG/g e por Valent *et al.* (2018) 4,8 a 14 mg EAG/g. O uso de diferentes solventes durante o processo de extração (etanol, acetona ou metanol) pode ser o motivo dessas variações (Boudjou *et al.*, 2013), além do local de origem das favas e das condições de cultivo e edafoclimáticas (Salvador-Reyes *et al.*, 2023).

De acordo com o teor de flavonoides, os resultados indicaram que as farinhas de fava dos diferentes cultivares (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*) apresentaram valores significativamente maiores em comparação a farinha de trigo, sendo aproximadamente 5 vezes maior.

As farinhas cruas de favas peruanas de diferentes cultivares, de acordo com teor de flavonoides, apresentam valores inferiores a alguns estudos encontrados na literatura, apresentando valores entre $0,78 \pm 0,02$ mg EC/g e $0,80 \pm 0,03$ mg EC/g.

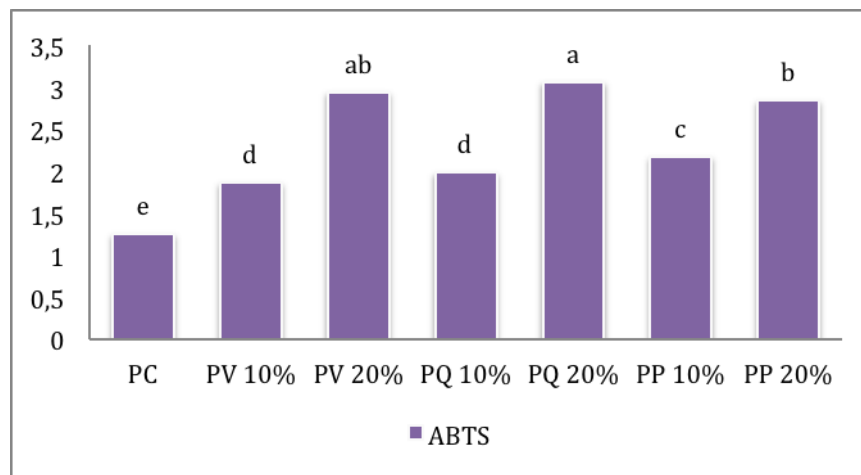
Duan; Kwon; Eom (2021) em um estudo com sementes de favas coreanas em extrações utilizando metanol aquoso 50% observou teor de flavonoides em diferentes tratamentos térmicos (liofilização, calor seco e calor úmido) entre $0,97 \pm 0,06$ mg EC/g e $1,18 \pm 0,09$ mg EC/g, sem diferença significativa entre eles; por Já Sharma *et al* (2022), em um estudo com sementes de diversas leguminosas do Nepal encontrou valores ainda mais superiores em favas (*Vicia faba*) $149,10 \pm 4,43$ mg EC/g, muito próximo ao encontrado por Fuentes-Herrera *et al* (2023) em favas mexicanas de 4 variedades, entre $118,58 \pm 20,14$ mg EC/g e $91,98 \pm 11,94$ mg EC/g. Porém, as farinhas cruas de favas peruanas estudadas apresentam teores de flavonoides superiores aos encontrados por Boudjou *et al* (2013) avaliando sementes de favas moídas e extraídas em acetona 70%, sendo entre 0,11 mg EC/g e 0,14 mg EC/g e por Zhu *et al* (2020) com valores entre $0,09 \pm 0,03$ mg EC/g e $0,35 \pm 0,05$ mg EC/g avaliando sementes de favas com extração em metanol aquoso 80%.

Os resultados demonstram a importância de considerar a utilização de farinha de favas para aproveitamento de suas propriedades nutricionais e funcionais na formulação de produtos alimentícios, como pães, bolos e biscoitos, possivelmente melhorando suas propriedades benéficas para saúde e a estabilidade oxidativa nos produtos.

4.3 POTENCIAL ANTIOXIDANTE E FENÓLICOS TOTAIS DE PÃES PRODUZIDOS COM FARINHAS CRUAS DE FAVA PERUANA

Nas figuras 9 e 10 estão apresentados os resultados de potencial antioxidante e dos compostos fenólicos totais em pães produzidos com farinhas cruas de favas peruanas de diferentes cultivares.

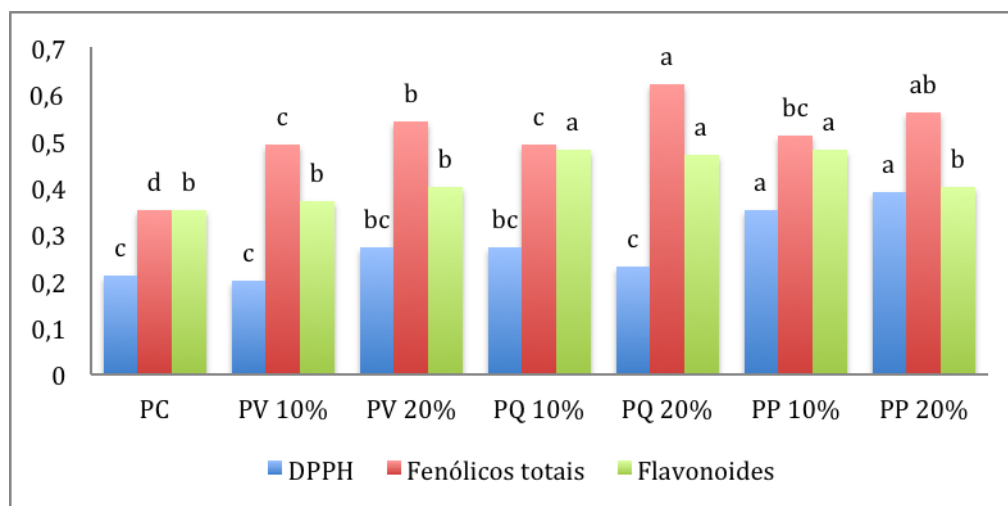
Figura 9 - Potencial antioxidante (ABST) de frações livres de pães de favas peruanas de diversos cultivares, extraída com solvente de etanol/água 4:1 v/v.



Fonte: Autora (2024)

Leg.: PC: pão controle; PV10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PV20%: pão farinha de fava peruana Verde a 20%; PQ10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PQ20%: pão farinha de fava peruana Quelcao a 20%; PP10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PP20%: pão farinha de fava peruana Peruanita a 20%. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Figura 10 - Potencial antioxidante (DPPH), fenólicos totais e flavonóides de frações livres de pães de favas peruanas de diversos cultivares, extraídas com solvente etanol/água 4:1 v/v



Fonte: Autora (2024)

Leg.: PC: pão controle; PV10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PV20%: pão farinha de fava peruana Verde a 20%; PQ10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PQ20%: pão farinha de fava peruana Quelcao a 20%; PP10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PP20%: pão farinha de fava peruana Peruanita a 20%. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Todos os pães produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de fava peruana de diferentes cultivares (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*) apresentaram valores significativamente superiores de potencial antioxidante em relação ao pão controle no método de captura do radical ABTS•+. Em relação ao método de captura do radical DPPH, apenas os pães com substituição parcial de farinha de fava peruana do cultivar *Peruanita* foi significativamente superior ao pão controle.

De acordo com o método de captura do radical ABTS•+ os pães com substituição parcial de 20% de farinha de fava do cultivar *Verde* e *Quelcao* obtiveram maior potencial antioxidante. Os pães PV 20% e PP 20% não apresentaram diferença significativa entre si, demonstrando um potencial antioxidante significativamente maior que o pão controle (100% de farinha de trigo). Dentre os pães com substituição por farinha de fava peruana dos diferentes cultivares (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*), o pão dos cultivares *Verde* e *Quelcao* (10%) apresentaram o menor valor de potencial antioxidante ($1,87 \pm 0,12 \mu\text{mol ET/g}$ e $1,98 \pm 0,04 \mu\text{mol ET/g}$), ainda sim, significativamente ($p \leq 0,05$) superior ao pão controle ($1,25 \pm 0,10 \mu\text{mol ET/g}$). Valores inferiores foram encontrados por González-Montemayor *et al.* (2021) em pães com substituição de 10% da farinha de trigo por farinha de ervilha e de feijão verde, $0,93 \pm 0,02 \mu\text{mol ET/g}$ e $0,90 \pm 0,03 \mu\text{mol ET/g}$, respectivamente, e $0,91 \pm 0,03 \mu\text{mol ET/g}$ para os pães com farinha de ervilha + feijão verde (5% cada), demonstrando assim um possível potencial da farinha de fava como um ingrediente funcional em pães.

Em relação ao método de captura do radical DPPH, os pães com substituição de 10% e 20% do cultivar *Peruanita* (PP10% e PP20%) apresentaram o potencial antioxidante significativamente maior do que os demais pães, sendo o pão PP20% o com maior potencial antioxidante ($0,39 \pm 0,05 \mu\text{mol ET/g}$). Os pães PV10%, PV20%, PQ10% e PQ20% apresentaram os menores valores de potencial antioxidante, não havendo diferença significativa em relação ao pão controle (PC) (Figura 7). Valores superiores foram encontrados por González-Montemayor *et al.* (2021) em pães com substituição de 10% da farinha de trigo por farinha de ervilha e de feijão verde, $1,80 \pm 0,06 \mu\text{mol ET/g}$ e $1,50 \pm 0,22 \mu\text{mol ET/g}$, respectivamente, porém no pão com substituição de farinha de ervilha + feijão verde (5% cada) os valores $1,33 \pm 0,62 \mu\text{mol ET/g}$ encontrados foram superiores aos observados neste estudo.

Esses resultados indicaram que a adição de farinhas de favas peruanas nas

formulações dos pães resultou em produtos finais com maior potencial antioxidante, o que pode atribuir benefícios à saúde dos consumidores, contribuindo para a proteção contra danos oxidativos e redução do risco de doenças associadas ao estresse oxidativo (Amarowicz; Shahidi, 2017; Valente *et al.*, 2019; Ciudad-Mulero *et al.*, 2020; Rajhi *et al.*, 2022).

Todos os pães produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de fava peruana de diferentes cultivares (Figura 7) apresentaram valores significativamente superiores de fenólicos totais em relação ao pão controle.

Os pães PQ20% e PP20% apresentaram os maiores teores de fenólicos totais ($0,62 \pm 0,03$ mg EAG/g e $0,56 \pm 0,02$ mg EAG/g, respectivamente), seguido pelo PV 20% ($0,54 \pm 0,03$ mg EAG/g) e o PP10% ($0,51 \pm 0,02$ mg EAG/g). O PV10% e PQ10% apresentaram o menor teor de fenólicos totais ($0,49 \pm 0,04$ mg EAG/g e $0,49 \pm 0,02$ mg EAG/g). Demonstrando que os pães do cultivar *Peruanita* e *Quelcao* apresentaram elevado teor de fenólicos totais quando comparados ao pão controle. Valores superiores foram encontrados por González-Montemayor *et al.* (2021) em pães com substituição de 10% da farinha de trigo por farinha de ervilha e de feijão verde, $4,01 \pm 0,52$ mg EAG/g e $3,96 \pm 0,85$ mg EAG/g, respectivamente, e pão com substituição de farinha de ervilha + feijão verde (5% cada) $3,92 \pm 0,91$ mg EAG/g, extraídos com metanol 80%. Millar *et al.* (2017) também observou valores superiores ao deste estudo em biscoito tipo cracker com substituição de farinha de trigo por farinha de fava, $2,83 \pm 0,39$ mg EAG/g (31 min cozimento) mg EAG/g e $2,80 \pm 0,29$ mg EAG/g (21 min cozimento). Além das diferenças entre as formulações e entre as farinhas de leguminosas adicionadas, o método de extração pode ter contribuído para os menores valores encontrados neste trabalho, uma vez que se optou pela extração dos compostos bioativos com etanol 80% (v/v), devido à sua menor toxicidade e menor impacto ao meio ambiente (Verardo *et al.*, 2018).

Os pães PQ10%, PQ20% e PP10% produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de fava peruana de diferentes cultivares (Figura 7) apresentaram valores significativamente superiores de flavonoides totais em relação ao pão controle. Os pães PV10%, PV20% e PP20% não apresentaram diferença significativa no teor de flavonoides quando comparados ao pão controle.

Os pães PQ10%, PQ20% e PP10% apresentaram os maiores teores de flavonoides ($0,48 \pm 0,02$ mg EC/g, $0,47 \pm 0,03$ mg EC/g e $0,47 \pm 0,03$ mg EC/g, respectivamente). O PV10% apresentou o menor teor de flavonoides ($0,37 \pm 0,03$ mg

EC/g) demonstrando que os pães do cultivar *Quelcao* apresentaram elevado teor de flavonoides quando comparados ao pão controle. Valores superiores foram encontrados por Plustea *et al* (2022) encontrou valores superiores em pães com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de tremoço 10%, 20% e 30% (extração em etanol 70%), $4,27\pm 0,03$ mg EC/g, $6,85\pm 0,13$ mg EC/g e $8,54\pm 0,19$ mg EC/g, respectivamente, e por Costantini *et al* (2014) em substituição de 10% de farinha de trigo por farinha de chia, $0,70\pm 0,09$ mg EC/g.

É difícil comparar os dados com a literatura, pois são escassos os estudos que consideram a substituição da farinha de trigo por farinha de fava (Millar *et al.*, 2019).

Os resultados obtidos indicaram que a incorporação de farinhas de favas peruanas nos pães pode promover um significativo aumento no potencial antioxidante, teor de fenólicos e flavonoides totais desses produtos.

4.4 BIOACESSIBILIDADE

Na tabela 5 estão apresentados os resultados encontrados para o potencial antioxidante e fenólicos totais no processo de bioacessibilidade de farinhas cruas de favas peruanas de diversos cultivares.

Tabela 5 - Bioacessibilidade de fenólicos totais e efeito da digestão gastrointestinal simulada no potencial antioxidante de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares.

Amostras	Potencial antioxidante ($\mu\text{mol ET/g}$)		Fenólicos (mg EAG/g)
	ABTS	DPPH	
FT	$1,33\pm 0,09^c$	$0,22\pm 0,03^d$	$0,30\pm 0,02^c$
D-FT	$2,87\pm 0,09^c$	$2,49\pm 0,45^c$	$2,67\pm 0,38^b$
D/ND (x)	2,16	11,32	8,90
FV	$23,78\pm 0,99^b$	$0,55\pm 0,04^c$	$1,40\pm 0,09^b$
D-FV	$56,78\pm 7,85^a$	$13,52\pm 1,53^b$	$4,60\pm 0,95^a$
D/ND (x)	2,39	24,58	3,26
FQ	$24,05\pm 0,73^b$	$0,77\pm 0,54^b$	$1,50\pm 0,09^b$
D-FQ	$55,73\pm 10,02^a$	$14,77\pm 2,97^b$	$4,36\pm 0,84^a$
D/ND (x)	2,32	19,18	2,91
FP	$26,13\pm 0,93^a$	$0,90\pm 0,10^a$	$1,61\pm 0,08^a$

Tabela 5 - Bioacessibilidade de fenólicos totais e efeito da digestão gastrointestinal simulada no potencial antioxidante de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares.

(Conclusão)

Amostras	Potencial antioxidante ($\mu\text{mol ET/g}$)		Fenólicos (mg EAG/g)
	ABTS	DPPH	
D-FP	56,17 \pm 5,33 ^a	18,43 \pm 2,39 ^a	4,70 \pm 0,89 ^a
D/ND (x)	2,15	20,48	2,92

Fonte: Autora (2024)

Leg.: FT: farinha de trigo; FV: farinha de fava peruana Verde; FQ: farinha de fava peruana Quelcao; FP: farinha de fava peruana Peruanita; D: digestão gastrointestinal simulada; ND: antes da digestão; EAG: equivalente em ácido gálico; EC: equivalente em catequina. Os resultados estão expressos em média \pm desvio padrão. n=9 (3 replicatas de 3 extratos obtidos de farinhas cruas de fava peruana). Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$.

O potencial antioxidante, tanto pelo método de captura do radical ABTS $\bullet+$ e método DPPH, aumentou após a digestão em todas as farinhas.

De acordo com o método de captura do radical ABTS $\bullet+$, as farinhas de favas peruanas de diferentes cultivares não apresentaram diferença significativa entre si, porém os valores das mesmas foram significativamente superiores à farinha de trigo. Pellegrini *et al.* (2018) estudaram o comportamento de compostos fenólicos de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.), onde, após a fase intestinal, os valores de ABTS aumentaram ($p < 0,05$) significativamente em 140 e 314% para sementes de chia e chia desengorduradas, respectivamente. Esse comportamento após a fase intestinal pode estar relacionado à liberação de compostos bioativos da matriz alimentar, de compostos bioativos não extraíveis e/ou suas transformações químicas em compostos com maior capacidade antioxidante, como, proteínas e açúcares, o que poderia ter uma interação potencial com polifenóis fisicamente presos na matriz alimentar (Pellegrini *et al.*, 2018).

De acordo com o método DPPH, observa-se que a farinha de fava da cultivar *Peruanita*, apresentou o maior potencial antioxidante após a digestão, 18,43 \pm 2,39 $\mu\text{mol ET/g}$, seguida dos cultivares *Verde* e *Quelcao*, 13,52 \pm 1,53 $\mu\text{mol ET/g}$ e 14,77 \pm 2,97 $\mu\text{mol ET/g}$, respectivamente, sendo superior a farinha de trigo (2,49 \pm 0,45 $\mu\text{mol ET/g}$). Nicolescu *et al.* (2023) relataram que em análise de produtos de quinoa, houve um aumento na bioacessibilidade e um aumento na atividade antioxidante para os ensaios DPPH, assim como Li *et al.* (2022) que demonstraram que a maioria

das amostras testadas de *Vigna* apresentou aumento significativo em DPPH após digestão intestinal, sugerindo que a digestão intestinal aumenta a capacidade antioxidante nas amostras testadas de *Vigna*, podendo ser atribuída ao aumento de compostos fenólicos na digestão intestinal; e como o trato intestinal está constantemente sujeito a intenso estresse oxidativo causado por radicais livres, bem como por espécies reativas de oxigênio desenvolvidas a partir de micróbios e toxinas na dieta, antioxidantes como os fenólicos liberados da matriz alimentar para o trato digestivo podem de fato desempenhar um papel fundamental na redução do estresse oxidativo.

O maior aumento do potencial antioxidante pelo método DPPH em comparação ao método ABTS pode estar relacionado ao DPPH ser um método mais sensível aos antioxidantes hidrofóbicos, ou seja, aqueles que são mais solúveis em solventes orgânicos; logo, a digestão com a presença de enzimas e da bile, pode ter facilitado a extração desses compostos, aumentando significativamente o potencial antioxidante pelo método DPPH. Segundo Perez-Perez *et al.* (2021), os compostos fenólicos livres e conjugados poderiam ser hidrolisados pelas enzimas digestivas, aumentando a sua bioacessibilidade e conseqüentemente a sua capacidade antioxidante durante cada etapa da digestão. Por serem mais bioacessíveis, esses compostos têm maiores chances de serem absorvidos pelo intestino (dentro da membrana) e passarem pela veia porta (fora da membrana) para serem transportados para as diversas células do corpo, provavelmente, as enzimas presentes em cada parte do processo contribuíram para as modificações nas estruturas químicas dos compostos conjugados.

As farinhas de fava dos diferentes cultivares (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*) apresentaram valores significativamente superiores no teor de fenólicos totais após a digestão, quando comparados com a farinha de trigo, porém não apresentam diferenças significativas entre si. O resultado foi próximo ao demonstrado por Li *et al.* (2022), onde o feijão *Adzuki* exibiu conteúdo fenólico total e atividades antioxidantes relativamente mais elevados após digestão *in vitro*, além disso, todas as quatro amostras de *Vigna* estudadas exibiram um aumento acentuado no fenólicos totais após a digestão *in vitro*. Lafarga, *et al.* (2019) também indicou que a digestão *in vitro* resultou no aumento do fenólicos totais de todas as espécies de leguminosas estudadas (lentilha, feijão-caupi, fava, grão de bico, soja, ervilha), assim como observado nesta pesquisa com favas peruanas.

É possível que o baixo pH da digestão gástrica aumente a abundância de formas diferentes de polifenóis, uma alteração que pode promover a sua difusão da matriz para a fase aquosa como consequência da redução das interações iônicas. Durante a fase intestinal, sob condições de pH neutro (6,9) e presença de α -amilase, pancreatina, lipase e sais biliares, as interações entre carboidratos e compostos fenólicos podem ser reduzidas, facilitando a liberação e a bioacessibilidade dos fenólicos. O aumento observado de fenólicos totais durante a digestão intestinal pode, portanto, ser devido à ação enzimática (Li *et al.*, 2022; Cárdenas-Castro *et al.*, 2020).

Na tabela 6 estão apresentados os resultados encontrados para o potencial antioxidante e fenólicos totais no processo de bioacessibilidade de pães de forma produzidos parcialmente com farinhas cruas de favas peruanas de diferentes cultivares.

Tabela 6 - Bioacessibilidade de fenólicos totais e efeito da digestão gastrointestinal simulada no potencial antioxidante de pães produzidos parcialmente com farinhas cruas de favas peruanas de diversos cultivares.

Amostras	Potencial antioxidante ($\mu\text{mol ET/g}$)		Fenólicos (mg EAG/g)
	ABTS	DPPH	
PC	1,25 \pm 0,10 ^e	0,21 \pm 0,04 ^c	0,35 \pm 0,07 ^d
D-PC	1,79 \pm 0,34 ^e	1,44 \pm 0,62 ^f	2,34 \pm 0,16 ^{ab}
D/ND (x)	1,4	6,86	6,68
PV 10%	1,87 \pm 0,12 ^{dD}	0,20 \pm 0,10 ^{CH}	0,49 \pm 0,04 ^{cD}
D-PV 10%	2,08 \pm 0,25 ^{eCD}	1,61 \pm 0,16 ^{EE}	1,86 \pm 0,32 ^{cABC}
D/ND (x)	1,11	8,05	3,79
PV 20%	2,93 \pm 0,08 ^{abAB}	0,27 \pm 0,03 ^{bcFGH}	0,54 \pm 0,03 ^{bD}
D-PV 20%	2,73 \pm 0,33 ^{deCD}	2,24 \pm 0,06 ^{cC}	2,17 \pm 0,39 ^{abcABC}
D/ND (x)	0,93	8,30	4,02
PQ 10%	1,98 \pm 0,04 ^{dCD}	0,27 \pm 0,04 ^{bcFGH}	0,49 \pm 0,02 ^{cD}
D-PQ 10%	2,04 \pm 0,31 ^{deCD}	1,88 \pm 0,05 ^{dD}	1,89 \pm 0,27 ^{bcBC}
D/ND (x)	1,03	6,96	3,86

Tabela 6 - Bioacessibilidade de fenólicos totais e efeito da digestão gastrointestinal simulada no potencial antioxidante de pães produzidos parcialmente com farinhas cruas de favas peruanas de diversos cultivares.

(Conclusão)

Amostras	Potencial antioxidante ($\mu\text{mol ET/g}$)		Fenólicos (mg EAG/g)
	ABTS	DPPH	
PQ 20%	3,06 \pm 0,08 ^{aA}	0,23 \pm 0,04 ^{cGH}	0,62 \pm 0,03 ^{aD}
D-PQ 20%	2,56 \pm 0,13 ^{bcB}	2,60 \pm 0,16 ^{bB}	2,54 \pm 0,46 ^{aA}
D/ND (x)	0,84	11,30	4,10
PP 10%	2,17 \pm 0,06 ^{cC}	0,35 \pm 0,06 ^{aFG}	0,51 \pm 0,02 ^{bcD}
D-PP10%	2,23 \pm 0,12 ^{cdC}	2,12 \pm 0,04 ^{cC}	2,34 \pm 0,41 ^{abABC}
D/ND (x)	1,03	6,06	4,59
PP 20%	2,84 \pm 0,14 ^{bAB}	0,39 \pm 0,05 ^{aF}	0,56 \pm 0,02 ^{abD}

Fonte: Autora (2024)

Leg.: PC: pão controle (100% farinha de trigo); PV10%: pão com 10% de farinha de fava peruana Verde; PV20%: pão com 20% de farinha de fava peruana Verde; PQ10%: pão com 10% de farinha de fava peruana Quelcao; PQ20%: pão com 20% de farinha de fava peruana Quelcao; PP10%: pão com 10% de farinha de fava peruana Peruanita; PP20%: pão com 20% de farinha de fava peruana Peruanita; D: digestão gastrointestinal simulada; ND: antes da digestão; EAG: equivalente em ácido gálico; EC: equivalente em catequina. Os resultados estão expressos em média \pm desvio padrão. n=9 (3 replicatas de 3 extratos obtidos de 3 pães produzidos de forma independente). Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Em relação ao método de captura radical ABTS^{•+} os pães apresentaram aumento do potencial antioxidante após digestão, com exceção dos pães com substituição parcial de 20% de farinha de trigo por farinha de favas peruanas de diferentes cultivares (*Verde*, *Quelcao* e *Peruanita*). Já pelo método de captura do radical DPPH, todos os pães apresentaram valores maiores de potencial antioxidante após a digestão *in vitro*.

De acordo com o método de captura radical ABTS^{•+}, não houve diferença significativa entre o pão controle e os pães PV10%, PV20% e PQ 10%, e os valores foram significativamente inferiores nos demais pães (PQ20%, PP 10% e PP20%). Esses resultados corroboram com os achados por Szawara-Nowak *et al.* (2015) onde após a digestão gastrointestinal a atividade antioxidante aumentou significativamente em todos os tipos de pães, verificando que os pães de trigo

escuro enriquecidos com trigo sarraceno demonstraram maior capacidade de eliminar radicais ABTS quando comparados aos pães de trigo branco enriquecidos com trigo sarraceno.

Em relação ao método de captura radical DPPH, todos os pães apresentaram aumento significativo do potencial antioxidante após digestão, sendo os pães com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de favas peruanas de diferentes cultivares significativamente superiores ao pão controle. Dentre os pães com farinha de favas peruanas, o PP20% apresentou maior valor de potencial antioxidante, $2,96 \pm 0,05$ $\mu\text{mol ET/g}$ e o PV10% apresentou menor valor de potencial antioxidante $1,61 \pm 0,16$ $\mu\text{mol ET/g}$, quando comparados entre si. Da mesma forma, no experimento de Chait *et al.* (2020) de digestão *in vitro* da alfarroba, o DPPH, mostrou um aumento acentuado após a digestão intestinal, quando comparados com amostras antes da digestão.

Todos os pães tiveram aumento no teor de fenólicos totais após a digestão *in vitro*. Dentre todos os pães, não houve diferença significativa no teor de fenólicos dos pães PC ($2,34 \pm 0,16$ mg EAG/g), PV20% ($2,17 \pm 0,39$ mg EAG/g), PQ20% ($2,54 \pm 0,46$ mg EAG/g), PP10% ($2,34 \pm 0,41$ mg EAG/g) e PP20% ($2,37 \pm 0,55$ mg EAG/g), e houve uma diminuição nos valores dos pães PV10% ($1,86 \pm 0,32$ mg EAG/g) e PQ10% ($1,89 \pm 0,27$ mg EAG/g) com comparação aos demais. Lafarga *et al.* (2019) aplicaram método de digestão gastrointestinal *in vitro* em pães enriquecidos com farinhas de subprodutos de brócolis, a fim de estudar a resistência dos compostos fenólicos à digestão e a capacidade antioxidante total, e demonstraram que no pão com farinha de caule de brócolis, os fenólicos totais aumentaram 164% após a etapa intestinal; já no pão com farinha de folhas de brócolis foi encontrado aumento de 170% após a fase intestinal. Zieliński *et al.* (2022) demonstraram que a digestão *in vitro* liberou níveis muito mais elevados de compostos fenólicos totais de biscoitos obtidos a partir de farinha de trigo sarraceno fermentada em comparação com biscoitos antes da digestão, o que indicou um sistema de extração muito melhor para compostos fenólicos, que era o fluido de digestão, em comparação com a extração química clássica, onde os dados obtidos indicaram a alta bioacessibilidade dos ácidos fenólicos e melhor bioacessibilidade sob a influência dos processos de fermentação e panificação utilizados.

Como os compostos bioativos geralmente contêm uma mistura de compostos com grande variação quanto à estrutura química, sua bioacessibilidade e

biodisponibilidade são suscetíveis a variações de acordo com determinados parâmetros químicos e físico-químicos. Na avaliação da bioacessibilidade, existe a possibilidade de modular diferentes parâmetros para determinar a eficiência, como, por exemplo, as faixas de pH e temperatura, e a atividade enzimática. Porém, a cinética do processo de absorção também pode ser afetada pela presença de outros alimentos e não apenas pelos fatores mencionados (Nicolescu *et al.*, 2023)

Após o processo de digestão *in vitro*, tanto as farinhas quanto os pães, apresentaram aumento no potencial antioxidante (ambos os métodos ABTS e DPPH) e aumento no teor de fenólicos totais. Segundo Świeca *et al.* (2017) a farinha de trigo foi caracterizada por um alto teor de compostos fenólicos ligados (conjugados) que foram efetivamente liberados durante a digestão *in vitro*. A adição de farinha de café verde ao pão de trigo melhorou significativamente o conteúdo fenólico e a sua capacidade de proteger os lipídios contra a oxidação. A digestão *in vitro* induziu a liberação de fenólicos do pão, causando alterações qualitativas significativas. De acordo com os resultados, pode-se observar que a composição qualitativa da fração fenólica desempenha um papel fundamental na criação de potencial antioxidante.

Este aumento significativo do potencial antioxidante pode se dar devido as diferentes classes de compostos fenólicos, onde existem padrões de degradação distintos dependendo do pH do meio, ácido ou alcalino, e da presença de enzimas capazes de induzir hidroxilação, metilação e até glicosilação, onde o pH do ambiente e os processos químicos que ocorrem nas fases de digestão progressiva podem afetar diretamente o seu efeito antioxidante (Wojtunik-Kulesza *et al.*, 2020).

As diferenças observadas também podem estar relacionadas com a reatividade do reagente Folin-Ciocalteu, uma vez que o constituinte principal pode reagir com outros compostos não fenólicos (por exemplo, vitaminas, aminoácidos e proteínas), de modo que a avaliação pode ser superestimada (Pellegrini *et al.*, 2018; Zhang; Chang, 2020). Uma outra possível explicação para o aumento de compostos fenólicos após a digestão *in vitro* poderia ser aquela dada pelos autores Cedola *et al.* (2020), que também descobriram que as enzimas utilizadas durante o processo digestivo intestinal levavam à liberação de ácidos fenólicos ligados, bem como de aminoácidos, das proteínas do trigo contidas na farinha utilizada como ingrediente na fabricação do produto. Os aminoácidos podem combinar-se com o reagente Folin-Ciocalteu, seguindo assim a reação dos polifenóis.

Essas descobertas não são surpreendentes, pois a literatura também mostra uma correlação positiva entre o conteúdo total de fenólicos e a capacidade antioxidante. A este respeito, podem ser citados dois exemplos de pão fortificado com subprodutos, o pão fortificado com pó de folhas de *Chenopodium quinoa* (Gawlik-Dziki *et al.*, 2015) e o pão fortificado com 10% de farinha de pasta de azeitona seca (Cedola *et al.*, 2019). Em ambos os casos, os resultados obtidos a partir da composição química em termos de teor de fenólicos e capacidade antioxidante demonstraram que os fenólicos totais podem ser considerados o principal fator responsável pelas propriedades antioxidantes do pão fortificado.

De acordo com Baublis *et al.* (2013) os ácidos fenólicos estão principalmente na camada de farelo dos grãos e existem principalmente como uma forma ligada covalentemente a polímeros insolúveis. Eles descobriram que as condições de pH digestivo afetaram uma intensificação considerável na atividade antioxidante de alimentos à base de cereais ricos em fibras. Isto sugere que ambientes ácidos causam alterações na atividade, estrutura e/ou absorção de antioxidantes solúveis em água. Esses autores também indicaram que a hidrólise ácida impacta o acúmulo de fenólicos solúveis, levando à liberação de ácidos fenólicos livres da fibra. Consequentemente, a capacidade antioxidante dos grãos, farinha ou pão pode ser ainda maior como resultado dos processos digestivos (Delgado-Andrade *et al.*, 2010).

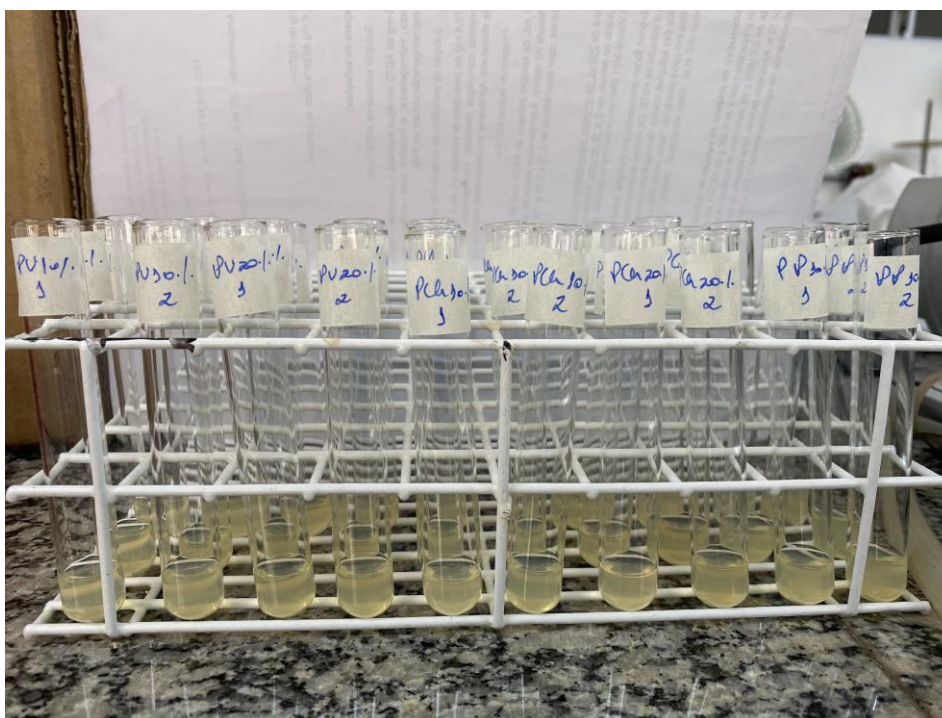
Outra hipótese seria a formação de peptídeos bioativos que podem apresentar potencial antioxidante. Segundo Lagarfa *et al.* (2019), o aumento observado na capacidade antioxidante também pode ser atribuído à geração de peptídeos antioxidantes, uma vez que as leguminosas são alimentos ricos em proteínas e excelentes fontes de peptídeos bioativos.

O aumento significativo de fenólicos totais pode se dar pela liberação de fenólicos conjugados através do aumento de pH do meio e acréscimo de sais durante o processo de digestão *in vitro*. Os compostos fenólicos existem em formas livres, solúveis, conjugadas e insolúveis. Embora se acredite que alguns compostos fenólicos livres e alguns conjugados estejam disponíveis para absorção nos intestinos delgado e grosso humanos, aqueles ligados covalentemente aos polissacarídeos indigeríveis podem ser absorvidos após serem liberados das estruturas celulares por enzimas digestivas ou micro-organismos no lúmen intestinal, onde a estrutura química e as interações da matriz podem afetar a bioacessibilidade

(Wang; He; Chen, 2014).

Com relação as análises de flavonoides totais em farinhas e pães, a execução foi mais complexa que as demais análises espectrofotométricas, uma vez que a solução final adquiriu aspecto leitoso, pela formação de um material fino em suspensão (Figura 11). Antes da leitura em espectrofotômetro foi necessário realizar uma etapa de centrifugação a $3.000 \times g/10 \text{ min}$ para a precipitação das partículas em suspensão. Sendo assim, não foi possível realizar a leitura das amostras para quantificação de flavonoides totais nas amostras de bioacessibilidade.

Figura 11 - Solução final das amostras de bioacessibilidade de pães para análise de flavonoides totais.



Fonte: Autor (2024)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, os resultados obtidos nesta pesquisa destacaram diferenças significativas entre as farinhas de trigo e de fava peruana de diferentes cultivares. Enquanto a farinha de trigo apresentou maior teor de umidade, as farinhas de fava dos diferentes cultivares não diferiram entre si. Além disso, as farinhas de fava mostraram teores significativamente mais elevados de cinzas totais devido à presença natural de minerais, tornando-as potencialmente mais ricas em nutrientes.

As análises de potencial antioxidante revelaram que as farinhas de fava peruana, principalmente do cultivar *Peruanita*, apresentaram valores significativamente superiores em relação à farinha de trigo, mostrando-se até 19 vezes mais antioxidantes pelo método ABTS e aproximadamente 4 vezes pelo método DPPH. Já quando comparadas entre si, a farinha de fava do cultivar *Peruanita* apresentou maior potencial antioxidante (ambos os métodos ABTS e DPPH), e maior teor de fenólicos totais e flavonóides.

Os pães produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de fava dos diferentes cultivares também demonstraram maior potencial antioxidante em comparação ao pão controle, tanto pelo método ABTS quanto pelo método DPPH, sendo os pães com substituição parcial de 20% os que apresentaram maior potencial antioxidante e teor de fenólicos totais. As formulações com 20% de substituição pela farinha de fava do cultivar *Peruanita* apresentaram maior teor de cinzas nos pães, evidenciando o impacto desta farinha na composição nutricional dos produtos.

Após análise de bioacessibilidade tanto as farinhas quanto os pães produzidos apresentaram maior percentual antioxidante e maior teor de fenólicos totais, que pode ser devido a liberação de fenólicos conjugados através do pH do meio e acréscimo de sais biliares durante o processo de digestão *in vitro*, aumentando assim o teor de fenólicos totais e conseqüentemente o potencial antioxidante.

As informações obtidas neste estudo são relevantes tanto para a indústria alimentícia quanto para os consumidores, pois evidenciaram a viabilidade de incorporação das farinhas de fava peruana em produtos alimentícios, especialmente em pães, como uma alternativa nutritiva e antioxidante.

Há ainda um longo caminho a ser percorrido na investigação científica sobre

as favas peruanas, já que a maioria dos artigos já publicados são centrados na agronomia e desenvolvimento de novos produtos. É essencial que se investigue profundamente a composição nutricional, os compostos bioativos e os fatores antinutricionais das favas peruanas, semelhante ao realizado com favas egípcias, favas europeias e outras leguminosas.

São necessárias novas investigações para aprimorar o entendimento das interações entre os componentes dos pães e a influência do processamento sobre as características finais dos produtos. Dessa forma, esse estudo contribui para o conhecimento científico e incentiva o desenvolvimento de alimentos funcionais mais saudáveis e nutritivos, que contribuam com a longevidade humana.

REFERÊNCIAS

- ALVARADO, E.; CERNA, E. **Efecto De La Sustitución Parcial De La Harina De Trigo (*Triticum Aestivum*) por harina de haba (*vicia faba*) y harina de linaza (*linum usitatissimum*) en la elaboración de pan de molde**. 125p. 2017. Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa Chimbote, Nuevo Chimbote, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2895/46273.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- AMAROWICZ, R.; SHAHIDI, F. Antioxidant activity of broad bean seed extract and its phenolic composition. **Journal of functional foods**, Chicago, v.38, p. 656-662, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.04.002>. Acesso em: 21 abr. 2023.
- ANDRADE-CUVI, M.J. *et al.* Quality and bioaccessibility of antioxidants of bread enriched with naranjilla (*solanum quitoense*) fruit. **Nutrition & Food Science**, [S.l.], v. 51 No. 8, 2021 p. 1282-1298. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/NFS-11-2020-0430>. Acesso em: 17 abr. 2023
- ANGELINO, D. *et al.* Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in bread: a review. **Food Function**, [S.l.], v. 8, p. 2368-2393. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C7FO00574A>. Acesso em: 16 abr. 2023.
- ATOLOYE, A. *et al.* Effectiveness of Expanded Food and Nutrition Education Program in Changing Nutrition-Related Outcomes Among Adults with Low Income: A Systematic Review. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, Indianapolis, v. 53, n. 8. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2021.03.006>. Acesso em: 28 ago. 2022.
- BAGINSKY, C. *et al.* Phenolic compound composition in immature seeds of fava bean (*Vicia faba* L.) varieties cultivated in Chile. **Journal of food composition and analysis**, [S.l.], v. 31, p. 1-6. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.003>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- BALASUBRAMANIAN, P.; MATTISON, J.A.; ANDERSON, R.M. Nutrition, metabolism, and targeting aging in nonhuman primates. **Ageing Research Reviews**, [S.l.], v. 39, p. 29–35. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arr.2017.02.002>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- BARRINGTON, W.E.; WHITE, E. Mortality outcomes associated with intake of fast-food items and sugar-sweetened drinks among older adults in the Vitamins and Lifestyle (VITAL) study. **Public Health Nutrition**, Cambridge, v.19, p. 3319–3326. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1368980016001518>. Acesso em: 02 dez. 2022.
- BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas, Editora da Unicamp, 1995, 299 p.

BAUBLIS, A.J. *et al.* Of wheat-based breakfast cereals as a source of dietary antioxidants. **Journal of the American College of Nutrition**, London, v.19, p.308–311. 2013. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1080/07315724.2000.10718965>. Acesso em: 01 fev. 2024.

BECERRA-TOMÁS, N.; PAPANDREOU, C.; SALAS-SALVADÓ, J. Legume Consumption and Cardiometabolic Health. **Advances in Nutrition**, [S.l.], v. 10, p. S437 S450. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/advances/nmz003>. Acesso em: 02 dez. 2022.

BESSADA, S.M.F.; BARREIRA, J.C.M.; OLIVEIRA, M. B.P.P. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, [S.l.], v. 93, p. 53–68. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>. Acesso em: 02 dez. 2022.

BESSEMS, K. *et al.* The Effectiveness of the Good Affordable Food Intervention for Adults with Low Socioeconomic Status and Small Incomes. **International Journal Environmental Research Public Health**, [S.l.], v. 17, p. 2535. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17072535>. Acesso em: 28 ago. 2022.

BETORET, E.; ROSELI, C.M. Enrichment of bread with fruits and vegetables: Trends and strategies to increase functionality. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 97, p. 09-19. 2020. Disponível em: <https://doi.org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1002/cche.10204>. Acesso em: 17 abr. 2023.

BOATENG, J. *et al.* Effects of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). **LWT - Food Science and Technology**, [S.l.], v. 41, p. 1541 1547. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.025>. Acesso em: 28 ago. 2022.

BOUDJOU, S. *et al.* Phenolics content and antioxidant and anti-inflammatory activities of legume fractions. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 138, p. 1543–50. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.108>. Acesso em: 25 jul. 2023.

BOUKID, F. *et al.* Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? **Trends in Food Science e Technology**, [S.l.], v. 8, p. 416-428. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.007>. Acesso em: 13 dez. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 263**, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html Acesso em: 10 jul. 2023.

BRESCIANI, A.; MARIT, A. Using Pulses in Baked Products: Lights, Shadows, and Potential Solutions. **Foods**, [S.l.], v. 8, p. 451. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods8100451>. Acesso em: 16 abr. 2023.

BRODKORB, A. *et al.* INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. **Nature protocols**, [S.l.] v. 14, n. 4, p. 991–1014. 2019. Disponível em: <https://www-nature.ez37.periodicos.capes.gov.br/articles/s41596-018-0119-1>. Acesso em: 15 abril 2023.

BROWN-BORG, H.M.; BUFFENSTEIN, R. Cutting back on the essentials: can manipulating intake of specific amino acids modulate health and lifespan? **Ageing Research Reviews**, [S.l.], v. 39, p. 87–95. 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.arr.2016.08.007>. Acesso em: 13 abril 2023.

CALDER, P.C. *et al.* Health relevance of the modification of low grade inflammation in ageing (inflammageing) and the role of nutrition. **Ageing Research Reviews**, [S.l.], v.19, p. 95-119. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arr.2017.09.001>. Acesso em: 19 abr. 2023.

CARBONARO, M.; MASELLI, P.; NUCARA, A. Structural aspects of legume proteins and nutraceutical properties. **Food Research International**, Chicago, v. 76, p.19–30. 2015. Disponível em; <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.007>. Acesso em: 02 dez. 2022.

CÁRDENAS-CASTRO, A.P. *et al.* Bioaccessibility of phenolic compounds in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) after in vitro gastrointestinal digestion: A comparison of two cooking procedures. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.97, p. 670-680. 2020. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1002/cche.10283> Acesso em: 02 fev 2024.

CASTALDO, L. *et al.* In vitro bioaccessibility and antioxidant activity of coffee silverskin polyphenolic extract and characterization of bioactive compounds using UHPLC-Q-Orbitrap HRMS. **Molecules**, Basel, v. 25, n. 2132. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules25092132>. Acesso em: 22 dez. 2023.

CEDOLA, A. *et al.* Characterization and Bio-Accessibility Evaluation of Olive Leaf Extract-Enriched “Taralli”. **Foods**, [S.l.], v.9. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9091268>. Acesso em: 02 fev 2024.

CEDOLA, A. *et al.* Enrichment of Bread with Olive Oil Industrial By-Product. **Journal Agricultural Science Technolgy**, Chicago, v.9, p.119–127. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2019.02.005>. Acesso em: 02 fev 2024.

CERAMELLA J. *et al.* Exploring the anticancer and antioxidant properties of *Vicia faba* L. pods extracts, a promising source of nutraceuticals. **PeerJ**, [S.l.], v. 10. 2022. Disponível em: <https://peerj.com/articles/13683/>. Acesso em: 30 jul. 2023

CHAIT, Y.A. *et al.* Simulated gastrointestinal digestion and in vitro colonic fermentation of carob polyphenols: Bioaccessibility and bioactivity. **LWT**, [S.l.], v.117. 2020. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108623>. Acesso em: 01 fev 2024.

CHALVON-DEMERSAY, T. *et al.* A Systematic Review of the Effects of Plant Compared with Animal Protein Sources on Features of Metabolic Syndrome. **The Journal of Nutrition Critical Review**, [S.l.], v. 147, p. 281-292. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3945/jn.116.239574>. Acesso em: 02 dez. 2022.

COSTANTINI, L. *et al.* Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. **Food Chemistry**, [S.l.], v.165, p. 232-240. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.095>. Acesso em: 26 jan. 2024.

CUIDAD-MULERO, M. *et al.* Antioxidant Phytochemicals in Pulses and their Relation to Human Health: A Review. **Current Pharmaceutical Design**, [S.l.], v. 26, n. 16. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/1381612826666200203130150>. Acesso em: 24 de abril 2023.

CULLEN, K. *et al.* Creating healthful home food environments: results of a study with participants in the Expanded Food and Nutrition Education Program. **Journal Nutrition Education Behavior**, [S.l.], v. 41, p. 380-388. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2008.12.007>. Acesso em: 28 ago. 2022.

DAVIES, R.W. *et al.* The Effect of Fava Bean (*Vicia faba* L.) Protein Ingestion on Myofibrillar Protein Synthesis at Rest and after Resistance Exercise in Healthy, Young Men and Women: A Randomised Control Trial. **Nutrients**, Basel, v. 14, n. 3688. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu14183688>. Acesso em: 30 nov. 2022.

DELGADO-ANDRADE C. *et al.* A combined procedure to evaluate the global antioxidant response of bread. **Journal Cereal Science**, [S.l.], v.52, p.239–246. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.05.013>. Acesso em: 01 fev 2024.

DEL TREDICI, A. *et al.* Evaluation study of the California Expanded Food and Nutrition Education Program: 24-hour food recall data. **Journal of the American Dietetic Association**, [S.l.], v. 88, p. 185-190. 1988. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(21\)01937-4](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(21)01937-4). Acesso em: 28 ago. 2022.

DHULL, S.B. *et al.* A review of nutritional profile and processing of faba bean (*Vicia faba* L.). **Legume Science**, New Jersey, v. 4, p. 129. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/leg3.129>. Acesso em: nov. 2022.

DIMA, C. *et al.* Bioavailability of nutraceuticals: Role of the food matrix, processing conditions, the gastrointestinal tract, and nanodelivery systems. **Comprehensive Reviews Food Science Food Safety**, [S.l.], v. 19, p. 954–994. 2020. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1111/1541-4337.12547>. Acesso em: 23 maio 2023.

DO CARMO, C.S. *et al.* Meat analogues from a faba bean concentrate can be generated by high moisture extrusion. **Future Foods**, [S.l.], v. 3, n. 100014. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100014>. Acesso em: 30 nov. 2022.

DOMINGUEZ, L. J. *et al.* Impact of Mediterranean Diet on Chronic Non Communicable Diseases and Longevity. **Nutrients**, Basel, v.13, p. 2028. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu13062028>. Acesso em: 02 dez. 2022.

DUAN, S.-C.; KWON, S.-J.; EOM, S.-H. Effect of Thermal Processing on Color, Phenolic Compounds, and Antioxidant Activity of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Leaves and Seeds. **Antioxidants**, Basel, v.10, p. 1207. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox10081207>. Acesso em: 26 jan. 2024.

DURANTI, M. Grain legume proteins and nutraceutical properties. **Fitoterapia**, [S.l.], v. 77, p. 67–82. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.11.008>. Acesso em: 02 dez. 2022.

EGLITE, A.; KUNKULBERGA, D. Bread Choice And Consumption Trends. **Foodbalt**, Kaunas, v. 005, p. 178-182. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22616/foodbalt.2017.005>. Acesso em: 13 dez. 2022.

EKMEKCIOGLU, C. Nutrition and longevity-From mechanisms to uncertainties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, v. 60, p. 3063–3082. 2019. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1676698>. Acesso em: 02 dez. 2022.

ENGINDENIZ, S.; BOLATOVA, Z. A study on consumption of composite flour and bread in global perspective. **British Food Journal**, [S.l.], v. 123 n. 5, p. 1962-1973. 2021. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BFJ-10-2018-0714/full/html>. Acesso em: 13 dez 2022.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **Legumbres, semillas nutritivas para un futuro sostenible**. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5528s.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

FAOSTAT. **Área colhida, rendimento e produção de feijão-fava no mundo**. 2019. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

FERRO, R.H. **Cultivo Del Haba**. Lima, Perú, 2004. Disponível em: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/740/2/Horque_Cultivo_del_Haba.pdf. Acesso em: 30 nov. 2022.

FERRUCCI, L. *et al.* Measuring biological aging in humans: A quest. **Aging cell**, [S.l.], v. 19. 2020. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1111/accel.13080>. Acesso em: 19 abril 2023.

FIESP & ITAL. **Brasil Food Trends**. 2020. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://alimentosprocessados.com.br/arquivos/Consumo-tendenciaseinovacoes/Brasil-Food-Trends2020.pdf>. Acesso 30 nov. 2022.

FUENTES-HERRERA, P.B. *et al.* Content and Yield of L-DOPA and Bioactive Compounds of Broad Bean Plants: Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity In Vitro. **Plants**, Basel, v. 12, p. 3918. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants12233918>. Acesso em: 26 jan. 2024.

FULOP, P. *et al.* Immunology of Aging: the Birth of Inflammaging. **Clinical Reviews in Allergy & Immunology**, [S.l.], v. 64, p.109–122. 2023. Disponível em: [https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12016-021-08899-6](https://doi.org/ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12016-021-08899-6). Acesso em: 19 abril 2023.

GARCIA-SEGOVIA, P.; IGUAL, M.; MARTINEZ-MONZÓN, J. Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Bread Enriched with Alternative Proteins. **Foods**, [S.l.], v. 9, p. 933. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9070933>. Acesso em: 13 dez. 2022.

GAWLIK-DZIKI, U. *et al.* Bread enriched with Chenopodium quinoa leaves powder—The procedures for assessing the fortification efficiency. **LWT Food Sci. Technology**, [S.l.], v.62, p.1226–1234. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.007>. Acesso em: 02 fev 2024.

GONZÁLEZ-MONTEMAYOR, A. M. *et al.* Green Bean, Pea and Mesquite Whole Pod Flours Nutritional and Functional Properties and Their Effect on Sourdough Bread. **Foods**, [S.l.], v. 10. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10092227>. Acesso em: 30 jul. 2023.

GORGOLIS, V. *et al.* Cellular Senescence: Defining a Path Forward. **Cell**, [S.l.], v. 179, p. 813-827. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.10.005>. Acesso em: 18 abril 2023.

GRANATO, D. **Determinação de compostos fenólicos maioritários em alimentos e extratos vegetais**: Orto-difenólicos, flavonoides totais, antocianinas, proantocianidinas e flavonóis totais. In: GRANATO, D.; NUNES, D. S. Análises químicas, propriedades funcionais e controle da qualidade de alimentos e bebidas – Uma abordagem teórico-prática, 1 ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 538 p (2016). Acesso em: 20 ago 2022.

GU, J. *et al.* In Vitro Digestion and Colonic Fermentation of UHT Treated Faba Protein Emulsions: Effects of Enzymatic Hydrolysis and Thermal Processing on Proteins and Phenolics. **Nutrients**, Basel, v. 15, p. 89. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu15010089>. Acesso em: 24 abril 2023.

GUENTHER, P.; LUICK, B. Improved overall quality of diets reported by Expanded Food and Nutrition Education Program Participants in the mountain region. **Journal of Nutrition Education Behavior**, Indianapolis, v. 47, p. 421-426. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2015.05.001>. Acesso em: 20 ago. 2022.

GUILLAUMIE, L. *et al.* Psychosocial determinants of fruit and vegetable intake in adult population: A systematic review. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [S.l.], v. 7, n. 12. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-12>. Acesso em: 28 ago. 2022.

HERPICH, C.; MÜLLER-WERDAN, U.; NORMAN, K. Role of plant-based diets in promoting health and longevity. **Maturitas**, New York, v.165, p. 47–51. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2022.07.003>. Acesso 02 dez. 2022.

HODDY, K.K. *et al.* Intermittent fasting and metabolic health: from religious fast to time-restricted feeding. **Obesity**, [S.l.], v. 28, p. S29–s37. 2020. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1002/oby.22829>. Acesso em: 13 abril 2023.

HWANGBO, D.S. *et al.* Mechanisms of lifespan regulation by calorie restriction and intermittent fasting in model organisms. **Nutrients**, Basel, v. 12, p. 1194. 2020. <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.3390/nu12041194>. Acesso em: 13 abril 2023.

INDRANI, D. *et al.* Effect of multigrains on rheological, microstructural and quality characteristics of north Indian parotta – an Indian flat bread. **Food Science and Technology**, [S.l.], v. 44, p. 719–724. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2010.11>. Acesso em: 30 nov. 2022.

INGRAM, D.K., DE CABO, R. Calorie restriction in rodents: caveats to consider. **Ageing Research Reviews**, [S.l.], v. 39, p. 15–28. 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.arr.2017.05.008>. Acesso em: 13 abril 2023.

JOHNSON, J. B. *et al.* Phenolic profiles of ten Australian faba bean varieties. **Molecules**, Basel, v. 26. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules26154642>. Acesso em: 30 jul. 2023.

KALACHE, A. *et al.* Nutrition interventions for healthy ageing across the lifespan: a conference report. **European Journal of Nutrition**, [S.l.], metabolic health. **EBioMedicine**, v. 43, p. 632–640. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2019.04.005>. Acesso em: 02 dez. 2022.

KOEHNLEIN, E.A., *et al.* Analysis of a whole diet in terms of phenolic content and antioxidant capacity: effects of a simulated gastrointestinal digestion. **International Journal of Food Science and Nutrition**, [S.l.], v. 67, p. 614-623. 2016. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1080/09637486.2016.1186156>. Acesso em: 17 abril 2023.

LABBA, I.M; FRØKIÆR, H.; SANDBERG, A. *et al.* Nutritional and antinutritional composition of fava bean (*Vicia faba* L., var. minor) cultivars. **Food research international**, [S.l.], v. 140, pg. 110038. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110038>. Acesso em: 24 abril 2023.

LAFARGA, T. *et al.* Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in cooked pulses. **International Journal Food Science Technology**, [S.l.], v. 54, p.1816–1823. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14082>. Acesso em: 01 fev 2024.

LEITÃO C. *et al.* The Effect of Nutrition on Aging—A Systematic Review Focusing on Aging-Related Biomarkers. **Nutrients**, Basel, v. 4, p. 554. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu14030554>. Acesso em: 12 jul. 2022.

LEVY, B. R. **La biblia del pan**. 1ª Edição. Barcelona, Espanha, 672 p., 2014.

LI, M. *et al.* In Vitro Gastrointestinal Bioaccessibility, Bioactivities and Colonic Fermentation of Phenolic Compounds in Different Vigna Beans. **Foods**, [S.l.], v. 11. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11233884>. Acesso em: 01 fev 2024.

LINGUA, M. S. *et al.* Bioaccessibility of polyphenols and antioxidant properties of the white grape by simulated digestion and Caco-2 cell assays: Comparative study with its winemaking product. **Food Research International**, [S.l.], v. 122, p. 496–505. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2022.06.004>. Acesso em: 22 dez. 2023.

LONGO, V.D.; ANDERSON, R.M. Nutrition, longevity and disease: From molecular mechanisms to interventions. **Cell**, [S.l.], v. 185, p. 1455-1470. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.04.002>. Acesso em: 02 dez, 2022.

LONNIE, M. *et al.* Protein for Life: Review of Optimal Protein Intake, Sustainable Dietary Sources and the Effect on Appetite in Ageing Adults. **Nutrients**, Basel, v. 10, p. 360. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu10030360>. Acesso em: 02 dez. 2022.

LOPEZ-OTIN, C. *et al.* The Hallmarks of Aging. **Cell**, [S.l.], v. 153, p. 1194-1217. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.05.039>. Acesso em: 18 abril 2023.

LUO, Y. W.; XIE, W. H. Effect of different processing methods on certain antinutritional factors and protein digestibility in green and white faba bean (*Vicia faba* L.). **CYTA - Journal of Food**, London, v. 11, n. 1, p. 43–49, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19476337.2012.681705>. Acesso em: 17 abril 2023.

MANN, J.I. *et al.* Evidence-based nutritional approaches to the treatment and prevention of diabetes mellitus. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, [S.l.], v. 14, p. 373–94. 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0939-4753\(04\)80028-0](https://doi.org/10.1016/S0939-4753(04)80028-0). Acesso em: 13 dez. 2022.

MANOOGIAN, E.N.C.; PANDA, S. Circadian rhythms, time-restricted feeding, and healthy aging. **Ageing Research Reviews**, [S.l.], v. 39, p. 59–67. 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.arr.2016.12.006>. Acesso em: 13 abril 2023.

MAREČEK, V. *et al.* ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. **Journal of Cereal Science**, [S.l.], v. 73, p. 40-45. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.11.004>. Acesso em 24 julho 2023.

MARGRAF, T.; GRANATO, D. **Padronização das metodologias ABTS, DPPH, e FRAP para determinação da capacidade antioxidante in vitro utilizando microvolumes**. In: GRANATO, D.; NUNES, D. S. *Análises químicas, propriedades funcionais e controle da qualidade de alimentos e bebidas – Uma abordagem teórico-prática*, 1 ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 538 p (2016).

MATTSON, M.P., LONGO, V.D., HARVIE, M. Impact of intermittent fasting on health and disease processes. **Ageing Research Reviews**, [S.l.], v. 39, p. 46–58. 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.arr.2016.10.005>. Acesso em: 13 abril 2023.

MECHCHATE, H. *et al.* Vegetables and Their Bioactive Compounds as Anti-Aging Drugs. **Molecules**, Basel, v. 27, p. 2316. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules27072316>. Acesso em: 19 abril 2023.

MENCIN, M. *et al.* Changes in the Bioaccessibility of Antioxidants after Simulated In Vitro Digestion of Bioprocessed Spelt-Enhanced Wheat Bread. **Antioxidants**, [S.l.], v.12, p. 487. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox12020487>. Acesso em: 16 abril 2023.

MIEDZIANKA, J. *et al.* Comparative evaluation of the antioxidant, antimicrobial and nutritive properties of gluten-free flours. **Scientific Reports**, [S.l.], v.11, n. 10385. 2021. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41598-021-89845-6>. Acesso em: 23 abril 2023.

MILLAR, K. A. *et al.* Effect of pulse flours on the physiochemical characteristics and sensory acceptance of baked crackers. **Internacional Journal Food Science + Technology**, [S.l.], v. 52, p. 1155-1163. 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1111/ijfs.13388>. Acesso em: 29 jul 2023.

MILLAR, K.A. *et al.* Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*. L), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour . **Journal of Food Composition and Analysis**, [S.l.], v. 8, n.103233. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103233>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MINAM. Ministério de Agricultura e Riego. **Leguminosas de Grano Cultivares y Clases Comerciales del Perú**. 1ª edição. Lima, Perú, 2016. Disponível em: <http://minagri.gob.pe/portal/download/legumbres/catalogo>.

MINEKUS, M. *et al.* A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. **Food Function**, [S.l.], v. 5, p. 1113–1124. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C3FO60702J> . Acesso em: 22 maio 2023.

MITIC, V. *et al.* Antioxidant Activities, Total Phenols, and Proanthocyanidin Changes during Storage of Fourteen Faba Bean (*Vicia faba* L.) Populations from Serbia – A Chemometric Approach. **Analytical Letters**, [S.l.], 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00032719.2023.2217713>. Acesso em: 30 jul 2023.

- MORIN, È. *et al.* A whole-food, plant-based nutrition program: Evaluation of cardiovascular outcomes and exploration of food choices determinants. **Nutrition**, [S.l.], v. 66, p. 54-61. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.03.020>. Acesso em: 28 ago. 2022.
- MOST, J. *et al.* Calorie restriction in humans: an update. **Ageing Research Reviews**, [S.l.], v. 39, p. 36–45. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arr.2016.08.005>. Acesso em: 16 jul. 2022.
- MOTTA, C. *et al.* A importância das leguminosas na alimentação, nutrição e promoção da saúde. **Boletim Epidemiológico Observações**, Lisboa, v. 2, n. 8, p. 04-07, 2016. Disponível em: http://repositorio.insa.pt/bitstream/10400.18/4122/3/observacoesNEspecia82016_artigo1.pdf. Acesso em: 30 nov. 2022.
- MULTARI, S., STEWART, D. and RUSSELL, W.R. Potential of Fava Bean as Future Protein Supply to Partially Replace Meat Intake in the Human Diet. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [S.l.], v. 14, p. 511-522. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12146>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- MUNÓZ, J.J.C. *et al.* Variabilidad en el contenido de taninos, proteína y propiedades físicas en granos de haba (*Vicia faba* L.). **Bioagro**, Barquisimeto, v. 32, n. 33, p. 215-224; 2020. Disponível em: <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2789>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- NAGHSHI, S. *et al.* Dietary intake of total, animal, and plant proteins and risk of all cause, cardiovascular, and cancer mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **BMJ**, [S.l.], v. 370, p. 2412. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.m2412>. Acesso em: 02 dez. 2022.
- NICOLESCU, A. *et al.* Bioaccessibility and bioactive potential of different phytochemical classes from nutraceuticals and functional foods. **Frontier in Nutrition**, v.10. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1184535>. Acesso em: 26 jan. 2024.
- NORONHA, D. *et al.* Nutrition Knowledge is Correlated with a Better Dietary Intake in Adolescent Soccer Players: A Cross-Sectional Study. **Journal of Nutrition and Metabolism**, [S.l.], v. 2020, n. 3519781. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2020/3519781>. Acesso em: 28 ago. 2022.
- OKADA, Y.; OKADA, M. Effect of a Radical Scavenger "Water Soluble Protein" from Broad Beans (*Vicia faba*) on Antioxidative Enzyme Activity in Cellular Aging. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, [S.l.], v. 46, n. 1, p. 1-6. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.3177/jnsv.46.1>. Acesso em: 04 set. 2023.

OLIVEIRA, N. M. A. L. *et al.* Características físico-químicas e sensoriais de pão de forma enriquecido com concentrado proteico de soro de leite e carbonato de cálcio. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 1, p. 16-22, 2011. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/article/view/32585>. Acesso em: 23 jul. 2023.

OGHBAEI, M.; PRAKASH, J. Bioaccessible phenolics and flavonoids from wheat flour products subjected to different processing variable. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 96, p. 1068-1078. 2019. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1002/cche.10214>. Acesso em 17 abril 2023.

ONU – Organização das Nações Unidas. **La crisis alimentaria avanza en Perú, más de la mitad de la población carece de comida suficiente**. Noticias ONU. Noticias ONU. 2022. Disponível em: <https://news.un.org/es/story/2022/11/1516972>. Acesso em: 02 dez 2023.

PLATZER, M. *et al.* Common Trends and Differences in Antioxidant Activity Analysis of Phenolic Substances Using Single Electron Transfer Based Assays. **Molecules**, Basel, v. 25, p. 1244. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules26051244>. Acesso em: 24 jul. 2023.

PARENTI, O. *et al.* Breadmaking with an old wholewheat flour: Optimization of ingredients to improve bread quality. **LWT - Food Science and Technology**, [S.l.], v. 121, p.108980. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108980>. Acesso em: 13 dez. 2022.

PELLEGRINI, M. *et al.* Bioaccessibility of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, [S.l.], v. 73, p. 47-53. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0649-7>. Acesso em: 26 jan. 2024.

PEREZ-PEREZ, L.M. *et al.* Evaluation of Quality, Antioxidant Capacity, and Digestibility of Chickpea (*Cicer arietinum* L. cv Blanoro) Stored under N₂ and CO₂ Atmospheres. **Molecules**, Basel, v.26. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules26092773>. Acesso em: 01 fev. 2024.

PERKINS, S. *et al.* The effectiveness of the Expanded Food and Nutrition Education Program (EFNEP) on diet quality as measured by the Healthy Eating Index. **American Journal Lifestyle Medicine**, [S.l.], v. 14, p. 316-325. 2019. Disponível em: <https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1177/1559827619872733>. Acesso em: 28 ago. 2022.

PIGNATTI, C. *et al.* Nutrients and Pathways that Regulate Health Span and Life Span. **Geriatrics**, [S.l.], v. 5, p. 95. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/geriatrics5040095>. Acesso em: 02 dez. 2022.

PIRES, C.V. *et al.* Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p.179-187, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S010120612006000100029>. Acesso em: 30 nov. 2022.

PLUSTEA, L., *et al.* Lupin (*Lupinus spp.*)-Fortified Bread: A Sustainable, Nutritionally, Functionally, and Technologically Valuable Solution for Bakery. **Foods**, [S.I.], v. 11, p. 2067. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11142067>. Acesso em: 26 jan 2024.

POONIA, A. *et al.* Current and Potential Health Claims of Faba Beans (*Vicia Faba*, L.) and Its Components. *Faba Bean: Chemistry, Properties and Functionality*. **Springer, Cham**. [S.I.], 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14587-2_13. Acesso em: 30 nov. 2022.

RAJHI, I. *et al.* Assessment of dehulling effect on volatiles, phenolic compounds and antioxidant activities of faba bean seeds and flours. **South African Journal of Botany**, [S.I.], v. 147, p. 741-753. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.03.010>. Acesso em: 25 abril 2023.

RICO-CAMPÀ, A. *et al.* Association between consumption of ultra-processed foods and all cause mortality: SUN prospective cohort study. **BMJ**, [S.I.], v. 365, p. l1949. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.l1949>. Acesso em: 02 dez. 2022.

RIDDER, D. *et al.* Healthy diet: Health impact, prevalence, correlates, and interventions. **Psychology & Health**, [S.I.], v. 32, p. 907-941. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08870446.2017.1316849>. Acesso em: 03 set. 2022.

RODRIGUES, D.B., *et al.* Trust your gut: Bioavailability and bioaccessibility of dietary compounds. **Current Research in Food Science**, v. 5, p. 228-233. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crf.2022.01.002>. Acesso em: 17 abril 2023

SALAZAR, D.; RODAS, M.; ARANCIBIA, M. Production of Tortillas from Nixtamalized Corn Flour Enriched With Andean Crops Flours: Faba-Bean (*Vicia Faba*) and White-Bean (*Phaseolus Vulgaris*). **Emirates Journal of Food and Agriculture**, [S.I.], v. 32, n. 10, p. 731-8. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i10.2179>. Acesso em: 20 julho 2023.

SALEH, H.M *et al.* Melatonin, phenolics content and antioxidant activity of germinated selected legumes and their fractions. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, [S.I.], v.18, p. 294–301. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.09.001>. Acesso em: 24 julho 2023.

SALEHI, B. *et al.* Plant-Derived Bioactives and Oxidative Stress-Related Disorders: A Key Trend towards Healthy Aging and Longevity Promotion. **Applied Science**, [S.I.], v. 10, p. 947. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10030947>. Acesso em: 02 dez 2022.

SANCHEZ, P.A.C. **Usos de las harinas de chíá (salvia hispanica), amaranto (amaranthus sp.) y haba (vicia faba), como fuente de proteína y fibra para la elaboración de galletas**. 2022. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Milagro, Ecuador, 2022.

SALVADOR-REYES R. *et al.* From ancient crop to modern superfood: Exploring the history, diversity, characteristics, technological applications, and culinary uses of Peruvian fava beans. **Food Research International**, [S.l.], v.173, parte 2. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113394>. Acesso em: 02 dez 2023.

SERRA-MAJEM, L.; BAUTISTA-CASTAÑO, I. Relationship between bread and obesity. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 113, p. 29-35. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0007114514003249>. Acesso em: 13 de dez. 2022.

SHAIKH, A. *et al.* Psychosocial predictors of fruit and vegetable consumption in adults: A review of the literature. **American Journal of Preventive Medicine**, Michigan, v. 34, p. 535-543. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2007.12.028>. Acesso em: 28 ago. 2022.

SHARMA, K. R.; GIRI, A. Quantification of Phenolic and Flavonoid Content, Antioxidant Activity, and Proximate Composition of Some Legume Seeds Grown in Nepal. **Internacional Journal of Food Science**, Milan, v.2022. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2022/4629290>
Acesso em 26 jan. 2024.

SHEN, J. *et al.* Dietary Phytochemicals that Can Extend Longevity by Regulation of Metabolism. **Plant Foods for Human Nutrition**, [S.l.], v. 77, p. 12–19. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00946-z>. Acesso em: 02 dez. 2022.

SILVA, J.G.; VIEIRA, S.M. **Composição química, bioquímica e mercado de cereais**. In: DALA-PAULA, B.M.; CLERICI, M.T.P.S. Bioquímica e tecnologia de alimentos: Produtos de origem vegetal, v. 1. Editora Universidade Federal de Alfenas, 2022, 268 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/361142632_Bioquimica_e_Tecnologia_de_Alimentos_Produtos_de_Origem_Vegetal_-_Vol_1

SIMPSON, S.J. *et al.* Dietary protein, aging and nutritional geometry. **Ageing Research Reviews**, [S.l.], v. 39, p. 78–86. 2017. Disponível em: [https://doi-org.ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.arr.2017.03.001](https://doi.org/ez37.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.arr.2017.03.001). Acesso em: 13 abril. 2023.

SINGH, A.K. *et al.* An assessment of faba bean (*Vicia faba* L.) current status and future prospect. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 8, p. 6634-6641. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7335>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SLAGBOOM, P.E. *et al.* Genomics of human longevity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 366, p. 35-42. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0284>. Acesso em: 12 jul. 2022.

STONE, A.K. *et al.* A comparative study of the functionality and protein quality of a variety of legume and cereal flours. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 96, p. 1159–1169. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cche.10226>. Acesso em: 30 nov. 2022.

STRAUTA, L.; MUIZNIE-BRASAVA, S. The characteristics of extruded Faba Beans (*Vicia Faba L.*). **Rural sustainability research**, Jelgava, v. 36, p. 331. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/plua-2016-0013>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SWIECA, M. *et al.* Wheat bread enriched with green coffee – In vitro bioaccessibility and bioavailability of phenolics and antioxidant activity. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 221, p. 1451-1457. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.006>. Acesso em: 16 abril 2023.

SZAWARA-NOWAK, D.; BACZEK, N.; ZIELINSKI, H. Antioxidant capacity and bioaccessibility of buckwheat-enhanced wheat bread phenolics. **Journal of Food Science and Technology**, [S.l.], v. 53, p. 621-630. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2074-y>. Acesso em: 16 abril 2023.

TORISKY, Danielle *et al.* EFNEP homemakers' dietary improvement and relation to selected family factors. **Journal of Nutrition Educacion**, Indianapolis, v. 21, p. 249-258, 1989. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-3182\(89\)80143-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3182(89)80143-8). Acesso em: 28 ago. 2022.

VALENTE, I.M. *et al.* Unravelling the phytonutrients and antioxidant properties of European *Vicia faba L.* seeds. **Food Research international**, [S.l.], v. 116, p. 888-896. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.025>. Acesso em: 21 abril 2023.

VERARDO, V. *et al.* Determination of free and bound phenolic compounds and their antioxidant activity in buckwheat bread loaf, crust and crumb. **LWT – Food Science and Technology**, [S.l.], v. 87, p. 217-224. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.063>. Acesso em: 09 fev. 2023.

VO, G. T.; LIU, Z.; CHOU, O.; ZHONG, B.; BARROW, C. J.; DUNSHEA, F. R.; SULERIA, H. A. R. Screening of phenolic compounds in australian grown grapes and their potential antioxidant activities. **Food Bioscience**, [S.l.], v. 47, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101644>. Acesso em: 15 abril 2023.

WALDMAN, H.S., RENTERIA, L.I., MCALLISTER, M.J. Time-restricted feeding for the prevention of cardiometabolic diseases in high-stress occupations: a mechanistic review. **Nutrition Reviews**, Oxford, v. 78, p. 459–464. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz090>. Acesso em: 13 abril 2023.

WANG, T.; HE, F.; CHEN, G. Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: a concise review. **Journal of Functional Foods**, Chicago, v.7, p.101–111. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.01.033>. Acesso em: 02 fev 2024.

WANG, Z. *et al.* The influence of in vitro gastrointestinal digestion on the *Perilla frutescens* leaf extract: Changes in the active compounds and bioactivities. **Journal of Food Biochemistry**, [S.l.], v. 44, n.13530. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfbc.13530>. Acesso em: 13 dez. 2022.

YANG, F. *et al.* Identification of new genetic variants of HLA-DQB1 associated with human longevity and lipid homeostasis – a cross-sectional study in a Chinese population. **Aging**, [S.l.], v. 9, n. 11. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.18632/aging.101400>. Acesso em: 12 jul. 2022.

ZHANG, Y.; CHANG, S.K.C. Comparative studies on ACE inhibition, degree of hydrolysis, antioxidant property and phenolic acid composition of hydrolysates derived from simulated in vitro gastrointestinal proteolysis of three thermally treated legumes. **Food Chemistry**, [S.l.], v.281, p.154-162. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.090>. Acesso em: 03 fev 2024.

ZIELIŃSKI, H. *et al.* Bioaccessibility of Phenolic Acids and Flavonoids from Buckwheat Biscuits Prepared from Flours Fermented by Lactic Acid Bacteria. **Molecules**, Basel, v.27, p.6628. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules27196628>. Acesso em: 01 fev 2024.

ZHU, L. *et al.* The Composition and Antioxidant Activity of Bound Phenolics in Three Legumes, and Their Metabolism and Bioaccessibility of Gastrointestinal Tract. **Foods**, [S.l.], v.9, p.1816.2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9121816>. Acesso em: 26 jan 2024.

ZHU, S. *et al.* Intermittent fasting as a nutrition approach against obesity and metabolic disease. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, California, v. 23, p. 387–394. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000694>. Acesso em: 30 nov. 2022.

ANEXO A – TABELAS

Tabela 7 – Potencial antioxidante, fenólicos e flavonoides totais de farinhas de favas peruanas de diversos cultivares, extraídas com solvente etanol/água 4:1 v/v.

Amostras	Potencial antioxidante (μmol ET/g)		Fenólicos (mg EAG/g)	Flavonoides (mg EC/g)
	ABTS	DPPH		
FT	1,33 \pm 0,09 ^c	0,22 \pm 0,03 ^d	0,30 \pm 0,02 ^c	0,40 \pm 0,02 ^a
FV	23,78 \pm 0,99 ^b	0,55 \pm 0,04 ^c	1,40 \pm 0,09 ^b	0,79 \pm 0,02 ^a
FQ	24,05 \pm 0,73 ^b	0,77 \pm 0,54 ^b	1,50 \pm 0,09 ^b	0,78 \pm 0,03 ^a
FP	26,13 \pm 0,93 ^a	0,90 \pm 0,10 ^a	1,61 \pm 0,08 ^a	0,80 \pm 0,03 ^b

Leg.: FT: farinha de trigo; FV: farinha de fava peruana Verde; FQ: farinha de fava peruana Quelcão; FP: farinha de fava peruana Peruanita; EAG: equivalente em ácido gálico; EC: equivalente em catequina. Os resultados estão expressos em média de 9 determinações, seguida do desvio padrão. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$

Tabela 8 - Potencial antioxidante, fenólicos e flavonoide de frações livres de pães de favas peruanas de diversos cultivares, extraída com solvente de etanol/água 4:1 v/v.

Amostras	Potencial antioxidante (μmol ET/g)		Fenólicos (mg EAG/g)	Flavonoides (mg EC/g)
	ABTS	DPPH		
PV 10%	1,86 \pm 0,12 ^d	0,20 \pm 0,10 ^c	0,48 \pm 0,04 ^d	0,37 \pm 0,03 ^b
PV 20%	2,94 \pm 0,08 ^{ab}	0,27 \pm 0,03 ^{bc}	0,54 \pm 0,03 ^{bc}	0,40 \pm 0,05 ^b
PQ 10%	1,98 \pm 0,04 ^d	0,27 \pm 0,04 ^{bc}	0,49 \pm 0,02 ^d	0,48 \pm 0,02 ^a
PQ 20%	3,06 \pm 0,08 ^a	0,23 \pm 0,05 ^c	0,62 \pm 0,03 ^a	0,47 \pm 0,03 ^a
PP 10%	2,17 \pm 0,06 ^c	0,35 \pm 0,06 ^{ab}	0,51 \pm 0,02 ^d	0,47 \pm 0,03 ^a
PP 20%	2,84 \pm 0,14 ^b	0,39 \pm 0,05 ^a	0,56 \pm 0,02 ^b	0,39 \pm 0,06 ^b

Leg.: PC: pão controle; PV10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PV20%: pão farinha de fava peruana Verde a 20%; PQ10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PQ20%: pão farinha de fava peruana Quelcão a 20%; PP10%: pão farinha de fava peruana Verde a 10%; PP20%: pão farinha de fava peruana Peruanita a 20%; EAG: equivalente em ácido gálico; EC: equivalente em catequina. Os resultados estão expressos em média de 9 determinações, seguida do desvio padrão. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística pela análise de Variância (ANOVA), com $p \leq 0,05$, seguida pelo Teste de Tukey $p \leq 0,05$