

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**GUILHERME HIROSHI OIKO
VICTOR HENRIQUE PELINCER**

QUALIDADE E UTILIZAÇÃO DOS GRÃOS DE SOJA

LONDRINA

2023

**GUILHERME HIROSHI OIKO
VICTOR HENRIQUE PELINCER**

QUALIDADE E UTILIZAÇÃO DOS GRÃOS DE SOJA

Quality and uses of soybeans

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos do Curso Superior em Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Orientadora: Profa. Dra. Neusa Fátima Seibel

LONDRINA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GUILHERME HIROSHI OIKO
VICTOR HENRIQUE PELINCER

QUALIDADE E UTILIZAÇÃO DOS GRÃOS DE SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos do Curso Superior em Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Data de aprovação: 29 de novembro de 2023.

Prof. Dr^a Neusa Fátima Seibel - Orientadora

Doutorado em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Docente na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *campus* Londrina.

Profa. Ms. Juliany Piazzon Gomes

Mestre em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Docente na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *campus* Londrina.

Prof. Dr Alexandre Rodrigo Coelho.

Doutorado em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Docente na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *campus* Londrina.

LONDRINA

2023

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter nos ajudado, capacitado, fortalecido e guiado em todos os dias mediante a todas as dificuldades.

Agradecemos a nossa orientadora, Prof.^a Dr^a Neusa Fátima Seibel, pelas orientações, ensinamentos, compreensão e correções.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Londrina, por nos disponibilizar os laboratórios e equipamentos para as análises.

A nossa minha família, por todo carinho, amor, paciência e apoio.

Ao técnico de laboratório Juliano Daniels, por todo suporte e ajuda com as análises realizadas.

As alunas Sâmela de Oliveira Rodrigues e Julia Martinez pela colaboração e ajuda com os processos para obtenção dos produtos derivados.

RESUMO

A soja é uma das fontes mais importantes de proteína e óleo vegetal do mundo, considerado um alimento muito versátil, podendo ser usadas de diversas maneiras, além de conterem substâncias benéficas à saúde devido a sua estrutura química e seu valor nutricional. Sua composição pode ser influenciada por inúmeros fatores internos e externos que podem afetar suas propriedades tecnológicas e funcionais ao longo de seu ciclo cultural, sofrendo interferências por períodos de secas, temperaturas elevadas, excesso de chuvas e baixa luminosidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características dos grãos de soja BRS 232 oriundos de duas safras diferentes. As amostras de soja, BRS das safras de 2020/21 e 2021/22, foram doadas pela EMBRAPA Soja. Foram realizadas análises para determinação da composição proximal (umidade, cinzas, proteínas e lipídios), análises instrumentais (cor, pH e sólidos solúveis totais) e análises tecnofuncionais (volume de intumescimento (VI), índice de absorção de água e óleo (IAA e IAO), índice de solubilidade em água (ISA), atividade emulsificante (AE), capacidade emulsificante (CE), estabilidade de emulsão (EE) e densidade aparente, para os grãos e seus produtos derivados. A análise da composição proximal dos grãos, apresentou diferenças significativas na umidade, suscitando preocupações quanto à propensão à proliferação de fungos e outros microrganismos. Na avaliação das propriedades tecnológicas a capacidade emulsificante e a densidade apresentaram diferenças significativas. A luminosidade manteve-se intermediária e os parâmetros de cor L^* e b^* mostraram diferenças relevantes. Nos extratos de soja, observou-se diferença significativa nos sólidos solúveis totais e nos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*). Os okaras mostraram divergências nos teores de umidade e lipídios, bem como nas propriedades tecnofuncionais. O tofu demonstrou características esperadas para o produto, apresentando valores semelhantes aos encontrados na literatura. A partir disto, concluiu-se que, as duas safras apresentaram diferenças entre si, podendo ser ocasionadas através de fatores climáticos e condições de armazenamento.

Palavras-chave: extrato de soja; okara; tofu; propriedades tecnofuncionais; cor.

ABSTRACT

Soy is one of the most important sources of protein and vegetable oil in the world, considered a very versatile food and can be used in different ways, in addition to containing substances beneficial to health due to its chemical structure and nutritional value. Its composition can be influenced by numerous internal and external factors that can affect its technological and functional properties throughout its cultural cycle, suffering interference from periods of drought, high temperatures, excess rainfall and low light. The objective of this work was to evaluate the characteristics of BRS 232 soybeans from two different harvests. The soybean samples, BRS from the 2020/21 and 2021/22 harvests, were donated by EMBRAPA Soja. Analyzes were carried out to determine the proximal composition (moisture, ash, proteins and lipids), instrumental analyzes (color, pH and total soluble solids) and technofunctional analyzes (swelling volume (SV), water and oil absorption index (WSA and OSI), water solubility index (WSI), emulsifying activity (AA), emulsifying capacity (EC), emulsion stability (ES) and apparent density), for grains and their derived products. Analysis of the proximal composition of the grains showed significant differences in moisture, raising concerns regarding the allergy propensity of fungi and microorganisms. When evaluating technological properties, emulsifying capacity and density present significant differences. The luminosity remained shared and the color parameters L^* and b^* offered relevant differences. In soy extracts, a significant difference was found in total soluble solids and color ranges (L^* , a^* and b^*). The okaras showed divergences in moisture and lipid contents, as well as in technofunctional properties. The tofu presented expected characteristics for the product, presenting values similar to those found in the literature. From this, it was concluded that the two harvests showed differences between them, which could be caused by climatic factors and storage conditions.

Key-words: soy extract; okara; tofu; technofunctional properties; color.

LISTA DE EQUAÇÕES

| | |
|---|----|
| Equação 1 - Umidade | 16 |
| Equação 2 - Cinzas | 16 |
| Equação 3 - Proteínas totais | 17 |
| Equação 4 - Lipídios | 17 |
| Equação 5 - Carboidratos totais | 17 |
| Equação 6 - Volume de intumescimento | 18 |
| Equação 7 - Índice de absorção de água | 18 |
| Equação 8 - Índice de insolubilidade em água | 19 |
| Equação 9 - Capacidade emulsificante | 19 |
| Equação 10 - Atividade emulsificante | 19 |
| Equação 11 - Estabilidade emulsificante | 20 |
| Equação 12 - Densidade | 20 |
| Equação 13 - Cor | 21 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1 - Composição proximal dos grãos de soja de diferentes safras | 24 |
| Tabela 2 - Propriedades tecnofuncionais dos grãos de soja | 26 |
| Tabela 3 - Avaliação da cor e pH de grãos de soja de diferentes safras | 28 |
| Tabela 4 - Rendimento dos produtos obtidos (%) | 30 |
| Tabela 5 - Proteínas e sólidos solúveis totais do extrato de soja | 31 |
| Tabela 6 - Avaliação da cor e pH do extrato de soja | 32 |
| Tabela 7 - Composição proximal dos grãos de soja de diferentes safras | 33 |
| Tabela 8 - Propriedades tecnofuncionais do okara | 33 |
| Tabela 9 - Avaliação da cor e pH do okara | 34 |
| Tabela 10 - Composição proximal do tofu | 34 |
| Tabela 11 - Avaliação da cor e pH do tofu | 35 |
| Tabela 12 - Valores instrumentais de textura obtidos para os Tofus | 36 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|-----------|
| Figura 1 - Aparência dos grãos de soja..... | 29 |
|--|-----------|

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 6 |
| 2 OBJETIVO GERAL | 8 |
| 2.1 Objetivo específico | 8 |
| 3 QUALIDADE E UTILIZAÇÃO DOS GRÃOS DE SOJA | 9 |
| 3.1 Grãos de soja | 9 |
| 3.2 Fatores climáticos | 11 |
| 3.3 Extrato de soja | 11 |
| 3.4 Okara | 11 |
| 3.5 Tofu | 12 |
| 3.6 Propriedades tecnofuncionais | 13 |
| 3.7 Cor | 13 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 15 |
| 4.1 Matéria prima | 15 |
| 4.1.2 Obtenção do extrato de soja, okara e tofu | 15 |
| 4.2 COMPOSIÇÃO PROXIMAL | 16 |
| 4.2.1 Umidade | 16 |
| 4.2.2 Cinzas | 16 |
| 4.2.3 Proteínas totais | 16 |
| 4.2.4 Lipídios | 17 |
| 4.2.5 Carboidratos totais | 17 |
| 4.3 ANÁLISES TECNOFUNCIONAIS | 18 |
| 4.3.1 Volume de intumescimento (VI) | 18 |
| 4.3.2 Índice de absorção de água (IAA) | 18 |
| 4.3.3 Índice de solubilidade em água (ISA) | 18 |
| 4.3.4 Índice de absorção de óleo (IAO) | 19 |
| 4.3.5 Capacidade emulsificante (CE) | 19 |
| 4.3.6 Atividade emulsificante (AE) | 19 |
| 4.3.7 Estabilidade emulsificante (EE) | 19 |
| 4.3.8 Densidade aparente | 20 |
| 4.4 ANÁLISES INSTRUMENTAIS | 20 |
| 4.4.1 Determinação do pH | 20 |
| 4.4.2 Análise de cor | 20 |
| 4.4.3 Sólidos solúveis totais | 21 |
| 4.4.4 Perfil de textura do tofu | 21 |
| 4.5 TRATAMENTO DOS DADOS | 21 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 23 |
| 5.1 Análises dos grãos de soja | 23 |
| 5.1.1 Composição proximal dos grãos de soja | 23 |
| 5.1.2 Propriedades tecnofuncionais dos grãos de soja | 25 |
| 5.1.3 Análises instrumentais dos grãos | 27 |
| 5.2 Obtenção dos extratos de soja, okaras e tofu | 29 |
| 5.3 Caracterização dos extratos de soja, okaras e tofu | 30 |
| 5.3.1 Análises dos extratos de soja | 30 |
| 5.3.2 Análise dos okaras | 32 |
| 5.3.3 Análises do tofu | 34 |
| 6 CONCLUSÃO | 37 |
| REFERÊNCIAS | 38 |

1 INTRODUÇÃO

A soja é considerada um importante produto agrícola, devido ao seu alto conteúdo nutricional e funcional, além de possuir diferentes aplicações e utilizações de seus grãos, sendo principalmente na alimentação humana e animal. Devido a esta grande demanda, a qualidade dos grãos de soja pode sofrer alterações em sua composição e rendimento. Tais variações podem ser causadas principalmente por fatores climáticos (LIMA, 2022).

A produção e a qualidade da soja são diretamente afetadas por diversos fatores ao longo do seu ciclo de cultivo, sendo uma delas as oscilações climáticas, contribuindo para a variabilidade da produtividade e promovendo variações no rendimento (SANTOS, 2021).

Segundo Felberg *et al.* (2023), o extrato de soja se destaca entre os produtos à base de soja por ser um produto pronto para consumo, nutritivo e naturalmente livre de colesterol. No entanto, as barreiras sensoriais ainda precisam ser superadas, pois, devido as etapas de processamento, ocorrem reações catalisadas pelas enzimas lipoxigenases, que resultam em diferentes compostos com características sensoriais indesejáveis.

Apesar do valor nutricional substancial de seus componentes, o okara foi historicamente explorado apenas para utilizações de baixo valor, entre alguns deles estão, uso como estrume, alimentação animal, ou, alternativamente, descartado em aterros ou incineradores. Sua aplicação efetiva enfrentou desafios consideráveis devido à sua notável perecibilidade, dificuldades digestivas, presença de ácidos graxos poliinsaturados associados a compostos aldeídos indesejáveis e conteúdo de fibras dietéticas insolúveis, resultando em uma sensação arenosa na boca, tornando-o inapropriado para suplementação na indústria alimentícia. Devido a essas complicações desfavoráveis, o okara tem tido pouca aceitação para consumo humano nos países ocidentais, sendo predominantemente utilizado como ração animal, bioestimulante vegetal e fertilizante do solo (FENG, Jing-Yu et al., 2021)

O tofu representa um produto tradicional, predominantemente derivado dos grãos de soja, que alcançou ampla popularidade global devido à sua incorporação em dietas vegetarianas, veganas e hipocalóricas. Contudo, tanto na esfera da produção comercial quanto na pesquisa científica, persiste o desafio de produzir tofu com atributos de alta qualidade, elevada densidade nutricional e sabor excepcional.

Tal desafio é inerente à complexidade das múltiplas etapas envolvidas na produção de tofu, incluindo a seleção criteriosa da soja, o uso de coagulantes apropriados e considerações relativas à embalagem (ZHENG, Li et al., 2020).

Visto isto, o objetivo deste estudo consistiu em caracterizar os grãos de soja BRS 232 das safras 2020/2021 e 2021/2022 e elaborar os produtos extrato de soja, okara e tofu para a sua caracterização.

2 OBJETIVO GERAL

Caracterizar os grãos de soja e seus derivados com análises químicas, tecnofuncionais e instrumentais.

2.1 Objetivos específicos

- Caracterizar grãos de soja de duas safras quanto a sua composição proximal e propriedades tecnofuncionais, além dos seus produtos derivados.
- Elaborar e caracterizar extrato, okara e tofu dos grãos de soja.
- Analisar instrumentalmente a cor, pH e sólidos solúveis dos produtos.
- Avaliar a influência da safra na caracterização dos grãos e nos produtos elaborados.

3 QUALIDADE E UTILIZAÇÃO DOS GRÃOS DE SOJA

Os grãos de soja são muito utilizados na aplicação nos setores agroindustriais e químicos, sendo notadamente prevalentes na indústria de alimentos. Sua utilização estende-se à produção e processamento de diversos produtos, tais como óleo, farinha e farelos. Além disso, esses grãos constituem uma matéria-prima alternativa para fabricação de produtos alimentícios como pães, biscoitos e entre outros (MATEOS *et al.*, 2010).

A utilização da soja na alimentação humana vem ganhando um aumento significativo, especialmente pelo elevado teor proteico dos grãos. Além disso, destaca-se a presença substancial de isoflavonas, um composto químico com notável potencial bioativo, contribuindo para a crescente adoção da soja como componente dietético (JUHÁSZ *et al.*, 2013).

No campo da indústria alimentícia, são reconhecidos e disponibilizados comercialmente diversos derivados, além dos grãos de soja, tais como a farinha de soja, concentrados e isolados de soja. Além disso, encontram-se produtos fermentados, como miso, shoyu, tempeh, bem como análogos lácteos à base de soja, como bebidas, queijos e iogurtes, proporcionando alternativas que substituem o leite de vaca mediante a utilização do extrato de soja (DAHMER *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2019).

3.1 Grãos de soja

A soja é uma planta herbácea pertencente à subfamília *Fabaceae Papilionidae*, gênero *Glycine L.*, originário da China há 5.000 anos, sendo utilizada em diversos alimentos, seja de origem humana ou animal. O processamento do grão se desenvolveu e se propagou em diversos países vizinhos. Ao longo dos anos, a mesma passou por muitas modificações, tanto tecnológicas quanto naturais, e a evolução da cultura resultou no aumento de produção de diversos países (SEIBEL, 2018).

Os grãos de soja são considerados uma das principais fontes mundiais de proteínas e óleos vegetais, mas sua composição e produtividade dependem de fatores genéticos, ambientais e práticas de manejo. É considerada uma alternativa

barata de proteína nutritiva de qualidade, além de possuir substâncias benéficas à saúde (ASSEFA *et al.*, 2018).

Em relação às suas características químicas, os grãos de soja possuem cerca de 40% de proteínas, valor superior se comparado com as demais culturas (CARRERA, *et al.*, 2011). Em leguminosas, o teor de proteínas varia entre 20% e 30%. Sendo assim, a soja possui o maior conteúdo de proteínas, demonstrando um elevado potencial nutritivo e de alta qualidade dos grãos de soja como fonte alimentar. Além disso, por apresentarem também uma estilha de sua composição em lipídeos, 86% destes são ácidos graxos insaturados e 60% do total são essenciais. Já seus carboidratos são considerados um conjunto de glicose, frutose, sacarose, oligossacarídeos e fibras (SEIBEL, 2018).

Segundo Assefa *et al.* (2018), o meio ambiente desempenha um papel preponderante na determinação da composição de aminoácidos encontrados na soja cultivada em países como Argentina, Brasil e Estados Unidos. Todavia, para assegurar a preservação e minimização de perdas qualitativas do produto, torna-se imperativo considerar fatores extrínsecos, uma vez que estes podem ocasionar modificações em sua qualidade. Entre os principais fatores que exercem influência na qualidade dos grãos, ressaltam-se as condições de umidade relativa e temperatura que predominam no ambiente de armazenamento. Neste contexto, durante o processo respiratório dos grãos, as enzimas desempenham um papel crucial na regulação das reações químicas envolvidas, sendo que o aumento da umidade nos grãos, favorece a atividade biológica dessas enzimas, uma vez que estas e o substrato são mobilizados para o processo com maior facilidade. Concomitantemente, o incremento da temperatura acarreta uma elevação da atividade metabólica dos grãos, resultando na deterioração da matéria-prima. É pertinente salientar que o armazenamento inadequado pode resultar em fenômenos como a rancificação lipídica e degradação das proteínas, além da alteração dos compostos bioativos presentes na soja (POHNDORF *et al.*, 2017).

Além disso, Seibel (2018) discorre acerca da suscetibilidade da composição química dos grãos de soja a interferências originadas de eventos climáticos adversos, tais como períodos de aridez, pluviosidade excessiva, baixa luminosidade e variações extremas de temperatura. Tais eventos, por conseguinte, conferem impactos prejudiciais sobre as propriedades tecnofuncionais do produto.

3.2 Fatores climáticos

Um dos principais fatores externos que afetam os grãos são a temperatura e a umidade relativa que persistem no local de cultivo e armazenamento dos grãos. Durante o processo respiratório, as enzimas controlam as reações químicas envolvidas, e o aumento de umidade dos grãos propiciam sua atividade biológica, pois as enzimas e o substrato são mobilizados para o processo com maior facilidade (ASSEFA *et al.*, 2018). O aumento da temperatura, acarreta uma maior atividade metabólica dos grãos, favorecendo a deterioração da matéria-prima, e diminuindo conseqüentemente a sua qualidade (LIMA, 2022).

A composição química dos grãos é afetada pela seca, excesso de chuvas, temperaturas extremas e falta de luz, o que também compromete suas propriedades tecnofuncionais (SEIBEL, 2018).

3.3 Extrato de soja

Considerado um dos produtos derivados da soja mais conhecidos, o extrato de soja é obtido a partir da lavagem, maceração e aquecimento da soja. Os grãos lavados e macerados são moídos e aquecidos, de forma a passarem por um processo de filtração que separa o extrato do okara (BOWLES; DEMIATE, 2006). O extrato de soja apresenta uma excelente alternativa em substituição ao leite de origem animal, além de ser possível a sua utilização no preparo de bebidas (Pereira, 2013).

3.4 Okara

O okara é considerado um resíduo sem glúten resultante do processamento da soja e do tofu, originado após a extração das frações aquosas. Embora a farinha de okara possa ser frequentemente percebida como um subproduto de menor valor em relação ao okara em estado úmido, ela se destaca pela sua menor capacidade de ocupação de espaço de armazenamento e maior estabilidade de conservação, uma vez que o nível de umidade do produto é significativamente reduzido mediante o processo de secagem. Isso viabiliza a sua consideração como uma alternativa viável para a valorização integral desse subproduto (KAMBLE *et al.*, 2020).

Durante a produção do extrato de soja, apenas 3% a 5% da matéria seca permanece no extrato, o que significa que aproximadamente 95% dos sólidos da soja estão presentes no okara. De acordo com isso, pode-se dizer que a maior proporção de nutrientes da soja foi transferida para o okara, indicando que este derivado do grão de soja possui alto valor nutricional. Em relação à composição deste produto, estudos têm demonstrado seu alto valor nutritivo e possíveis aplicações voltadas à melhoria de produtos alimentícios (PEREIRA, 2013).

Diversos estudos foram feitos no âmbito da caracterização da composição química, avaliação dos valores nutricionais e investigação das atividades biológicas do okara, bem como na exploração de suas possíveis aplicações. Em virtude de sua destacada abundância de fibras e da sua produção economicamente vantajosa, o okara se posiciona como uma preciosa matéria-prima, proporcionando uma fonte substancial na elaboração de produtos enriquecidos em teor de fibras. Além disso, sua utilização como suplemento dietético tem sido investigada no contexto da prevenção de doenças como obesidade, hiperlipidemia e diabetes (LI *et al.*, 2012).

3.5 Tofu

Segundo Ali Fátima (2021) O tofu é categorizado como uma das melhores fontes de proteína de origem vegetal, além de sua composição rica em lipídios benéficos e compostos bioativos, notadamente isoflavonas, saponinas e fitoesteróis. Ademais, o tofu é dotado de ácidos graxos essenciais, como os ácidos linoleico e linolênico.

A desnaturação térmica das proteínas de soja e as propriedades de coagulação do extrato de soja desempenham um papel crítico na obtenção de altos rendimentos e na textura desejada do tofu. A adição de coagulante é amplamente considerada como a etapa primordial no processo de conversão do extrato de soja em coalhada de tofu. Os produtos de tofu podem ser classificados como frescos e não processados, abrangendo uma variedade diversificada de produtos que atendem às preferências dos consumidores. A eficiência do processo de fabricação do tofu e a qualidade da composição resultante são determinadas pela medição da dureza, gomosidade, coesividade e mastigabilidade (ALI Fátima *et al.*; 2021).

3.6 Propriedades tecnofuncionais

São consideradas propriedades referentes a um ingrediente, não está correlacionado diretamente aos seus fatores nutricionais, mas são atributos que influenciam na aparência do alimento, intervindo no seu consumo. Eles desempenham um papel físico importante no processo de preparação, processamento e armazenamento do alimento. Além disso, estão relacionadas às características físico-químicas, pois contribuem para que os produtos originados dos grãos de soja tenham aspectos sensoriais e de estocagem esperados pelo consumidor (SEIBEL; BELÉIA, 2009; GONÇALVES *et al.*, 2014).

Segundo Santos (2021), as propriedades tecnofuncionais desempenham um papel fundamental no âmbito físico das etapas de preparo, processamento e armazenamento dos alimentos. As propriedades dos referidos componentes estão intrinsecamente associadas a três aspectos-chave: a capacidade de hidratação, as características relativas ao tamanho e à forma, bem como as propriedades superficiais das moléculas.

No contexto dos alimentos, as características tecnológicas altamente desejáveis das proteínas são a capacidade de emulsificação, formação de espuma, retenção de água e óleo, capacidade de formar gel e solubilidade. Assim, torna-se essencial reconhecer que a configuração molecular das proteínas desempenha um papel fundamental na definição de sua eficácia funcional. Durante o processo de fabricação, as estruturas proteicas, especialmente as secundárias e terciárias, podem sofrer alterações significativas, as quais têm o potencial de afetar positiva ou negativamente a funcionalidade em uma aplicação específica (GOUVÊA, 2022).

3.7 Cor

A cor é um atributo fundamental no que se refere às exigências sensoriais dos consumidores, já que é o parâmetro de seleção inicial no momento da compra. A colorimetria é a ciência e o conjunto de técnicas que quantificam, descrevem e auxiliam com a ajuda de modelos matemáticos e equipamentos a percepção da cor pelos seres humanos (SEIBEL, KATO & LIMA, 2022).

Na soja, um dos atributos mais importantes é a cor, pois é ela que indica a qualidade das sementes e muitas vezes determina seu valor comercial. A cor pode

ser definida como a propriedade dos corpos em absorver e refletir a luz. A cor dos grãos de soja tem sido utilizada como indicador de qualidade, sendo que a descoloração sinaliza alterações físico-químicas, presença de metabólitos ou outras características desfavoráveis. Alterações da cor dos grãos são causadas principalmente por microrganismos, embora as mudanças nas condições climáticas possam intensificar ou afetar a coloração (SANTOS, 2021).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria Prima

Os grãos de soja que foram utilizados são da cultivar BRS 232, oriundos das safras 2020/2021 e 2021/2022, fornecidos pela EMBRAPA – Soja. Os grãos estavam acondicionados em sacos de papel e mantidos em câmara refrigerada à temperatura de aproximadamente 7°C até a execução das análises e elaboração dos produtos. Os grãos e okaras secos foram triturados em liquidificador doméstico, seguidos por moagem em moedor de café e peneirados em tamis 40 *mesh* (SEIBEL, 2018). Os experimentos foram realizados no laboratório A102, A308 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Londrina.

4.1.2 Obtenção do extrato de soja, okara e tofu

Segundo a metodologia de Seibel (2018) os grãos de soja foram pesados conforme a quantidade desejada, em seguida foi imerso em água em ebulição por 5 minutos e posteriormente resfriada em água com gelo por 5 minutos, para a inativação enzimática. A maceração foi feita na proporção de 1:3 em água com temperatura ambiente durante 16 horas (*overnight*).

A drenagem foi realizada com o auxílio de uma peneira e posteriormente os grãos macerados foram cozidos por 5 minutos. O processo de trituração ocorreu com a utilização de um liquidificador industrial, seguido da centrifugação, que foi executada com o auxílio de um saco de poliéster para separar o extrato de soja (líquido) do okara úmido (sólido).

Em sequência, o extrato de soja foi pasteurizado até o ponto de fervura e o okara sofreu o processo de secagem em estufa com circulação de ar a 60°C até atingir a umidade final aproximada de 12%.

Para a elaboração do tofu, foi adicionado ao extrato de soja (ES) o agente coagulante Sulfato de Cálcio (CaSO_4) a 0,4% em relação ao volume de extrato de soja. O pH do ES foi ajustado em 4,74 para formação do coágulo do tofu.

4.2 COMPOSIÇÃO PROXIMAL

A composição proximal dos grãos, okaras e tofu foi determinada conforme metodologias descritas na AOAC (2000) em triplicata.

4.2.1 Umidade

A análise de umidade foi realizada através da perda por dessecação conforme a metodologia da AOAC - *Association of Official Analytical Chemists* (2000), onde foram pesadas 2 g de amostra em cápsula de porcelana previamente pesadas e taradas e foram deixadas em estufa a 105°C por 5 horas. Após este tempo, as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas, até peso constante. O teor de umidade foi determinado através da Equação 1.

$$100 - (\% \text{Umidade cápsula final} - \text{cápsula inicial} / \text{peso da amostra} \times 100\%) \quad (1)$$

4.2.2 Cinzas

A determinação de cinzas foi realizada conforme a metodologia da AOAC (2000) onde 2 g de amostras foram pesadas em cadinhos de porcelana, carbonizadas em bico de Bunsen e colocadas em mufla à 550°C por 5 horas. Após este período, as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas até peso constante. O teor de cinzas foi calculado através da Equação 2.

$$\% \text{Cinzas} = \text{cápsula final} - \text{cápsula inicial} / \text{peso da amostra} \times 100 \quad (2)$$

4.2.3 Proteínas totais

Para determinação de proteínas totais foi utilizado o método de microKjedahl, onde foram pesadas 0,2 g de amostra, as mesmas foram dispostas no tubo de digestão e adicionados 1 g de catalisador e 5 mL de Ácido Sulfúrico concentrado. Já para as amostras líquidas, foi necessário medir 2 mL e repetir o processo. As mesmas foram digeridas a 400°C com o aumento gradativo da temperatura. O

processo finalizou quando o líquido se tornou translúcido com uma coloração levemente esverdeada.

Em sequência, a destilação ocorreu no destilador de proteínas, com a adição de 10 mL de água destilada, 10 mL de Ácido Bórico e 5 gotas do Indicador Azul de Bromotimol em cada Erlenmeyer de 125 mL. Por fim, foi adicionado NaOH 50% até apresentar a coloração marrom escuro, posteriormente coletado cerca de 50 mL do destilado.

Para a titulação, foram adicionados uma bureta de 50 mL com HCl (Ácido Clorídrico) 0,1M e titular até a viragem de cor. O teor de proteínas foi calculado pela Equação 3 (AOAC, 2000).

$$\% \text{Proteínas} = V \times M \times F \times 0,014 \times 6,25 \times 100 / \text{peso da amostra} \quad (3)$$

V= volume gasto de ácido na titulação

M= molaridade de ácido

F= fator de correção

4.2.4 Lipídios

A quantificação de lipídios foi realizada em extrator de Soxhlet segundo a metodologia da AOAC (2000), onde foram pesados 0,5 g de amostra em cartuchos de papel filtro, os cartuchos foram secos em estufa à 105°C durante 2 horas e inseridos dentro do equipamento para a extração lipídica por cerca de 6 horas. Após este processo, os cartuchos foram levados à estufa novamente com temperatura de 105°C por uma hora e resfriados em dessecador. Em sequência, os cartuchos foram descartados e as amostras pesadas. Para a quantificação dos lipídios foi utilizado a Equação 4.

$$\% \text{Lipídios} = [(\text{peso balão final} - \text{peso balão inicial}) \times 100] / \text{peso da amostra} \quad (4)$$

4.2.5. Carboidratos Totais

O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença, pela Equação 5.

$$\% \text{carboidratos totais} = 100 - (\% \text{umidade} + \% \text{proteínas} + \% \text{lipídios} + \% \text{cinzas}) \quad (5)$$

4.3 ANÁLISES TECNOLÓGICAS

As propriedades tecnofuncionais de todos os produtos foram avaliadas em triplicata segundo metodologias descritas por Seibel & Beléia (2009).

4.3.1 Volume de intumescimento (VI)

Em uma proveta de 100 mL, 1 g de amostra foi acrescido de 30 mL de água destilada e agitada por 2 horas de forma intermitente em agitador magnético (TE-084, Tecnal, Brasil) para atingir completa hidratação da amostra. Posteriormente a amostra foi mantida em repouso por aproximadamente 2 horas para decantação. O volume ocupado pela amostra na proveta foi denominado como volume de intumescimento, conforme Equação 6, e expresso em mL/grama de matéria seca.

$$VI = \text{volume ocupado na proveta/peso da amostra} \quad (6)$$

4.3.2 Índice de absorção de água (IAA)

Em tubo Falcon foi realizada suspensão de 1 g de amostra em 30 mL de água destilada, a qual foi agitada de forma intermitente por 2 horas em agitador horizontal (shaker– banho metabólico tipo Dubnoff SL 157). Posteriormente as amostras foram centrifugadas (Centrífuga Quimis) a 3600 rpm por 30 minutos. O sobrenadante foi utilizado para determinação do Índice de solubilidade em água (ISA). O IAA foi obtido através da razão entre o peso do sedimento úmido e o peso da matéria seca, conforme Equação 7, e expresso em gramas de água absorvida / grama de matéria seca.

$$IAA = \text{peso do sedimento úmido/peso da amostra} \quad (7)$$

4.3.3 Índice de solubilidade em água (ISA)

O sobrenadante obtido na determinação do IAA foi submetido à secagem em estufa com circulação de ar a 105°C por aproximadamente 3 horas, em placa de petri previamente tarada. O ISA foi calculado utilizando a Equação 8.

$$\text{ISA (\%)} = \text{peso dos sólidos solúveis após a secagem} \times 100 / \text{peso da amostra} \quad (8)$$

4.3.4 Índice de absorção de óleo (IAO)

Para determinar o índice de absorção de óleo, a água foi substituída por óleo e o procedimento foi realizado conforme o item 4.3.2.

4.3.5 Capacidade emulsificante (CE)

A capacidade emulsificante foi determinada com a mistura prévia de 1 g de amostra e 25 mL de água destilada por 30 segundos com auxílio de agitador de haste (Ultra-Turrax IKA T18 digital) a 5.000rpm. Posteriormente foi adicionado óleo de soja à mistura sob agitação manual com vazão de 10 mL/min para a emulsão ser formada até o ponto de inversão (liquefação da emulsão). A capacidade emulsificante foi calculada utilizando a Equação 9 e o resultado expresso como a quantidade de óleo emulsificado por grama de amostra (mL/g).

$$\text{CE} = \text{volume do óleo emulsificado} / \text{peso da amostra} \quad (9)$$

4.3.6 Atividade Emulsificante (AE)

Para a determinação da atividade emulsificante preparou-se uma emulsão de 1g de amostra, 10 mL de água destilada e 10 mL de óleo de soja comercial, com o auxílio de agitador de haste (Ultra-Turrax IKA T18 digital) a 16.000 rpm por 1 minuto. Posteriormente a emulsão foi centrifugada (Centrífuga Quimis) a 3.600 rpm por 5 minutos, sendo possível ler o volume da camada emulsificada e o volume total diretamente no tubo Falcon. A atividade emulsificante foi calculada pela Equação 10.

$$\text{AE} = (\text{volume da camada emulsificada} \times 100) / \text{volume total no tubo} \quad (10)$$

4.3.7 Estabilidade emulsificante (EE)

A estabilidade emulsificante foi determinada produzindo uma emulsão de 1 g de amostra, 10 mL de água destilada e 10 mL de óleo de soja comercial, com o auxílio de agitador de haste (Ultra-Turrax IKA T18 digital) a 16.000 rpm por 1 minuto. Posteriormente a emulsão foi aquecida em banho-maria a 80°C por 30 minutos e resfriada em água por 15 minutos, seguida de centrifugação (Centrífuga Quimis) a 3.600 rpm por 5 minutos, sendo possível ler o volume da camada emulsificada remanescente e o volume total da camada emulsificada diretamente no tubo Falcon. A estabilidade emulsificante foi determinada pela Equação 11.

$$EE = (\text{volume da camada emulsificada remanescente} / \text{Volume total da camada emulsificada}) \times 100 \quad (11)$$

4.3.8 Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada adicionando amostra dos grãos moídos pelo moedor de café em uma proveta até completar o volume de 10 mL, a qual foi pesada para conhecer sua massa. A densidade foi calculada pela razão entre o peso e o volume, conforme Equação 12.

$$\text{Densidade} = \text{massa} / \text{volume} \quad (12)$$

4.4 ANÁLISES INSTRUMENTAIS

As análises instrumentais foram realizadas nos grãos de soja, extrato de soja, okara e tofu.

4.4.1 pH

As amostras dos grãos foram diluídas em água destilada 10 g para 100 ml e homogeneizadas por 5 minutos em agitação magnética para leitura do pH em um potenciômetro digital, previamente calibrado com soluções tampão fosfato de pH 4,0

e 7,0, em triplicata (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). O pH dos extratos e do tofu foi medido diretamente nos produtos.

4.4.2 Análise de cor

Grãos de soja foram dispostos em três placas de petri com os hilos virados para baixo, completando-se o fundo das placas, sem deixar espaços. Embaixo das placas colocou-se uma folha branca para evitar interferências. Os extratos de soja foram colocados em placas de petri e a cor foi medida pelo equipamento de baixo para cima. A cor do tofu foi medida diretamente no produto.

A avaliação instrumental de cor foi realizada utilizando colorímetro (Konica Minolta CR 400). Inicialmente o equipamento foi calibrado utilizando a placa de calibração, para então ser efetuada a leitura das amostras, em 3 pontos diferentes. Foram determinados os parâmetros L* (luminosidade); a* (vermelho – verde); b* (amarelo – azul) com a seguinte especificação: iluminante CIE D65 e observador padrão CIE 10°. A diferença de cor (ΔE) dos grãos, extratos e okaras foi calculada pela Equação 13 (SEIBEL, KATO & LIMA, 2022).

$$\Delta E = [(\Delta L^*2) + (\Delta a^*2) + (\Delta b^*2)]^{1/2} \quad (13)$$

4.4.3 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis das amostras de ES foi determinado diretamente no Refratômetro digital (Hanna Instruments, Brasil).

4.4.4 Perfil de textura do tofu

O perfil de textura instrumental (TPA) das amostras de tofu foi determinado em texturômetro (TA.XT2i, Stable Micro Systems, Inglaterra), utilizando sensor cilíndrico de inox (P50), para comprimir amostras de tofu (2 cm x 2 cm) até 6mm de deformação. As velocidades de pré-teste, teste e pós-teste foram, respectivamente, de 2,0, 2,0 e 4,0 mm/s. Foram realizadas 6 repetições e os resultados foram expressos em Newton (N).

4.5 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA e para comparação entre as médias foi utilizado o teste t de Student a 5% de probabilidade pelo software Statistica 10.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises dos grãos de soja

5.1.1 Composição proximal dos grãos de soja

Analisando os dados da composição proximal dos grãos de soja (Tabela 1) pode-se observar que os teores de umidade das duas safras diferiram entre si, enquanto os de cinzas, lipídios e proteínas, não apresentaram diferenças estatísticas.

Os constituintes preponderantes dos grãos de soja são as proteínas e os lipídios, que apresentam notável relevância tanto do ponto de vista nutricional quanto industrial. As proteínas derivadas da soja destacam-se como as únicas, dentro do reino vegetal, que são nutricionalmente equiparáveis às proteínas de origem animal, uma vez que abrigam os aminoácidos essenciais, como isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina. Em um contexto de dieta equilibrada, as proteínas são reconhecidas como elementos essenciais, desempenhando um papel fundamental na arquitetura celular, além de exercerem funções regulatórias de significativa importância, controlando as condições intracelulares e extracelulares. Por sua vez, os lipídios manifestam um perfil distinto de ácidos graxos, compreendendo aproximadamente 85% de ácidos graxos polinsaturados, notabilizando-se o ácido linoleico (53%) e o ácido α -linolênico (8%), sendo este último um ácido graxo pertencente à família ômega 3 e dotado de considerável relevância para a saúde humana (SEIBEL; JOSÉ; SILVÉRIO, 2018).

Tabela 1. Composição proximal dos grãos de soja de diferentes safras

| | Safra 20/21 | Safra 21/22 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Umidade (%) | 16,68±0,06 ^a | 15,49±0,04 ^b |
| Cinzas (%) | 4,77±0,10 ^a | 4,84±0,07 ^a |
| Proteínas (%) | 34,64±1,65 ^a | 34,04±0,67 ^a |
| Lipídios (%) | 14,43±0,54 ^a | 14,49±0,29 ^a |
| Carboidratos totais (%) | 29,48 | 31,14 |

Média ± desvio padrão pelo teste t de Student. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

Estes resultados corroboram a elevada qualidade nutricional da soja, fundamentada em sua composição caracterizada pela preponderância de proteínas em proporção significativa e seguida dos lipídios.

Segundo Seibel, José & Silvério (2018), a composição intrínseca dos grãos de soja demonstra considerável variabilidade, sendo influenciada por diversos fatores, tais como a variedade da planta, o local e período de cultivo, as condições ambientais de crescimento e as características climáticas predominantes. Em um contexto representativo, a composição típica do grão de soja compreende aproximadamente entre 35% a 40% de proteínas de elevada qualidade, 15% a 20% de lipídios, uma faixa de 10% a 13% de umidade e 5% de cinzas.

Prado *et al.* (2020), avaliando as características físico-químicas de grãos de soja cultivar NS 7780 IPRO produzidas em Formoso-TO (2018) encontraram valores de proteínas (36,22%), cinzas (5,39%), lipídios (23,78%) e umidade (9,23%). Através destes resultados, percebemos semelhanças nos níveis de proteínas, porém, os fatores de cinzas e lipídios se apresentaram superiores aos obtidos neste estudo. Além disso, a umidade se apresentou com uma diferença elevada, podendo ter sofrido problemas com o armazenamento e oscilações de temperatura.

No estudo conduzido por Santos *et al.* (2010), utilizando a mesma cultivar empregada na presente pesquisa e em uma região de cultivo semelhante, foram identificados teores de 42,33% para proteínas, 21,06% para lipídios, 5,68% para cinzas e 8,55% de umidade. Adicionalmente, para a mesma cultivar na safra 2012/2013, cultivada em Passo Fundo (RS), Dahmer (2016) registrou valores

inferiores de umidade (2,69%), enquanto observou maiores concentrações de proteínas (42,75%) e cinzas (5,29%), com teores semelhantes de lipídios (21,93%) e carboidratos (29,77%). Em paralelo, Alamu et al. (2021) constataram valores reduzidos de umidade (8,47%), proteínas (34,28%), lipídios (12,18%) e cinzas (1,92%) para a variedade aprimorada de soja (TGx 1989-19 F). Segundo a Embrapa (2017), além de variáveis como fertilidade do solo e o período de semeadura, o tipo da cultivar e a localização geográfica de cultivo, também influenciam nas propriedades intrínsecas dos grãos, contribuindo, portanto, para as diferenças encontradas relacionadas aos diversos estudos.

5.1.2 Propriedades tecnofuncionais dos grãos de soja

O entendimento das propriedades tecnofuncionais inerentes aos grãos de soja provenientes de diferentes safras possui notável relevância para a sua aplicabilidade, uma vez que exerce impacto significativo nos processos de produção, armazenamento e nas propriedades sensoriais do alimento formulado (LIMA & SEIBEL, 2021).

Os grãos das safras analisadas não apresentaram diferença significativa para o volume de intumescimento, sendo valores próximos aos encontrados por Gonçalves et al. (2014) de 4,12 mL.g⁻¹ na cultivar BMX Potência RR (Tabela 2).

Para o índice de absorção de água, as safras 2020/21 e 2021/22 não difeririam entre si. Os valores encontrados foram superiores aos encontrados por Gonçalves et al. (2014) de 2,75 g.g⁻¹ e Santos (2021), que obteve 4,08 g.g⁻¹.

Tabela 2. Propriedades tecnofuncionais dos grãos de soja de diferentes safras

| | Safra 2020/21 | Safra 2021/22 |
|------------------|--------------------------|---------------------------|
| VI (mL/g) | 4,06±0,70 ^a | 3,90±0,36 ^a |
| IAA (g/g) | 5,04±0,26 ^a | 4,56±0,41 ^a |
| ISA (%) | 12,71±0,62 ^a | 11,75±2,25 ^a |
| IAO (g/g) | 2,84±0,13 ^a | 2,85±0,03 ^a |
| CE (mL/g) | 213,27±3,58 ^a | 173,30±16,43 ^b |
| AE (%) | 58,33±2,93 ^a | 56,86±1,19 ^a |
| EE (%) | 86,22±7,43 ^a | 79,39±4,62 ^a |
| Densidade (g/mL) | 0,54±0,01 ^a | 0,50±0,01 ^b |

Média ± desvio padrão pelo teste t de Student. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). VI: volume de intumescimento; IAA: índice de absorção de água; ISA: índice de solubilidade em água; IAO: índice de absorção de óleo; CE: capacidade emulsificante; AE: atividade emulsificante; EE: estabilidade da emulsão

O índice de solubilidade em água (ISA) não apresentou diferença significativa entre as amostras. A solubilidade apresentada por Alamu *et al.* (2021) foi inferior ao se comparado ao resultado obtido neste estudo, totalizando apenas 3,16%, enquanto a solubilidade mencionada por Santana *et al.* (2017) situou-se em torno de 10%. Conforme observado por Leonel *et al.* (2009), uma solubilidade reduzida em meio aquoso pode restringir a utilização da soja na forma de farinha em produtos que requerem preparo em baixas temperaturas, como, por exemplo, em produtos instantâneos, assim como em produtos com elevado teor de água, dificultando o processo de homogeneização.

No índice de absorção de óleo dos grãos, as duas safras não apresentaram diferenças significativas. Os resultados obtidos foram semelhantes se comparados com os valores encontrados por Gonçalves *et al.* (2014) de 2,60 g.g⁻¹ e aos obtidos por Lima (2022), de 2,76 g.g⁻¹. O índice de absorção de óleo (IAO) representa a habilidade da matriz alimentar em absorver e reter óleo, atributo intrinsecamente associado às fibras alimentares em virtude da presença de lignina em sua composição química, sendo que as fibras alimentares insolúveis manifestam uma

capacidade de absorção de óleo superior em comparação às fibras solúveis (SEIBEL;BELEIA, 2009).

A capacidade emulsificante (CE) apresentou diferença significativa entre si. Segundo Lima, Seibel & Santos (2022), a CE é conceituada como o volume de óleo que um grama de proteínas pode emulsificar, antes de ocorrer a inversão ou colapso da emulsão. Nesse contexto, é observável que a hidrofobicidade da proteína guarda relação inversa com a tensão interfacial, influenciando diretamente na ampliação da capacidade emulsificante. Já a atividade emulsificante (AE), mede, indiretamente, a área superficial da membrana proteica que recobre as gotículas de óleo. A estabilidade emulsificante (EE) está associada à habilidade de preservação da coesão da emulsão em resposta ao tratamento térmico, constituindo uma propriedade de relevância substancial durante a implementação de um composto, visto que sua estabilidade pode ser comprometida mediante a aplicação de processos térmicos em alimentos, potencialmente ocasionando modificações na textura e sabor do produto.

Essas diferenças entre as safras podem estar associadas à hidrofobicidade das proteínas presentes em cada uma, pois quanto maior a hidrofobicidade das proteínas, maior depressão na tensão interfacial. Ademais, as propriedades emulsificantes da soja são igualmente influenciadas pelo teor proteico, dispersibilidade, solubilidade, pH do meio, temperatura e procedimentos de processamento (LIMA, 2022).

Os valores de densidade diferiram significativamente entre si e foram inferiores ao determinado por Moura, Canniatti-Brazaca e Souza (2009) para BRS 212 (1,11 g.mL⁻¹).

5.1.3 Análises instrumentais dos grãos

A Tabela 3 mostra os valores encontrados para os grãos de soja das diferentes safras. Os parâmetros avaliados foram L* (luminosidade), a* (vermelho/verde) e b* (amarelo/azul). A luminosidade apresentou valor intermediário e o parâmetro b* apresentou cor amarela, porém, houve uma disparidade significativa entre o parâmetro L*.

Tabela 3. Avaliação da cor e pH de grãos de soja de diferentes safras

| | Safra 2020/21 | Safra 2021/22 |
|----|-------------------------|-------------------------|
| L* | 54,52±1,34 ^a | 56,65±0,86 ^b |
| a* | 5,63±0,53 ^a | 5,36±0,52 ^a |
| b* | 25,28±0,84 ^a | 27,43±1,37 ^b |
| pH | 6,89±0,01 ^a | 6,93±0,01 ^a |

Média ± desvio padrão pelo teste t de Student. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). L*: luminosidade; a*: coordenada verde-vermelho; b*: coordenada azul-amarelo.

Segundo Pathare *et al.*, apud Seibel, Kato & Lima (2022), as diferenças de cor podem ser facilmente detectadas ($\Delta E > 3$), percebidas ($1,5 < \Delta E < 3$) e apresentar pequena diferença ($1,5 < \Delta E$). Diante disso, nas análises de luminosidade, foi observado que estas foram prontamente identificadas, exibindo um valor de ΔE igual a 4,53. No entanto, em termos da coordenada verde-vermelho, exibiram uma discrepância mínima, com ΔE de 0,07. Quanto à coordenada azul-amarelo, a diferença entre as duas safras pôde ser prontamente identificada, registrando um ΔE de 4,62.

De acordo com Alencar (2009), a mudança nos grãos de soja está relacionada com a umidade, o escurecimento do produto e a propensão ao desenvolvimento de fungos. A variação na coloração é originada pela oxidação natural dos pigmentos, cuja intensidade é dependente do tempo de armazenamento e das condições de armazenagem. Sendo assim, é justificável a diferença entre as duas amostras analisadas, pois a safra 2020/21 apresentou sinais de escurecimento e proliferação de fungos, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Aparência dos grãos de soja BRS 232 safras 2021/2022 (A) e 2020/2021 (B)



Fonte: Autoria própria (2023)

O pH dos grãos não apresentou diferença significativa entre as duas safras estudadas. Barros (2020) obteve valores de pH similares ao deste estudo para quatro variedades de soja cultivadas, variando de 6,47 a 6,56. Soares (2003) avaliou o aumento da acidez, manifestado pela redução do pH, em distintas variedades de grãos de soja. Através destas variações, o mesmo constatou que tais divergências podem ocorrer por diversos fatores, tais como colheita mecanizada, transporte ou armazenamento inadequados, incidência de pragas na plantação, danos decorrentes de microrganismos ou enzimas, e também em virtude da presença significativa de grãos deteriorados.

5.2 Obtenção dos extratos de soja, okaras e tofu

O rendimento dos extratos de soja (Tabela 4) foram bem semelhantes, se comparados entre si, entretanto, para o okara, a safra 2021/22, apresentou um rendimento maior.

Tabela 4. Rendimento dos produtos obtidos (%)

| | Safra 2020/21 | Safra 2021/22 |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| Extrato de soja | 72,92 | 71,29 |
| Okara | 5,64 | 6,22 |
| Tofu | 2,93 | - |

De Barros (2016), afirmam que a conversão de 1 kg de grãos de soja resulta em um rendimento de extrato de soja situado entre 6 a 9 litros, o que representa, em termos percentuais, uma faixa de 54% a 81% de extrato de soja. Para o okara, conforme observado por Bowles e Demiate (2006), a utilização de 1 kg de grãos de soja culmina na obtenção de aproximadamente 1,1 kg de okara em sua forma úmida, podendo ser desidratado para gerar 250g de okara seco, refletindo um rendimento de cerca de 10% em relação ao okara úmido. Este cenário sugere que, com vistas a maximizar a produção de extrato de soja, a adoção de uma proporção mais elevada de água é indicada, enquanto o oposto, uma quantidade menor de água, favorecerá um maior rendimento de okara. No que tange ao tofu, observou-se um rendimento relativamente baixo em comparação com outros produtos derivados da soja.

5.3 Caracterização dos extratos de soja, okaras e tofu

5.3.1 Análises dos extratos de soja

Para a composição de proteínas e sólidos solúveis totais (SST) dos extratos de soja (Tabela 5), podemos afirmar que houve diferenças significativas nos resultados obtidos de SST.

Tabela 5. Proteínas e sólidos solúveis totais do extrato de soja

| | Safra 2020/21 | Safra 2021/22 |
|---------------|------------------------|------------------------|
| SST (°Brix) | 1,60±0,09 ^a | 2,20±0,11 ^b |
| Proteínas (%) | 0,63±0,04 ^a | 0,68±0,03 ^a |

Média ± desvio padrão pelo teste t de Student. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

No estudo feito por Pereira (2013), a mesma encontrou valores de proteínas em torno de (2,36%), onde apresentou diferença considerável com os resultados obtidos a partir das duas safras analisadas. Jaekel et al. (2010) também apresentou valores de proteínas em torno de (2,10%).

No estudo conduzido por Pereira (2013), foram identificados valores de proteínas em aproximadamente (2,36%), evidenciando discrepância considerável em relação aos resultados obtidos nas duas safras analisadas. Jaekel *et al.* (2010) também reportou teores de proteínas em torno de (2,10%). Tais disparidades na composição química são comuns, visto que o local de cultivo, o genótipo e as condições climáticas exercem influência significativa na composição química da soja, impactando conseqüentemente a composição de seus produtos derivados (POYSA & WOODROW, 2001). Para o teor de SST, Paulo (2017) obtiveram valores de 5,88 °Brix, valor este consideravelmente maior ao obtido neste estudo. Conforme discutido por Machado (2007), o extrato de soja manifesta teores de sólidos solúveis aproximadamente equivalentes a 3,5 °Brix, a depender de seu tipo de processamento.

Para o extrato de soja, todos os parâmetros de cor analisados apresentaram diferença significativa (Tabela 6). O parâmetro a^* denotou que os dois extratos exibiram cor em direção ao verde (valores negativos), enquanto o parâmetro b^* revelou cor em direção ao amarelo (valores positivos). E a diferença de cor calculada resultou no valor de $1,5 < \Delta E$, significando pequena diferença a olho nu.

Tabela 6. Avaliação da cor e pH do extrato de soja oriundos de diferentes safras

| | 2020/21 | 2021/22 |
|----|-------------------------|-------------------------|
| L* | 61,37±2,54 ^a | 57,19±0,91 ^b |
| a* | -3,82±0,25 ^a | -3,38±0,23 ^b |
| b* | 4,14±0,62 ^a | 2,35±0,12 ^b |
| pH | 6,95±0,01 ^a | 6,99±0,01 ^a |

Média ± desvio padrão pelo teste t de Student. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). L*: luminosidade; a*: coordenada verde-vermelho; b*: coordenada azul-amarelo.

Ao comparar os resultados obtidos com os extratos de soja das safras 2020/21 e 2021/22, com os de de Poloseli-Scopel *et al.* (2013), que analisaram a cor do extrato de soja homogeneizado por ultra alta temperatura a 200Mpa e a 75°C e avaliados em dias diferentes, os resultados obtidos foram semelhantes com os deste trabalho, onde observou-se concordância nos valores referentes ao parâmetro a*, registrando-se -2,68 e -3,11, respectivamente. Entretanto, em relação ao parâmetro b*, o estudo divergiu, apresentando valores de 9,17 e 9,65, maiores do que neste estudo.

Os valores de pH dos extratos de soja não manifestaram diferenças significativas entre si, exibindo proximidade considerável em relação aos resultados obtidos por Carvalho *et al.* (2011), os quais alcançaram um pH de 6,75.

5.3.2 Análise dos okaras

Para os okaras, analisando os dados de sua composição proximal (Tabela 7), foi possível observar diferenças significativas nos valores de umidade e lipídios.

Tabela 7. Composição proximal dos okaras de diferentes safras

| | Safra 20/21 | Safra 21/22 |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Umidade (%) | 3,42±0,23 ^a | 5,11±0,10 ^b |
| Cinzas (%) | 2,76±0,42 ^a | 2,19±0,34 ^a |
| Proteínas (%) | 46,43±0,96 ^a | 41,10±2,55 ^a |
| Lipídios (%) | 20,81±0,31 ^a | 27,00±2,56 ^b |

Média ± desvio padrão pelo teste t de Student. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

Na comparação destes resultados com os dados obtidos por Bowles & Demiate (2006), os quais reportaram valores de (2,8%) para cinzas, (37%) para proteínas e (13%) para lipídios, evidencia-se um aumento nas concentrações de proteínas e lipídios no presente estudo. Além de destacar a semelhança nas porcentagens de cinzas.

Nas propriedades tecnofuncionais dos okaras, as análises que apresentaram diferença significativa foram o índice de absorção de água e a densidade (Tabela 8).

Tabela 8. Propriedades tecnofuncionais do okara oriundos de soja de diferentes safras

| | Safra 2020/21 | Safra 2021/22 |
|------------------|---------------------------|---------------------------|
| VI (mL/g) | 0,98±0,10 ^a | 1,09±0,17 ^a |
| IAA (g/g) | 3,94±0,06 ^a | 2,94±0,59 ^b |
| IAO (g/g) | 2,79±0,22 ^a | 2,92±0,20 ^a |
| CE (mL/g) | 115,20±15,80 ^a | 142,60±21,06 ^a |
| AE (%) | 20,00±2,81 ^a | 25,00±0,58 ^a |
| Densidade (g/mL) | 0,48±0,02 ^a | 0,42±0,01 ^b |

Média ± desvio padrão pelo teste t de Student. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). VI: volume de intumescimento; IAA: índice de absorção de água; ISA: índice de solubilidade em água; IAO: índice de absorção de óleo; CE: capacidade emulsificante; AE: atividade emulsificante; EE: estabilidade da emulsão

Em relação aos valores de IAA e IAO deste trabalho, os mesmos foram superiores aos encontrados por Seibel e Beléia (2009), que foram de índice de

absorção de água (IAA) 3,8g/g e índice de absorção de óleo (IAO) 2,4g/g. Os valores de densidade encontrados, foram bem semelhantes aos de Pereira (2013), sendo estes 0,43g/mL.

Para a cor dos okaras houve diferença significativa nas coordenadas a^* e b^* indicando diferenças de intensidades das cores vermelha e amarela, respectivamente (Tabela 9). A diferença de cor (ΔE) calculada foi de 4,45, sendo facilmente detectada a olho nu. O pH dos okaras não apresentou diferença significativa e ambas as amostras demonstraram neutralidade.

Tabela 9. Avaliação da cor e pH do okara oriundos de soja de diferentes safras

| | Safra 2020/21 | Safra 2021/22 |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| L^* | 73,94±1,22 ^a | 75,29±0,93 ^a |
| a^* | 3,71±0,18 ^a | 3,16±0,26 ^b |
| b^* | 26,70±0,37 ^a | 24,59±0,53 ^b |
| pH | 7,48±0,02 ^a | 7,43±0,02 ^a |

Média ± desvio padrão pelo teste t de Student. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). L^* : luminosidade; a^* : coordenada verde-vermelho; b^* : coordenada azul-amarelo.

5.3.3 Análises do tofu

O tofu elaborado com o extrato de soja dos grãos da safra 2021/22 apresentou 73,26% de umidade e 10,31% de proteínas (Tabela 10). Pauletto e De Oliveira Fogaça (2012), elaborou tofu com a cultivar de soja do tipo FEPAGRO - RS 10 e mencionaram valores de 80% para umidade e 11,4% para proteínas, maiores do que nesse trabalho.

Tabela 10. Composição proximal do tofu

| | Safra 2021/22 |
|----------------------|----------------------|
| Umidade (%) | 73,26±0,20 |
| Proteínas (%) | 10,31±0,10 |

Média ± desvio padrão.

Os parâmetros de cor usados para avaliar o tofu indicaram um produto claro (L^*), levemente vermelho (a^*) e amarelo (b^*) (Tabela 11). Daniels (2015), apresentou parâmetros de cor semelhantes no parâmetro luminosidade para a mesma cultivar deste estudo e utilizando cloreto de magnésio como coagulante, sendo L^* (81,58), entretanto os valores a^* (2,33) e b^* (19,89), foram superiores a este estudo.

O pH do tofu elaborado foi menor ao obtido por Da Silva (2019), onde o tofu elaborado com extrato de soja, apresentou acidez em 5,69.

Tabela 11. Avaliação da cor e pH do tofu

| Safra 2021/22 | |
|----------------------|------------|
| L^* | 85,59±0,80 |
| a^* | 1,05±0,07 |
| b^* | 14,62±0,37 |
| pH | 4,66±0,01 |

Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). L^* : luminosidade; a^* : coordenada verde-vermelho; b^* : coordenada azul-amarelo.

A Tabela 12 exibe os valores médios dos parâmetros de textura do tofu, obtidos por meio da análise do perfil de textura. A dureza é caracterizada como a força exigida para induzir uma deformação em um material. A mastigabilidade, derivada da interação entre dureza, coesividade e elasticidade, representa a energia requerida para a mastigação de um alimento sólido até a fase de deglutição. A coesividade, por sua vez, refere-se à extensão na qual um material pode sofrer deformação antes de atingir o ponto de ruptura. Por fim, a gomosidade, outro parâmetro relevante, é especificamente aplicada na análise de tofus, proporcionando percepções extras sobre as características texturais deste produto (DANIELS, 2015).

Na literatura, encontra-se grande variabilidade de resultados de textura, dificultando a comparação. Devido à similaridade das condições de processamento e análise, os resultados foram comparados aos de Nunes (2020), que encontrou valores de 0,86 para dureza (N), 0,46 para gomosidade (N), 0,44 para coesividade e 2,63 de mastigabilidade (N).

Tabela 12. Valores instrumentais de textura obtidos para os Tofus

| | Safra 2021/22 |
|---------------------|----------------------|
| Dureza (N) | 0,882±0,04 |
| Gomosidade (N) | 1,127±0,10 |
| Coesividade | 1,202±0,11 |
| Mastigabilidade (N) | 1,210±0,11 |

Segundo Nunes (2020), a dureza representa uma das características mais importantes do tofu, fundamentando a classificação comercial do produto em categorias como extra *soft*, *soft*, regular e firme. A preferência pela textura varia conforme os hábitos culturais e as preferências individuais dos consumidores. Tanto a cultivar quanto a técnica de processamento emergem como os principais determinantes que impactam a textura do tofu. As proteínas, como componente bioquímico central, exercem influência significativa nesse aspecto, uma vez que, durante o processamento, o extrato de soja é submetido ao aquecimento para promover a dissociação das proteínas, e um coagulante é adicionado para formar a matriz proteica responsável pela textura final do produto.

6 CONCLUSÃO

Grãos de soja da cultivar BRS 232, cultivados no mesmo local e colhidos em duas safras distintas, foram submetidos a avaliação, após armazenamento sob condições refrigeradas. A análise proximal e tecnofuncional revelou uma relação intrínseca entre esses aspectos, fundamentais na composição das características gerais dos produtos derivados.

Contudo, entre as safras, foram observadas disparidades notáveis em relação à umidade, capacidade emulsificante e aos parâmetros de cor L^* e b^* . A safra 2021/22, em particular, destacou-se pela coloração mais amarela em comparação à safra 2020/21.

Ao considerar os produtos derivados, similaridades foram identificadas em suas características, entretanto, divergências significativas foram notadas no extrato de soja, tanto nos sólidos solúveis totais quanto em todos os parâmetros de cor. No que diz respeito ao okara, notaram-se diferenças marcantes em umidade, lipídios, e nos parâmetros de cor a^* e b^* . O tofu, por sua vez, apresentou as características esperadas para o produto.

Nesse contexto, conclui-se que as diferenças entre as safras analisadas podem ser atribuídas a fatores como variações climáticas e condições de armazenamento. Essas constatações contribuem para uma compreensão mais abrangente das variabilidades sazonais e seus impactos nas propriedades dos produtos derivados da soja.

REFERÊNCIAS

- ALAMU, E. O.; OLATUNDE, G. O.; ADEGUNWA, M; O., ADEBANJO, L. A.; AWOYINFA, O. C.; SOYOYE, J; B. Carotenoid profile and functional properties of flour blends from biofortified maize and improved soybean varieties for product developments. **Cogent Food & Agriculture**, v. 1, n. 7, 2021.
- ALENCAR, Ernandes R. de et al. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.
- ALI, Fátima; TIAN, Kangming; WANG, Zheng-Xiang. Eficácia de técnicas modernas no processamento de tofu. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos** , v. 116, p. 766-785, 2021.
- ASSEFA, Y.; *et al.* Spatial Characterization of Soybean Yield 51 and Quality (Amino Acids, Oil, and Protein) for United States. **Scientific Reports**, v.8, n.146, p.1-11, 2018.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**.17. ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2000, v.2.
- BOWLES, Simone; DEMIATE, Ivo Motin. **caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 26, p. 652-659, jul, set. 2006.
- CARRERA, Constanza Soledad; *et al.* **Amino acid composition of soybean seeds as affected by climatic variables**. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v.46, n.12, p.1579-1587, 2011.
- CIABOTTI, Sueli et al. Propriedades tecnológicas e sensoriais de produto similar ao tofu obtido pela adição de soro de leite ao extrato de soja. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 346-353, 2009.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas de produtividade de grãos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2022.
- DA SILVA, Alves. ELABORAÇÃO DE QUEIJO TOFÚ COM ADIÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE. **V Encontro Nacional da Agroindustrial**. 2019.
- DAHMER, A. M. **Desenvolvimento e caracterização de biscoitos isentos de glúten de farinha de soja (Glycine max (L.) Merrill.) da cultivar BRS 267**. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 138p., 2016.
- DANIELS, Juliano. **Desenvolvimento e caracterização de tofu defumado**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

DE BARROS, Érica Amanda; VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA OBTIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, 2016.

FELBERG, Ilana et al. Avaliação nutricional e aceitação pelo consumidor de extrato de soja de cultivares especiais e convencionais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 26, p. e2022075, 2023.

FENG, Jing-Yu et al. Evolução do okara de resíduo a ingrediente alimentar de valor agregado: um relato de sua biovalorização para melhores efeitos nutricionais e funcionais. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 116, p. 669-680, 2021.

GONÇALVES, L. C.; ANDRADE, A. P. C.; RIBEIRO, G. P.; SEIBEL, N. F. Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2014.

GONÇALVES, Leidiane Cardoso; *et al.* **Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja**. *BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports*, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2014.

GOUVÊA, Lucas de Paiva et al. **Avaliação das propriedades tecnológicas de ingredientes proteicos de diferentes leguminosas para o mercado plant-based**. 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 25-26.

JAEKEL, Leandra Zafalon; RODRIGUES, Rosane da Silva; SILVA, Amanda Pinto da. Avaliação físico-química e sensorial de bebidas com diferentes proporções de extratos de soja e de arroz. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 342-348, 2010.

KAMBLE, Dinkar B.; RANI, Savita. Componentes bioativos, digestibilidade in vitro, microestrutura e aplicação de resíduo de soja (okara). **Ciência das Leguminosas**, v. 1, pág. e32, 2020.

LEONEL, M.; FREITAS, T. S.; MISCHAN, M. M. Physical characteristics of extruded cassava starch. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 4, p. 486-493, 2009.

LI, Bo; QIAO, Meiyang; LU, Fei. Composição, nutrição e aproveitamento do okara (resíduo de soja). **Food Reviews International**, v. 3, pág. 231-252, 2012.

LIMA, A.R. **Avaliação dos grãos de soja brs 232 em diferentes safras**. 2022. 59 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022

LIMA, A. R.; SEIBEL, N. F.; SANTOS, M. Avaliação tecnofuncional e instrumental de grãos de soja BRS 232 de diferentes safras. In: Anais do XVI Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Anais. Curitiba (PR) UFPR, 2021. Disponível em: <<https://www.event3.com.br/anais/xvierscta2021/395195-AVALIACAO-TECNOFUNCIONAL-E-INSTRUMENTAL-DE-GRAOS-DE-SOJA-BRS-232-DE-DIFERENTES-SAFRAS>>. Acesso em: 10 out 2023.

LOBATO-CALLEROS, C.; REYES-HERNÁNDEZ, J.; BERISTAIN, C. I.; HORNELASURIBE, Y.; SÁNCHEZ-GARCÍA, J. E.; VERNON-CARTER, E. J. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. **Food Research International**, v. 40, p. 529- 537, 2007

MACHADO, M. R. G. **Bebida de soja fermentada com Lactobacillus acidophilus: viabilidade celular, avaliação sensorial, armazenamento e resposta funcional.** 2007. 101f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, Pelotas, 2007.

MOURA, Neila Camargo, CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin, SOUZA, Miriam Coelho. Características físicas de quatro cultivares de soja crua e submetidas a diferentes tratamentos térmicos. **Alim. Nutr.** Araraquara v.20, n.3, p. 383-388, jul./set. 2009.

NUNES, Mateus Baptista. **Textura instrumental de tofu das cultivares de soja VMAX e BRS 267 coagulados com flor do cardo.** 2020.

PAULETTO, Fernanda Bortoluzzi; DE OLIVEIRA FOGAÇA, Aline. Avaliação da composição centesimal de tofu e okara. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v. 13, n. 1, p. 85-95, 2012.

PAULO, Ana Flávia Sampaio; SILVA, Nadine Leticia Vieira da. **Extrato de soja criocentrado aplicado na elaboração de maionese.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PEREIRA, Dafne Garcia. **Obtenção do extrato de soja e okara por diferentes métodos.** 2013. 34 f. (Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Alimentos) - Faculdade de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

POLISELI-SCOPEL, F. H; HERNÁNDEZ-HERRERO, M; GUAMIS, B; FERRAGUT, V. Characteristics of soymilk pasteurized by ultra high-pressure homogenization (UHPH), **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** 2013.

POYSA, V., WOODROW L. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. **Food Research International**, v. 35, p. 337–345, 2001.

PRADO, P. M. C.; RIBEIRO, A. E. C.; COUTINHO, G. S. M.; OLIVEIRA, E. R. D; CALIARI, M.; SANTOS, M. M.; SOARES JÚNIOR, M. S. Physiological and physical-

chemical properties of soybean seed with IPRO technology during storage with and without environmental control. **Research, Society and Development**, v.9, n.7, 2020.

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017.

SANTOS, H. M. C.; OLIVEIRA, M. A.; OLIVEIRA, A. F.; OLIVEIRA, G. B. A. Composição centesimal das cultivares de soja BRS 232, BRS 257 e BRS258 cultivadas em sistema orgânico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 1, n. 2, p. 7-10, 2010.

SANTOS, Milena Bianca Morais. **Caracterização química e tecnológica de soja brs 232 de diferentes safras**. 2021. 34 f. (Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Alimentos) - Faculdade de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

SEIBEL, Neusa Fátima; BELÉIA, A. P. Características químicas e funcionalidade tecnológica de ingredientes de soja [Glycine Max (L.) Merrill]: carboidratos e proteínas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 2, p. 113-122, 2009.

SEIBEL, N. F.; JOSÉ, A. C. S.; SILVÉRIO, G. B. Compostos químicos da soja e seus benefícios. In: SEIBEL, Neusa Fátima. **Soja: cultivo, benefícios e processamento**. 1 ed. Curitiba: Editora CRV, 2018. p. 31-62.

SEIBEL, Neusa Fátima; KATO, Talita; LIMA, Andrielly Rosa. Importância da difração de raios X e colorimetria em alimentos. In: VERRUCK, S. **Avanços em ciência e tecnologia de alimentos**. Editora Científica Digital, 2022. v. 6, cap. 15, p. 219-235.

SEIBEL, Neusa Fátima. **Soja: cultivo, benefícios e processamento**. 1 ed. Curitiba: Editora CRV, 2018.

SOARES, T. A. **Análise de acidez graxa como índice de qualidade em grãos de soja**. Dissertação de Mestrado em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 76p., 2003.

ZHENG, Li et al. Produtos de tofu: uma revisão de suas matérias-primas, condições de processamento e embalagem. **Revisões Abrangentes em Ciência dos Alimentos e Segurança Alimentar**, v. 19, n. 6, pág. 3683-3714, 2020. Federal do Paraná.