



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS



**INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA ESTABILIDADE NUTRICIONAL E  
MICROBIOLÓGICA EM BARRA DE CEREAIS FORMULADA COM  
PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANC)**

MARIA KAROLLYNA GOMES DA SILVA

**RECIFE**

**2021**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

MARIA KAROLLYNA GOMES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA ESTABILIDADE NUTRICIONAL E  
MICROBIOLÓGICA EM BARRA DE CEREAIS FORMULADA COM  
PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANC)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Profa. Dra. Samara Alvachian Cardoso de Andrade

CO-ORIENTADORAS: Profa. Dra. Neide Kazue Sakugawa Shinohara

Profa. Dra. Maria do Rosário de Fátima Padilha (*in memoriam*)

**RECIFE**

**2021**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA ESTABILIDADE NUTRICIONAL E  
MICROBIOLÓGICA EM BARRA DE CEREAIS FORMULADA COM PLANTAS  
ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANC)**

Por Maria Karollyna Gomes da Silva

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 26/10/2021 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em sua forma final.

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Luciana Leite de Andrade Lima Arruda  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Profa. Dra. Andrelina Maria Pinheiro Santos  
Universidade Federal de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me capacitar ao longo dessa caminhada e conceder forças para lidar com as adversidades em busca da concretização desse sonho.

Aos meus familiares, especialmente a minha mãe Marli Gomes, minha madrinha Emetéria Nascimento e minha tia Maria do Carmo, que sempre lutaram pela minha educação e nunca me deixaram desistir. Sou grata também a minha avó Maria Gomes (*in memoriam*), por todos os ensinamentos e valores que irei carregar por toda a vida, saudades eternas! Obrigada ao meu namorado Eduardo Augusto, pelo amor, força e apoio incondicional, sendo um grande incentivador com suas palavras de motivação e otimismo. Sem a força de vocês eu não conseguiria, minha total gratidão!

À professora Neide Kazue Sakugawa Shinohara, pela amizade, cumplicidade, paciência, sinceridade e ensinamentos desde a minha graduação, que proporcionaram um enorme crescimento acadêmico e pessoal.

À professora Samara Alvachian Cardoso Andrade pela sua orientação, confiança, atenção e contribuição para o desenvolvimento deste trabalho e para meu aprendizado.

À professora Maria do Rosário de Fátima Padilha (*in memoriam*), pelos grandes aprendizados, incentivos, conselhos e por estar sempre disponível para ajudar.

Ao professor Pedro Marinho de Carvalho Neto do Departamento de Tecnologia Rural (DTR) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Roça do Saber, pela contribuição para a produção das barras de cereais do experimento.

Ao Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em especial a professora Helen Khoury e ao técnico André Luiz, que auxiliaram na realização dos procedimentos de irradiação deste trabalho.

Aos técnicos Angela Lima e José Carlos do PGCTA pela amizade e todo o apoio na realização das análises físico-químicas do experimento.

Ao técnico Sebastião Camilo do Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL) da UFPE, por todos os conselhos e auxílio nas análises deste trabalho.

À todos os amigos da UFRPE, especialmente Indira Macedo, Jairo Araújo, Ayla Lima e Vitória Souza pela ajuda na execução dos processos do experimento.

Aos amigos de sala Caroliny Santos, Nayara Xavier, Sâmia Soares, Thaís Rodrigues, Ivys Antônio, Anna Luiza e Jessica Rosales, pela amizade, ajuda e companheirismo ao longo desta trajetória.

Aos membros da banca examinadora por todas as importantes contribuições para a melhoria deste trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco através do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade da realização do Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À todas as pessoas que não foram citadas, mas colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

## RESUMO

As sementes de abóbora, feijão-de-porco, amêndoa da ameixa desidratada e mesocarpo de jenipapo, são consideradas Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), vegetais com potencial alimentício e de crescimento espontâneo, que demandam aprofundamento quanto à propriedade nutricional, para assim valorizar o consumo e produção em escala industrial. A inserção de PANC na formulação de produtos alimentícios como barra de cereais, pode gerar um alimento alternativo que fomente o interesse de um público ávido por novos produtos funcionais. O objetivo foi desenvolver e avaliar a estabilidade de barra de cereais formulada com PANC submetida à irradiação por Cobalto-60. As barras de cereais foram submetidas a diferentes condições de doses de irradiação (0,5; 1,0 e 2,0 kGy), seguido de armazenamento por 90 dias a 25°C, com retiradas de amostras mensalmente. Nas amostras foram determinadas análises de estabilidades físico-química através da composição centesimal, valor energético total (VET), açúcares redutores (AR) e não redutores (ANR), pH, acidez titulável (AT), atividade de água (Aw), avaliação colorimétrica (L\*, a\* e b\*) e textura instrumental (dureza, elasticidade, mastigabilidade e coesividade); e microbiológica (Coliformes totais, *Escherichia coli*, Bolores e leveduras e *Salmonella* sp.). Os dados foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Duncan com nível de significância de 5%. A aplicação da irradiação por Cobalto-60 nas barras de cereais com PANC não provocou grandes perdas dos constituintes nutricionais. Todas as amostras atenderam os parâmetros microbiológicos exigidos pela legislação vigente, demonstrando a associação entre as condições higiênico-sanitárias adequadas das matérias-primas e as boas práticas de fabricação durante o processamento. A incorporação de PANC atribuiu qualidade nutricional e a irradiação colaborou para a conservação das barras de cereais. Portanto, as barras de cereais formuladas com PANC apresentam potencial comercial, e a irradiação sendo uma tecnologia de baixo custo pode ser utilizada em larga escala na indústria alimentícia.

**Palavras-chave:** desenvolvimento sustentável, radiação ionizante, vida útil.

## ABSTRACT

Pumpkin seeds, pig's bean, dehydrated plum kernel and jenipap mesocarp are considered Non-Conventional Food Plants (PANC), vegetables with food potential and spontaneous growth, which require further study as to their nutritional properties, so as to enhance consumption and production on an industrial scale. The insertion of PANC in the formulation of food products such as cereal bars, can generate an alternative food that promotes the interest of a public eager for new functional products. The objective was to develop and evaluate the stability of a cereal bar formulated with PANC submitted to Cobalt-60 irradiation. The cereal bars were submitted to different irradiation doses (0,5; 1,0 and 2,0 kGy), followed by storage for 90 days at 25°C, and samples were taken monthly. In the samples were determined physicochemical stability analysis through the centesimal composition, total energy value (VET), reducing sugars (AR) and non-reducing sugars (ANR), pH, titratable acidity (AT), water activity (Aw), colorimetric evaluation (L\*, a\* and b\*) and instrumental texture (hardness, elasticity, chewiness and cohesiveness); and microbiological (total coliforms, *Escherichia coli*, molds and yeasts and *Salmonella* sp.). The data were evaluated by analysis of variance (ANOVA) and compared by Duncan's test with a 5% significance level. The application of Cobalt-60 irradiation in the cereal bars with PANC did not cause great losses of nutritional constituents. All samples met the microbiological parameters required by the current legislation, demonstrating the association between the adequate hygienic-sanitary conditions of the raw materials and the good manufacturing practices during processing. The incorporation of PANC attributed nutritional quality and the irradiation collaborated to the conservation of the cereal bars. Therefore, the cereal bars formulated with PANC have commercial potential, and irradiation being a low cost technology can be used in large scale in the food industry.

**Keywords:** sustainable development, ionizing radiation, shelf life.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Sementes de abóbora ( <i>Cucurbita moschata</i> ).....	20
<b>Figura 2</b> – Amêndoa de ameixa desidratada.....	22
<b>Figura 3</b> – Grãos de feijão-de-porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> ) .....	22
<b>Figura 4</b> – Jenipapo ( <i>Genipa americana</i> L.): (a) inteiro e (b) cortado ao meio.....	24
<b>Figura 5</b> – Farinha de semente de abóbora (FSA).....	40
<b>Figura 6</b> – Farinha de amêndoa de ameixa desidratada (FAAD).....	40
<b>Figura 7</b> – Feijão-de-porco ( <i>C. ensiformis</i> ): (a) cascas e grãos, (b) grãos sem casca e (c) FFP.....	41
<b>Figura 8</b> – Jenipapo cristalizado.....	42
<b>Figura 9</b> – Etapas de produção da barra de cereais formulada com PANC: (a) Ingredientes secos (cereais e farinhas de PANC); (b) xarope de glicose; (c) homogeneização (ingredientes secos, aglutinante e jenipapo cristalizado); (d) massa modelada; (e) corte da massa e (f) barras de cereais com PANC.....	43
<b>Figura 10</b> – Fluxograma do desenvolvimento da barra de cereais formulada com PANC....	44



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Estudos científicos acerca de diferentes matérias-primas e características de barras de cereais.....	15
<b>Tabela 2</b> – Ingredientes para produção da barra de cereais formulada com PANC.....	42
<b>Tabela 3</b> – Composição centesimal e valor energético da farinha de semente de abóbora, farinha de amêndoa de ameixa desidratada, farinha de feijão-de-porco e mesocarpo de jenipapo.....	49
<b>Tabela 4</b> – Composição centesimal e valor energético da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C.....	57
<b>Tabela 5</b> – Análise de açúcares não redutores e redutores, pH, acidez titulável e atividade de água da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C.....	61
<b>Tabela 6</b> – Análise colorimétrica da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C.....	64
<b>Tabela 7</b> – Análise de Perfil de Textura (TPA) da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C.....	68
<b>Tabela 8</b> – Análises microbiológicas da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C.....	69

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
3. HIPÓTESE.....	12
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	13
4.1 Barras de cereais .....	13
4.2 Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC).....	17
4.3 Semente de abóbora .....	20
4.4 Amêndoa de ameixa desidratada .....	21
4.5 Feijão-de-porco .....	22
4.6 Mesocarpo de jenipapo .....	24
4.7 Irradiação de alimentos .....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
5. RESULTADOS.....	37
ARTIGO: INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA ESTABILIDADE NUTRICIONAL E MICROBIOLÓGICA EM BARRA DE CEREAIS FORMULADA COM PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANC).....	37
RESUMO .....	37
ABSTRACT .....	37
5.1 INTRODUÇÃO.....	38
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
5.2.1 Obtenção das matérias-primas .....	39
5.2.2 Processamento das PANC .....	39
5.2.3 Desenvolvimento da barra de cereais .....	42
5.2.4 Irradiação da barra de cereais .....	44
5.2.5 Caracterização físico-química das PANC e barra de cereais.....	45
5.2.6 Avaliação Colorimétrica .....	47
5.2.7 Análise de perfil de textura (TPA).....	47
5.2.8 Análises microbiológicas .....	48
5.2.9 Análise estatística .....	48
5.2.10 Comitê de Ética.....	48

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
5.3.1 Caracterização físico-química das PANC.....	48
5.3.2 Caracterização físico-química da barra de cereais.....	52
5.3.3 Avaliação Colorimétrica .....	62
5.3.4 Análise de perfil de textura (TPA).....	65
5.3.5 Análises microbiológicas .....	69
5.4 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS .....	71

## 1. INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de alimentos estão associados à degradação ambiental e ao declínio da biodiversidade. Os futuros sistemas alimentares precisarão evoluir para atender às necessidades de uma população global crescente através de uma transição para a sustentabilidade ambiental (NOTARNICOLA *et al.*, 2017; CRENNAN; SINKKO; SALA, 2019).

Nesse sentido, em resposta à maior demanda por produtos agrícolas, a Agenda 2030 da ONU (ONU, 2015) através do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 (ODS 12), propõe padrões de produção e de consumo sustentáveis, que são requisitos fundamentais para o controle da expansão da agricultura e superexploração dos recursos naturais. O impacto sobre o meio ambiente torna a cadeia de produção alimentar cada vez mais insubsistente, exigindo alimentos nutritivos, benéficos ao meio ambiente, resilientes e adaptáveis em larga escala. No entanto, o consumo das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) quando expandido em larga escala, pode aumentar a disponibilidade de novos tipos de alimentos com alto teor nutricional e incentivar a economia circular (REYES-GARCÍA *et al.*, 2015; RÖÖS *et al.*, 2017; BEYLOT *et al.*, 2019; KARLSSON; RÖÖS, 2019).

Estima-se que no Brasil existem pelo menos 3 mil espécies conhecidas de PANC, contudo, apesar do grande potencial alimentício, são necessários novos estudos que busquem fornecer maiores informações dos benefícios nutricionais para a população. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), nos últimos cem anos o número de plantas consumidas pelo ser humano caiu de 10 mil para 170 em todo o planeta (LIBERATO; LIMA; SILVA, 2019). Esse cenário é influenciado principalmente pela globalização e valorização de poucas espécies, constituídas em maior parte por plantas exóticas em detrimento das diversas espécies nativas, que são consumidas ocasionalmente devido a cultura regional (TULER; PEIXOTO; SILVA, 2019).

No Brasil, as PANC têm sido cultivadas com o intuito de estimular seu emprego na gastronomia para agregar valor nutricional e atributos sensoriais desejáveis. São utilizadas nas preparações culinárias como ingredientes principais ou complementos, as folhas, frutos, flores, caules, raízes, sementes, óleos, mucilagens e farinhas provenientes das diferentes partes dessas plantas. Sendo as mesmas consumidas *in natura*, refogadas, ou sob a forma de produtos processados, como geleias, molhos, massas, embutidos, dentre outros (PADILHA

*et al.*, 2020). À vista disso, o desenvolvimento de novos produtos a partir das PANC, pode aumentar o interesse da população por alimentos alternativos e impulsionar seu comércio.

A indústria de alimentos, atenta as mudanças socioeconômicas, vem buscando produtos com alta praticidade de transporte e consumo. As barras de cereais são alimentos com boa aceitação pelo consumidor, sendo uma opção conveniente para a incorporação de PANC na nutrição humana. Inserir as PANC na alimentação por meio das barras de cereais complementa nutricionalmente esse alimento, e agrega novos sabores para um cardápio mais adequado, saudável e consciente (SANTOS *et al.*, 2018; PADILHA *et al.*, 2020).

Em paralelo à preocupação com a utilização de novas formas alimentares mais sustentáveis, diferentes técnicas de processamento vêm sendo estudadas com o intuito de evitar perdas qualitativas e quantitativas decorrentes dos processos de deterioração nos alimentos. Para garantir a qualidade e prolongar a vida útil durante o armazenamento, vários métodos estão sendo empregados, especialmente os que não utilizam tratamentos térmicos, entre eles encontra-se a irradiação (BEARTH; SIEGRIST, 2019; BORTOLIN *et al.*, 2019). O tratamento de barras de cereais por irradiação é uma técnica de baixo custo, em comparação com outros métodos de conservação (DELINCÉE, 1998; VIEITES *et al.*, 2004), que pode contribuir para a segurança alimentar do produto, entretanto, são necessários estudos sobre os diferentes efeitos das doses de radiação na conservação dos alimentos.

Embora as PANC estejam inseridas na cultura e práticas agrícolas em algumas regiões do Brasil, ainda são escassos os estudos sobre seus potenciais usos na gastronomia, tornando esses recursos alimentares desconhecidos pela população. Portanto, o objetivo foi avaliar a estabilidade de barra de cereais formulada com PANC submetida à irradiação por Cobalto-60.

## **2. PROBLEMA DE PESQUISA**

A radiação influencia na eficácia da preservação da qualidade microbiológica e nutricional da barra de cereais elaborada com PANC?

## **3. HIPÓTESE**

H0: A irradiação da barra de cereais elaborada com PANC é eficaz na preservação da qualidade microbiológica e nutricional.

H1: A irradiação da barra de cereais elaborada com PANC é ineficaz na preservação da qualidade microbiológica e nutricional.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Barras de cereais

As barras de cereais foram introduzidas nas últimas décadas, a partir de uma crescente preocupação dos consumidores por uma alimentação saudável e nutritiva, que além de nutrir e fornecer energia, também promova benefícios para a saúde. Em virtude da riqueza de nutrientes como fibras, vitaminas e minerais, as barras de cereais ganharam bastante importância e popularidade no mercado global, pela conveniência e disponibilidade em diferentes tipos, marcas, sabores e composições nutricionais (BRITO *et al.*, 2013; ROBERTO *et al.* 2015; BCHIR *et al.*, 2018; CARVALHO; CONTI-SILVA, 2018; GARCIA *et al.*, 2018).

As mudanças atuais nos hábitos alimentares e estilo de vida dos consumidores aumentaram a demanda por praticidade, característica que vêm cada vez mais influenciando a escolha dos alimentos. As barras de cereais são de fácil transporte e amplamente consumidas como lanches rápidos e de baixo valor calórico, estando atualmente bem adaptadas ao estilo de vida moderno (BRITO *et al.*, 2013; SOUSA *et al.*, 2019; VOSS; CAMPOS; PINTADO, 2021).

Os principais consumidores das barras de cereais eram esportistas, entretanto, o constante crescimento em seu consumo, expandiu os segmentos de mercado desse produto, que hoje é consumido em todo o mundo, e bastante procurado por pessoas em dieta ou com problemas de saúde (FERREIRA; ROBERTO; CAMISA, 2018).

DEGÁSPARI, BLINDER e MOTTIN (2008), citam a existência de quatro tipos de barras de cereais no mercado: barras fibrosas, que são fontes de energia por conter altos níveis de glicose e fibras, sendo consumida geralmente após a prática de exercícios físicos; barras diet, que apresentam baixa quantidade de calorias, gorduras e açúcares, sendo adequadas para pessoas diabéticas ou em dietas de restrição calórica; barras energéticas, que são consumidas geralmente durante ou após a prática de atividades físicas devido ao seu grande aporte calórico e rápida absorção; e as barras proteicas, ideais para indivíduos que buscam ganho de massa muscular porque dispõem de grandes teores de proteína e baixo volume lipídico.

A produção das barras de cereais é realizada a partir da compactação de ingredientes secos com aglutinantes. Entre os materiais ligantes mais empregados estão o mel, açúcar mascavo, sacarose, glicose, óleos, gordura vegetal, colágeno hidrolisado, entre outros (PAIVA *et al.*, 2012; FERREIRA; ROBERTO; CAMISA, 2018).

As bases de cereais comumente empregadas são: trigo, milho, aveia e arroz (GARCIA *et al.*, 2018). Outros ingredientes como sementes, frutos, oleaginosas, leguminosas e resíduos orgânicos servem como enriquecimento nutricional, e as suas funcionalidades e estabilidade durante armazenamento vêm sendo incentivadas por estudos acadêmicos (CARVALHO; CONTI-SILVA, 2018; SANTOS *et al.*, 2018; KAUR *et al.*, 2018; SALAZAR *et al.*, 2019; MUNIZ *et al.*, 2020)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) vem recomendando inovações na produção de alimentos, que possibilitem aos consumidores maior disponibilidade de opções saudáveis e nutritivas no mercado (RAMÍREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2018). Diante disso, as indústrias alimentícias estrategicamente estão enriquecendo seus produtos com diversos tipos de vegetais e subprodutos que possam servir de carreadores de compostos ativos e nutrientes (BHARAT HELKAR; SAHOO; PATIL, 2016). As barras de cereais são alimentos convenientes para consumo, armazenamento e manuseio, podendo servir como veículo para a inserção desses ingredientes e seus benefícios na dieta humana (SUN-WATERHOUSE *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2019).

A valorização comercial das barras de cereais deve-se não apenas ao suprimento imediato de energia que proporcionam, mas também a grande influência positiva na nutrição das pessoas (TRIER; JOHNSTON, 2012; SOUSA *et al.*, 2019). Em vista disso, o desenvolvimento de formulação de barra de cereais utilizando PANC, é uma alternativa viável para o mercado ao possibilitar o aproveitamento de plantas ainda subutilizadas, e assim agregar maior valor econômico e aporte nutritivo. Atualmente, não existe no mercado barras de cereais elaboradas com sementes de abóbora, feijão-de-porco, amêndoa da ameixa desidratada e mesocarpo de jenipapo, e os estudos científicos (Tabela 1) não citam a junção dessas matérias-primas para o desenvolvimento de barras de cereais, sendo, portanto, um novo produto para o setor industrial.

**Tabela 1** – Estudos científicos acerca de diferentes matérias-primas e características de barras de cereais<sup>1</sup>

<b>Autor/Ano</b>	<b>Título</b>	<b>Produto</b>
Arévalo-Pinedo <i>et al.</i> (2013)	Desenvolvimento de barra de cereais à base de farinha de amêndoa de babaçu ( <i>Orbygnia speciosa</i> )	Barras de cereais com farinha de amêndoa de babaçu ( <i>Orbygnia speciosa</i> ) (SI)
Bchir <i>et al.</i> (2018)	Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars	Barras de cereais com fibras de pêra, maçã e tâmara (SI)
Becker & Krüger (2010)	Elaboração de barras de cereais com ingredientes alternativos e regionais do Oeste do Paraná	Barras de cereais com sementes de abóbora, melão e melancia, e farinha da casca de maracujá (SI)
Bueno <i>et al.</i> (2020)	Efeito do forneamento e resfriamento em barras de cereais elaboradas com resíduos de uva e de jabuticaba	Barras de cereais com resíduos de uva e jabuticaba (SI)
Damasceno <i>et al.</i> (2017)	Barra de cereal enriquecida com biomassa de <i>Spirulina platensis</i>	Barras de cereais com biomassa de microalga ( <i>Spirulina platensis</i> ) (SI)
Dias <i>et al.</i> (2020)	Obtenção de farinha de inhame para elaboração de barra de cereal como suplemento alimentar e funcional	Barras de cereais com farinha de inhame (SI)
Ferreira; Roberto & Camisa (2018)	Caracterização e Aceitabilidade de Barras de Cereais Enriquecidas com Colágeno Hidrolisado	Barras de cereais com colágeno hidrolisado (SI)
Fonseca <i>et al.</i> (2011)	Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi	Barras de cereais com casca de abacaxi (SI)
Freitas & Moretti (2005)	Barras de cereais elaboradas com proteína de soja e gérmen de trigo, características físico-químicas e textura durante armazenamento	Barras de cereais com proteína de soja e gérmen de trigo (SI)
Lima <i>et al.</i> (2021)	Formulação de barras alimentícias a base de coproduto do pedúnculo de caju ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) e soro de leite	Barras alimentícias com coproduto do pedúnculo de caju ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) e soro de leite (SI)
Marchese & Novello (2017)	Desenvolvimento e caracterização de barra de cereal salgada	Barra de cereal salgada (SI)



Muniz <i>et al.</i> (2020)	Solid-state fermentation for single-cell protein enrichment of guava and cashew by-products and inclusion on cereal bars	Barras de cereais com resíduos de caju e goiaba (SI)
Nadeem <i>et al.</i> (2018)	Development, characterization, and flavor profile of nutrient dense date bars	Barras de cereais com tâmaras (SI)
Pinheiro <i>et al.</i> (2020)	Propriedades nutricionais de barras de cereais produzidas a partir de farinha do fruto do marizeiro	Barras de cereais com farinha do fruto do marizeiro ( <i>Geoffroea spinosa</i> ) (SI)
Roberto <i>et al.</i> (2015)	Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais formuladas com casca e semente de goiaba	Barras de cereais com casca e semente de goiaba (SI)
Sethupathy <i>et al.</i> (2019)	Physical, sensory, in-vitro starch digestibility and glycaemic index of granola bars prepared using sucrose alternatives	Barras de cereais com granola e diferentes alternativas de sacarose (SI)
Silva <i>et al.</i> (2019)	Desenvolvimento de barra de cereais fortificada com adição dos vegetais: cenoura ( <i>Daucus carota</i> L.) e beterraba ( <i>Beta vulgaris</i> L.)	Barras de cereais com cenoura ( <i>Daucus carota</i> L.) e beterraba ( <i>Beta vulgaris</i> L.) (SI)
Souza <i>et al.</i> (2011)	Irradiação em barras de cereais incorporadas com casca de abacaxi	Barras de cereais com casca de abacaxi desidratada (CI)

<sup>1</sup> CI – com irradiação; SI – sem irradiação

## 4.2 Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC)

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) são empregadas na alimentação desde os tempos pré-históricos, contudo, ainda são pouco conhecidas ou exploradas pela maioria da sociedade, sendo excluídas do cardápio cotidiano (TULER; PEIXOTO; SILVA, 2019; BARBOSA *et al.*, 2021). Destaca-se que algumas plantas podem ser consideradas convencionais em determinadas regiões, mas caracterizadas como PANC em outras localidades (TERRA; VIERA, 2019). Esse consumo regional é resultado das diferentes culturas alimentares de cada população e pode dificultar a aceitação de plantas com potenciais alimentícios em um mesmo país (LIBERATO; LIMA; SILVA, 2019).

Criada em 2008 pelo Biólogo e Professor Valdely Ferreira Kinupp, a sigla PANC inclui espécies nativas, exóticas, silvestres, espontâneas ou cultivadas (LIBERATO; LIMA; SILVA, 2019). Constituem-se por partes ou produtos de vegetais que usualmente não são utilizados na alimentação humana, como exemplo: raízes, tubérculos, bulbos, rizomas, talos, folhas, brotos, flores, frutos, sementes, látex, resina e goma (KINUPP; BARROS, 2007). As partes de plantas convencionais que comumente não são consumidas, também podem ser conceituadas como PANC (BORGES; SILVA, 2018; TERRA; VIERA, 2019; MAR *et al.*, 2021).

As PANC são consideradas de baixo custo e normalmente apresentam crescimento espontâneo, mas podem ser cultivadas para obtenção de rendimentos mais elevados e disponibilidade imediata (KIBAR; KIBAR, 2017; PINELA; CARVALHO; FERREIRA, 2017). O cultivo das PANC é relativamente simples pois são pouco exigentes, adaptáveis à diferentes ambientes, resistentes às patologias e mudanças climáticas e apresentam alta variabilidade genética. Como um componente da agrobiodiversidade, as PANC são essenciais para a segurança alimentar e nutricional contribuindo para a sustentabilidade ambiental, resiliência de agroecossistemas e diversificação da produção vegetal (BIONDO *et al.*, 2018).

No Brasil, uma ampla diversidade de PANC são consumidas por agricultores familiares e comunidades tradicionais que cultivam essas espécies para subsistência (BHATIA *et al.*, 2018; LIBERATO; LIMA; SILVA, 2019). Desse modo, elas exercem um relevante papel na diversificação da alimentação (HARUMI IYDA *et al.*, 2019) e podem contribuir para a economia local e regional ao constituir uma fonte de renda alternativa para populações rurais (TULER; PEIXOTO; SILVA, 2019). No entanto, o crescimento espontâneo na natureza associado à falta de conhecimento, propiciam que as PANC sejam

consideradas invasoras e indesejáveis, sendo frequentemente chamadas de ervas daninhas, capoeiras, brejo, matos ou inços (KINUPP; BARROS, 2007; LIBERATO; LIMA; SILVA, 2019).

As propriedades nutricionais das PANC são atrativos para a indústria de alimentos (MAR *et al.*, 2021), uma vez que são fontes alimentares de proteínas, carboidratos, ácidos graxos, fibras, vitaminas, minerais e antioxidantes (KIBAR; KIBAR, 2017; PINELA; CARVALHO; FERREIRA, 2017). Assim, a ingestão de PANC pode fornecer um aporte de nutrientes e antioxidantes com efeitos fisiológicos benéficos para a saúde humana (LIBERATO; LIMA; SILVA, 2019; ALAM *et al.*, 2020; MAR *et al.*, 2021).

Além da relevância para a dieta humana, as PANC exercem um importante papel de complementação alimentar em regiões com períodos de escassez de alimentos, fome ou conflito, contribuindo para a redução da insegurança alimentar em populações locais (BHATIA *et al.*, 2018). Em função dessas características, a ingestão de PANC representa uma alimentação mais saudável, sustentável e de baixo impacto socioambiental (PADILHA *et al.*, 2021).

O consumo de PANC pode ser feito *in natura* ou após cocção (MAR *et al.*, 2021), diferenciando-se dependendo da espécie e do estágio de maturação. Entretanto, algumas variedades podem apresentar compostos tóxicos, sendo necessário processamentos térmicos adequados para uma ingestão segura (PINELA; CARVALHO; FERREIRA, 2017; SOUSA *et al.*, 2019).

Muitas das espécies de PANC eram amplamente consumidas (HARUMI IYDA *et al.*, 2019), estando inseridas na alimentação dos povos indígenas e posteriormente, de moradores de zonas rurais e periferias urbanas do Brasil (TERRA; VIERA, 2019). A atual subutilização nas dietas contemporâneas deve-se entre outros fatores a globalização após a Revolução Industrial, processos de expansão agrícola, criação de zonas de monoculturas, baixa disponibilidade no comércio, competição no mercado com hortaliças convencionais, estigmatização cultural ligada a percepção de pobreza e pouca informação sobre formas de uso e potencialidades nutricionais (REYES-GARCÍA *et al.*, 2015; BIONDO *et al.*, 2018; POHJANMIES *et al.*, 2021).

No entanto, nos últimos anos a popularidade das PANC vêm crescendo tanto entre os consumidores como na comunidade científica e indústria alimentícia (HARUMI IYDA *et al.*, 2019), em função da valorização de sabores locais, da busca por alimentos mais saudáveis e sustentáveis, e pela adesão de práticas de aproveitamento integral dos alimentos,

que minimizam o desperdício e a geração de resíduos sólidos (MENENDEZ-BACETA *et al.*, 2017).

Mundialmente, são conhecidas aproximadamente 300 mil espécies de plantas, contudo, o ser humano apenas utilizou em torno de 3 mil espécies para fins alimentícios. Dessas, cerca de 300 espécies representam a pequena parcela das plantas cultivadas pelo homem atualmente, que possui 90% da alimentação composta predominantemente por 15 espécies (arroz, trigo, milho, soja, sorgo, cevada, cana-de-açúcar, beterraba, feijão, amendoim, batata, batata-doce, mandioca, coco e banana) (PATERNIANI, 2001; TULER; PEIXOTO; SILVA, 2019).

O Brasil dispõe de uma das maiores biodiversidades do mundo. Todavia, na dieta cotidiana dos brasileiros observa-se o uso de poucas espécies, que representam o atual processo de globalização e homogeneização alimentar devido ao baixo conhecimento e negligência da riqueza e potencial alimentício das PANC (LIBERATO; LIMA; SILVA, 2019; TULER; PEIXOTO; SILVA, 2019).

Nas áreas de nutrição e tecnologia de alimentos, a utilização crescente de PANC para a formulação de novos produtos busca atender as necessidades do mercado por alimentos funcionais e nutracêuticos, e valorizar essas plantas tanto pelos seus benefícios para a saúde como também por constituírem elementos de identidade cultural (BIONDO *et al.*, 2018; HARUMI IYDA *et al.*, 2019). Desse modo, o estímulo ao consumo de PANC pode auxiliar a proteção de espécies presentes apenas em determinadas localidades, e colaborar para o estabelecimento de práticas que promovam a soberania e segurança alimentar, pois são plantas de crescimento espontâneo com elevado teor nutricional e custo inferior quando comparado com as hortaliças convencionais (KINUPP; BARROS, 2008; TULER; PEIXOTO; SILVA, 2019; TERRA; VIERA, 2019).

Atualmente, os estudos sobre PANC no Brasil ainda são escassos, embora sejam plantas que caracterizam a identidade, cultura e práticas agrícolas de populações locais (TULER; PEIXOTO; SILVA, 2019). O potencial nutricional, agrícola, econômico e ecológico dessas culturas alternativas, não correspondem a seu uso limitado e representam um desperdício de recursos para a economia e sociedade. Assim, as PANC demandam reconhecimento e estratégias de revalorização, que englobam estudos agroecológicos, químicos, nutricionais, tecnológicos, de bioatividade e segurança (BACCHETTA *et al.*, 2016).

### 4.3 Semente de abóbora

A abóbora (*Cucurbita moschata*) é uma planta herbácea anual pertencente à família Cucurbitaceae que produz frutos e sementes comestíveis (DARRUDI *et al.*, 2018), estando inserida na alimentação de comunidades rurais e urbanas de diferentes partes do mundo desde a Antiguidade (JACOBO-VALENZUELA *et al.*, 2011).

Em termos de morfologia, *C. moschata* (Figura 1) dispõe de uma variabilidade de formas, cores, tamanhos, entre outros. Os frutos costumam ser grandes com cascas lisas, rígidas e de espessura variável. A polpa volumosa pode exibir coloração amarronzada ou alaranjada. As sementes possuem formato elíptico oval com superfície de cor amarelada (JACOBO-VALENZUELA *et al.*, 2011).

**Figura 1** – Sementes de abóbora (*Cucurbita moschata*)



Fonte: autoria própria

Na culinária, as abóboras geralmente são assadas ou cozidas no vapor (DARRUDI *et al.*, 2018) e aplicadas em preparações como sopas, ensopados, tortas e pães (DOYMAZ, 2007). Suas sementes são consumidas em vários países como aperitivos após torra e salga, assim como utilizadas em métodos de cozimento, panificação, suplementação proteica e extração de óleo vegetal (JACOBO-VALENZUELA *et al.*, 2011; VINAYASHREE; VASU, 2021).

As sementes de abóbora são fontes de carboidratos, proteínas, lipídeos, fibras, vitaminas e minerais, sendo altamente nutritivas, funcionais e com grande potencial para a nutrição humana (SHEN *et al.*, 2019; VINAYASHREE; VASU, 2021). A inclusão de sementes de abóbora na dieta tem diversos efeitos positivos para a saúde humana. Dentre suas atividades biológicas, são relatados efeitos antioxidantes, antimicrobianos, anticancerígenos, anti-inflamatórios, hipoglicêmicos e hipotrigliceridêmicos (CAILI;

HUAN; QUANHONG, 2006; DASH; GHOSH, 2017; WANG *et al.*, 2017; DARRUDI *et al.*, 2018; VINAYASHREE; VASU, 2021).

Nos tempos atuais, a abóbora ainda é considerada um vegetal com baixa valorização nos setores científicos e industriais. Largamente utilizada como ração animal, as sementes de abóbora apresentam reduzido valor comercial apesar de sua riqueza nutricional e econômica (ENNEB *et al.*, 2020; VINAYASHREE; VASU, 2021).

#### 4.4 Amêndoa de ameixa desidratada

A ameixa (*Prunus domestica* L.) consiste em uma espécie da família Rosaceae e historicamente pode ser originária do sul da Europa ou da Ásia Ocidental, na região entre montanhas do Cáucaso e o Mar Cáspio (SARIGU *et al.*, 2017). É conhecida por seu valor nutricional em carboidratos, fibras, taninos, enzimas, minerais e vitaminas (ERTEKIN *et al.*, 2006; TURTURICA *et al.*, 2016).

O alto teor de compostos bioativos com capacidade antioxidante como polifenóis, carotenóides, antocianinas e ácidos orgânicos presentes nas ameixas, podem promover potenciais benefícios à saúde dos seres humanos (IGWE; CHARLTON, 2016; MOCAN *et al.*, 2018; MOHAGHEGH *et al.*, 2020). A ingestão regular de ameixa *in natura* pode prevenir câncer, diabetes e obesidade, contribuir no tratamento de distúrbios sanguíneos, digestivos e cardiovasculares, assim como minimizar danos celulares provocados por radicais livres (CHEN; LI; ZONG, 2012; TURTURICA *et al.*, 2016).

As ameixas maduras são drupas, compostas por um fino exocarpo protetor, um mesocarpo carnoso, e um endocarpo duro e espesso, popularmente chamado de caroço, que envolve a amêndoa (CERRI *et al.*, 2019). A fruta pode ser consumida *in natura*, desidratada ou empregada na gastronomia para o preparo de suco, néctar, caldas, bolos, compotas, purê, sorvetes, bebidas alcoólicas, entre outros (NIIMI; GUIXER; SPLIVALLO, 2020; PADILHA *et al.*, 2021).

A indústria de processamento de alimentos vem descartando anualmente toneladas de caroços de frutas e outros subprodutos agroindustriais (CHEN; LI; ZONG, 2012). Em decorrência da crescente produção mundial de ameixas, grandes quantidades de endocarpos são descartadas, no entanto, contém amêndoas (Figura 2) subutilizadas ricas em lipídeos e proteínas, que ao serem reaproveitadas podem beneficiar tanto o meio ambiente quanto o setor industrial (GÓRNAŚ; RUDZIŃSKA; SOLIVEN, 2017).

**Figura 2** – Amêndoa de ameixa desidratada



Fonte: autoria própria

Kostić *et al.* (2016) descrevem que os endocarpos de ameixa estão sendo empregados como biocombustíveis, constituindo uma nova fonte de energia de baixo custo. A utilização de amêndoas da ameixa como matéria-prima para a elaboração de novos produtos alimentares, representa uma alternativa econômica e ambiental para a transformação de resíduos de frutas em produtos de valor agregado com maior valorização comercial (PADILHA, *et al.* 2021).

#### 4.5 Feijão-de-porco

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), é uma leguminosa subexplorada da família Fabaceae extensamente distribuída na Ásia, Índia Ocidental, África e América do Sul (LIU *et al.*, 2014). *C. ensiformis* (Figura 3) é uma rica fonte de proteínas, que historicamente é utilizada em pesquisas bioquímicas (SÁ *et al.*, 2020) e como cultura alimentar por nativos do sudoeste dos Estados Unidos, México, países da América Central, Brasil, Peru, Equador e Índias Ocidentais (UDEDIBIE; CARLINI, 1998; LAWAL; ADEBOWALE, 2005).

**Figura 3** – Grãos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*)



Fonte: autoria própria

Consiste em um arbusto com crescimento vertical ou em escalada, de fácil cultivo e com características agronômicas de grande potencial econômico (UDEDIBIE; CARLINI, 1998; LIU *et al.*, 2014). *Canavalia ensiformis* possui a capacidade de se adaptar a solos desfavoráveis, exibindo bom crescimento inclusive em solos tropicais de várzea lixiviados e pobres em nutrientes. É favorecida a produzir altos rendimentos de biomassa em regiões de baixa altitude, alta temperatura e umidade relativa (VADIVEL; JANARDHANAN, 2001; BALLIANA *et al.*, 2017).

As vagens maduras de *C. ensiformis* apresentam coloração amarelada e comprimento de 20 a 35 cm. As sementes dessa planta (Figura 3) são grandes e rígidas podendo ser brancas, amareladas ou vermelhas, com comprimento de 1,8 a 2,6 cm (LIU *et al.*, 2014) (UDEDIBIE; CARLINI, 1998). A espécie atualmente têm sido utilizada como alimento, forragem, adubo, cobertura vegetal e para técnicas de fitorremediação (UDEDIBIE E CARLINI, 1998; VADIVEL E JANARDHANAN, 2001; LIU *et al.*, 2014; SANTANA *et al.*, 2019).

O feijão-de-porco contém diversos fitoquímicos, como a concanavalina A, rutina, quercitrina e  $\beta$ -aminopropionitrila (LIU *et al.*, 2014). Igualmente à outras leguminosas, as sementes de *C. ensiformes* devem ser consumidas após cocção ou processamento térmico (VADIVEL; JANARDHANAN, 2001), devido à presença de compostos tóxicos e antinutricionais que são reduzidos em altas temperaturas (UDEDIBIE; CARLINI, 1998). Na medicina, diferentes potenciais de uso do feijão-de-porco estão sendo relatados. Andriati *et al.* (2018) descrevem importantes propriedades biológicas para essa PANC, como antioxidante, inibição enzimática, antibiótico, antisséptico, atividade inseticida e tóxica em fungos.

A adição de leguminosas como o feijão-de-porco na produção alimentícia, principalmente de produtos à base de cereais, pode suprir carências nutritivas, ao fornecer aminoácidos importantes, gerando produtos com maior valor nutricional. Além disso, são plantas que apresentam baixo índice glicêmico e de teores de lipídeos, sendo livres de colesterol (POLAK *et al.*, 2015; JAN *et al.*, 2020).

A política pública relacionada a alimentação e a nutrição prevê a oferta de grupos de alimentos amiláceos como o milho, batata, feijão e arroz. A dieta humana carece de novas fontes de amido, o que torna o feijão-de-porco uma leguminosa interessante pelo alto teor de carboidratos. Apesar das variações alimentares devido à tradições e climas de cada população, ainda é escasso o emprego alternativo de leguminosas e outras fontes vegetais na



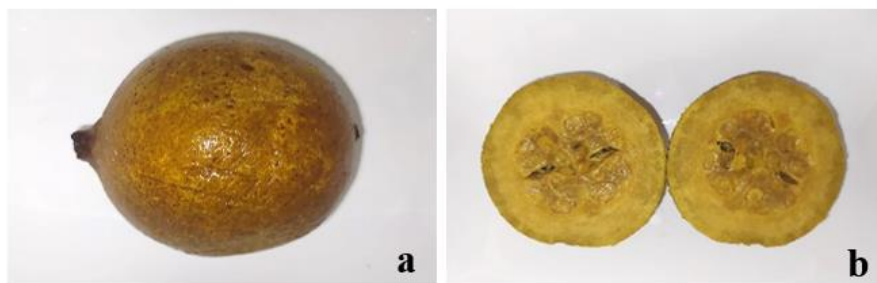
nutrição humana, fazendo do feijão-de-porco uma PANC de grande valor econômico, mas ainda de baixo interesse comercial (LAWAL; ADEBOWALE, 2005).

#### 4.6 Mesocarpo de jenipapo

O jenipapo (*Genipa americana* L.), pertencente a família Rubiaceae, é um fruto nativo do Brasil, mas encontrado também na América Central e do Sul. No Brasil, tribos indígenas da Amazônia utilizam a espécie há muito tempo para artesanatos, pintura corporal, medicina tradicional e alimentação animal (VASCONCELOS *et al.*, 2017; NERI-NUMA *et al.*, 2018).

No jenipapo são encontradas as seguintes partes: casca, mesocarpo, endocarpo e sementes (Figura 4). A maturação têm grande influência em suas características, pois no estágio verde possui casca firme de cor cinza ou marrom claro e polpa verde, enquanto maduro apresenta casca de coloração marrom escura, áspera e murcha, com polpa de cor marrom clara (NÁTHIA-NEVES *et al.*, 2017).

**Figura 4** – Jenipapo (*Genipa americana* L.): (a) inteiro e (b) cortado ao meio



Fonte: autoria própria

O fruto apresenta sabor e cheiro característico, sendo atualmente bastante reconhecido entre os estados do Nordeste brasileiro, contudo, *G. americana* é pertencente as PANC devido a sua baixa valorização comercial (BARBOSA *et al.*, 2021). É minimamente consumido *in natura*, sendo geralmente aplicado como matéria-prima na produção de balas, geleias, compotas, licores, sucos, sorvetes, bolos e farinhas (NÁTHIA-NEVES *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2020). O desenvolvimento de produtos derivados do fruto, contribuem para aumentar o seu consumo e agregar valor comercial a essa espécie de grande importância econômica (CARDOSO *et al.*, 2020).

Propriedades de coloração são atribuídas aos frutos verdes devido à presença de pigmentos azuis, derivados especialmente da genipina, um dos iridoides presentes em sua composição (NERI-NUMA *et al.*, 2017; NÁTHIA-NEVES; VARDANEGA; MEIRELES, 2019; NERI-NUMA *et al.*, 2020). Na indústria alimentícia, essa pigmentação natural vem sendo aproveitada para a fabricação de inúmeros alimentos como sorvetes, bebidas lácteas, doces, molhos, bolos e outros (MARTINS STRIEDER *et al.*, 2020).

A espécie é uma fonte de compostos fenólicos e diversos estudos farmacológicos relatam seu potencial antioxidante, anti-inflamatório, antimicrobiano, neuroprotetor e anticancerígeno (NÁTHIA-NEVES *et al.*, 2017; NÁTHIA-NEVES; MEIRELES, 2018). Na medicina popular, os frutos, cascas e folhas do jenipapeiro vêm sendo usados para o tratamento de várias patologias, entre elas hematomas, inflamações, anemia, úlceras, fraturas, torções e luxações (VASCONCELOS *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2018).

#### 4.7 Irradiação de alimentos

A irradiação de alimentos é uma tecnologia que utiliza ondas ou partículas eletromagnéticas para o controle da deterioração e segurança alimentar. Entre os principais tipos de alimentos irradiados estão as carnes, soja e derivados, chá, especiarias e vegetais frescos e desidratados (WANG *et al.*, 2021). Dentre as fontes de radiação mais empregadas, estão a radiação gama, raios X e feixes de elétrons. As radiações gama são formadas a partir de radionuclídeos, como o Cobalto-60, e representam o tratamento mais empregado para irradiar alimentos (CALADO *et al.*, 2018; RAVINDRAN; JAISWAL, 2019).

A capacidade das radiações ionizantes de danificar componentes das células, incluindo o material genético, ocasiona reações químicas que interrompem o funcionamento celular (CALADO *et al.*, 2018; RAVINDRAN; JAISWAL, 2019). Esses aspectos favorecem a extensão do prazo de validade, inativação de microrganismos, controle de insetos e atraso nos processos de amadurecimento e germinação dos vegetais (GALATI *et al.*, 2019).

O tratamento por irradiação não requer elevação da temperatura, conferindo aos alimentos poucas alterações físico-químicas e maior preservação dos componentes nutricionais quando comparado a outros métodos, entre os quais secagem, pasteurização e esterilização. Os alimentos quando submetidos à irradiação não sofrem modificações no sabor, odor e cor mantendo os seus atributos sensoriais conservados (LACROIX; OUATTARA, 2000; RAVINDRAN; JAISWAL, 2019; GALATI *et al.*, 2019). No entanto, vários fatores influenciam nos efeitos das reações químicas provocadas pela irradiação, entre

eles temos a dose de irradiação, composição dos alimentos, temperatura e a presença ou ausência de oxigênio (ALEKSIEVA; YORDANOV, 2018; HASSAN *et al.*, 2018; ROBICHAUD *et al.*, 2020).

As doses de irradiação aplicadas nos produtos alimentícios necessitam ser apropriadas para evitar a perda de qualidade (ALEKSIEVA; YORDANOV, 2018; HASSAN *et al.*, 2018). Na prática, a redução das doses de irradiação nos alimentos pode ser alcançada mediante a associação com outras metodologias de conservação que sinergicamente auxiliam na eficiência da irradiação sem comprometer a qualidade final (LACROIX; OUATTARA, 2000).

A seguridade e eficiência da irradiação de alimentos foram constatadas por meio de evidências científicas, que resultaram em seu reconhecimento por vários especialistas e autoridades como FDA, FAO, WHO, USDA, entre outros (LACROIX; OUATTARA, 2000; EHLERMANN, 2016; HASSAN *et al.*, 2018; RAVINDRAN; JAISWAL, 2019; ROBICHAUD *et al.*, 2020). A adoção da irradiação como método de processamento sanitário e fitossanitário já foi feita por mais de 50 países, em mais de 60 tipos de alimentos (IHSANULLAH; RASHID, 2017).

De acordo com a OMS, alimentos irradiados com dose total de até 10kGy são seguros e nutricionalmente apropriados para o consumo (LACROIX; OUATTARA, 2000; ROBICHAUD *et al.*, 2020). À vista disso, o tratamento por irradiação é uma tecnologia viável e de baixo custo que está em aumento na indústria de alimentos e vem ganhando aceitação na sociedade, devido a compreensão da técnica pelo público e a satisfação com a qualidade e segurança dos produtos (LACROIX; OUATTARA, 2000; FELICIANO, 2018).

Diversos trabalhos na literatura relatam a aplicação de irradiação para o monitoramento da qualidade dos alimentos. A presença de insetos já foi verificada durante o transporte e armazenamento de barras de cereais brasileiras. O efeito positivo do tratamento com radiação ionizante para o controle destes insetos foi observado quando aplicado doses de até 3,0 kGy, objetivando atingir uma dose mínima de 1,0 kGy na embalagem interna das barras de cereais (VILLAVICENCIO *et al.*, 2007). Desse modo, a irradiação de alimentos como barras de cereais, pode colaborar para a conservação e prevenção de doenças transmitidas por alimentos, estendendo a vida útil e garantindo higiene e segurança alimentar (IC; CETINKAYA, 2021).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM, M. K. *et al.* Comparative assessment of nutritional composition, polyphenol profile, antidiabetic and antioxidative properties of selected edible wild plant species of Bangladesh. **Food Chemistry**, v. 320, p. 126646, 2020.
- ALEKSIEVA, K. I.; YORDANOV, N. D. Various approaches in EPR identification of gamma-irradiated plant foodstuffs: A review. **Food Research International**, v. 105, p. 1019–1028, 2018.
- ANDRIATI, N. *et al.* Physicochemical characterization of jack bean (*Canavalia ensiformis*) tempeh. **Food Research**, v. 2, n. 5, p. 481–485, 2018.
- ARÉVALO-PINEDO, A. *et al.* Desenvolvimento de barra de cereais à base de farinha de amêndoa de babaçu (*Orbygnia speciosa*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 4, p. 405-411, 2013.
- BACCHETTA, L. *et al.* A manifesto for the valorization of wild edible plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 191, p. 180–187, 2016.
- BALLIANA, A. G. *et al.* Development of *Canavalia ensiformis* in soil contaminated with diesel oil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 1, p. 979–986, 2017.
- BARBOSA, D. M. *et al.* Does the label ‘unconventional food plant’ influence food acceptance by potential consumers? A first approach. **Heliyon**, v. 7, n. e06731, p. 1–7, 2021.
- BCHIR, B. *et al.* Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars. **Food Science and Technology International**, v. 24, n. 3, p. 198–208, 2018.
- BEARTH, A.; SIEGRIST, M. “As long as it is not irradiated” – Influencing factors of US consumers’ acceptance of food irradiation. **Food Quality and Preference**, v. 71, p. 141–148, 2019.
- BECKER, T. S.; KRÜGER, R. L. Elaboração de barras de cereais com ingredientes alternativos e regionais do Oeste do Paraná. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 14, n. 3, p. 217-224, 2010.
- BEYLOT, A. *et al.* Assessing the environmental impacts of EU consumption at macro-scale. **Journal of Cleaner Production**, v. 216, p. 382–393, 2019.
- BHARAT HELKAR, P.; SAHOO, A.;PATIL, N. J. Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients **International Journal of Waste Resources**, v. 6, n. 3, p. 1–6, 2016.
- BHATIA, H. *et al.* Traditionally used wild edible plants of district Udhampur, J&K, India.

**Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 14, n. 73, p. 1–13, 2018.

BIONDO, E. *et al.* Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais ocorrentes no Vale do Taquari, RS. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 4, n. 1, p. 61–90, 2018.

BORGES, C. K. G. D.; SILVA, C. C. PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANC): a divulgação científica das espécies na cidade de Manaus, AM. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 4, n. 11, p. 466–477, 2018.

BORTOLIN, E. *et al.* Detection of irradiated plant foods by photo- and thermally-stimulated luminescence. **Food Control**, v. 105, p. 113–122, 2019.

BRITO, A. L. B. *et al.* Classification of cereal bars using near infrared spectroscopy and linear discriminant analysis. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 924–928, 2013.

BUENO, T. M. *et al.* Efeito do forneamento e resfriamento em barras de cereais elaboradas com resíduos de uva e de jabuticaba. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e2879119783, 2020.

CAILI, F.; HUAN, S.; QUANHONG, L. A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, n. 2, p. 73–80, 2006.

CALADO, T. *et al.* Gamma irradiation effects on ochratoxin A: Degradation, cytotoxicity and application in food. **Food Chemistry**, v. 240, p. 463–471, 2018.

CARDOSO, D. R. *et al.* Potencial tecnológico e composição de Farinha de Jenipapo (*Genipa americana* L.) obtida por secagem em convecção. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 33448–33467, 2020.

CARVALHO, V. S.; CONTI-SILVA, A. C. Cereal bars produced with banana peel flour: evaluation of acceptability and sensory profile. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 1, p. 134–139, 2018.

CERRI, M. *et al.* Fruit size in different plum species (genus *Prunus* L.) is determined by post-bloom developmental processes and not by ovary characteristics at anthesis. **Scientia Horticulturae**, v. 255, p. 1–7, 2019.

CHEN, L.; LI, N.; ZONG, M. H. A glucose-tolerant  $\beta$ -glucosidase from *Prunus domestica* seeds: Purification and characterization. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 1, p. 127–132, 2012.

COSTA, R. B. *et al.* Purification and characterization of a lectin with refolding ability from *Genipa americana* bark. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 119, p. 517–523, 1 nov. 2018.

- CRENNA, E.; SINKKO, T.; SALA, S. Biodiversity impacts due to food consumption in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 227, p. 378–391, 2019.
- DAMASCENO, I. A. M. *et al.* Barra de cereal enriquecida com biomassa de *Spirulina platensis*. **Agrarian**, v. 10, n. 38, p. 278-287, 2017.
- DARRUDI, R. *et al.* Genetic diversity of *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita moschata* Duchesne accessions using fruit and seed quantitative traits. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 8, p. 60–66, 2018.
- DASH, P.; GHOSH, G. Proteolytic and antioxidant activity of protein fractions of seeds of *Cucurbita moschata*. **Food Bioscience**, v. 18, p. 1–8, 2017.
- DEGÁSPARI, C. H.; BLINDER, E. W.; MOTTIN, F. Perfil nutricional do consumidor de barras de cereais. **Visão Acadêmica**, v. 9, n. 1, p. 49–61, 2008.
- DELINCÉE, H. Detection of food treated with ionizing radiation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n. 2, p. 73-82, 1998.
- DIAS, J. S. R. *et al.* Obtenção de farinha de inhame para elaboração de barra de cereal como suplemento alimentar e funcional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15716-15735, 2020.
- DOYMAZ, I. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 243–248, 2007.
- EHLERMANN, D. A. E. The early history of food irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 129, p. 10–12, 2016.
- ENNEB, S. *et al.* Phytochemical profiles and nutritional composition of squash (*Cucurbita moschata* D.) from Tunisia. **South African Journal of Botany**, v. 130, p. 165–171, 2020.
- ERTEKIN, C. *et al.* Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 4, p. 508-514, 2006.
- FELICIANO, C. P. High-dose irradiated food: Current progress, applications, and prospects. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 144, p. 34–36, 2018.
- FERREIRA, P. M.; ROBERTO, B. S.; CAMISA, J. Caracterização e Aceitabilidade de Barras de Cereais Enriquecidas com Colágeno Hidrolisado. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 1, p. 155–171, 2018.
- FONSECA, R. S. *et al.* Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 61, n. 2, p. 216-223, 2011.
- FREITAS, D. G. C.; MORETTI, H. R. Barras de cereais elaboradas com proteína de soja e gérmen de trigo, características físico-químicas e textura durante armazenamento. **Archivos**

**Latinoamericanos de Nutrición**, v. 55, n. 3, p. 299-304, 2005.

GALATI, A. *et al.* Consumer interest in information regarding novel food technologies in Italy: The case of irradiated foods. **Food Research International**, v. 119, p. 291–296, 2019.

GARCIA, A. *et al.* Physical-sensory evaluation of a cereal bar with quinoa: a preliminary study. **Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research**, v. 15, n. 1, p. 25–36, 2018.

GÓRNAŚ, P.; RUDZIŃSKA, M.; SOLIVEN, A. Industrial by-products of plum *Prunus domestica* L. and *Prunus cerasifera* Ehrh. as potential biodiesel feedstock: Impact of variety. **Industrial Crops and Products**, v. 100, p. 77–84, 2017.

HARUMI IYDA, J. *et al.* Nutritional composition and bioactivity of *Umbilicus rupestris* (Salisb.) Dandy: An underexploited edible wild plant. **Food Chemistry**, v. 295, p. 341–349, 2019.

HASSAN, A. B. *et al.* Effects of gamma irradiation on the protein characteristics and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 144, p. 85–91, 2018.

IC, E.; CETINKAYA, N. Food safety and irradiation related sanitary and phytosanitary approaches - Chinese perspective. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 181, p. 109324, 2021.

IGWE, E. O.; CHARLTON, K. E. A Systematic Review on the Health Effects of Plums (*Prunus domestica* and *Prunus salicina*). **Phytotherapy Research**, v. 30, p. 701–731, 2016.

IHSANULLAH, I.; RASHID, A. Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries. **Food Control**, v. 72, p. 345–359, 2017.

JACOBO-VALENZUELA, N. *et al.* Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca: A Review. **Food Research International**, v. 44, p. 2587–2593, 2011.

JAN, A. *et al.* Brown rice based weaning food treated with gamma irradiation evaluated during storage. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 177, p. 109158, 2020.

KARLSSON, J. O.; RÖÖS, E. Resource-efficient use of land and animals—Environmental impacts of food systems based on organic cropping and avoided food-feed competition. **Land Use Policy**, v. 85, p. 63–72, 2019.

KAUR, R. *et al.* Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 9, p. 3584–3591, 2018.

KIBAR, B.; KIBAR, H. Determination of the nutritional and seed properties of some wild

edible plants consumed as vegetable in the Middle Black Sea Region of Turkey. **South African Journal of Botany**, v. 108, p. 117–125, 2017.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Riqueza de Plantas Alimentícias Não Convencionais na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 63-65, 2007.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

KOSTIĆ, M. D. et al. Optimization and kinetic modeling of esterification of the oil obtained from waste plum stones as a pretreatment step in biodiesel production. **Waste Management**, v. 48, p. 619-629, 2016.

LACROIX, M.; OUATTARA, B. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products - A review. **Food Research International**, v. 33, n. 9, p. 719-724, 2000.

LAWAL, O. S.; ADEBOWALE, K. O. Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (*Canavalia ensiformis*) starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n. 3, p. 331–341, 2005.

LIBERATO, P. S.; LIMA, D. V. T.; SILVA, G. M. B. Pancs - PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS E SEUS BENEFÍCIOS NUTRICIONAIS. **Environmental Smoke**, v. 2, n. 2, p. 102–111, 2019.

LIMA, J. K. A. et al. Biototoxicity of aqueous extract of *Genipa americana* L. bark on red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). **Industrial Crops and Products**, v. 156, p. 112874, 2020.

LIMA, S. K. R. et al. Formulação de barras alimentícias a base de coproduto do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L) e soro de leite. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e7010111213, 2021.

LIU, M. Q. et al. Genetic diversity and relationships among *Canavalia ensiformis* (L.) DC. Accessions as revealed by sequence-related amplified polymorphism markers. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 57, p. 242–249, 2014.

MAR, J. M. et al. Edible flowers from *Theobroma speciosum*: Aqueous extract rich in antioxidant compounds. **Food Chemistry**, v. 356, p. 129723, 2021.

MARCHESE, N. R.; NOVELLO, Z. Desenvolvimento e caracterização de barra de cereal salgada. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 11, n. 1, p. 2150-2164, 2017.

MENENDEZ-BACETA, G. et al. Trends in wild food plants uses in Gorbeialdea (Basque



Country). **Appetite**, v. 112, p. 9–16, 2017.

MOCAN, A. *et al.* Development of novel techniques to extract phenolic compounds from Romanian cultivars of *Prunus domestica* L. and their biological properties. **Food and Chemical Toxicology**, v. 119, p. 189–198, 2018.

MOHAGHEGH, S. *et al.* A comparative study of eco-friendly silver nanoparticles synthesis using *Prunus domestica* plum extract and sodium citrate as reducing agents. **Advanced Powder Technology**, v. 31, n. 3, p. 1169–1180, 2020.

MUNIZ, C. E. S. *et al.* Solid-state fermentation for single-cell protein enrichment of guava and cashew by-products and inclusion on cereal bars. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 25, p. 101576, 2020.

NADEEM, M. *et al.* Development, characterization, and flavor profile of nutrient dense date bars. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 10, p. e13622, 2018.

NÁTHIA-NEVES, G. *et al.* Extraction of bioactive compounds from genipap (*Genipa americana* L.) by pressurized ethanol: Iridoids, phenolic content and antioxidant activity. **Food Research International**, v. 102, n. September, p. 595–604, 2017.

NÁTHIA-NEVES, G.; MEIRELES, M. A. A. Genipap: A New Perspective on Natural Colorants for the Food Industry. **Food and Public Health** 2018, v. 8, n. 1, p. 21–33, 2018.

NÁTHIA-NEVES, G.; VARDANEGA, R.; MEIRELES, M. A. A. Extraction of natural blue colorant from *Genipa americana* L. using green technologies: Techno-economic evaluation. **Food and Bioproducts Processing**, v. 114, p. 132–143, 2019.

NERI-NUMA, I. A. *et al.* Genipin: A natural blue pigment for food and health purposes. **Trends in Food Science and Technology**, v. 67, p. 271–279, 2017.

NERI-NUMA, I. A. *et al.* Iridoid blue-based pigments of *Genipa americana* L. (Rubiaceae) extract: Influence of pH and temperature on color stability and antioxidant capacity during in vitro simulated digestion. **Food Chemistry**, v. 263, p. 300–306, 2018.

NERI-NUMA, I. A. *et al.* Genipap (*Genipa americana* L.) fruit extract as a source of antioxidant and antiproliferative iridoids. **Food Research International**, v. 134, p. 109252, 2020.

NIIMI, J.; GUIXER, B.; SPLIVALLO, R. Odour active compounds determined in the headspace of yellow and black plum wines (*Prunus domestica* L.). **LWT**, v. 130, p. 109702, 2020.

NOTARNICOLA, B. *et al.* Environmental impacts of food consumption in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 753–765, 2017.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transforming our world: The 2030**

**agenda for sustainable development.** General Assembly 70 session, 2015.

PADILHA, M. R. F. et al. Composição centesimal da amêndoa do endocarpo da ameixa—Resíduo Alimentar. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 55041-55052, 2021.

PADILHA, M. R. F. et al. Plantas Alimentícias Não Convencionais Presentes Em Feiras Agroecológicas Em Recife: Potencial Alimentício. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64928–64940, 2020.

PAIVA, A. P. et al. Characterization of food bars manufactured with agroindustrial by-products and waste. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 3, p. 333–340, 2012.

PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 303-326, 2001.

PINELA, J.; CARVALHO, A. M.; FERREIRA, I. C. F. R. Wild edible plants: Nutritional and toxicological characteristics, retrieval strategies and importance for today's society. **Food and Chemical Toxicology**, v. 110, p. 165–188, 2017.

PINHEIRO, L. S. S. et al. Propriedades nutricionais de barras de cereais produzidas a partir de farinha do fruto do marizeiro. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e4849108707, 2020.

POHJANMIES, T. et al. Abundance and diversity of edible wild plants in managed boreal forests. **Forest Ecology and Management**, v. 491, p. 119151, 2021.

POLAK, R.; PHILLIPS, E. M.; CAMPBELL, A. Legumes: health benefits and culinary approaches to increase intake. **Clinical Diabetes**, v. 33, n. 4, p. 198-205, 2015.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K. et al. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 674–680, 2018.

RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Wholesomeness and safety aspects of irradiated foods. **Food Chemistry**, v. 285, p. 363–368, 2019.

REYES-GARCÍA, V. et al. From famine foods to delicatessen: Interpreting trends in the use of wild edible plants through cultural ecosystem services. **Ecological Economics**, v. 120, p. 303–311, 2015.

ROBERTO, B. S. et al. Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais formuladas com casca e semente de goiaba. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 1, p. 39–48, 2015.

ROBICHAUD, V. et al. Effect of  $\gamma$ -irradiation on the microbial inactivation, nutritional value, and antioxidant activities of infant formula. **LWT**, v. 125, p. 109211, 2020.

RÖÖS, E. et al. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under

- different livestock futures. **Global Environmental Change**, v. 47, n. January, p. 1–12, 2017.
- SÁ, C. A. *et al.* Risk assessment of the antifungal and insecticidal peptide Jaburetox and its parental protein the Jack bean (*Canavalia ensiformis*) urease. **Food and Chemical Toxicology**, v. 136, p. 110977, 2020.
- SALAZAR, N. A. *et al.* Evaluation of Some Ingredients and Energy Content on Front-of-Pack Cereal Bar Labeling as Drivers of Choice and Perception of Healthiness: A Case Study with Exercisers. **Journal of Food Science**, v. 84, n. 8, p. 2269–2277, 2019.
- SANTANA, N. A. *et al.* Earthworms and mycorrhization increase copper phytoextraction by *Canavalia ensiformis* in sandy soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 182, n. 109383, p. 1–11, 2019.
- SANTOS, C. C. *et al.* Aceitabilidade sensorial de barras de cereais formuladas a partir de resíduos agroindustriais. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 10, n. 4, p. 1864–1870, 2018.
- SARIGU, M. *et al.* Phenotypic identification of plum varieties (*Prunus domestica* L.) by endocarps morpho-colorimetric and textural descriptors. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 136, p. 25–30, 2017.
- SETHUPATHY, P. *et al.* Physical, sensory, in-vitro starch digestibility and glycaemic index of granola bars prepared using sucrose alternatives. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 1, p. 348-356, 2019.
- SHEN, Q. *et al.* Comparative analysis of electron microscopic structure of seed testa, lignin and biosynthesis-related enzyme activities in hulled and hull-less seeds of *Cucurbita moschata*. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 137–143, 2019.
- SILVA, L. A. A. *et al.* Desenvolvimento de barra de cereais fortificada com adição dos vegetais: cenoura (*Daucus carota* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Research, Society and Development**, v. 8, n. 1, p. e2681598, 2019.
- SOUSA, M. F. *et al.* Characterization of corn (*Zea mays* L.) bran as a new food ingredient for snack bars. **LWT**, v. 101, p. 812–818, 2019.
- SOUZA, A. R. M. *et al.* Irradiação Em Barras De Cereais Incorporadas Com Casca De Abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 610–614, 2011.
- STRIEDER, M. M. *et al.* Low-frequency and high-power ultrasound-assisted production of natural blue colorant from the milk and unripe *Genipa americana* L. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 66, n. 105068, p. 1–28, 2020.
- SUN-WATERHOUSE, D. *et al.* Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1369-1379, 2010.
- TERRA, S. B.; VIERA, C. T. R. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs):

- levantamento em zonas urbanas de Santana do Livramento, RS. **Ambiência**, v. 15, n. 1, p. 112–130, 2019.
- TRIER, C.M.; JOHNSTON, C.S. Ingestion of nutrition bars high in protein or carbohydrate does not impact 24-h energy intakes in healthy young adults. **Appetite**, v. 59, n. 3, p. 778–781, 2012.
- TULER, A. C.; PEIXOTO, A. L.; SILVA, N. C. B. DA. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguesia**, v. 70, 2019.
- TURTURICA, M. *et al.* Effect of thermal treatment on phenolic compounds from plum (*Prunus domestica*) extracts - A kinetic study. **Journal of Food Engineering**, v. 171, p. 200–207, 2016.
- UDEDIBIE, A. B. I.; CARLINI, C. R. Questions and answers to edibility problem of the *Canavalia ensiformis* seeds - A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, p. 95–106, 1998.
- VADIVEL, V.; JANARDHANAN, K. Diversity in nutritional composition of wild jack bean (*Canavalia ensiformis* L. DC) seeds collected from south India. **Food Chemistry**, v. 74, p. 507–511, 2001.
- VASCONCELOS, A. L. *et al.* Anatomical characterization of ultra-structures, biominerals and histolocalization of metabolites in leaves of *Genipa americana*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, p. 541–548, 2017.
- VIEITES, R. L. *et al.* Efeito da embalagem e da irradiação gama no controle da contaminação microbiana da manga minimamente processada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 3, p. 197-206, 2004.
- VILLAVICENCIO, A. L. C. H. *et al.* Sensorial analysis evaluation in cereal bars preserved by ionizing radiation processing. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 76, n. 11–12, p. 1875–1877, 2007.
- VINAYASHREE, S.; VASU, P. Biochemical, nutritional and functional properties of protein isolate and fractions from pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Kashi Harit) seeds. **Food Chemistry**, v. 340, p. 128177, 2021.
- VOSS, G. B.; CAMPOS, D. A.; PINTADO, M. M. Cereal Bars Added With Probiotics and Prebiotics. *In: Probiotics and Prebiotics in Foods*. 2021. p. 201–217.
- WANG, L. *et al.* Purification, characterization and bioactivity determination of a novel polysaccharide from pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds. **Food Hydrocolloids**, v. 66, p. 357–364, 2017.

WANG, Y. *et al.* Migration of polymer additives and radiolysis products from irradiated PET/PE films into a food simulant. **Food Control**, v. 124, p. 107886, 2021.

## 5. RESULTADOS

### ARTIGO: INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA ESTABILIDADE NUTRICIONAL E MICROBIOLÓGICA EM BARRA DE CEREAIS FORMULADA COM PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANC)

#### RESUMO

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) são vegetais com potencial alimentício e de crescimento espontâneo, que demandam aprofundamento quanto à propriedade nutricional, para assim valorizar o consumo e produção em escala industrial. A inserção de PANC na formulação de produtos alimentícios como barra de cereais, pode fomentar o interesse de um público ávido por novos produtos funcionais. O objetivo foi desenvolver e avaliar a estabilidade de barra de cereais formulada com PANC submetida à irradiação por Cobalto-60. As barras de cereais foram submetidas a diferentes doses de irradiação (0,5; 1,0 e 2,0 kGy), seguido de armazenamento por 90 dias a 25°C, com retiradas de amostras mensalmente. Foram analisadas as estabilidades físico-química (composição centesimal, valor energético total, açúcares redutores e não redutores, pH, acidez titulável, atividade de água, avaliação colorimétrica e textura instrumental) e microbiológica (Coliformes totais, *Escherichia coli*, Bolores e leveduras e *Salmonella* sp.). Os dados foram avaliados pela análise de variância e comparados pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). A aplicação da irradiação nas barras de cereais com PANC não provocou grandes perdas dos constituintes nutricionais. Todas as amostras atenderam os parâmetros microbiológicos exigidos pela legislação vigente, demonstrando a associação entre as condições higiênico-sanitárias adequadas e as boas práticas de fabricação no processamento. A incorporação de PANC atribuiu qualidade nutricional e a irradiação colaborou para a conservação das barras de cereais. Portanto, as barras de cereais formuladas com PANC apresentam potencial comercial, e a irradiação sendo uma tecnologia de baixo custo pode ser utilizada em larga escala na indústria alimentícia.

**Palavras-chave:** desenvolvimento sustentável, radiação ionizante, vida útil.

#### ABSTRACT

The Non-Conventional Food Plants (PANC) are vegetables with food potential and spontaneous growth, which require further study as to their nutritional properties, in order to enhance consumption and production on an industrial scale. The insertion of PANC in the formulation of food products such as cereal bars can promote the interest of a public eager for new functional products. The objective was to develop and evaluate the stability of a cereal bar formulated with PANC submitted to Cobalt-60 irradiation. The cereal bars were submitted to different doses of irradiation (0,5; 1,0 and 2,0 kGy), followed by storage for 90 days at 25°C, with samples taken every month. The physicochemical (centesimal composition, total energy value, reducing and non-reducing sugars, pH, titratable acidity, water activity, colorimetric evaluation and instrumental texture) and microbiological (total coliforms, *Escherichia coli*, molds and yeasts and *Salmonella* sp.) stabilities were analyzed. The data were evaluated by variance analysis and compared by Duncan's test ( $p < 0,05$ ). The application of irradiation to the cereal bars with PANC did not cause major losses of nutritional constituents. All samples met the microbiological parameters required by current

legislation, demonstrating the association between adequate hygienic-sanitary conditions and good manufacturing practices in processing. The incorporation of PANC attributed nutritional quality and the irradiation collaborated to the conservation of the cereal bars. Therefore, the cereal bars formulated with PANC have commercial potential, and irradiation being a low cost technology can be used in large scale in the food industry.

**Keywords:** sustainable development, ionizing radiation, shelf life.

## 5.1 INTRODUÇÃO

Os consumidores estão mais preocupados com a saúde e comumente buscam alimentos que tragam benefícios para o organismo e impactos positivos no equilíbrio ambiental (SHAHID; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, 2013; NERI-NUMA *et al.*, 2020). As barras de cereais foram desenvolvidas como uma alternativa à crescente demanda da alimentação humana por alimentos mais naturais, nutritivos e saudáveis. O aumento no consumo destes produtos está associado à sua praticidade e conveniência na ingestão de nutrientes, além de fácil disponibilidade e transporte (FERREIRA *et al.*, 2007).

As barras de cereais são obtidas através da compactação de ingredientes secos como cereais, frutas e oleaginosas com agentes ligantes, dentre eles, o mel, açúcar mascavo, sacarose e gordura vegetal (FERREIRA; ROBERTO; CAMISA, 2018) (GARCIA *et al.*, 2018). A formulação das barras de cereais permite a incorporação de diversos ingredientes, como as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC).

As PANC são plantas ou partes delas que habitualmente não estão inseridas nas escolhas alimentares. Algumas PANC são consumidas tradicionalmente em determinadas regiões, porém predominantemente desconhecidas e pouco exploradas por grande parcela da sociedade. A inserção de PANC na alimentação possibilita uma dieta saudável, sustentável, diversificada e com maior aporte nutricional. Além disso, as PANC são fontes de carboidratos, proteínas, lipídeos, fibras, minerais, vitaminas e compostos bioativos, tornando-as excelentes matérias-primas para a produção de alimentos com propriedades funcionais (KIBAR; KIBAR, 2017; PINELA; CARVALHO; FERREIRA, 2017).

As indústrias alimentícias vêm utilizando frequentemente novas tecnologias com o intuito de conservar e estender a vida útil de alimentos (NERI-NUMA *et al.*, 2020) A irradiação é um método eficiente e que provoca poucas alterações nas características físicas e químicas dos alimentos, quando comparado a outras metodologias convencionais (RAVINDRAN; JAISWAL, 2019; GALATI *et al.*, 2019). Contudo, as doses de radiação ionizante aplicadas nos produtos alimentícios necessitam ser adequadas para evitar reações

químicas indesejadas e a perda de qualidade (ALEKSIEVA; YORDANOV, 2018; HASSAN et al., 2018). Assim, para a manutenção das propriedades dos alimentos torna-se necessário o estudo das possíveis modificações geradas por essa técnica (SOUZA *et al.*, 2011).

À vista disso, as PANC constituem um ingrediente alternativo para barras de cereais, podendo ser uma opção viável para o interesse do mercado consumidor por alimentos mais nutritivos que complementem a alimentação humana. O desenvolvimento de novos produtos alimentares irradiados com adição de PANC, pode agregar valor e qualidade tecnológica, além de facilitar seu comércio, possibilitando a geração de emprego e renda (BIONDO *et al.*, 2018; HARUMI IYDA *et al.*, 2019).

Visto que os sistemas alimentares atuais necessitam cada vez mais de alimentos com potencial nutricional e sustentável, o consumo das PANC pode suprir essa necessidade, principalmente se expandido em larga escala. Entretanto, ainda existe uma escassez de trabalhos científicos sobre as Plantas Alimentícias Não Convencionais. Dessa forma, o objetivo foi avaliar a estabilidade de barra de cereais formulada com PANC submetida à irradiação por Cobalto-60.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processamento e Análise de Alimentos no Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos no Departamento de Ciências do Consumo da UFRPE e no Departamento de Energia Nuclear da UFPE.

### 5.2.1 Obtenção das matérias-primas

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC): farinha da semente de abóbora (FSA), farinha de amêndoa de ameixa desidratada (FAAD), farinha de feijão-de-porco (FFP) e mesocarpo de jenipapo (MJ) foram elaboradas como descrito no item 5.2.2.

### 5.2.2 Processamento das PANC

#### a) Elaboração da farinha de semente de abóbora (FSA)

Realizou-se a seleção de frutos disponíveis para comercialização com estado físico íntegro. Posteriormente, foi realizada a higienização com água potável para a retirada de



sujidades, seguida de imersão em solução de hipoclorito de sódio (2,5%) por 15 minutos e enxágue com água potável. As sementes foram removidas (utensílios de aço inoxidável) e lavadas com água potável para retirada de resíduos da polpa.

A secagem das sementes foi realizada em estufa com circulação e renovação de ar MA035 (Marconi, Piracicaba, Brasil), em temperatura de  $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  até peso constante. Posteriormente, foi feita a trituração em moinho multiuso TE-631/2 (Tecnal, Piracicaba, Brasil). A farinha foi peneirada durante 15 minutos em agitador de peneiras eletromagnético (60 Mesh) (Lucadema, São José do Rio Preto, Brasil). A amostra retida (Figura 5) foi acondicionada em recipientes herméticos, e armazenadas sob temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  em estufa incubadora BOD TE-371 (Tecnal, Piracicaba, Brasil), protegida da luz e umidade.

**Figura 5** – Farinha de semente de abóbora (FSA)



Fonte: autoria própria

b) Elaboração da farinha de amêndoa de ameixa desidratada (FAAD)

As ameixas desidratadas com caroços foram cortadas (utensílios de aço inoxidável) para a retirada dos endocarpos e fragmentadas fisicamente para a extração das amêndoas. Posteriormente, foram utilizados os mesmos métodos de lavagem, sanitização, trituração, peneiramento e armazenamento empregados para a obtenção da FSA (Figura 6).

**Figura 6** – Farinha de amêndoa de ameixa desidratada (FAAD)



Fonte: autoria própria

### c) Elaboração da farinha de feijão-de-porco (FFP)

Para o estudo, foram selecionadas as vagens de feijão-de-porco que apresentavam casca íntegra e comprimento de 20 a 35 cm aproximadamente. O processo de debulha para retirada dos grãos das vagens foi realizado manualmente, descartando-se as sementes danificadas. Em seguida, as cascas dos grãos sadios foram retiradas (utensílios de aço inoxidável), e procedeu-se com as etapas de higienização, sanitização, secagem, trituração, peneiramento e armazenamento descritas acima para a obtenção da FSA (Figura 7).

**Figura 7** – Feijão-de-porco (*C. ensiformis*): (a) cascas e grãos, (b) grãos sem casca e (c) FFP



Fonte: autoria própria

### d) Cristalização de jenipapo

Os jenipapos com casca íntegra foram selecionados para a realização do processo de cristalização. Após lavagem com água potável para retirada de sujidades, os frutos foram imersos em solução de hipoclorito de sódio (2,5%) por 15 minutos, enxaguados com água potável e secos com papel toalha. Em seguida, foi realizado o descascamento, retirada das sementes e corte em cubos de aproximadamente 5mm de largura e comprimento.

Os cubos de jenipapo foram imersos em xarope de açúcar mascavo (70°Brix), na proporção 1:4 (amostra/solução), e aquecidos até fervura por 15 minutos, seguido de repouso por 24 horas à temperatura ambiente (aproximadamente 25°C). Prosseguindo, os jenipapos foram drenados, colocados em papel toalha para retirar o excesso de xarope e levados para secagem em estufa com circulação e renovação de ar MA035 (Marconi, Piracicaba, Brasil), à 65°C ± 5°C, no qual permaneceram aproximadamente por 5±1 horas, tempo necessário para atingir umidade máxima de 25% (BRASIL, 2005). Os cubos cristalizados (Figura 8)

foram acondicionados em recipientes herméticos, com armazenamento a 25°C em estufa incubadora BOD TE-371 (Tecnal, Piracicaba, Brasil), protegido da luz e umidade.

**Figura 8** – Jenipapo cristalizado



Fonte: autoria própria

### 5.2.3 Desenvolvimento da barra de cereais

A produção da barra de cereais ocorreu no Laboratório de Processamento e Análise de Alimentos no Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE. A formulação foi elaborada com ingredientes sólidos (50%) e agente aglutinante (50%), como mostra a Tabela 2.

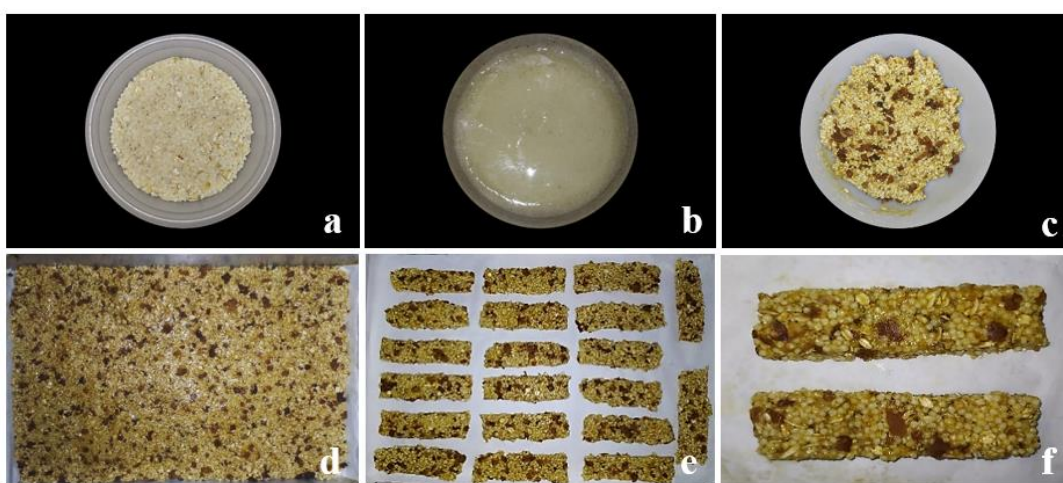
**Tabela 2** – Ingredientes para produção da barra de cereais formulada com PANC

<b>Ingredientes sólidos</b>	<b>(g/100g)</b>
Flocos de aveia	13
Flocos de arroz	13
Farinha de semente de abóbora	8
Farinha de amêndoa de ameixa desidratada	2
Farinha de feijão-de-porco	4
Jenipapo cristalizado	10
<b>Ingrediente aglutinante</b>	
Xarope de glicose	50

Os ingredientes sólidos foram pesados separadamente, homogeneizados e reservados para serem acrescentados ao material aglutinante. O xarope de glicose foi aquecido em temperatura de aproximadamente 95°C por 2 min. Após o tempo estabelecido, os componentes sólidos foram adicionados ao agente ligante e homogeneizados ainda sob aquecimento, por aproximadamente 30 segundos.

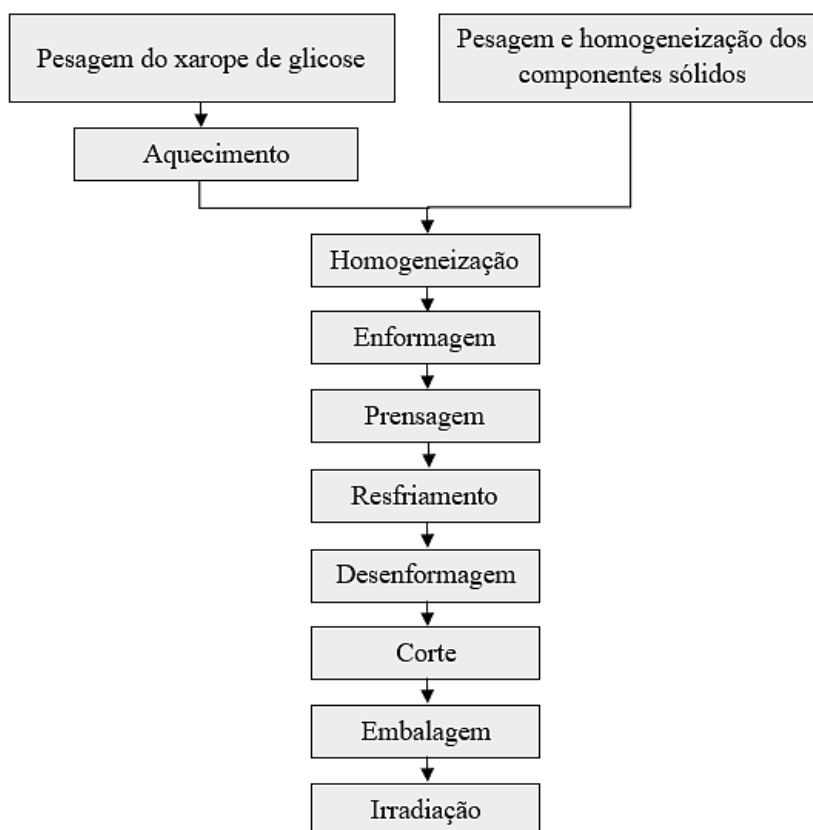
A massa foi modelada manualmente em molde retangular por meio de pressão com rolo compactador de massas, e em seguida resfriada a 5°C por 1 hora em refrigerador. O corte das barras foi efetuado com faca de aço inoxidável, padronizando-se o tamanho em 10x3x1cm (comprimento, largura e espessura, respectivamente), com aproximadamente 25g cada (Figura 9).

**Figura 9** – Etapas de produção da barra de cereais formulada com PANC: (a) Ingredientes secos (cereais e farinhas de PANC); (b) xarope de glicose; (c) homogeneização (ingredientes secos, aglutinante e jenipapo cristalizado); (d) massa modelada; (e) corte da massa e (f) barras de cereais com PANC



Fonte: autoria própria

O acondicionamento das barras de cereais foi feito em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade (PEBD), que receberam selagem à vácuo em seladora DZ280A (Tecfag®, Bauru, Brasil), sob pressão de 0.45 MPa. As amostras foram envolvidas em papel alumínio, formando uma embalagem secundária para proteção da luz, conforme Roberto *et al.*, 2015. Por último, foi realizado o acondicionamento em recipientes herméticos e encaminhamento das barras de cereais para o processo de irradiação (Figura 10).

**Figura 10** – Fluxograma do desenvolvimento da barra de cereais formulada com PANC

Fonte: autoria própria

#### 5.2.4 Irradiação da barra de cereais

As barras de cereais foram separadas em quatro lotes, de acordo com a dose de radiação a ser recebida (doses 0 (controle); 0,5; 1 e 2 kGy). As amostras foram enviadas ao Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e em irradiador com fonte de Cobalto-60 Gammacell 220® (MDS Nordion, Ottawa, Canadá) foram submetidas em temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) as doses correspondentes a cada lote.

Posteriormente, foi feito o armazenamento no Laboratório de Processamento e Análise de Alimentos no Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, sob temperatura de 25°C em estufa incubadora BOD TE-371 (Tecnal, Piracicaba, Brasil), por 90 dias com periodicidade mensal (0, 30, 60 e 90 dias) para os testes físico-químicos e microbiológicos.

### 5.2.5 Caracterização físico-química das PANC e barra de cereais

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos no Departamento de Ciências do Consumo da UFRPE. As determinações de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos e valor energético foram realizadas tanto nas PANC (FSA, FAAD, FFP e MJ) quanto na barra de cereais. Enquanto que as análises de açúcares redutores, açúcares não redutores, acidez titulável, pH e atividade de água, foram quantificadas somente na barra de cereais. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média  $\pm$  desvio padrão.

#### a) Umidade

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C, baseando-se na perda de peso do produto submetido até peso constante, segundo metodologia descrita por AOAC (2011). Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

#### b) Cinzas

O resíduo mineral fixo foi obtido por incineração em mufla a 550°C, até a visualização de resíduo com coloração branca ou cinza claro seguindo a metodologia proposta por AOAC (2011). Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

#### c) Proteínas

A fração proteica foi quantificada pelo método de Kjeldahl, que se baseia na determinação do teor de nitrogênio na amostra convertido em proteína por meio do fator de conversão (N x 6,25), conforme metodologia recomendada por AOAC (2011). Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

#### d) Lipídeos

O teor de lipídeos foi definido pelo método de Soxhlet, que determina gravimetricamente a fração lipídica do material através de extração com solventes orgânicos

apolares, segundo método proposto por AOAC (2011). Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

#### e) Carboidratos

O teor de carboidratos foi calculado por diferença, subtraindo-se de 100 (cem) o somatório dos valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios e cinzas (AOAC, 2011). Conforme a equação apresentada abaixo:

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ cinzas}).$$

(Equação 1)

#### f) Valor energético total (VET)

O valor energético foi estimado utilizando os fatores de conversão de Atwater (AOAC, 2011): 4 kcal/g de carboidratos, 9 kcal/g de lipídios e 4 kcal/g de proteínas, utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{Energia} = 4 \times \text{carboidratos} + 9 \times \text{lipídeos} + 4 \times \text{proteínas}.$$

(Equação 2)

#### g) Açúcares não redutores (ANR) e redutores (AR)

A quantificação de açúcares não redutores e redutores, foi realizada por meio do método volumétrico de Lane-Eynon, segundo AOAC (2011). O princípio do método fundamenta-se na capacidade dos glicídios, em meio fortemente alcalino e a quente, de formar enodiol, composto com forte poder redutor, que em presença de  $\text{Cu}^{++}$  se oxida e reduz o cobre a  $\text{Cu}^+$ , dando origem a um precipitado vermelho tijolo de  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

#### h) pH

O pH foi determinado pelo método eletrométrico, de acordo com metodologia proposta por AOAC (2011). O pH-metro previamente calibrado com soluções padrões foi utilizado inserindo-se o eletrodo na solução homogeneizada do material com água destilada, registrando-se os resultados após a estabilização do equipamento.

#### i) Acidez titulável (AT)

A avaliação da acidez titulável foi realizada através da titulação com solução de álcali padrão a acidez do produto, de acordo com AOAC (2011). Utilizou-se o indicador fenolftaleína (1%) e solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N até obtenção da coloração rósea permanente por 30 segundos. Os resultados foram expressos em percentagem (v/p).

#### j) Atividade de água (Aw)

Para a determinação da atividade da água foi utilizado o aparelho Aqualab 3TE (Decagon Devices, Pullman, WA, USA) em temperatura de 25°C.

### 5.2.6 Avaliação Colorimétrica

A análise da cor instrumental foi realizada em 3 pontos da barra de cereais, sendo 1 no centro e 2 nas extremidades. Utilizou-se o colorímetro portátil Color Reader CR-400 (Konica Minolta®, Tokyo, Japan) previamente calibrado com um padrão branco antes de cada análise, operando com fonte de luz uma lâmpada de xenônio, iluminante C ( $Y=92.78$ ;  $x=0.3139$ ;  $y=0.3200$ ), ângulo de observação de 2° e área de medição de 8 mm de diâmetro. A cor foi expressa de acordo com os padrões de cor do sistema CIE LAB – “Comission Internationale de L’Eclairage”:  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

A coordenada  $L^*$  apresenta valores entre 0 e 100, equivalentes ao preto e branco, respectivamente, e indica a luminosidade da amostra analisada. A coordenada  $a^*$  possui valores entre -60 a +60, com os extremos correspondendo ao verde e ao vermelho, respectivamente. A coordenada  $b^*$  também inclui valores entre -60 a +60, com extremos correspondendo ao azul e amarelo, respectivamente (MACDOUGALL, 2002).

### 5.2.7 Análise de perfil de textura (TPA)

A textura instrumental foi determinada usando um analisador de textura TA-CT3 (Brookfield®, Middleboro, USA), com uma probe cilíndrica de 12,7mm de diâmetro e extremidade plana. Empregou-se deformação de 50% da amostra, e velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 2mm/s. Os atributos analisados foram: dureza, elasticidade, mastigabilidade e coesividade. Cada amostra foi analisada separadamente em triplicata.



### 5.2.8 Análises microbiológicas

A avaliação microbiológica da barra de cereais foi realizada no Laboratório de Processamento e Análise de Alimentos no Departamento Tecnologia Rural da UFRPE, com o objetivo de verificar os padrões microbiológicos estabelecidos pela RDC nº331/2019 (BRASIL, 2019). Os ensaios foram realizados com periodicidade mensal (0, 30, 60 e 90 dias).

Para a contagem de coliformes totais utilizou-se a técnica dos tubos múltiplos estabelecida pela American Public Health Association (BLODGETT, 2010), e os resultados foram expressos em Número Mais Provável por grama (NMP/g). Na contagem de *Escherichia coli*, e presença/ausência de *Salmonella* sp. foram utilizados kits comerciais Compact Dry® (Nissui Pharmaceutical, Tokyo, Japan) aprovadas pela Codex Alimentarius, I.C.M.S.F., APHA, FDA, ISSO Standards e AOAC para uso em análises microbiológicas de alimentos. A detecção de bolores e leveduras foi feita através da técnica de semeadura em superfície de placa (Spread Plate) (SILVA *et al.*, 2017). Os resultados foram expressos em Unidades Formadoras de Colônias (UFC/g).

### 5.2.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com posterior análise comparativa por meio do teste de Duncan ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o programa Statistica 5.0, StatSoft® (Tulsa, OK, USA).

### 5.2.10 Comitê de Ética

A pesquisa intitulada “Estabilidade de barra de cereais formulada com Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) submetida à irradiação” foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFRPE (CEP/UFRPE), conforme CAAE nº: 41216220.2.0000.9547, a fim de empregar radiação na produção de barras de cereais com PANC para consumo humano.

## 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.3.1 Caracterização físico-química das PANC

A farinha de semente de abóbora (FSA) apresentou teor de umidade de 4,18% (Tabela 3). Valores semelhantes foram observados por Fortes *et al.* (2020) e Anjos *et al.*

(2017), que encontraram respectivamente 4,11% e 4,46% de umidade em farinha de semente de abóbora (*Cucurbita moschata*). Quantificou-se neste trabalho o valor médio para o teor de cinzas de 4,22% e 27,72% de proteína (Tabela 3). Rezig *et al.* (2012) ao analisar semente de abóbora (*Cucurbita maxima*) e Anjos *et al.* (2017) em estudo sobre farinha de semente de abóbora (*Cucurbita moschata*), descrevem resultados similares para cinzas com 3,97% e 4,21% respectivamente. Os mesmos autores obtiveram teores proteicos mais elevados que o percentual de 27,72% observado na FSA (Tabela 3), citando respectivamente 33,92% e 32,20%. Nas cinzas estão inseridas a maior parte dos constituintes inorgânicos ou minerais de um alimento, sendo assim, a FSA pode ser considerada uma matéria-prima fonte de minerais (AMIN *et al.*, 2019).

O percentual lipídico da FSA (Tabela 3) apresentou valor médio (36,73%) próximo aos relatados em farinhas de sementes de abóbora (*C. moschata*) por Vinayashree & Vasu (2021), Fortes *et al.* (2020) e Anjos *et al.* (2017), e em farinha de semente de *C. maxima* citada por Vieira *et al.* (2021), com resultados de 33,48%, 35,13%, 35,94%, 36,32% respectivamente. De acordo com Anjos *et al.* (2017), esses números podem ser justificados pela presença de 44 a 50% de fração oleosa nas sementes de abóbora. Diversos autores ao estudarem essa matéria-prima descrevem que o alto conteúdo de proteínas, lipídeos e minerais, servem como uma importante fonte nutricional para o enriquecimento de formulações alimentares (BORGES; BONILHA; MANCINI, 2009; NYAM *et al.* 2009; ANJOS *et al.* 2017; FORTES *et al.*, 2020; VINAYASHREE; VASU, 2021).

**Tabela 3** – Composição centesimal e valor energético da farinha de semente de abóbora, farinha de amêndoa de ameixa desidratada, farinha de feijão-de-porco e mesocarpo de jenipapo<sup>1,2,3</sup>

Parâmetros (%)	FSA	FAAD	FFP	MJ
Umidade	4,18 ± 0,61c	14,58 ± 0,62a	6,69 ± 0,21b	77,34 ± 0,42
Cinzas	4,22 ± 0,21b	0,68 ± 0,05a	2,33 ± 0,03c	1,13 ± 0,02
Proteína	27,72 ± 0,67b	20,37 ± 0,38c	33,37 ± 0,87a	0,69 ± 0,14
Lipídeos	36,73 ± 0,85b	41,04 ± 2,76a	3,52 ± 1,19c	1,06 ± 0,78
Carboidratos	27,16 ± 0,83b	23,33 ± 1,05c	54,09 ± 0,29a	19,78 ± 0,72
VET (Kcal/100g)	550,08 ± 4,92a	544,18 ± 2,22b	381,48 ± 3,38c	91,43 ± 3,05

<sup>1</sup> FSA - farinha de semente de abóbora; FAAD - farinha de amêndoa de ameixa desidratada; FFP - farinha de feijão-de-porco; MJ - mesocarpo de jenipapo

<sup>2</sup> Resultados expressos em média ± desvio padrão

<sup>3abc</sup> Médias iguais na horizontal entre as farinhas não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

Quanto aos carboidratos da FSA, os valores (27,16%) (Tabela 3) são superiores aos resultados de Anjos *et al.* (2017), com média de 23,18% em farinha de semente de *C. moschata*. Segundo Amin *et al.* (2019), as sementes constituem uma reserva nutricional de carboidratos nas plantas. Para o valor energético (550,08 Kcal/100g), os dados da FSA (Tabela 3) estão de acordo aos descritos por Vieira *et al.* (2021), que obtiveram 543,24 Kcal/100g em farinha de semente de *C. maxima*.

No conteúdo de umidade da FAAD (Tabela 3), foi encontrado percentual de 14,58%, superior aos dados relatados por Tareen *et al.* (2021) em amêndoas de damasco (*Prunus armeniaca* L.), que apresentaram variações de 3,87 a 4,93%, e ao descrito por Padilha *et al.* (2021) em amêndoa de ameixa desidratada (*P. domestica* L.) com percentual médio de 7,8%.

Na FAAD foi quantificado valor médio de 0,68% para cinzas, 41,04% de lipídeos e 23,33% de carboidratos (Tabela 3). Os resultados corroboram com os encontrados por Kamel & Kakuda (1992) que reportaram teor de cinzas de 0,6%, 45,9% de lipídeos e 22,4% de carboidratos ao investigar amêndoas de ameixa (*P. domestica* L.). O elevado percentual lipídico existente em amêndoas do gênero *Prunus*, representa nessas espécies significativas fontes de gorduras para fins industriais (WANG, 2013; KIANI, *et al.* 2015).

A quantidade de proteínas (20,37%) (Tabela 3) determinada na FAAD foi próxima ao relatado por Padilha *et al.* (2021) que encontraram 23,71% em amêndoa de ameixa desidratada (*P. domestica* L.). Os mesmos autores descreveram valor energético de 454,8 Kcal/100g em amêndoa de ameixa desidratada (*P. domestica* L.), sendo inferior ao observado na FAAD (544,18 Kcal/100g) (Tabela 3), provavelmente pelo menor teor lipídico encontrado pelos autores (21,08%). Ainda segundo Padilha *et al.* (2021), o alto teor proteico da amêndoa de ameixa, tornam essa PANC um potencial ingrediente para a inserção em novos produtos alimentícios. Górnas, Rudzińska & Soliven (2017) relatam que a utilização dos endocarpos das ameixas pelas indústrias de processamento, como matéria-prima ou para a extração de óleo, pode agregar valor aos resíduos, gerando benefícios econômicos e ambientais devido à grande quantidade de subprodutos que são descartados atualmente pelo setor industrial.

A FFP apresentou umidade de 6,69% (Tabela 3), valor superior ao descrito por Vadivel & Janardhanan (2001) que reportaram umidade média de 7,0% em farinha de *Canavalia ensiformis*. Para o teor de cinzas, o resultado de 2,33% (Tabela 3) é acima do percentual de 1,95% quantificado por Ugwuona & Suwaba (2013) em farinha de feijão-deporco desengordurada, cujo processo de extração de lipídeos pode ter ocasionado a diminuição do resíduo mineral fixo. Agbede & Aletor (2005) ao analisar farinha de *C.*

*ensiformis* obtida por técnicas de descascamento e torrefação, obteve dado superior de 2,7% de cinzas, o que pode ser justificado pela maior conservação dos elementos minerais no processamento com torrefação, quando comparado à secagem por estufa convencional empregada na FFP. As cinzas estão correlacionadas a quantidade de minerais presentes em um alimento, assim, a FFP pode apresentar esses constituintes em sua composição nutricional.

A proteína (33,37%) (Tabela 3) encontrada na FFP foi similar aos valores observados por Acevedo *et al.* (2013) que obtiveram percentual de 32,4% em farinha de *Canavalia ensiformis*. Isso sugere que a FFP pode servir como uma potencial fonte não convencional de proteína vegetal, sendo adequada para aplicação na indústria alimentícia. O teor lipídico (3,52%) foi mais elevado que aos valores observados por Souza *et al.* (1991) que reportaram 4,40% em estudo com farinha de feijão-de-porco. O valor de carboidratos (54,09%) (Tabela 3) da FFP foi correspondente a média de 50,6% encontrada por Vadivel & Janardhanan (2001) em farinha de *C. ensiformis*. Esses dados demonstram que a FFP pode representar uma opção alternativa para a obtenção de carboidratos na dieta humana. O valor energético (381,48 Kcal/100g) (Tabela 3) obtido na FFP está de acordo com os resultados de Souza *et al.* (1991) que obtiveram 389,3 Kcal/100g ao estudar farinha de feijão-de-porco.

Agbede & Aletor (2005) afirmam que a quantificação de nutrientes em *C. ensiformes* varia de acordo com os tipos de grãos e as diferentes técnicas empregadas para processamento. Além disso, a qualidade nutricional, as boas características agrônômicas e o potencial produtivo, fazem do feijão-de-porco uma fonte alternativa de energia e proteína vegetal para suplementação de cereais e outros produtos agrícolas.

Em relação ao parâmetro de umidade das farinhas deste trabalho (FSA, FAAD e FFP), Chisté & Cohen (2011) descrevem que as diferenças de resultados entre os autores podem estar associadas a espessura do produto, bem como as técnicas de secagem e preparo empregadas, como exemplo, o tempo e a temperatura utilizados. A RDC nº263/2005 estipula que a umidade máxima para farinhas é de 15% (BRASIL, 2005). Dessa forma, a FSA, FAAD e FFP encontram-se de acordo com as especificações da legislação vigente, ressaltando que a umidade maior foi da farinha de amêndoa de ameixa, devido ao seu alto percentual lipídico, apresentando diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para as demais farinhas (Tabela 3). O elevado teor de umidade poderia representar uma degradação acelerada e redução da vida útil nas farinhas (ANJOS *et al.*, 2017). Quanto aos teores de proteínas, as farinhas obtidas nesse estudo apresentaram valores acima de 12% (Tabela 3), tendo a farinha de feijão-de-porco apresentado o maior valor (33,37%), com diferenças significativas para as demais

farinhas ( $p < 0,05$ ), sendo classificadas como produtos com alto conteúdo proteico de acordo com a RDC nº 54/2012 (BRASIL, 2012).

O MJ apresentou valores de umidade (77,34%) (Tabela 3) abaixo do encontrado em mesocarpo de *Genipa americana* por Bentes *et al.* (2015) – 80,87%, e Náthia-Neves *et al.* (2017) – 82,9%. Hamacek *et al.* (2013) afirmam que a elevada umidade e casca frágil presentes no jenipapo, podem acelerar a deterioração enzimática e contaminação microbiológica, comprometendo a conservação da qualidade do jenipapo *in natura*. O teor de cinzas identificado (1,13%) (Tabela 3) foi próximo aos resultados observados por Bentes *et al.* (2015) em mesocarpo de jenipapo, e Pacheco *et al.* (2014) em polpa de jenipapo na base úmida, com 0,95% e 1,1% respectivamente.

Os dados de proteínas no MJ (0,69%) (Tabela 3) foram próximos aos obtidos por Pacheco *et al.* (2014) e Bentes *et al.* (2015) em mesocarpo de *G. americana*, com 0,5% e 0,62%, respectivamente. Náthia-Neves *et al.* (2017) determinaram a composição de mesocarpo de jenipapo e reportaram valor lipídico de 4%, sendo acima do alcançado neste estudo (1,06%) (Tabela 3). Os dados indicam que o mesocarpo de jenipapo não caracteriza uma fonte de proteínas e lipídios, quando comparado com as demais matérias-primas (FSA, FAAD e FFP) (Tabela 3).

Os carboidratos no MJ foram de 19,78% (Tabela 3), estes resultados são superiores aos obtidos em mesocarpo de jenipapo por Souza *et al.* (2012) (4,43%) e inferiores aos encontrados por Náthia-Neves *et al.* (2017) (37,0%). Para o valor energético do MJ (91,43 Kcal/100g) (Tabela 3), Pacheco *et al.* (2014) encontraram valores próximos de 90,7 Kcal/100g em polpa de jenipapo na base úmida.

Em comparação com outros estudos, as variações dos resultados na composição centesimal das matérias-primas (FSA, FAAD, FFP e MJ) podem estar relacionadas a diversos fatores, como época de colheita, estágio de maturação, distribuição geográfica, variedade, clima de cultivo, exposição solar, fertilidade do solo e manejo pós-colheita (NYAM *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2012; REZIG *et al.* 2012; PACHECO *et al.* 2014; SILVA *et al.*, 2015; ENNEB *et al.*, 2020).

### 5.3.2 Caracterização físico-química da barra de cereais

#### a) Umidade

Os dados mostraram que o teor de umidade das barras de cereais elaboradas com PANC diminuiu significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação ao controle, depois da irradiação

com doses 0,5 e 2kGy no tempo 0 (Tabela 4). Essas mudanças podem ser atribuídas à penetração da energia da radiação através dos raios gama provocando a hidrólise da água (JAN *et al.*, 2020). Entretanto, durante o período de armazenamento por 30, 60 e 90 dias, as amostras irradiadas com doses 0,5 e 2kGy sofreram aumento no conteúdo de umidade com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). Esse comportamento pode estar vinculado a característica higroscópica das farinhas de PANC utilizadas na elaboração das barras de cereais (NAGI *et al.*, 2012). Por outro lado, no tratamento com dose 1kGy, no tempo 0, verificou-se um aumento da umidade significativo ( $p < 0,05$ ) ao ser comparado com o controle, e após 90 dias não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabela 4). Ao se comparar a umidade no tempo 0 e após o tempo de 90 dias, no controle e em todas as doses de irradiação, verifica-se que a umidade foi reduzida significativamente ( $p < 0,05$ ) no controle e na dose 1 kGy (Tabela 4).

A determinação de umidade nos alimentos é fundamental, pois reflete em sua composição, bem como na estabilidade e qualidade (PINHEIRO *et al.*, 2020). Além disso, baixos teores de umidade em barras de cereais garantem armazenamento estável, textura e aumento da vida útil, uma vez que evitam o escurecimento enzimático e o crescimento de microrganismos deterioradores, pois a elevada umidade favorece o desenvolvimento de bactérias fermentativas e bolores e leveduras (LIMA *et al.*, 2010; BECKER; KRÜGER, 2010, ARÉVALO-PINEDO *et al.*, 2013).

As barras de cereais com PANC diferiram entre si variando de 12,43% a 24,53% de umidade (Tabela 4). Na maior parte das amostras os valores de umidade apresentados não atenderam aos padrões estabelecidos pela RDC nº263/2005, que estabelece o limite máximo de 15% de umidade para produtos à base de cereais (BRASIL, 2005). Este resultado pode ter sido acarretado pelo maior teor de umidade exposto na caracterização do mesocarpo de jenipapo e pela quantidade de xarope de glicose, influenciando na umidade final do produto. Apesar das análises microbiológicas estarem em conformidade com os parâmetros exigidos pela legislação vigente, a formulação deste trabalho pode ser aperfeiçoada por meio da redução ou substituição de ingredientes.

## b) Cinzas

As cinzas representam o resíduo inorgânico remanescente de uma amostra após queima da matéria orgânica. Constituem-se de diversos elementos minerais, principalmente K, Na, Ca e Mg, e menores frações de Al, Fe, Cu, Mn e Zn. O conteúdo de cinzas em cereais

chega até 3,3%, portanto, as barras de cereais formuladas com PANC apresentaram quantidades de cinzas dentro do esperado (Tabela 4) (FERREIRA; ROBERTO; CAMISA, 2018).

Os teores de cinzas encontrados nas barras do presente estudo não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) após a aplicação da irradiação (tempo 0) (Tabela 4). No entanto, o resíduo mineral fixo aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) em todas as doses de irradiação, ao se comparar com o controle nos 90 dias de armazenamento. Sendo o menor percentual registrado de 1,23% no controle, no tempo 0, e o maior percentual (1,76%) no tratamento com dose 2kGy com 90 dias (Tabela 4). Pode-se considerar que a aplicação de PANC na formulação de barras de cereais é viável, pois auxiliam no aporte de minerais na alimentação humana.

### c) Proteínas

As barras de cereais elaboradas com PANC sofreram aumento significativo ( $p < 0,05$ ) nos teores de proteína logo após serem submetidas a irradiação (tempo 0), e após o armazenamento de 30, 60 e 90 dias no controle e em todas as doses de irradiação, exceto em 60 e 90 dias com a dose de 1kGy (Tabela 4). Este comportamento pode ser justificado pelo impacto da radiação na desagregação de formas complexas de proteínas em moléculas mais simples que acarretam uma alta capacidade de extração proteica (BHAT *et al.*, 2009; REDDY; VISWANATH, 2019). No tempo de armazenagem com 60 dias, as amostras irradiadas com 1kGy alcançaram o menor teor de proteínas (6,60%), o que coincidiu com o maior nível de umidade registrado neste estudo (24,53%) (Tabela 4). Fato este que pode estar correlacionado a contribuição da elevada umidade para a produção de radicais livres, que consequentemente intensificam a degradação proteica pela radiação e provocam a liberação de polipeptídeos (BHAT *et al.*, 2009; EL-RAWAS *et al.*, 2012; REDDY; VISWANATH, 2019). No período de 90 dias, apenas o tratamento com dose 1kGy apresentou redução significativa ( $p < 0,05$ ) de proteínas em relação ao tempo inicial (Tabela 4).

As barras de cereais desenvolvidas neste estudo contêm teores proteicos relativamente elevados por causa da incorporação de ingredientes ricos em proteínas na formulação, entre eles, aveia, semente de abóbora, amêndoa de ameixa desidratada e feijão-de-porco. Segundo a RDC nº 54/2012 (BRASIL, 2012), por conter valores acima de 6%, as barras de cereais com PANC enquadram-se como um alimento fonte de proteínas, sendo um

atributo desejável por constituírem nutrientes essenciais com importantes funções biológicas (FONSECA *et al.*, 2011).

#### d) Lipídeos

No tempo 0 verifica-se aumento significativo ( $p < 0,05$ ) nos teores de lipídeos nas barras de cereais com PANC após os tratamentos de irradiação aplicados, com maiores valores presentes nas doses 1 (7,13%) e 2 (6,19%) kGy (Tabela 4). No entanto, durante o armazenamento por 30 dias ocorreu uma diminuição desse nutriente nas amostras irradiadas (Tabela 4). A variação da composição lipídica pode ser justificada pelos lipídeos serem um dos nutrientes com mais sensibilidade para a irradiação (AZIZ; SOUZAN; AZZA, 2006). No final do tempo de armazenamento constata-se uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) dos lipídeos em todas as amostras (Tabela 4). A diminuição da concentração pode estar relacionada a capacidade de ionização dos raios gama, que acarretam a ruptura estrutural de grandes moléculas lipídicas e a conversão para outras formas, ocasionando uma degradação oxidativa nos lipídeos (BHAT *et al.*, 2009).

Os percentuais de lipídeos das barras de cereais com PANC são derivados da adição de semente de abóbora e da amêndoa de ameixa desidratada, ingredientes com maior riqueza desse componente alimentar. Ainda segundo Roberto *et al.* (2015), os flocos de aveia empregados na formulação das barras de cereais com PANC possuem teor lipídico entre 4,00 e 11,00%, contribuindo também para os valores de lipídeos no produto. Esse nutriente também constitui nos alimentos a parcela com maior valor calórico, dessa forma, teores baixos de lipídeos atendem à demanda atual dos consumidores (RAMÍREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2018). Todavia, as PANC utilizadas na formulação agregam lipídios de boa qualidade auxiliando no valor nutricional das barras de cereais.

#### e) Carboidratos

As barras de cereais submetidas as doses 0,5 e 2kGy (71,66% e 70,47% respectivamente) apresentaram maiores valores de carboidratos no tempo 0 (Tabela 4). As amostras irradiadas com a dose 1kGy (63,49%) mostraram o menor percentual de carboidratos (tempo 0), contudo, após os 90 dias de armazenagem observou-se um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) nos valores desse tratamento (71,59%) (Tabela 4). Comportamento que pode estar associado ao efeito da irradiação na quebra de macromoléculas complexas de



carboidratos que estão ligadas a proteínas e lipídeos, liberando moléculas mais simples que elevam o conteúdo de carboidratos (BHAT *et al.*, 2009).

Os carboidratos foram os principais componentes nas barras de cereais formuladas com PANC, correspondendo a faixa de 58,80% a 72,63% (Tabela 4) da composição entre as amostras estudadas. Esses altos teores são decorrentes da formulação das barras de cereais composta por uma alta concentração de cereais e da adição de açúcar mascavo e xarope de glicose. Apesar de ser o nutriente que mais influenciou o valor energético do produto, os carboidratos dos cereais e PANC utilizados neste estudo, estão associados à fibras alimentares, proteínas e lipídeos que podem conter um baixo índice glicêmico (BATISTA *et al.*, 2007). Tendo como exemplo, a aveia que possui polissacarídeos como a beta-glucana com potenciais benefícios para a saúde humana (QIN *et al.*, 2021).

#### f) Valor energético total (VET)

Os valores energéticos obtidos para as barras de cereais variaram de 326,12 a 381,79 Kcal/100g (Tabela 4), podendo ser justificado pelo elevado conteúdo de proteínas, lipídeos e carboidratos presentes nas farinhas de PANC (FSA, FAAD e FFP) utilizadas na formulação. A partir desses dados, verifica-se que as barras de cereais elaboradas com PANC podem ser uma opção de lanche alternativa e mais energética.

**Tabela 4** – Composição centesimal e valor energético da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C<sup>1,2,3</sup>

Parâmetros	Doses de radiação (kGy)	Tempo de armazenamento (dias)			
		1	30	60	90
Umidade (%)	Controle	17,51±0,46Ab	13,57±0,18Cd	13,32±0,21Cd	15,71±0,15Bc
	0,5	12,43±0,26Cd	17,73±0,23Aa	16,49±0,37Bc	17,35±0,33Ab
	1	20,35±0,35Ba	16,39±0,22Cb	24,53±0,47Aa	15,49±0,41Dc
	2	13,62±0,43Dc	14,39±0,2Cc	17,62±0,39Bb	18,40±0,22Aa
Cinzas (%)	Controle	1,23±0,02Ca	1,36±0,01Bb	1,35±0,00Bc	1,46±0,06Ac
	0,5	1,25±0,03Ca	1,52±0,01ABa	1,50±0,02Bb	1,56±0,04Ab
	1	1,25±0,01Ca	1,28±0,01Cc	1,49±0,02Bb	1,56±0,03Ab
	2	1,24±0,01Da	1,53±0,01Ca	1,61±0,02Ba	1,76±0,04Aa
Proteína (%)	Controle	7,76±0,18Cb	10,57±0,10Aa	10,54±0,11Aa	8,19±0,15Bc
	0,5	8,53±0,36Ca	9,37±0,03Bb	10,33±0,22Aa	10,37±0,26Aa
	1	8,54±0,13Ba	10,57±0,08Aa	6,60±0,16Dc	7,72±0,25Cc
	2	8,61±0,06Da	10,52±0,10Aa	9,75±0,08Bb	9,43±0,31Cb
Lipídeos (%)	Controle	3,53±0,29Cd	4,85±0,02Bc	8,59±0,13Ab	2,28±0,11Dd
	0,5	5,79±0,14Bc	5,39±0,31Cb	8,33±0,19Ab	4,21±0,14Db
	1	7,13±0,07Aa	6,45±0,27Ba	5,61±0,31Cc	3,23±0,07Dc
	2	6,19±0,14Bb	4,67±0,25Dc	11,42±0,07Aa	5,81±0,08Ca
Carboidratos (%)	Controle	69,40±0,46Bc	68,55±0,18Ba	65,58±0,49Ca	72,63±0,15Aa
	0,5	71,66±0,41Aa	66,28±0,16Bb	63,35±0,23Cb	66,76±0,10Bc
	1	63,49±0,34Cd	65,55±0,18Bc	62,30±0,35Dc	71,59±0,42Ab
	2	70,47±0,33Ab	68,76±0,28Ba	58,80±0,21Dd	65,60±0,23Cd
VET (Kcal/100g)	Controle	340,53±1,65Dc	352,43±2,00Bb	381,79±2,09Aa	343,77±0,55Cc
	0,5	372,87±3,11Aa	351,15±3,14Bb	369,69±2,37Ac	346,38±0,87Bb
	1	352,30±1,44Bb	361,61±2,50Aa	326,12±1,50Dd	346,35±0,61Cb
	2	372,00±1,72Ba	358,52±2,03Ca	377,02±1,20Ab	352,43±0,75Da

<sup>1</sup> Resultados expressos em média ± desvio padrão

<sup>2abc</sup> Médias seguidas de letras minúsculas iguais na vertical em cada análise e no mesmo tempo de armazenamento não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

<sup>3ABC</sup> Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na horizontal entre os tempos de armazenamento e na mesma amostra não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

### g) Açúcares não redutores (ANR) e redutores (AR)

Pode-se observar que após a irradiação (tempo 0) todas as amostras apresentaram aumento significativo ( $p < 0,05$ ) dos açúcares não redutores das barras de cereais com PANC (Tabela 5). Os maiores valores de ANR no tempo 0 foram evidenciados nas barras de cereais irradiadas com as doses mais altas (1 e 2kGy). O aumento nos ANR permaneceu no tempo de armazenamento de 30 dias em todas as amostras, no entanto, com 60 dias houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) nos valores, que voltaram a subir ( $p < 0,05$ ) após esse período. Ao comparar o tempo 0 com 90 dias de armazenamento, nota-se que as amostras irradiadas diminuíram significativamente ( $p < 0,05$ ) o ANR, ao passo que a amostra controle aumentou (Tabela 5). As variações nos conteúdos de açúcares podem ser decorrentes de reações de hidrólise da sacarose nas barras de cereais com PANC (ARÉVALO-PINEDO *et al.*, 2013).

Comportamento contrário teve as amostras irradiadas em relação ao AR, ou seja, teve um aumento significativo de AR após o armazenamento de 90 dias (Tabela 5). As concentrações de AR das barras de cereais com PANC foram mais altas nos tratamentos com doses 0,5 (39,36%) e 2kGy (35,86%) no tempo 0, enquanto que as amostras irradiadas com dose 1 kGy (31,88%) tiveram menores números registrados quando comparado ao controle (33,08%) (Tabela 5). Variações significativas ( $p < 0,05$ ) foram visualizadas em todas as amostras durante os períodos de 30 e 60 dias, no entanto, após o tempo de estocagem de 90 dias, o maior percentual esteve na amostra controle, enquanto as barras de cereais irradiadas não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). Ainda segundo Arévalo-Pinedo *et al.* (2013), a oxidação lipídica também é um fator responsável pelas modificações nos teores de açúcares dos alimentos.

A partir dos resultados observados, é possível constatar que os teores de ANR e AR são derivados principalmente do açúcar mascavo e xarope de glicose utilizados na elaboração das barras de cereais com PANC.

### h) pH

Nas barras de cereais com PANC, o pH foi significativamente ( $p < 0,05$ ) reduzido com o aumento da dose de irradiação (tempo 0), seguido de uma diminuição até o final do armazenamento (Tabela 5). Esses resultados podem ser atribuídos à quebra das partículas de amido a partir da irradiação, ocasionando a formação de ácido carboxílico (GOWTHAMRAJ; JUBEENA; SANGEETHA, 2021).

O pH é um fator intrínseco dos alimentos que está associado ao crescimento, sobrevivência ou destruição dos microrganismos, que em sua maioria, possuem multiplicação favorecida em pH na faixa de 6,5 a 7,5 (FERREIRA; ROBERTO; CAMISA, 2018). Os valores de pH das barras de cereais formuladas com PANC (5,55 a 6,09) foram abaixo de 6,5 (Tabela 5), apresentando-se levemente ácidos, o que corrobora com a conformidade dos padrões microbiológicos analisados no presente estudo.

i) Acidez titulável (AT)

A acidez constitui um fator intrínseco dos alimentos que representa a concentração total de ácido presente (DIAS *et al.*, 2020). Observou-se uma variação significativa ( $p < 0,05$ ) de acidez nas barras de cereais com PANC durante todo o período de armazenagem (Tabela 5). Após a aplicação da irradiação (tempo 0), foi registrado um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos com doses 0,5 (7,34%) e 1kGy (7,05%) e uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) nas amostras com dose 2kGy (6,74%) (Tabela 5). Ao comparar o tempo 0 com os dias de armazenamento verifica-se que com trinta dias todas as amostras tiveram redução significativa ( $p < 0,05$ ), com 60 dias essa redução permaneceu, exceto para a dose de 1kGy (7,48%) que teve um aumento significativo ( $p < 0,05$ ), e finalmente com 90 dias a redução permaneceu significativamente em todas as amostras ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5).

Essas oscilações nos valores de acidez podem estar relacionadas à degradação de lipídeos, que através da hidrólise dos glicerídeos provocam a formação de ácidos graxos (FREITAS; MORETTI, 2005; FERREIRA; ROBERTO; CAMISA, 2018). Além disso, o processo de irradiação pode levar a quebra de carboidratos, produzindo aldeídos e ácidos carboxílicos que influenciam na acidez das amostras (VERMA *et al.*, 2018).

j) Atividade de água ( $A_w$ )

A atividade de água das barras de cereais elaboradas com PANC elevou-se nas amostras irradiadas com as doses 0,5 (0,81) e 1kGy (0,81) (tempo 0), e decaiu com 2kGy (0,70) (Tabela 5). No período de 30 dias, houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) nos valores de  $A_w$  em todas as barras de cereais, seguido de tendência de decréscimo nos tratamentos submetidos as doses 0,5 e 1kGy com o decorrer da armazenagem (Tabela 5). Esse fenômeno pode ser justificado por migração ou perda da umidade durante a estocagem (NADEEM *et al.*, 2018).

Observa-se que ao comparar a amostra controle no tempo 0 com os demais dias de armazenamento (30, 60 e 90 dias), verifica-se uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) da  $A_w$ , mas os valores de  $A_w$  do controle entre 30, 60 e 90 dias não variaram significativamente ( $p > 0,05$ ) (Tabela 5). A alteração da  $A_w$  nas barras de cereais que não receberam radiação (controle) do tempo 0 com os demais tempos de armazenamento pode ser atribuída à liberação de água em decorrência da retrogradação das moléculas de amido (AIGSTER *et al.*, 2011).

A atividade de água das barras de cereais com PANC foi encontrada variando de 0,66 a 0,81 (Tabela 5). Sethupathy *et al.* (2019) afirmam que a  $A_w$  em barras de cereais pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles, a natureza hidrofílica do material aglutinante, as propriedades das matérias-primas empregadas e as técnicas de processamento adotadas. Os valores de  $A_w$  nas barras de cereais do presente estudo podem ser considerados altos, possivelmente devido à presença de jenipapo cristalizado e concentração de 50% do xarope de glicose na formulação.

A atividade hídrica dos alimentos é um parâmetro determinante para o desenvolvimento de muitas reações químicas e crescimento de microrganismos (BCHIR *et al.*, 2018; NADEEM *et al.*, 2018). De acordo com Freitas & Moretti (2005), bactérias halófilas necessitam de  $A_w$  mínima de 0,75 para crescimento, enquanto que as leveduras osmófilas e fungos xerófilos requerem 0,61 e 0,65, respectivamente. Esses microrganismos utilizam como substrato açúcares e glicose para a produção de ácido cítrico, glucônico, oleico, linoleico e palmítico. Portanto, o controle da atividade de água evita o desenvolvimento de microrganismos e a atividade enzimática, consequentemente aumentando a vida útil dos alimentos (MUNIZ *et al.*, 2020). Dessa forma, a atividade de água das barras de cereais com PANC indicam um elevado risco de deterioração microbiana e não asseguram estabilidade microbiológica, o que poderia diminuir a vida útil desses produtos, ainda que não se tenha observado irregularidades neste experimento quanto aos critérios microbiológicos da legislação vigente.

**Tabela 5** – Análise de açúcares não redutores e redutores, pH, acidez titulável e atividade de água da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C<sup>1,2,3,4</sup>

Parâmetros	Doses de radiação (kGy)	Tempo de armazenamento (dias)			
		1	30	60	90
ANR (%)	Controle	45,67±0,45Cd	57,77±0,59Ac	38,47±0,16Dc	49,42±0,54Ba
	0,5	47,86±0,35Bc	54,67±0,44Ad	35,69±0,01Dd	46,16±0,35Cb
	1	52,95±0,30Ba	66,95±0,15Aa	40,28±0,37Db	43,31±0,42Cd
	2	51,34±0,33Bb	62,16±0,42Ab	42,98±0,77Da	44,86±0,43Cc
AR (%)	Controle	33,08±0,47Dc	40,75±0,82Bb	34,47±0,45Cb	47,86±0,50Aa
	0,5	39,36±0,58Ba	38,40±0,43Bc	34,77±0,89Cb	42,99±0,84Ab
	1	31,88±0,55Cd	41,35±0,37Bb	47,55±0,10Aa	42,27±0,91Bb
	2	35,86±0,30Cb	45,09±0,06Aa	30,42±0,39Dc	42,68±0,31Bb
pH	Controle	6,09±0,01Aa	5,98±0,01Ba	5,97±0,01Ba	5,94±0,01Ca
	0,5	6,05±0,00Ab	5,96±0,01Ba	5,97±0,01Ba	5,93±0,01Ca
	1	5,94±0,02Ac	5,96±0,01Aa	5,90±0,01Bb	5,59±0,01Cb
	2	5,87±0,01Ad	5,84±0,01Ab	5,75±0,01Bc	5,55±0,01Cc
AT (%)	Controle	6,88±0,01Ac	6,04±0,03Ba	5,81±0,01Dc	5,97±0,02Cb
	0,5	7,34±0,04Aa	5,84±0,01Cb	5,56±0,03Dd	6,53±0,01Ba
	1	7,05±0,01Bb	5,27±0,01Dc	7,48±0,02Aa	6,56±0,03Ca
	2	6,74±0,04Ad	5,85±0,03Db	6,67±0,02Bb	6,55±0,03Ca
Aw	Controle	0,77±0,01Ab	0,71±0,01Bb	0,72±0,00Bc	0,73±0,01Bc
	0,5	0,81±0,00Aa	0,76±0,00Ba	0,75±0,00Cb	0,75±0,00Ca
	1	0,81±0,00Aa	0,76±0,01Ba	0,76±0,00Ba	0,75±0,00Ca
	2	0,70±0,01Bc	0,66±0,01Cc	0,71±0,00Bd	0,76±0,00Ab

<sup>1</sup> ANR - açúcares não redutores; AR - açúcares redutores; AT - acidez titulável; Aw - atividade de água

<sup>2</sup> Resultados expressos em média ± desvio padrão

<sup>3abc</sup> Médias seguidas de letras minúsculas iguais na vertical em cada análise e no mesmo tempo de armazenamento não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

<sup>4ABC</sup> Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na horizontal entre os tempos de armazenamento e na mesma amostra não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

### 5.3.3 Avaliação Colorimétrica

A cor é um atributo importante para atrair os consumidores, sendo responsável pela aceitabilidade dos produtos alimentícios (NADEEM *et al.*, 2018). A avaliação colorimétrica é utilizada para verificar os efeitos dos ingredientes e técnicas de processamento no produto final (JAN *et al.*, 2020). A coordenada L\* indica a luminosidade das amostras analisadas. Os resultados mostraram que nas barras submetidas aos tratamentos 0,5, 1 e 2 kGy não ocorreram variações significativas ( $p > 0,05$ ) nos valores de L\* no tempo 0 e com 60 dias de armazenamento, permanecendo estáveis ao longo do tempo de armazenamento (30, 60 e 90 dias) (Tabela 6). No entanto, um comportamento diferenciado foi observado nas amostras irradiadas com dose 0,5kGy, que durante a armazenagem revelaram uma cor mais escura (menores valores de L\*) após 30 dias, não apresentando diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nos demais tempos de análise (Tabela 6).

O valor a\* constitui o eixo verde/vermelho e todas as amostras para esse atributo foram positivas (Tabela 6), portanto, ligeiramente avermelhadas. Logo após a aplicação da técnica de irradiação (tempo 0), não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos quanto a intensidade de vermelho (a\*). Em 30 dias de armazenamento todas as barras que receberam doses de irradiação, se tornaram mais avermelhadas (maiores valores de a\*). Contudo, na armazenagem aos 60 dias ocorreu uma redução na tonalidade de vermelho (a\*) em todas as amostras. Ao final do tempo de análise (90 dias), apenas o tratamento controle diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) dos valores encontrados no início do armazenamento (Tabela 6).

Em relação a coordenada b\* que mede o valor azul/amarelo, as barras de cereais com PANC foram positivas (Tabela 6), portanto, apresentaram-se relativamente amareladas. As amostras não sofreram mudanças significativas ( $p > 0,05$ ) após o processo de radiação até os 30 dias de armazenamento comparado com o controle. O tratamento controle e a dose de 1kGy não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) ao longo do armazenamento de 90 dias. Comportamento contrário observa-se nas doses 0,5 e 2 kGy no final de 90 dias. Após 90 dias, observou-se nas barras submetidas à radiação 2kGy, um decréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) na coloração amarelada (b\*) (Tabela 6).

De acordo com Lima *et al.* (2021), a composição das formulações de barras de cereais, bem como a diversidade de ingredientes utilizados e suas concentrações, está correlacionada com as variações entre os parâmetros (L\*, a\* e b\*) de cor instrumental

exibidos em diferentes trabalhos, em virtude da grande influência que exercem na coloração final dos produtos.

Os resultados demonstraram que no início do experimento (tempo 0), a irradiação não acarretou diferenças significativas ( $p>0,05$ ) nos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 6), isto pode dar indícios que alterações na coloração após a aplicação dessa técnica não são imediatas, mas a longo prazo com o avanço do período de armazenamento. De modo geral, a luminosidade ( $L^*$ ) da maior parte das amostras evidenciou uma estabilidade da cor ao longo da armazenagem, uma vez que o índice de clareamento ou escurecimento não foi significativo ( $p>0,05$ ). Esse fato pode apontar a capacidade de conservação da cor instrumental pela radiação de Cobalto-60 nas barras de cereais elaboradas com PANC.

As oscilações observadas principalmente nos valores de  $a^*$  e  $b^*$  durante o tempo de análise, podem estar associadas à natureza heterogênea das barras de cereais, que caracterizam um produto alimentício sem uniformidade. Além disso, a irradiação pode favorecer a caramelização dos monossacarídeos e a reação de Maillard (escurecimento não enzimático) entre açúcares e aminoácidos após quebra de polímeros (EL-RAWAS *et al.*, 2012; BASHIR; AGGARWAL, 2016; REDDY; VISWANATH, 2019; GOWTHAMRAJ, JUBEENA, SANGEETHA, 2021). Vale ressaltar que normalmente as reações de escurecimento não enzimático ocorrem mediante uma fonte de calor, contudo, a exposição à radiação gama é relatada como um estímulo para esse processo, formando compostos coloridos que influenciam na intensidade da cor ( $a^*$  e  $b^*$ ) (OH *et al.*, 2005).



**Tabela 6** – Análise colorimétrica da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C<sup>1,2,3</sup>

Parâmetros	Doses de radiação (kGy)	Tempo de armazenamento (dias)			
		1	30	60	90
<b>L*</b>	<b>Controle</b>	52,06±3,05Aa	51,43±4,63Aab	53,95±1,68Aa	54,28±0,79Aa
	<b>0,5</b>	52,00±3,82Aa	48,53±3,14Bb	51,81±1,16Aa	52,63±1,36Ab
	<b>1</b>	53,81±2,92Aa	50,04±4,42Aab	52,33±4,88Aa	53,39±1,38Aab
	<b>2</b>	54,09±2,50Aa	54,58±3,41Aa	52,50±2,67Aa	51,92±1,15Ab
	<b>Controle</b>	4,58±0,35Aa	4,79±0,85Aa	4,04±0,51ABa	3,54±0,56Bb
<b>a*</b>	<b>0,5</b>	4,36±0,77Ba	5,34±0,43Aa	3,66±0,22Ca	4,24±0,61BCa
	<b>1</b>	4,39±0,43Ba	4,96±0,48Aa	3,76±0,44Ca	4,33±0,39Ba
	<b>2</b>	4,38±0,44ABa	4,73±0,35Aa	3,65±0,44Ca	4,01±0,51BCab
	<b>Controle</b>	24,67±2,36ABa	24,06±2,16Ba	25,32±1,43ABa	26,76±0,82Aa
	<b>0,5</b>	22,80±2,16Ba	24,67±2,47ABa	25,14±1,85ABa	26,37±1,02Aa
<b>b*</b>	<b>1</b>	23,35±1,91Aa	24,01±2,46Aa	23,65±1,96Aab	23,29±1,82Ab
	<b>2</b>	24,89±1,40Aa	25,65±1,73Aa	22,55±2,42Bb	21,13±1,71Bc

<sup>1</sup> Resultados expressos em média ± desvio padrão

<sup>2abc</sup> Médias seguidas de letras minúsculas iguais na vertical em cada análise e no mesmo tempo de armazenamento não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

<sup>3ABC</sup> Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na horizontal entre os tempos de armazenamento e na mesma amostra não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

### 5.3.4 Análise de perfil de textura (TPA)

A textura é um parâmetro que reflete a manifestação sensorial da estrutura dos alimentos e a sua forma de reação após a aplicação de uma determinada força (MEULLENET *et al.*, 1997). Na análise de perfil de textura das barras de cereais formuladas com PANC, houve variação significativa ( $p < 0,05$ ) em todos os parâmetros avaliados (Tabela 7). Isto se deve provavelmente a heterogeneidade das amostras, devido aos diferentes tamanhos, texturas e granulometrias dos ingredientes utilizados na formulação, ocasionando divergências nas propriedades texturais.

Inicialmente, as barras de cereais sofreram uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) da dureza em relação ao tratamento controle, nas amostras irradiadas com doses 0,5 e 2kGy (tempo 0) (Tabela 7). Em contrapartida, a dose 1kGy provocou um aumento da dureza significativa ( $p < 0,05$ ) após a penetração da radiação. Durante o período de armazenamento, nas amostras dos tratamentos controle e dose 0,5kGy observou-se uma elevação na dureza aos 30 dias, com posterior tendência de diminuição até o final do experimento (Tabela 7). Por outro lado, a irradiação com doses 1 e 2kGy decaiu significativamente ( $p < 0,05$ ) a dureza das barras de cereais no tempo de análise de 30 dias, seguido de crescimento depois de 90 dias de armazenagem (Tabela 7). Esse aumento da dureza conforme o armazenamento progrediu pode indicar uma possível migração de umidade entre os carboidratos e proteínas, que causam um endurecimento do material (NADEEM *et al.*, 2018). Muniz *et al.* (2020) sugerem que a atividade enzimática pode alterar estruturas na matriz das barras de cereais, interferindo na sua dureza final.

Os valores de dureza são determinados a partir da força máxima alcançada no primeiro ciclo de penetração e representam a força necessária para a ruptura da amostra (MEULLENET *et al.*, 1997; MUNIZ *et al.*, 2020). Os resultados demonstram que ao final do tempo de armazenagem de 90 dias, todas as amostras se tornaram mais macias quando comparadas ao início do experimento (tempo 0) (Tabela 7). No entanto, diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nesse período de análise (90 dias) foram constatadas nas barras de cereais tratadas com dose 2kGy, apontando que as amostras que receberam a maior dose de radiação são mais difíceis de morder do que as outras barras após o armazenamento de 90 dias (Tabela 7).

A coesividade é a força das interações internas de um material e caracteriza a sua deformação antes do rompimento (MEULLENET *et al.*, 1997; BANACH; CLARK; LAMSAL, 2016). A coesividade não apresentou diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) do

controle com as amostras irradiadas no tempo 0, com 30 e 90 dias de armazenamento, apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas na dose 2kGy com 60 dias (Tabela 7). Esses resultados sugerem que o vínculo das estruturas internas das barras de cereais não sofreu grandes modificações durante a armazenagem (MUNIZ *et al.*, 2020).

A elasticidade está relacionada ao grau de recuperação do tamanho original de uma amostra após ser exposta a uma determinada deformação (MEULLENET *et al.*, 1997). As barras de cereais com PANC irradiadas com a dose 0,5kGy revelaram o maior valor médio para elasticidade após a técnica de irradiação (tempo 0) (Tabela 7). Os tratamentos sem irradiação (controle) e com dosagem de 0,5kGy mantiveram-se estáveis ao longo do armazenamento por 30 dias, declinaram após 60 dias, voltando a subir no final do tempo de análise de 90 dias (Tabela 7). Ao analisar as amostras no final do armazenamento, verificase que apenas o controle não teve diferenças significativa ( $p > 0,05$ ) com o tempo 0, ao passo que todas as amostras irradiadas tiveram uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) (Tabela 7). A variabilidade dos resultados e os valores relativamente baixos de elasticidade encontrados, podem estar associados a uma estrutura quebrável característica das barras de cereais (BCHIR *et al.*, 2018).

A mastigabilidade indica o trabalho total necessário para mastigar uma amostra sólida até o ponto de deglutição (MEULLENET *et al.*, 1997; BCHIR *et al.*, 2018). O maior valor de mastigabilidade esteve presente na amostra com dosagem 1kGy no início do experimento, no entanto uma tendência de diminuição foi observada no decorrer da estocagem (Tabela 7). O tratamento controle apresentou decréscimo gradativo até os 60 dias, retornando o crescimento após 90 dias de armazenagem (Tabela 7). A dosagem 0,5kGy proporcionou uma elevação da mastigabilidade aos 30 dias, seguida de uma contínua queda até o encerramento dos testes (90 dias). Grandes oscilações ( $p < 0,05$ ) também foram constatadas nas amostras com 2kGy de radiação em todo o período de armazenagem das barras de cereais (Tabela 7).

Os altos valores de mastigabilidade nas barras de cereais com PANC podem ser explicados pela heterogeneidade das amostras, uma vez que essa característica está interligada a uma maior dificuldade na mastigação (MUNIZ *et al.*, 2020). Observou-se um comportamento diferenciado nas barras de cereais irradiadas, isto porque ao final da estocagem (90 dias) as médias de mastigabilidade foram menores em relação ao início das análises (tempo 0) (Tabela 7). Portanto, esses dados podem expressar que a irradiação resultou em uma menor força de mastigação necessária até o estado adequado para engolir. Por outro lado, a amostra controle exibiu um aumento significativo da mastigabilidade após

90 dias, reforçando a possível correlação entre irradiação e facilidade de mastigação durante o armazenamento (Tabela 7).

**Tabela 7** – Análise de Perfil de Textura (TPA) da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C<sup>1,2,3</sup>

Parâmetros	Doses de radiação (kGy)	Tempo de armazenamento (dias)			
		1	30	60	90
Dureza (N)	Controle	84,86±3,44Ab	86,54±2,33Aa	67,74±2,15Bb	65,88±3,16Bb
	0,5	72,68±3,22Bd	86,06±3,48Aa	74,04±3,09Ba	66,24±2,17Cb
	1	98,43±2,50Aa	53,39±3,60Cb	44,54±3,19Dc	65,78±1,00Bb
	2	76,70±2,12Ac	56,74±2,32Db	65,88±3,49Cb	73,35±1,71Ba
Coesividade	Controle	0,07±0,03Aa	0,06±0,01Aa	0,06±0,02Ab	0,06±0,01Aa
	0,5	0,07±0,03Aa	0,05±0,01Aa	0,06±0,01Ab	0,05±0,02Aa
	1	0,07±0,02Aa	0,06±0,02ABa	0,07±0,01ABab	0,05±0,01Ba
	2	0,06±0,01ABa	0,06±0,01Ba	0,08±0,02Aa	0,05±0,02Ba
Elasticidade	Controle	0,55±0,03Abc	0,55±0,02Ab	0,35±0,03Bc	0,55±0,03Aa
	0,5	0,65±0,02Aa	0,65±0,02Aa	0,45±0,02Cb	0,54±0,02Ba
	1	0,52±0,02Bc	0,54±0,03ABb	0,56±0,02Aa	0,46±0,03Cb
	2	0,57±0,02Ab	0,46±0,03Bc	0,55±0,03Aa	0,44±0,02Bb
Mastigabilidade (N)	Controle	355,81±4,32Bb	243,80±2,23Cb	225,98±2,74Dc	373,73±3,37Aa
	0,5	256,36±3,51Cb	276,02±2,60Aa	265,10±3,84Ba	243,83±2,59Db
	1	384,91±2,24Aa	246,71±3,26Bb	195,95±3,04Cd	154,17±2,70Dd
	2	255,17±3,57Ab	174,62±4,28Dc	244,36±3,47Bb	234,99±3,96Cc

<sup>1</sup> Resultados expressos em média ± desvio padrão

<sup>2</sup> <sup>abc</sup> Médias seguidas de letras minúsculas iguais na vertical em cada análise e no mesmo tempo de armazenamento não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

<sup>3</sup> <sup>ABC</sup> Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na horizontal entre os tempos de armazenamento e na mesma amostra não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

### 5.3.5 Análises microbiológicas

As barras de cereais elaboradas com PANC apresentaram contagens inferiores a 10 UFC/g para Bolores e leveduras, 3 NMP/g para Coliformes totais, 2 UFC/g para *Escherichia coli* e ausência de *Salmonella* sp. durante os 90 dias de armazenamento em todas as amostras (Tabela 8). Estes dados estão em conformidade com os padrões microbiológicos estabelecidos pela RDC nº331/2019 (BRASIL, 2019), que estabelece para os cereais compactados, em barra ou outras formas, com ou sem adições de outros ingredientes, a ausência de *Salmonella* sp. em 25g e a contagem máxima de  $10^3$  NMP/g para Bolores e leveduras e 10 UFC/g para *Escherichia coli*, sem determinação do limite máximo de Coliformes totais.

**Tabela 8** – Análises microbiológicas da barra de cereais formulada com PANC submetida a irradiação e armazenamento por 90 dias a 25°C<sup>1</sup>

Análises	Doses de radiação (kGy)	Tempo de armazenamento (dias)			
		1	30	60	90
Bolores e leveduras (UFC/g)	Controle	<10	<10	<10	<10
	0,5	<10	<10	<10	<10
	1	<10	<10	<10	<10
	2	<10	<10	<10	<10
Coliformes totais (NMP/g)	Controle	<3	<3	<3	<3
	0,5	<3	<3	<3	<3
	1	<3	<3	<3	<3
	2	<3	<3	<3	<3
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	Controle	<2	<2	<2	<2
	0,5	<2	<2	<2	<2
	1	<2	<2	<2	<2
	2	<2	<2	<2	<2
<i>Salmonella</i> sp. (25g)	Controle	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
	0,5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
	1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
	2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

<sup>1</sup>< 2 é o limite mínimo de detecção dos kits Compact Dry®

Os resultados encontrados foram semelhantes aos observados por Pereira *et al.* (2020) em barra de cereal enriquecida com bacaba (*Oenocarpus distichus* Mart.), que obteve contagem <3 NMP/g para Coliformes totais e Coliformes à 45°C, <3 UFC/g para Bolores e leveduras, e ausência de *Salmonella* sp. em 25g da barra de cereal.

Cesar *et al.* (2019) em análises realizadas em barras de cereais elaboradas a partir de uma multimistura composta por diversos ingredientes, entre eles, sementes de abóbora,

melão, melancia e quiabo, não obteve crescimento de Coliformes à 45°C/g e *Salmonella* sp./25g, comprovando a segurança sanitária frente ao seu consumo.

Em estudo realizado por Pinheiro *et al.* (2020) ao avaliarem a qualidade microbiológica de barras de cereais produzidas a partir de farinhas do fruto do marizeiro (*Geoffroea spinosa*), uma das amostras dessa barra de cereal apresentou concentração de 3,3 UFC/g para Fungos filamentosos e leveduras, nas demais amostras não se verificou crescimento fúngico, já quanto a *Salmonella* sp., Coliformes a 35°C e 45°C houve ausência em todos os ensaios realizados, estando dentro do estabelecido pela legislação vigente.

A ausência de microrganismos patogênicos nas barras de cereais formuladas com PANC neste trabalho (Tabela 8), está associada as condições higiênico-sanitárias adequadas das matérias-primas e as boas práticas de fabricação durante o processamento. Além disso, é possível observar que a irradiação não afetou o crescimento microbiológico. Logo, todas as amostras encontraram-se seguras do ponto de vista microbiológico, estando aptas para o consumo de acordo com a legislação vigente.

## 5.4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que a incorporação de PANC na formulação de barras de cereais é viável, constatando a potencial utilização na composição de novos produtos alimentícios. As matérias-primas subutilizadas e a técnica de irradiação aliam qualidade nutricional e tecnológica obtendo-se barras de cereais que auxiliam no aporte de energia, proteínas, lipídeos e carboidratos. Além disso, a inserção das PANC também agrega valor comercial para novas alternativas alimentares, possibilitando a união de desafios sociais que fazem parte da Agenda 2030 da ONU, que inclui o uso sustentável e a geração de fontes de renda.

A aplicação de irradiação nas barras de cereais com PANC provocou mínimas perdas de alguns constituintes nutricionais, que foram compensadas pela conservação microbiológica apresentada. Por fim, vale ressaltar que é necessário um conjunto de estratégias educacionais que proporcionem maior conhecimento da sociedade sobre as características e consumo das PANC, para se obter uma maior aceitação desses alimentos não convencionais pelos consumidores.

## REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, B. A. *et al.* Gelation, thermal and pasting properties of pigeon pea (*Cajanus cajan* L.), dolichos bean (*Dolichos lablab* L.) and jack bean (*Canavalia ensiformis*) flours. **Journal of Food Engineering**, v. 119, n.1, p. 65–71, 2013.
- AGBEDE, J. O.; ALETOR, V. A. Studies of the chemical composition and protein quality evaluation of differently processed *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* seed flours. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 1, p. 89–103, 2005.
- AIGSTER, A. *et al.* Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2159-2165, 2011.
- ALEKSIEVA, K. I.; YORDANOV, N. D. Various approaches in EPR identification of gamma-irradiated plant foodstuffs: A review. **Food Research International**, v. 105, p. 1019–1028, 2018.
- AMIN, M. Z. *et al.* Comparative assessment of the physicochemical and biochemical properties of native and hybrid varieties of pumpkin seed and seed oil (*Cucurbita maxima* Linn.). **Heliyon**, v. 5, n. 12, p. e02994, 2019.
- ANJOS, C. N. *et al.* Desenvolvimento e aceitação de pães sem glúten com farinhas de resíduos de abóbora (*Cucurbita moschata*). **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 24, n. 4, p. 58-62, 2017.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis of AOAC international**. Gaithersburg: AOAC International, 18 ed., 2011.
- APHA. American Public Health Association. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001.
- ARÉVALO-PINEDO, A. *et al.* Desenvolvimento de barra de cereais à base de farinha de amêndoa de babaçu (*Orbygnia speciosa*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 4, p. 405-411, 2013.
- AZIZ, N. H.; SOUZAN, R. M.; AZZA, A. S. Effect of  $\gamma$ -irradiation on the occurrence of pathogenic microorganisms and nutritive value of four principal cereal grains. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 64, n. 12, p. 1555-1562, 2006.
- BANACH, J. C.; CLARK, S.; LAMSAL, B. P. Instrumental and sensory texture attributes of high-protein nutrition bars formulated with extruded milk protein concentrate. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 5, p. S1254-S1262, 2016.



- BASHIR, K.; AGGARWAL, M. Effects of gamma irradiation on the physicochemical, thermal and functional properties of chickpea flour. **LWT-Food Science and Technology**, 69, 614-622, 2016.
- BATISTA, S. M. M. *et al.* Avaliação da resposta glicêmica, saciedade e palatabilidade após o consumo de dietas de alto e baixo índice glicêmico. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 3, p. 315-323, 2007.
- BCHIR, B. *et al.* Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars. **Food Science and Technology International**, v. 24, n. 3, p. 198–208, 2018.
- BECKER, T. S.; KRÜGER, R. L. Elaboração de barras de cereais com ingredientes alternativos e regionais do Oeste do Paraná. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 14, n. 3, p. 217-224, 2010.
- BENTES, A. S. *et al.* Influence of the composition of unripe genipap (*Genipa americana* L.) fruit on the formation of blue pigment. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 3919-3924, 2015.
- BHAT, R. *et al.* Influence of  $\gamma$ -radiation on the nutritional and functional qualities of lotus seed flour. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 20, p. 9524-9531, 2009.
- BIONDO, E. *et al.* Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais ocorrentes no Vale do Taquari, RS. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 4, n. 1, p. 61–90, 2018.
- BLODGETT, R. Appendix 2 – Most Probable Number from Serial Dilutions. In: US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA), **Bacteriological Analytical Manual**. Revision February 2006. 2010.
- BORGES, S. V.; BONILHA, C. C.; MANCINI, M. C. Sementes de jaca (*Artocarpus integrifolia*) e de abóbora (*Curcubita moschata*) desidratadas em diferentes temperaturas e utilizadas como ingredientes em biscoitos tipo cookie. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 3, p. 317-321, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. 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, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis**. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar**. Diário Oficial da União, Brasília, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. **Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação**. Diário Oficial da União, Brasília, 2019.
- CARDOSO, D. R. *et al.* Potencial tecnológico e composição de Farinha de Jenipapo (*Genipa americana* L.) obtida por secagem em convecção. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 33448-33467, 2020.
- CESAR, E. L. *et al.* Avaliação física, química e microbiológica de barra de cereais elaborada a partir de uma multimistura. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 3, n. 2, p.20- 26, 2019.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 279-284, 2011.
- DE FIGUEIREDO, R. W. *et al.* Características físicas e químicas do jenipapo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 421-428, 1986.
- DIAS, J. S. R. *et al.* Obtenção de farinha de inhame para elaboração de barra de cereal como suplemento alimentar e funcional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15716-15735, 2020.
- ENNEB, S. *et al.* Phytochemical profiles and nutritional composition of squash (*Cucurbita moschata* D.) from Tunisia. **South African Journal of Botany**, v. 130, p. 165–171, 2020.
- EL-RAWAS, A. *et al.* Effect of electron beam irradiation on quality indicators of peanut butter over a storage period. **Food Chemistry**, v. 133, n. 1, p. 212-219, 2012.
- FERREIRA, L. G. *et al.* Avaliação sensorial de barras de cereais com propriedades funcionais, direcionadas a mulheres no período climatérico. **Higiene Alimentar**, v. 21, n. 15, p. 33-37, 2007.
- FERREIRA, P. M.; ROBERTO, B. S.; CAMISA, J. Caracterização e Aceitabilidade de Barras de Cereais Enriquecidas com Colágeno Hidrolisado. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 1, p. 155–171, 2018.
- FONSECA, R. S. *et al.* Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 61, n. 2, p. 216-223, 2011.
- FORTES, R. R. *et al.* Caracterização física e química de farinha de arroz, farinhas de cascas de abacaxi e banana e farinha de sementes de abóbora. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e436997293-e436997293, 2020.

- FREITAS, D. G. C.; MORETTI, H. R. Barras de cereais elaboradas com proteína de soja e gérmen de trigo, características físico-químicas e textura durante armazenamento. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 55, n. 3, p. 299-304, 2005.
- GALATI, A. *et al.* Consumer interest in information regarding novel food technologies in Italy: The case of irradiated foods. **Food Research International**, v. 119, p. 291–296, 2019.
- GARCIA, A. *et al.* Physical-sensory evaluation of a cereal bar with quinoa: a preliminary study. **Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research**, v. 15, n. 1, p. 25–36, 2018.
- GÓRNAŚ, P.; RUDZIŃSKA, M.; SOLIVEN, A. Industrial by-products of plum *Prunus domestica* L. and *Prunus cerasifera* Ehrh. as potential biodiesel feedstock: Impact of variety. **Industrial Crops and Products**, v. 100, p. 77–84, 2017.
- GOWTHAMRAJ, G.; JUBEENA, C.; SANGEETHA, N. The effect of  $\gamma$ -irradiation on the physicochemical, functional, proximate, and anti-nutrient characteristics of finger millet (CO<sub>14</sub> & CO<sub>15</sub>) flours. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 183, p. 109403, 2021.
- HAMACEK, F. R. *et al.* Valor nutricional, caracterização física e físico-química de jenipapo (*Genipa americana* L.) do cerrado de Minas Gerais. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 1, p. 78, 2013.
- HARUMI IYDA, J. *et al.* Nutritional composition and bioactivity of *Umbilicus rupestris* (Salisb.) Dandy: An underexploited edible wild plant. **Food Chemistry**, v. 295, p. 341–349, 2019.
- HASSAN, A. B. *et al.* Effects of gamma irradiation on the protein characteristics and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 144, p. 85–91, 2018.
- JAN, A. *et al.* Brown rice based weaning food treated with gamma irradiation evaluated during storage. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 177, p. 109158, 2020.
- KAMEL, B. S.; KAKUDA, Y. Characterization of the seed oil and meal from apricot, cherry, nectarine, peach and plum. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 69, n. 5, p. 492-494, 1992.
- KIANI, S. *et al.* Evaluation of seed quality and oil parameters in native Iranian almond (*Prunus* L. spp.) species. **Journal of forestry research**, v. 26, n. 1, p. 115-122, 2015.
- KIBAR, B.; KIBAR, H. Determination of the nutritional and seed properties of some wild edible plants consumed as vegetable in the Middle Black Sea Region of Turkey. **South African Journal of Botany**, v. 108, p. 117–125, 2017.

- LIMA, J. C. R. *et al.* Qualidade microbiológica, aceitabilidade e valor nutricional de barras de cereais formuladas com polpa e amêndoa de baru. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 2, 2010.
- LIMA, S. K. R. *et al.* Formulação de barras alimentícias a base de coproduto do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L) e soro de leite. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e7010111213, 2021.
- LIU, K.; LIU, Y.; CHEN, F. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties and nutrient contents of peanut. **LWT-Food Science and Technology**, v. 96, p. 535-542, 2018.
- MACDOUGALL, D. B. (Ed.). **Colour in food: improving quality**. Woodhead Publishing, 2002.
- MEULLENET, J-F. C. *et al.* Bi-cyclical instrument for assessing texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture. **Journal of Texture Studies**, v. 28, p. 101-118, 1997.
- MUNIZ, C. E. S. *et al.* Solid-state fermentation for single-cell protein enrichment of guava and cashew by-products and inclusion on cereal bars. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 25, p. 101576, 2020.
- NADEEM, M. *et al.* Development, characterization, and flavor profile of nutrient dense date bars. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 10, p. e13622, 2018.
- NAGI, H. P. S. *et al.* Effect of storage period and packaging on the shelf life of cereal bran incorporated biscuits. **American Journal of Food Technology**, v. 7, n. 5, p. 301-310, 2012.
- NÁTHIA-NEVES, G. *et al.* Extraction of bioactive compounds from genipap (*Genipa americana* L.) by pressurized ethanol: Iridoids, phenolic content and antioxidant activity. **Food Research International**, v. 102, p. 595-604, 2017.
- NERI-NUMA, I. A. *et al.* Genipap (*Genipa americana* L.) fruit extract as a source of antioxidant and antiproliferative iridoids. **Food Research International**, v. 134, p. 109252, 2020.
- NUNES, J. S. *et al.* Produção, análise sensorial e físico-química de barras de cereal produzidas com derivados de caju. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 178 - 182, 2013.
- NYAM, K. L. *et al.* Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils. **LWT - Food Science and technology**, v. 42, n. 8, p. 1396-1403, 2009.
- OH, S. H. *et al.* The effect of  $\gamma$ -irradiation on the non-enzymatic browning reaction in the aqueous model solutions. **Food chemistry**, v. 92, n. 2, p. 357-363, 2005.

- PACHECO, P. *et al.* Composição centesimal, compostos bioativos e parâmetros físico-químicos do jenipapo (*Genipa americana* L.) *in natura*. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 9, n. 4, p. 1041-1054, 2014.
- PADILHA, M. R. F. *et al.* Composição centesimal da amêndoa do endocarpo da ameixa–Resíduo Alimentar. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 55041-55052, 2021.
- PAIVA, A. P. *et al.* Characterization of food bars manufactured with agroindustrial by-products and waste. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 3, p. 333–340, 2012.
- PEREIRA, F. O. *et al.* Elaboração e avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de barra de cereal enriquecida com bacaba (*Oenocarpus distichus* MART). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p.36209-36218, 2020.
- PINELA, J.; CARVALHO, A. M.; FERREIRA, I. C. F. R. Wild edible plants: Nutritional and toxicological characteristics, retrieval strategies and importance for today's society. **Food and Chemical Toxicology**, v. 110, p. 165–188, 2017.
- PINHEIRO, L. S. S. *et al.* Propriedades nutricionais de barras de cereais produzidas a partir de farinha do fruto do marizeiro. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e4849108707, 2020.
- QIN, Y. *et al.* Effect of acid and oxidative degradation on the structural, rheological, and physiological properties of oat  $\beta$ -glucan. **Food Hydrocolloids**, v. 112, p. 106284, 2021.
- RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K. *et al.* Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 674–680, 2018.
- RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Wholesomeness and safety aspects of irradiated foods. **Food Chemistry**, v. 285, p. 363–368, 2019.
- REDDY, C. K.; VISWANATH, K. K. Impact of  $\gamma$ -irradiation on physicochemical characteristics, lipoxygenase activity and antioxidant properties of finger millet. **Journal of food science and technology**, v. 56, n. 5, p. 2651-2659, 2019.
- REZIG, L. *et al.* Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. **Industrial Crops and Products**, v. 37, n. 1, p. 82-87, 2012.
- ROBERTO, B. S. *et al.* Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais formuladas com casca e semente de goiaba. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 1, p. 39–48, 2015.
- SETHUPATHY, P. *et al.* Physical, sensory, in-vitro starch digestibility and glycaemic index of granola bars prepared using sucrose alternatives. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 1, p. 348-356, 2019.

- SHAHID, M.; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, F. Recent advancements in natural dye applications: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 53, p. 310–331, 2013.
- SILVA, J. B. *et al.* Biscoitos enriquecidos com farinha de semente de abóbora como fonte de fibra alimentar. **Revista destaques acadêmicos**, v. 7, n. 4, 2015.
- SILVA, L. A. A. *et al.* Desenvolvimento de barra de cereais fortificada com adição dos vegetais: cenoura (*Daucus carota* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Research, Society and Development**, v. 8, n. 1, p. e2681598, 2019.
- SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5 ed. São Paulo: Blucher, 2017. 560 p.
- SOUZA, A. R. M. *et al.* Irradiação Em Barras De Cereais Incorporadas Com Casca De Abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 610–614, 2011.
- SOUZA, P. A. *et al.* Avaliação físico-química e nutricional de grãos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) D. C.). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 3, n. 1, p. 63-73, 1991.
- SOUZA, V. R. *et al.* Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food chemistry**, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.
- TAREEN, A. K. *et al.* Comparative analysis of antioxidant activity, toxicity, and mineral composition of kernel and pomace of apricot (*Prunus armeniaca* L.) grown in Balochistan, Pakistan. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 5, p. 2830-2839, 2021.
- UGWUONA, F. U.; SUWABA, S. Effects of Defatted Jack Bean Flour and Jack Bean Protein Concentrate on Physicochemical and Sensory Properties of Bread. **Nigerian Food Journal**, v. 31, n. 2, p. 25–32, 2013.
- VADIVEL, V.; JANARDHANAN, K. Diversity in nutritional composition of wild jack bean (*Canavalia ensiformis* L. DC) seeds collected from south India. **Food Chemistry**, v. 74, p. 507–511, 2001.
- VERMA, R. *et al.* Physicochemical and functional properties of gamma irradiated buckwheat and potato starch. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 144, p. 37–42, 2018.
- VIEIRA, K. H. *et al.* Caracterização da farinha de semente de abóbora obtida por secagem em micro-ondas e estufa. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 22267-22283, 2021
- VINAYASHREE, S.; VASU, P. Biochemical, nutritional and functional properties of protein isolate and fractions from pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Kashi Harit) seeds. **Food Chemistry**, v. 340, p. 128177, 2021.

WANG, Libing. Properties of Manchurian apricot (*Prunus mandshurica* Skv.) and Siberian apricot (*Prunus sibirica* L.) seed kernel oils and evaluation as biodiesel feedstocks. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 838-843, 2013.