



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

ANDRIELLY ROSA DE LIMA

AVALIAÇÃO DOS GRÃOS DE SOJA BRS 232 DE DIFERENTES SAFRAS

LONDRINA

2022

ANDRIELLY ROSA DE LIMA

AVALIAÇÃO DOS GRÃOS DE SOJA BRS 232 EM DIFERENTES SAFRAS

EVALUATION OF BRS 232 SOYBEANS FROM DIFFERENT HARVESTS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Área de Concentração: Tecnologia de produtos de origem vegetal

Linha de Pesquisa: Produtos de origem vegetal

Profa. Dra. Neusa Fátima Seibel

LONDRINA

2022



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

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



ANDRIELLY ROSA DE LIMA

AVALIAÇÃO DOS GRÃOS DE SOJA BRS 232 EM DIFERENTES SAFRAS

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 05 de Julho de 2022

Dra. Neusa Fatima Seibel, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Beatriz Cervejeira Bolanho Barros, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Dra. Caroline Maria Calliari, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/07/2022.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força para superar adversidades e suprir todas as minhas necessidades.

À minha família e amigos que vibraram comigo nos momentos felizes e me acolheram e incentivaram em dias difíceis, com muita compreensão e amor.

Aos meus pais, Edna Rosa e Benedito Lima, que nunca mediram esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos e que por muitas vezes abdicaram de suas vidas simplesmente para que eu pudesse chegar até aqui.

Ao meu companheiro de vida, Andrew Oliveira, pelo cuidado e amizade, por me incentivar a estudar e buscar o melhor, por acreditar em mim e pela compressão nos momentos em que estive ausente.

À minha vó Edite (em memória), meu exemplo de bondade e simplicidade, que mesmo não estando mais presente em nossas vidas, deixou ensinamentos que levarei para sempre.

À Prof^a Dr^a Neusa Seibel pela dedicação na orientação deste trabalho, pelos ensinamentos, compreensão e paciência. Gratidão eterna.

À EMBRAPA Soja pela doação dos grãos e análises de isoflavonas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - PPGTAL pelos conhecimentos transmitidos e aos meus colegas de turma que contribuíram nesta jornada acadêmica.

À UTPFR campus Londrina pelo suporte na realização do trabalho, especialmente ao Laboratório Multiusuário pelas análises realizadas de difração em raio X.

Por fim, a todos que contribuíram diretamente e indiretamente na realização deste trabalho.

LIMA, Andrielly. **Avaliação dos grãos de soja BRS 232 de diferentes safras.** 2022. 59 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, LONDRINA, 2022.

RESUMO

A soja é uma das principais fontes de proteínas e óleos vegetais no mundo, possui substâncias benéficas à saúde, como isoflavonas, saponina, polipeptídios, fibra alimentar, oligossacarídeo e fosfolipídios. Sua composição é influenciada por inúmeros fatores intrínsecos e extrínsecos ao longo de seu ciclo cultural e, também, durante o armazenamento, sofrendo interferências por períodos de secas, excesso de chuvas, extremos de temperaturas e baixa luminosidade, o que também prejudica as suas características tecnofuncionais. O objetivo do trabalho foi avaliar as características dos grãos de soja BRS 232 oriundos de diferentes safras. As amostras de soja, BRS 232 das safras de 2015/2016 (S1), 2016/2017 (S2), 2018/2019 (S3) e 2019/2020 (S4), cultivadas na região de Ponta Grossa-PR foram doadas pela EMBRAPA Soja. Foram realizadas análises para determinação da composição química (umidade, cinzas, proteínas totais, lipídios, carboidratos totais, fenóis, atividade antioxidante e perfil de isoflavonas), análises instrumentais (Cor, Difração de raio-x e pH) e análises tecnofuncionais (volume de intumescimento (VI), índice de absorção de água e óleo (IAA e IAO), índice de solubilidade em água (ISA), proteínas solúveis, atividade emulsificante (AE), capacidade emulsificante (CE), estabilidade de emulsão (EE) e densidade aparente). As análises químicas e tecnofuncionais mostraram que são intimamente relacionadas para compor as características gerais dos produtos, onde a amostra S2 apresentou o maior teor de proteínas, quando comparadas a S3 e S4, o que resultou em maiores valores das propriedades lipofílicas: capacidade emulsificante, atividade emulsificante e estabilidade emulsificante. Assim como o teor de fibras alimentares totais, em maior quantidade na amostra S1, ocasionou o maior índice de absorção de água e menor índice de absorção de óleo. Ao longo da estocagem ocorrem alterações oxidativas que resultaram em diminuição gradativa dos fenóis totais e da atividade antioxidante e as isoflavonas totais apresentaram o menor valor na amostra S1 e maior na S4 (grãos mais novos). Os grãos S1 apresentaram cor vermelha mais intensa, maior diferença de cor e menor pH. A cristalinidade das amostras também foi alterada, pois um pico de baixa intensidade, ao redor de 35°, não foi percebido na amostra mais nova, já o pico de alta intensidade referente à celulose, ao redor de 20°, estava presente em todas as amostras. S3 e S4, tiveram os maiores percentuais de fibras alimentares solúveis e a S1 maior teor de fibras insolúveis. Com o passar do tempo a hidrofobicidade aumenta alterando as propriedades tecnofuncionais, corroborando com os outros dados também teve-se o comportamento da solubilidade proteica, a qual diminuiu nas amostras mais velhas, especialmente a S1, devido às alterações morfológicas ocorridas. De uma forma geral os resultados mostraram que o tempo de armazenamento influencia nas características dos grãos de soja, havendo alterações morfológicas que afetam suas propriedades tecnofuncionais e estruturais.

Palavras-chave: *Glycine Max* (L.) Merrill. Propriedades tecnofuncionais. Difração de Raio X. Cor. Isoflavonas.

LIMA, Andrielly. **Evaluation of BRS 232 soybeans from different harvests**. 2022. 59 f. Dissertation (Master's in Food Technology) – Federal Technological University of Paraná, LONDRINA, 2022.

ABSTRACT

Soybeans is one of the main sources of protein and vegetable oils in the world, and has substances beneficial to health, such as isoflavones, saponin, polypeptides, dietary fiber, oligosaccharide, and phospholipids. Its composition is influenced by numerous intrinsic and extrinsic factors throughout its cultural cycle, and also during storage, suffering interference from periods of drought, excessive rainfall, temperature extremes, and low light, which also affect its technofunctional characteristics. The objective of the work was to evaluate the characteristics of BRS 232 soybeans coming from different harvests. The soybean samples, BRS 232 from the 2015/2016 (S1), 2016/2017 (S2), 2018/2019 (S3) and 2019/2020 (S4) harvests, cultivated in the Ponta Grossa-PR region were donated by EMBRAPA Soja. Analyses were performed to determine the chemical composition (moisture, ash, total protein, lipids, total carbohydrates, phenols, antioxidant activity and isoflavones profile), instrumental analyses (Color, X-ray diffraction and pH) and technofunctional analyses (volume of swelling (VI), water and oil absorption index (IAA and IAO), water solubility index (ISA), soluble proteins, emulsifying activity (AE), emulsifying capacity (EC), emulsion stability (EE) and apparent density). The chemical and technofunctional analyses showed that they are closely related to compose the general characteristics of the products, where sample S2 presented the highest protein content, when compared to S3 and S4, which resulted in higher values of the lipophilic properties: emulsifying capacity, emulsifying activity and emulsifying stability. As well as the content of total dietary fiber, in larger amounts in sample S1, caused the highest water absorption index and the lowest oil absorption index. During storage, oxidative alterations occur, which resulted in a gradual decrease of total phenols and antioxidant activity, and the total isoflavones presented the lowest value in sample S1 and the highest in S4 (younger grains). The S1 grains presented more intense red color, greater color difference and lower pH. The crystallinity of the samples was also altered, because a low intensity peak, around 35°, was not perceived in the youngest sample, while the high intensity peak referring to cellulose, around 20°, was present in all samples. S3 and S4, had the highest percentages of soluble dietary fibers, and S1 had the highest content of insoluble fibers. With the passing of time the hydrophobicity increases, altering the techno-functional properties, corroborating with the other data there was also the behavior of protein solubility, which decreased in the older samples, especially S1, due to the morphological changes that occurred. In general, the results showed that the storage time influences the characteristics of soybeans, with morphological changes that affect their technological and structural properties.

Key-words: Glycine Max (L.) Merrill. Technofunctional properties. X-Ray Diffraction. Color. Isoflavones.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aparência dos grãos de soja BRS 232, S1 (A), S2 (B), S3 (C) e S4 (D)	40
Figura 2 – Difração de Raios-X dos grãos de soja BRS 232, safra 2015/2016 (S1)	41
Figura 3 – Difração de Raios-X dos grãos de soja BRS 232, safra 2016/2017 (S2)	42
Figura 4 – Difração de Raios-X dos grãos de soja BRS 232, safra 2018/2019 (S3)	42
Figura 5 – Difração de Raios-X dos grãos de soja BRS 232, safra 2019/2020 (S4)	43
Figura 6 – Efeito do pH na solubilidade das proteínas dos grãos de soja.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição proximal de grãos de soja BRS 232 obtidos em diferentes safras (%)	32
Tabela 2 – Fibras alimentares dos grãos de soja de diferentes safras (%).	34
Tabela 3 – Fenóis totais e atividade antioxidante (ABTS*) dos grãos de soja de diferentes safras.....	35
Tabela 4 – Perfil de Isoflavonas (mg.100g ⁻¹) de grãos de soja BRS 232 obtidos em diferentes safras.....	36
Tabela 5 – Avaliação da cor e pH de grãos de soja BRS 232 obtidos em diferentes safras.....	38
Tabela 6 – Propriedades tecnofuncionais de grãos de soja BRS 232 obtidos em diferentes safras.....	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 GRÃOS DE SOJA	13
3.2 FIBRAS ALIMENTARES	16
3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	17
3.3.1 Isoflavonas	18
3.4 COR	19
3.5 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X	20
3.6 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS	21
3.6.1 Propriedades de hidratação	21
3.6.2 Propriedades lipofílicas	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 MATERIA-PRIMA	23
4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	23
4.2.1 Umidade	23
4.2.2 Cinzas	24
4.2.3 Proteínas totais	24
4.2.4 Lipídios	24
4.2.5 Carboidratos totais	25
4.2.6 Fibras alimentares	25
4.2.7 Fenóis e atividade antioxidante	25
4.2.8 Perfil de isoflavonas	26
4.3 ANÁLISES INSTRUMENTAIS	26
4.3.1 Cor	26
4.3.2 Análise por difração de raio-x (DRX)	27
4.3.3 pH	27
4.4 ANÁLISES TECNOLÓGICAS	28
4.4.1 Volume de intumescimento (VI)	28

4.4.2 Índice de absorção de água (IAA)	28
4.4.3 Índice de solubilidade em água (ISA)	29
4.4.4 Proteínas solúveis	29
4.4.5 Índice de Absorção de óleo (IAO)	29
4.4.6 Capacidade Emulsificante (CE).....	29
4.4.7 Atividade Emulsificante (AE)	30
4.4.8 Estabilidade Emulsificante (EE)	30
4.4.9 Densidade aparente	31
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	32
5.1.1 Composição proximal	32
5.1.2 Fibras alimentares	33
5.1.3 Fenóis totais, Atividade antioxidante e Perfil de Isoflavonas	35
5.2 ANÁLISES INSTRUMENTAIS.....	38
5.3 ANÁLISES TECNOLÓGICAS	43
6 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS.....	50
ANEXO 1 – BOLETIM DE ANÁLISE SANITÁRIA - EMBRAPA	59

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é originária do sudoeste asiático e devido suas vastas aplicações industriais, obteve expressão econômica tornando-se a principal oleaginosa cultivada no mundo. No Brasil esta é a cultura agrícola de maior importância, com alta produtividade e competitividade no mercado internacional. A produção de soja no Brasil obteve um marco histórico na safra 19/20, pois o país se tornou o maior produtor desse grão, ultrapassando os EUA, com 124,8 milhões de toneladas produzidas. Na safra 20/21 o Brasil apresentou mais um recorde: produção de 135,1 milhões de toneladas de soja, pois aumentou em 4,1% sua área plantada (CONAB, 2020; ASA, 2019; DERMACHI, 2011).

Como importante produto agrícola, a soja possui vasta utilização e aplicação dos grãos, sendo utilizada em geração de energia, alimentação humana e animal. No Brasil é considerada como uma das principais matérias-primas de exportação. A produção de soja no Estado do Paraná se faz presente em grande parte dos municípios paranaenses, na safra de 2020/21 o estado apresentou 10,294 milhões de hectares de área plantada, com produção de 19,872 milhões de toneladas de soja. Agregando assim uma participação significativa na produção agropecuária do estado e constituindo atividades importantes em aspectos econômicos e sociais para a região (EMBRAPA, 2021; MELO *et al.*, 2012). São produzidos a partir da soja diversos produtos alimentícios como extratos, sucos, molhos, proteína texturizada, farinha, natto, tofu entre outros. Além de ser empregado como ingrediente de produtos como hambúrgueres vegetarianos, embutidos de carne e frango, bolos, sorvetes, milkshakes e barras de cereais (AZEVEDO, 2011; ZHANG & QUIN 2019).

A soja tem um alto valor nutricional e funcional, sendo classificada como uma das principais fontes vegetais de proteína e óleo. Em média, a soja madura contém cerca de 40% de proteína, 20% de óleo e 5% de cinzas e o restante são carboidratos totais, com base na matéria seca. Desta forma, a soja apresenta o maior teor de proteína entre as espécies de cereais e outras leguminosas e o segundo maior teor de óleo entre as leguminosas alimentares (LIU, 2016; EMBRAPA, 2015). Outros componentes em menores concentrações como minerais, vitaminas e substâncias biologicamente ativas como isoflavonas, fibra alimentar, oligossacarídeo e fosfolipídios são encontrados nos grãos. Com propriedade anticancerígeno, as isoflavonas presentes na soja podem inibir o processo

carcinogênico, atuando no organismo como quimiopreventivo natural, sendo assim o consumo de soja tem demonstrado efeitos benéficos à saúde e à prevenção de doenças (MA Y. Y. *et al.*, 2015; LIU, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Dentre as culturas de soja convencionais, a variedade BRS 232 apresenta teor médio de proteína superior a outras cultivares convencionais, além de destacar-se por seu excelente potencial produtivo, tendo adaptação em todo o estado do Paraná (EMBRAPA, 2016).

Devido à grande demanda na produção de soja, a qualidade do grão pode sofrer perdas nutricionais por fatores agronômicos, como forma de plantio, colheitas, condições climáticas, além de fatores como armazenamento e manuseio dos grãos, prejudicando assim suas características tecnofuncionais (SANTOS, *et al.*, 2021; SEIBEL, 2018). As propriedades tecnofuncionais estão normalmente relacionadas a características físico-químicas dos alimentos e são importantes, pois colaboram para que subprodutos tenham aspectos sensoriais e de estocagem desejados pelo consumidor. Sendo assim, a caracterização dessas propriedades se torna indispensável para a indústria de alimentos assim como a avaliação do efeito dos processamentos sobre tais propriedades (NAVES *et al.*, 2010; SEIBEL & BELÉIA, 2009).

Neste contexto, a proposta deste estudo consistiu em caracterizar diferentes safras de soja BRS 232, cultivadas na região de Ponta Grossa-PR quanto à composição proximal e as propriedades tecnofuncionais dos grãos, após armazenamento.

1.1 JUSTIFICATIVA

A importância dos grãos de soja está diretamente relacionada com o objetivo de comercialização. Agronomicamente, qualidade física, fisiológica, genética e sanitária são fundamentais, pois resultarão em aumento da eficiência e produtividade das lavouras beneficiando o produtor. O clima é um dos fatores de maior influência e de maior dificuldade de controle, podendo ocorrer secas ou excesso de chuvas, temperaturas extremas, baixa luminosidade, entre outras intempéries.

Industrialmente os problemas de colheita e pós-colheita, manuseio e armazenamento dos grãos podem afetar diretamente o seu uso. Estes fatores são

constantemente estudados nos países desenvolvidos, visando prolongar a vida útil, pois a qualidade dos grãos e dos produtos elaborados pode ser diretamente afetada pelas condições de armazenamento. Perdas e alterações nesta etapa são inevitáveis, mas devem ser prevenidas principalmente com o controle de temperatura, evitando altas taxas respiratórias e degradativas.

Há muitos estudos sobre a qualidade dos grãos de soja de uma safra sob armazenamento acelerado, mas nenhum trabalho foi encontrado investigando as características dos grãos da mesma variedade cultivados no mesmo local em diferentes safras. Sendo assim, considerou-se necessária esta pesquisa para trazer conhecimento sobre as alterações que podem ocorrer com o tempo visando melhores aplicações alimentares.

2 OBJETIVOS

Avaliar as características químicas e tecnofuncionais dos grãos de soja BRS 232 oriundos de diferentes safras, após armazenamento.

2.1 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Avaliar a composição química dos grãos de soja;
- Investigar os compostos bioativos, em termos de fenóis e perfil de isoflavonas;
- Analisar a cristalinidade e a cor dos grãos de soja;
- Determinar as propriedades tecnofuncionais dos grãos de soja;
- Verificar o efeito do tempo de armazenamento dos grãos de soja das diferentes safras.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GRÃOS DE SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa de importância mundial, estando entre os principais cultivos, juntamente com o milho, arroz e o trigo. Como fonte proteica a soja é comumente utilizada na alimentação humana e animal, sendo

uma significativa *commodity* para o mercado (ALBRECHT, *et al.*, 2012; LIU, 2016). O cultivo da soja teve seu início estimado na China por volta de 1700-1100 anos a.C., chegando à Europa no ano 1700, e nos EUA apenas entre 1800-1900, e desde então a soja se tornou uma das principais culturas agrícolas do mundo (HYMOWITZ & SHURTLEFF, 2005). Ainda, a soja é uma cultura com elevada eficiência, apresenta rendimento de 3.000 kg por hectare (GARRETT & RAUSCH, 2016).

O aumento da demanda mundial por farelo e óleo de soja tornou a soja a *commodity* mais importante do agronegócio brasileiro, que está concentrada na região sul e centro-oeste do país (MVO, 2011; CAVALETT & ORTEGA, 2009). Ainda, essa expansão da produção de soja no Brasil se deve ao apetite global por carne, visto que a soja é utilizada na ração animal e pelo aumento do poder de compra dos consumidores de economias emergentes, como a China, país que apresenta elevado consumo da soja (DA SILVA *et al.*, 2017; ZIEGLER, *et al.*, 2016).

De toda a produção de soja, apenas 6% é usada como grão inteiro e o restante é utilizado na produção de óleos e biocombustível, e também para a produção de alimentos, como bebidas à base de soja, molhos e ração animal, devido ao teor proteico (OLIVEIRA & SCHNEIDER, 2016; WWF, 2014). No Brasil, a soja foi a matéria-prima mais utilizada para a produção de biodiesel nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país em fevereiro de 2017 (ANP, 2017).

A soja é uma das principais fontes de proteínas e óleos vegetais no mundo, mas sua composição, assim como sua produtividade são dependentes de fatores genéticos, do ambiente e práticas de manejo (ASSEFA *et al.*, 2018). É fonte de proteínas de alta qualidade nutricional com baixo custo, além de possuir substâncias benéficas à saúde, como isoflavonas, saponina, polipeptídios, fibras alimentares, oligossacarídeo e fosfolipídios (MA Y. Y. *et al.*, 2015).

Em relação ao teor proteico, a semente de soja possui cerca de 40% de proteínas, valor superior à de outras culturas, como a ervilha e o feijão, ainda, apresenta em sua composição todos os aminoácidos essenciais (CARRERA *et al.*, 2011; TESSARI *et al.*, 2016), em leguminosas, o teor de proteínas varia entre 20% e 30%, enquanto nos cereais varia entre 8% e 15%. Desta forma, a soja possui o maior conteúdo de proteínas, quando comparado à composição de cereais e outras espécies de leguminosas (LIU, 2016; HE & CHEN, 2013), o que demonstra o potencial nutritivo e de alta qualidade da soja como matéria-prima.

Segundo Assefa *et al.* (2018), o meio ambiente é o fator mais determinante na composição de aminoácidos na soja produzida nos EUA, Argentina e Brasil. Contudo, para a preservação e redução de perdas qualitativas da soja, fatores externos devem ser considerados, pois podem acarretar alterações em sua qualidade. Os principais fatores externos que afetam os grãos são a temperatura e a umidade relativa que persistem no local de armazenamento. Durante o processo respiratório, as enzimas controlam as reações químicas envolvidas, e o aumento de umidade dos grãos favorece sua atividade biológica, pois as enzimas e o substrato são mobilizados para o processo com maior facilidade. O aumento da temperatura, acarreta uma maior atividade metabólica dos grãos, favorecendo a deterioração da matéria prima. O armazenamento inadequado pode resultar na rancificação lipídica, degradação das proteínas e alterações nos compostos bioativos da soja (POHNDORF *et al.*, 2017). Seibel (2018) relata que a composição química dos grãos sofre interferências por períodos de secas, excesso de chuvas, extremos de temperaturas e baixa luminosidade, o que também prejudica as suas características tecnofuncionais.

A soja vem sendo bastante utilizada na nutrição animal devido ao elevado teor proteico, no entanto, alguns compostos presentes nos grãos de soja crua podem limitar sua utilização para algumas espécies monogástricas. Os antinutrientes podem ser encontrados tanto na soja em sua forma natural, mas também nos metabólitos gerados em sistemas vivos. Os inibidores de tripsina, as lecitinas e antivitaminas, são antinutrientes facilmente reduzidos com a utilização de processos térmicos de curto prazo e altas temperaturas, como a torra e fervura. No entanto, outros elementos desse grupo, como os taninos, fitoestrogênios, alguns compostos fenólicos e proteínas antigênicas são resistentes aos tratamentos térmicos e podem interferir na absorção adequada dos nutrientes da soja e seus produtos (ZHOU *et al.*, 2018).

Além do teor de lipídios e proteínas, a soja apresenta em sua composição carboidratos e minerais. Dentre os carboidratos encontram-se a glicose, frutose, sacarose, rafinose e estaquiase, e em relação aos minerais, é possível encontrar o P, K, Ca, Mn, Zn, Fe e B (BELLALLOUI *et al.*, 2015). Ambos colaboram para o elevado teor nutricional da soja, que vem sendo explorado ao longo dos anos.

3.2 FIBRAS ALIMENTARES

As fibras estão presentes em componentes ricos em carboidratos principalmente de cereais, possuem resistência à digestão e absorção no intestino delgado e sofrem fermentação parcial no intestino grosso. As fibras alimentares são classificadas de acordo com sua solubilidade em água podendo ser do tipo solúvel ou insolúvel. As fibras solúveis quando entram em contato com a água formam um retículo e a mistura torna-se geleificada, a exemplo desta classe de fibras têm-se as pectinas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses. Já as fibras insolúveis se caracterizam pela baixa retenção de água formando misturas de baixa viscosidade, celulose, algumas hemiceluloses e lignina são constituintes desta fração, podendo apresentar propriedades tecnofuncionais importantes nos alimentos (RODRIGUES & SEIBEL, 2021; MIRA *et al.*, 2009; JIA *et al.*, 2015).

Com propriedades benéficas à saúde, as fibras insolúveis promovem melhoria do trânsito intestinal e já as fibras solúveis são importantes coadjuvantes no controle de doenças como a obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes, pois estão ligadas ao retardo do esvaziamento gástrico, redução do colesterol sérico e modulação da glicemia (MIRA *et al.*, 2009).

Os compostos fibrosos fazem parte da parede celular, estrutura que dá forma às células, em uma célula vegetal é tida como a camada mais externa. As células vegetais são delimitadas por uma parede celular mecanicamente forte e determinam a resistência mecânica das estruturas vegetais e consiste em uma rede de microfibrilas de celulose incluída em uma matriz de polissacarídeos, proteínas e outros polímeros produzidos pela célula. A matriz de polissacarídeos e as microfibrilas de celulose unem-se em uma forte rede de uma mistura de ligações covalentes e não covalentes (COSTA, 2019; TAIZ *et al.* 2017).

Os polissacarídeos da parede celular são classificados em três grupos: Celulose, Pectina e Hemiceluloses. A celulose é o principal componente fibrilar da parede celular e é composta de uma matriz de $\beta(1\rightarrow4)$ glucanos unidos para formar uma microfibrila, sendo insolúveis em água e com alta resistência a tensão. A Pectina, grupo complexo de polissacarídeos hidrofílicos e formadores de gel e muitas são rapidamente solubilizadas da parede com água quente ou com quelantes de cálcio. As hemiceluloses são os polissacarídeos de parede do terceiro grupo (TAIZ *et al.* 2017).

Através da parede celular é reduzido o acesso das enzimas digestivas e assim a quebra das proteínas intracelulares (ZAHIR *et al.*, 2018). A parede celular pode ter sua porosidade aumentada alterando sua estrutura, o que pode acontecer tanto empregando processos térmicos, como a fermentação, germinação ou a combinação entre eles (PALLARES *et al.*, 2018; ZAHIR *et al.*, 2020).

3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Dentre os compostos bioativos se destacam os compostos fenólicos, também conhecidos como polifenóis, que apresentam diversidades em suas estruturas e são quimicamente caracterizados pela presença de pelo menos um anel benzênico ligado a um ou mais grupos hidroxilos (VELDERRAIN-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014).

Dentre os polifenóis, se destacam os ácidos fenólicos, flavonoides simples e complexos, antocianinas, entre outros (BABBAR *et al.*, 2014). Em relação aos compostos fenólicos presentes na soja podem ser citados os ácidos fenólicos, derivados dos ácidos hidroxicinâmico (p-cumárico, m-cumárico, cafeico, ferúlico e sinápico) e hidroxibenzóico (ácido gálico, p-hidroxibenzóico, siringico e vanílico) (ALU'DATT *et al.*, 2013; KIM *et al.*, 2006).

Para análise destes compostos e de sua atividade antioxidante diferentes metodologias são utilizadas. Para análise de compostos fenólicos a metodologia mais usual é a de Singleton e Rossi (1965), na qual a amostra que se deseja analisar é misturada com o reativo de Folin–Ciocalteu e o conteúdo de polifenóis normalmente é expresso em equivalente a ácido gálico através da obtenção de uma curva analítica. Dentre os métodos para determinar a atividade antioxidante, o método de sequestro dos radicais livres ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammoniumsalt) e DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) se destacam, por serem de fácil realização. Esses métodos apresentam diferentes mecanismos de reação. O ABTS⁺ é capaz de reagir com uma gama maior de antioxidantes, e suas reações ocorrem por transferência de elétrons, enquanto no radical DPPH as reações são por transferência de átomos de hidrogênio, apresentando maior seletividade (MARECEK *et al.*, 2017). Tanto a análise de compostos fenólicos quanto a atividade antioxidante são medidas utilizando espectrofotômetro.

Vital *et al.* (2020) utilizou farinha de soja no desenvolvimento de iogurte funcional e verificou que a farinha de soja apresentou 2,55 mg equivalente ácido

gálico/g de compostos fenólicos, e atividade antioxidante avaliadas pelo sequestro dos radicais livres DPPH e ABTS de 80,78 e 42,41%, respectivamente. Os autores avaliaram também os iogurtes e aqueles que continham a soja, comparados com outros ingredientes utilizados como leite em pó e proteínas do soro do leite, apresentaram maior quantidade de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

3.3.1 Isoflavonas

As isoflavonas são compostos fenólicos e pertencem à classe dos flavonoides. Apresentam diferentes atividades biológicas, tais como atividade antioxidante e efeitos cardioprotetores, além de serem consideradas como fitoestrógenos, uma vez que apresentam atuação biológica similar ao estradiol (HEIM *et al.*, 2002; HERMAN *et al.*, 1995). Estão presentes apenas em alguns alimentos, como feijão, grão-de-bico, e em destaque na soja, a qual contém a maior quantidade de isoflavonas (aproximadamente 0,1 a 0,4% em peso seco) (DEVI *et al.*, 2009; TSUKAMOTO *et al.*, 2001). Sua concentração na soja pode variar dependendo da região onde o grão é produzido, do solo, temperatura, genótipo e interação entre esses fatores durante a maturação. Segundo alguns autores entre 80 a 90% das isoflavonas dos grãos são encontradas nos cotilédones (TSUKAMOTO *et al.*, 1995).

As isoflavonas apresentam-se subdivididas em quatro grupos: agliconas, β -glicosídeos, acetil glicosídeos e malonil glicosídeos, com três compostos em cada e os núcleos daidzina, genistina e glicitina (LEE & CHOUNG, 2011), são biologicamente ativas no organismo humano, desencadeando efeitos benéficos à saúde (HU *et al.*, 2002; KAO *et al.*, 2008). Alguns autores trazem que as diferenças em suas estruturas químicas influenciam em sua atividade biológica, efeitos fisiológicos e biodisponibilidade, entretanto, a biodisponibilidade das isoflavonas no corpo humano é dependente da capacidade da microbiota intestinal (β -glicosidases) em hidrolisar as isoflavonas (glicosiladas) às formas agliconas, que possuem maior atividade biológica e biodisponibilidade (BARBOSA *et al.*, 2006; CARRÃO-PANIZZI *et al.*, 2003; KAO *et al.*, 2008; LEE & LIN, 2007).

Estudos relatam que as isoflavonas apresentam efeitos benéficos em diversas atividades metabólicas, auxiliando na prevenção de doenças como diabetes,

hipertensão arterial, deficiência cognitiva, controle dos sintomas da menopausa e diversos tipos de câncer, neste caso, atuando no organismo como quimiopreventivo natural (ZAKIR & FEITAS, 2015; OLIVEIRA, *et al.*, 2018).

3.4 COR

A colorimetria é a ciência que estuda os fenômenos da luz e da visão humana, quantificando e descrevendo com auxílio de modelos matemáticos e equipamentos a percepção da cor pelos seres humanos (SEIBEL; KATO; LIMA, 2022). A coloração pode ser avaliada através de equipamentos, como os colorímetros, que avaliam com exatidão os parâmetros de cor e escalas como a CIELAB podem ser utilizados para essa avaliação. Essas escalas se referem a valores adimensionais de parâmetros chamados L^* , a^* e b^* . O L^* avalia a luminosidade do material, variando de 0 (preto) a 100 (branco), o a^* avalia a tonalidade variando do verde (-) ao vermelho (+) e por fim o parâmetro b^* , que varia do azul (-) ao amarelo (+) (Commission Internationale de l'Eclairage, Vienna, Austria, 1976).

Diferentes graus da coloração verde podem estar presentes na soja, dependendo da fase de maturação, estresse sofrido pela planta e outros fatores. Se toda a semente estiver esverdeada ela é considerada danificada, ou seja, pode sofrer redução no valor agregado pago aos produtores. A coloração esverdeada da soja traz muitos impactos em relação à qualidade final do produto, o grão verde tem em média a mesma quantidade de proteínas de um grão maduro, entretanto, apresenta menos óleo e teor mais elevado de acidez, tendo um custo maior de processamento uma vez que há a necessidade de remoção da clorofila do óleo, por exemplo, e por fim, grãos verdes ainda apresentam um rendimento inferior na produção de isolados proteicos (FRANÇA-NETO *et al.*, 2012).

Alterações posteriores na coloração do produto podem ocorrer durante o armazenamento, causadas principalmente por fatores biológicos, como a presença e proliferação de fungos. A presença desta alteração e destes microrganismos também é indicativo de metabólitos, alterações químicas e físicas, assim como o aparecimento de outras características desfavoráveis a sua comercialização, aplicação e utilização (SINCLAIR, 1992; SINCLAIR, 1995).

Estudos avaliaram alterações na coloração e na composição de soja em diferentes condições de armazenamento e concluíram que quando armazenados em temperatura de 30°C e umidade de 80% houve um escurecimento nos grãos (HOU & CHANG, 2004). Ziegler *et al.* (2014) avaliou a cor da soja em diferentes condições durante 12 meses de armazenamento e verificaram que houve redução na cor amarela (b^*) em todas elas. Os autores associaram essa redução na coloração à redução de carotenoides, responsáveis pela coloração amarela, característica da soja.

3.5 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

A técnica de difração de raios-X (DRX) é muito utilizada para verificar a estrutura de amostras e como os átomos estão organizados entre si (CANEVAROLO JR., 2004; SEIBEL; KATO; LIMA, 2022). Os sólidos podem ser divididos em sólidos cristalinos ou amorfos, onde os cristalinos são formados por átomos, moléculas ou íons que se estruturam em um espaço tridimensional de forma regular e periódica. Já os sólidos amorfos não possuem um ordenamento periódico e apresentam uma distribuição aleatória ou, uma estrutura atômica periódica de curto alcance. Estes arranjos estão relacionados diretamente nas estruturas dos materiais e o seu conhecimento é muito importante para aplicações tecnológicas adequadas dos ingredientes na indústria, pois alguns fatores como armazenamento, processamento e modificações intencionais alteram a sua morfologia (SEIBEL; KATO; LIMA, 2022).

Peres (2013) avaliou a casca da soja e encontrou picos em 2Θ de 18, 22,4 e 34,5 graus, indicando a presença de celulose na mesma. Outro estudo mostrou um índice de cristalinidade de 26% na casca de soja e predominância de celulose tipo I (FLAUZINO NETO *et al.*, 2013). Filmes a base de isolado proteico de soja com adição de óleo de soja epoxidado foram elaborados para melhorar suas propriedades físicas. Através da análise de difração de raios-X do filme, foi possível perceber a melhora em sua cristalinidade com o uso do óleo de soja. Em conjunto com as análises de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi possível observar a melhoria do módulo de tração, resistência à tração, força de rendimento, resistência à água e alongamento na ruptura dos filmes produzidos (XIA *et al.*, 2015).

3.6 PROPRIEDADES TECNOFUNCIONAIS

Enquanto estudos sobre a composição proximal de um produto evidenciam as quantidades de macro nutrientes essenciais na alimentação humana, estudos sobre as propriedades tecnofuncionais expressam comportamentos do ingrediente em suas aplicações, influenciando no processamento, armazenamento e características sensoriais. Os grupos polares e apolares, presente nos alimentos, são os responsáveis pelas propriedades tecnológicas, tais como viscosidade, capacidade e retenção de água e óleo, formação de gel, solubilidade e propriedades emulsificantes (SEIBEL, 2018; YOSHIDA, 2020; LIMA, SEIBEL & SANTOS, 2021).

3.6.1 Propriedades de hidratação

Dentre as propriedades tecnofuncionais estudadas, a capacidade de absorção de água tem sido uma análise muito utilizada em farinhas, medindo a capacidade do amido em absorver água. No caso das proteínas, como a da soja, essa capacidade se dá pela interação proteínas-água, o que reflete na textura dos alimentos promovendo o papel de espessamento no produto final conforme ocorre o aumento dessa interação (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1985; DAMODARAN, 2008). Essa análise consiste na homogeneização do material com a água, essa mistura é posteriormente centrifugada e a fração sólida obtida é pesada, determinando o percentual de água que foi absorvido pelo material. Essa análise é importante para avaliar a interação do material/ingrediente com a água e é muito utilizada ao trabalhar com novos ingredientes alimentícios, podendo determinar quais produtos possuem uma aplicação mais viável a partir das características desse ingrediente. O mesmo ocorre para propriedades como a solubilidade, que determina o maior teor do ingrediente a ser dissolvido em determinada quantidade de solvente, comumente a água. Na análise de solubilidade em água o processo é semelhante ao da análise de absorção, mas nesse caso a fração líquida resultante da centrifugação utilizada. Essa fração líquida é evaporada e o material sólido resultante da secagem é pesado e determinado como a porcentagem do material que se solubilizou em água (ANDERSON *et al.*, 1969; CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1985; DAMODARAN, 2008).

Em especial, a solubilidade proteica vem sendo muito estudada e avaliada em diferentes pHs (SHEVKANI *et al.*, 2015), pois determina os meios mais adequados

para utilização dessas proteínas, sejam eles neutros, ácidos ou básicos. As proteínas têm uma relação pré-estabelecida com o pH, conhecer sua solubilidade e seu pH isoelétrico são fatores determinantes na aplicação das proteínas em alimentos, para que não ocorra sua precipitação. A solubilidade proteica parte do mesmo princípio da análise de solubilidade do material como um todo, mas como existe o foco em avaliar o quanto de proteína é solubilizada, na fração líquida obtida é realizada a quantificação do teor de proteínas, que é comparado com o teor de proteínas inicial da amostra. Dentre as metodologias para a quantificação de proteínas, o método Kjeldahl tem sido o mais utilizado ao longo dos anos, um método que consiste em três etapas, a digestão, destilação e titulação (AOAC, 2005).

Recentemente, Zhao *et al.* (2020) avaliaram as propriedades de proteínas de diferentes alimentos, soja, ervilha, arroz e trigo. As proteínas de soja e ervilha apresentaram semelhanças em relação aos outros tipos de proteínas. As proteínas de soja apresentaram capacidade de absorção de água elevada em relação às outras proteínas, ultrapassando 5 g/g de proteínas em pó, enquanto as proteínas de ervilha obtiveram 3,89 g/g, a de arroz 1,45 g/g e a de trigo apenas 1,37.

3.6.2 Propriedades lipofílicas

A capacidade de absorção de óleo mede a lipofilicidade do material, ou seja, sua interação com meios apolares, como os lipídeos. Para a realização dessa análise o material a ser avaliado e o óleo, geralmente utiliza-se o de soja, são homogeneizados. Após determinado tempo a mistura é centrifugada e a fração sólida resultante é pesada, determinado a quantidade de óleo absorvida pelo material (ANDERSON *et al.*, 1969).

Em relação ao índice de absorção de óleo, as proteínas da soja, ervilha, trigo e arroz, apresentaram resultados semelhantes, enquanto para as propriedades emulsificantes, as proteínas da soja e ervilha se destacaram, apresentando os melhores resultados de índice de atividade emulsificante e índice de estabilidade. A soja apresentou elevada capacidade de absorção de água, e embora a capacidade de absorção de óleo não tenha sido diferente das outras proteínas, essas propriedades estão relacionadas a sua elevada capacidade emulsificante, assim como sua solubilidade em água (ZHAO *et al.*, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIA-PRIMA

As amostras de soja, BRS 232 das safras de 2015/2016 (S1), 2016/2017 (S2), 2018/2019 (S3) e 2019/2020 (S4), cultivadas na região de Ponta Grossa-PR, com altitude média de 975m, foram doadas pela EMBRAPA Soja. O período de plantio dos grãos foi entre a segunda quinzena de outubro até o final de novembro e a colheita ocorreu entre fevereiro e início de abril. Em todas as safras houve o controle de plantas daninhas com herbicida pós-emergente; de lagartas com uso de inseticida (duas aplicações); de doenças fúngicas (quatro aplicações) e de percevejos com inseticida (três aplicações). Os grãos estavam acondicionados em sacos de papel e mantidos em câmara refrigerada à temperatura de aproximadamente 7°C até a execução das análises, respectivamente 5, 4, 2 e 1 ano para as safras S1, S2, S3 e S4, onde os grãos foram triturados em liquidificador doméstico, seguidos por moagem em moedor de café e peneirados em *tamis* 40 mesh.

4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A composição proximal foi determinada conforme metodologias descritas na AOAC (2000) e as amostras foram analisadas em triplicata.

4.2.1 Umidade

O teor de umidade das amostras foi realizado por método gravimétrico, em estufa com circulação de ar a 105°C. Onde 2g da amostra foram pesados em cápsula de porcelana previamente seca em estufa e posteriormente submetidas ao processo de secagem até peso constante. O teor de umidade foi calculado utilizando a Equação 1.

$$\% \text{ Umidade} = \left(\frac{\text{Cápsula final} - \text{cápsula inicial}}{\text{peso da amostra}} \times 100\% \right) \quad (1)$$

4.2.2 Cinzas

Para a determinação de cinzas 3g de amostra foram adicionadas em cadinho de porcelana previamente seco, incineradas em bico de Bunsen e posteriormente subtendidos ao processo de carbonização em mufla a 550°C por 5 horas. O teor de cinzas foi calculado utilizando a Equação 2.

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

4.2.3 Proteínas totais

Para determinação de proteínas totais foi utilizado o método de microKjedahl, com digestão de 0,2g de amostras acrescidas de 1g de catalisador e 5ml de ácido sulfúrico concentrado. As amostras foram digeridas a 400°C. Após, para o processo de destilação, foram adicionados à amostra 10 ml de água destilada e solução de NaOH 50% até virada de cor. Em erlenmeyer, foram adicionados 10 mL de ácido bórico 2% e 3 gotas do indicador verde bromocresol para coleta do destilado, que posteriormente foi titulado com ácido clorídrico 0,1M. O teor de proteínas foi calculado utilizando a Equação 3.

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

Onde:

V= Volume gasto de ácido na titulação (mL);

M= Molaridade de ácido;

F= Fator de correção.

4.2.4 Lipídios

Para a determinação de lipídios foi utilizado o método de Soxhlet com éter de petróleo. Os balões volumétricos foram submetidos à secagem em estufa com circulação de ar, a 105°C durante 3 horas. Em cartucho de papel filtro foram pesadas 2g de amostras e colocado dentro do extrator, permanecendo em refluxo

por 6 horas. Finalizada a extração, os balões passaram por secagem em estufa a 105°C por uma hora. O teor de lipídios foi calculado utilizando a Equação 4.

$$\% \text{ lipídios} = \frac{(\text{massa do balão final} - \text{massa do balão inicial})}{\text{peso da amostra}} \times 100 \quad (4)$$

4.2.5 Carboidratos totais

Os carboidratos totais foram calculados por diferença conforme a Equação 5.

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

4.2.6 Fibras alimentares

Em amostras desengorduradas foi realizada a digestão enzimática (kit Sigma) com α -amilase, protease e amiloglicosidase, usando cadinhos Gooch e celite para as filtrações. As fibras alimentares insolúveis foram retidas no cadinho e as fibras alimentares solúveis foram precipitadas com etano 95% a 60°C. Ambas foram corrigidas com os teores de proteínas e cinzas. A soma das duas frações resulta no teor de fibras alimentares totais.

4.2.7 Fenóis e atividade antioxidante

Os compostos fenólicos totais foram extraídos em etanol 50% no banho ultrassônico por 30 minutos e quantificados pelo método de Folin-Ciocalteu com curva analítica de ácido gálico, $R^2 = 0,998$.

A atividade antioxidante foi avaliada pelo método do ABTS*, utilizando tampão fosfato 20mM pH 7,4 para diluição da solução de ABTS* até absorvância $0,700 \pm 0,020$ em 730nm. A curva analítica foi realizada com solução de Trolox, $R^2 = 0,977$ (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995; SÁNCHEZ-GONZALEZ *et al.*, 2005).

4.2.8 Perfil de isoflavonas

O procedimento de extração das isoflavonas foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Berhow (2002) adaptada por Carrão-Panizzi *et al.* (2002). As isoflavonas das amostras desengorduradas foram extraídas em etanol e ácido acético por 1 hora e centrifugadas por 15 minutos a 5°C e 21.000g (centrífuga Eppendorf modelo 5417R). O sobrenadante obtido foi filtrado em microfiltros com poros 0,45 µm (Millipore), sendo injetados 20 µL do extrato filtrado para separação e quantificação das isoflavonas em cromatógrafo líquido Waters (EUA), com bomba modelo W600, injetor W717 e detector de arranjo de fotodiodos PDA modelo W996. Foi realizada a separação e eluição das isoflavonas em coluna de fase reversa ODS C18 YMC-Pack ODS-AM, com partículas de 5 µm, diâmetro de 4,6 mm e 250 mm de comprimento, em sistema de gradiente linear. O sistema inicial consistiu de 20% de eluente A (metanol acidificado com 0,025% de ácido trifluoroacético) e 80% do eluente B (água ultrapura acidificada com 0,025% de ácido trifluoroacético), com inversão constante até atingir a proporção de 90% do eluente A e 10% do eluente B, após 35 minutos. Na limpeza da coluna foi utilizado o sistema isocrático com 100% do eluente A durante 5 minutos, seguido de novo gradiente, semelhante ao inicial, por 20 min para equilíbrio da coluna antes da próxima injeção. O tempo total de análise foi de 60 min por injeção, e o fluxo do solvente foi mantido em 1 mL.min⁻¹. Em todas as etapas, foram utilizados reagentes grau HPLC. A identificação das isoflavonas foi realizada pela mistura dos padrões de daidzina, daidzeína, genistina e genisteína (marca SIGMA) em metanol (grau HPLC) nas seguintes concentrações: 0,00625 mg.mL⁻¹; 0,0125 mg.mL⁻¹; 0,0250 mg.mL⁻¹; 0,0500 mg.mL⁻¹ e 0,1000 mg.mL⁻¹. A quantificação das isoflavonas por padronização externa (área dos picos) foi feita utilizando as referências dos padrões. Todos os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹, em base seca.

4.3 ANÁLISES INSTRUMENTAIS

4.3.1 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. A avaliação instrumental de cor foi realizada utilizando colorímetro (Konica Minolta CR 400) cujo resultado é expresso no sistema CIELAB. 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°. Os valores de tonalidade cromática (h^*), croma ou saturação (C^*) e diferença de cor (ΔE) foram calculados pelas Equações 6, 7 e 8, respectivamente.

$$h^* = \frac{\arctang b^*}{a^*} \quad (6)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (8)$$

4.3.2 Análise por difração de raio-x (DRX)

A análise DRX foi realizada no equipamento de bancada D2 Phaser da Bruker (tubo com ânodo de cobre com linha de emissão característica de 1,54 Å / 8,047 keV (Cu-K α 1), potência máxima de 300W, alinhamento goniométrico automático com precisão de $\pm 0.02^\circ$). As amostras foram prensadas no porta-amostra para a análise. Foram utilizados valores de 2θ de 5° a 70° com passo de $0,0166^\circ$ por 1 segundo de fonte de radiação.

4.3.3 pH

A amostra foi diluída em água destilada 10g para 100ml e homogeneizada 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).

4.4 ANÁLISES TECNOLÓGICAS

As propriedades tecnológicas foram avaliadas em triplicata segundo metodologias descritas por SEIBEL & BELÉIA (2009).

4.4.1 Volume de intumescimento (VI)

Em uma proveta de 100mL, 1g de amostra foi acrescido de 30mL 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 1 hora para decantação. O volume ocupado pela amostra na proveta foi denominado como volume de intumescimento, conforme Equação 9, e expresso em mL/grama de matéria seca.

$$VI = \frac{\text{Volume ocupado na proveta}}{\text{peso da amostra}} \quad (9)$$

4.4.2 Índice de absorção de água (IAA)

Em tubo Falcon foi realizada suspensão de 1g de amostra em 30mL de água destilada, a qual foi agitada de forma intermitente por 2 horas a 200rpm em agitador horizontal (*shaker*– banho metabólico tipo Dubnoff [Marconi]). 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 10, e expresso em gramas de água absorvida / grama de matéria seca.

$$IAA = \frac{\text{Peso do sedimento úmido}}{\text{peso da amostra}} \quad (10)$$

4.4.3 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 11.

$$\text{ISA (\%)} = \frac{\text{Peso dos sólidos solúveis após a secagem}}{\text{peso da amostra}} \times 100 \quad (11)$$

4.4.4 Proteínas solúveis

Um grama de amostra foi dissolvido em 20mL de soluções tampão McIlvaine (fosfato de sódio bibásico anidro – ácido cítrico), pH 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 e 8,0, em erlenmeyer de 100mL sob agitação por 15 minutos; após centrifugação a 3000 rpm por 20 minutos, filtrou-se o sobrenadante em papel filtro. No filtrado foram determinadas as proteínas, pelo método de MicroKjeldahl (usando uma alíquota de 2mL). O teor de proteínas do sobrenadante foi determinado por Kjeldahl com fator de conversão de 6,25. A quantidade de proteínas solúveis foi calculada utilizando a Equação 12 e os resultados expressos em g de proteínas solúveis por 100g de proteínas totais da amostra.

$$\% \text{ de proteínas solúveis} = \frac{(\text{proteínas solúveis no sobrenadante}) \times 100}{\text{proteínas totais na amostra}} \quad (12)$$

4.4.5 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.

4.4.6 Capacidade Emulsificante (CE)

A capacidade emulsificante foi determinada com a mistura prévia de 1g de amostra e 25mL 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 13 e o resultado expresso como a quantidade de óleo emulsificado por grama de amostra (mL/g).

$$CE = \frac{\text{volume do óleo emulsificado}}{\text{peso da amostra}} \quad (13)$$

4.4.7 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 14.

$$AE = \frac{\text{Volume da camada emulsificada} \times 100}{\text{volume total no tubo}} \quad (14)$$

4.4.8 Estabilidade Emulsificante (EE)

A estabilidade emulsificante foi determinada produzindo 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 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 15.

$$EE = \frac{\text{Volume da camada emulsificada remanescente} \times 100}{\text{volume total da camada emulsificada}} \quad (15)$$

4.4.9 Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada adicionando amostra dos grãos moídos em uma proveta até completar o volume de 10mL, a qual foi pesada para conhecer sua massa. A densidade foi calculada pela razão entre o peso e o volume, conforme Equação 16.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{massa (g)}}{\text{volume (mL)}} \quad (16)$$

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

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

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a oleaginosa mais importante para o agronegócio brasileiro, já que o Brasil é o maior produtor mundial desde a safra 2019/2020, quando ultrapassou os EUA, e também é o maior exportador deste grão. A cultivar BRS 232 é convencional, com alto potencial produtivo, principalmente nas regiões acima de 700 metros de altitude (EMBRAPA, 2017), como é o caso da localidade dos grãos deste estudo (média de 975m). Esses grãos apresentam tamanho grande, hilo claro e alto teor de proteínas, características apropriadas para o consumo humano. Quando comparada a outras cultivares, já denominadas para alimentação humana, essa variedade apresentou boa aceitação ao ser usada na elaboração de extrato de soja e farinha (SEIBEL *et al.*, 2013). Para alcançar essa denominação é importante investigar e divulgar o comportamento e as possíveis alterações que os grãos de soja estocados podem ser acometidos porque estas modificações poderão influenciar na sua aplicação.

5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

5.1.1 Composição proximal

Avaliando a composição proximal (Tabela 1), houve diferença significativa apenas na quantidade de proteínas totais e de cinzas entre os grãos das safras estudadas, onde a S2 (2016/2017) apresentou o maior teor de proteínas ($p < 0,05$), comparadas a S3 e S4 e a S3 (2018/2019) o maior teor de cinzas, comparadas a S2 e S4. Os componentes majoritários dos grãos de soja, proteínas e lipídios, apresentam grande importância nutricional e industrial. As proteínas da soja são as únicas do reino vegetal nutricionalmente equivalente às proteínas animais, pois contém praticamente todos os aminoácidos essenciais, e em proporção adequada. Em uma dieta balanceada as proteínas são consideradas componentes essenciais, pois têm papel fundamental na estrutura das células, exercendo também importantes funções regulatórias, controlando as condições intracelulares e extracelulares. Os lipídios são constituídos por excelente perfil de ácidos graxos, aproximadamente 85% de ácidos graxos polinsaturados, destacando-se o ácido linoleico (53%) e o ácido α -linolênico (8%), este último é um ácido graxo da família ômega 3 de grande importância à saúde humana (SEIBEL; JOSÉ; SILVÉRIO, 2018).

TABELA 1 - Composição proximal de grãos de soja BRS 232 obtidos em diferentes safras (%).

	S1	S2	S3	S4
Umidade	9,51 \pm 0,04 ^a	9,53 \pm 0,05 ^a	9,60 \pm 0,06 ^a	9,65 \pm 0,12 ^a
Cinzas	5,01 \pm 0,02 ^{ab}	5,00 \pm 0,02 ^b	5,06 \pm 0,01 ^a	5,00 \pm 0,02 ^b
Proteínas Totais	36,18 \pm 0,40 ^{ab}	36,85 \pm 0,15 ^a	35,81 \pm 0,31 ^b	35,62 \pm 0,08 ^b
Lipídios	20,57 \pm 0,51 ^a	20,80 \pm 1,08 ^a	21,18 \pm 1,28 ^a	21,71 \pm 0,39 ^a
Carboidratos*	28,73	27,82	28,35	27,98

Média \pm desvio padrão. *Carboidratos calculados por diferença. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). S1: safra 2015/2016; S2: safra 2016/2017; S3: safra 2018/2019; S4: safra 2019/2020.

A composição do grão de soja pode variar bastante dependendo da variedade, do local e época de plantio, das condições de crescimento e do clima. Um grão típico contém entre 35% a 40% de proteínas de alta qualidade, 15% a 20% de lipídios, 30% de carboidratos, 10% a 13% de umidade, 5% de cinzas (SEIBEL;

JOSÉ; SILVÉRIO, 2018). Esses valores foram encontrados nos grãos avaliados neste trabalho, mas variações com dados de literatura são corriqueiras.

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 umidade (9,23%) e proteínas (36,22%) próximos ao deste estudo, enquanto cinzas (5,39%), lipídios (23,78%) e carboidratos (34,63%) foram maiores. Tassi *et al.* (2019) avaliando a composição da soja (BRSMG-790A) cultivada em Goiânia-GO (2013/2014), também encontraram valores semelhantes ao deste estudo para umidade (9,45%), enquanto lipídios (15,4%) e proteínas (33,4%) foram menores, e carboidratos (35,61%) e cinzas (6,15%) maiores. Em um estudo realizado por Santos *et al.* (2010), utilizando a mesma cultivar deste estudo e a mesma região de cultivo, foram encontrados valores de 42,33% para proteínas, 21,06% para lipídios, 5,68% para cinzas, 22,38% para carboidratos e 8,55% de umidade. Ainda, para a mesma cultivar desse estudo, safra 2012/2013, cultivada em Passo Fundo (RS), Dahmer (2016) obteve menor valor de umidade (2,69%), maior teor proteico (42,75%) e de cinzas (5,29%), e valores semelhantes para lipídios (21,93%) e carboidratos (29,77%). Alamu *et al.* (2021) encontraram valores menores de umidade (8,47%), proteínas (34,28%), lipídios (12,18%) e cinzas (1,92%) para a variedade melhorada de soja (TGx 1989-19 F), apenas o teor de carboidratos foi superior (42,70%). Além dos fatores como a fertilidade do solo e época de semeadura, o tipo de cultivar e a região onde são cultivadas também influenciam nas características do grão (EMBRAPA, 2017), podendo assim estar relacionado às diferenças encontradas entre os diversos estudos.

5.1.2 Fibras alimentares

O teor de fibras alimentares totais foi maior na amostra S1, que diferiu das demais, comportamento oposto ao das fibras solúveis, que apresentaram os maiores teores nas amostras mais novas S3 e S4 (Tabela 2). Consequentemente, as fibras insolúveis tiveram menores quantidades nas safras mais novas e maior teor na S1, apresentando diferença significativa entre elas. Estes dados sugerem a alteração pelo tempo de armazenamento quanto à insolubilidade de compostos das frações solúveis.

TABELA 2 - Fibras alimentares dos grãos de soja de diferentes safras (%).

	S1	S2	S3	S4
Fibras Solúveis	0,34 ± 0,01 ^c	0,35 ± 0,02 ^b	1,17 ± 0,02 ^a	1,27 ± 0,01 ^a
Fibras Insolúveis	26,21 ± 0,75 ^a	24,18 ± 0,20 ^b	22,31 ± 0,76 ^c	22,17 ± 0,79 ^c
Fibras Totais	26,55 ± 0,76 ^a	24,53 ± 0,18 ^b	23,48 ± 0,74 ^b	23,44 ± 0,80 ^b

Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). S1: safra 2015/2016; S2: safra 2016/2017; S3: safra 2018/2019; S4: safra 2019/2020.

As quantidades de fibras alimentares totais e insolúveis determinadas nos grãos de soja BRS 232 da safra S1 foi muito próxima aos grãos da BRS 284 (26,54%) e BMX Potência RR (27,13%) determinados por Gonçalves, *et al.* (2014), assim como, a fração solúvel das fibras quantificadas na amostra S3 e BRS 284 (1,11%). Fibras alimentares são constituídas por polissacarídeos (celulose, hemicelulose, pectinas, gomas e mucilagens), oligossacarídeos, ligninas, amido resistente e outros componentes que não são carboidratos, por exemplo: polifenóis, ceras, saponinas, cutina, fitatos e proteínas resistentes. Estes compostos são classificados de acordo com sua solubilidade em água podendo ser do tipo solúvel, quando entram em contato com a água formam um retículo e a mistura torna-se geleificada, ou insolúvel que se caracterizam pela baixa retenção de água formando misturas de baixa viscosidade. Além disso, o consumo das fibras alimentares traz benefícios fisiológicos melhorando o funcionamento do intestino e evitando a constipação intestinal, desde que associadas com abundância de ingestão hídrica (RODRIGUES & SEIBEL, 2021).

Tecnologicamente as fibras são importantes no processamento de alimentos. A fração solúvel é mais bem requerida, devido à alta capacidade de formar géis e/ou agir como emulsificante e não apresentar sabor desagradável, sendo melhor na incorporação das formulações de alimentos e bebidas. Mas produtos panificáveis e cárneos podem ser beneficiados com a inserção de fibras insolúveis, pois terão alterações desejáveis nas propriedades de textura, evitando a sinérese e estabilizando emulsões em produtos com alto teor de gordura e conseqüentemente, aumentando a vida útil desses alimentos. Isso é possível porque as fibras alimentares têm alta capacidade de retenção de água e/ou óleo, de formar e estabilizar emulsões e aumentar a viscosidade, resultando em alterações benéficas de textura (RODRIGUES & SEIBEL, 2021).

5.1.3 Fenóis totais, Atividade antioxidante e Perfil de Isoflavonas

O teor de fenóis totais e a atividade antioxidante determinada pelo radical ABTS* diminuíram gradativamente com o tempo de estocagem e os maiores valores foram quantificados na amostra S4 (Tabela 3). A soja contém vários compostos fitoquímicos, tais como: ácidos fenólicos, flavonóides, isoflavonas, saponinas, fitosteróis e esfingolipídios com variada atividade antioxidante. Compostos fenólicos é uma classe de metabólitos secundários biossintetizados pelo reino vegetal, envolvendo uma ampla variedade de substâncias com um ou mais anéis aromáticos com ao menos um grupamento hidroxil. Todos eles atuam como sequestrantes ou estabilizadores de radicais livres promovendo a atividade antioxidante (FUENTES *et al.*, 2013).

TABELA 3 - Fenóis totais e atividade antioxidante (ABTS*) dos grãos de soja de diferentes safras.

	S1	S2	S3	S4
Fenóis totais (mg/g)	11,53 ± 0,48 ^c	14,43 ± 0,31 ^b	15,19 ± 0,71 ^b	16,51 ± 0,11 ^a
Atividade antioxidante (mol/L)	6,33 ± 0,37 ^d	8,16 ± 0,04 ^c	9,01 ± 0,25 ^b	10,21 ± 0,21 ^a

Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). S1: safra 2015/2016; S2: safra 2016/2017; S3: safra 2018/2019; S4: safra 2019/2020.

A atividade antioxidante dos alimentos pode ser avaliada por vários métodos que apresentam diferentes mecanismos de reação. O ABTS* é capaz de reagir com uma gama maior de antioxidantes e suas reações ocorrem por transferência de elétrons, enquanto no radical DPPH* as reações são por transferência de átomos de hidrogênio, apresentando maior seletividade (MARECEK *et al.*, 2017). Nas amostras deste trabalho só foi possível a determinação com o reagente ABTS*, o qual foi capaz de reagir com as formas fenólicas presentes, provavelmente pela sua maior abrangência.

Na composição de isoflavonas (Tabela 4) a safra de 2019/2020 (S4) apresentou o maior teor ($p < 0,05$) de isoflavonas totais, seguida da safra de 2016/2017 (S2) e de 2018/2019 (S3). A safra de 2015/2016 (S1) apresentou teor cerca de três vezes menor que a S4. Seibel *et al.* (2013) encontraram elevados teores de isoflavonas totais para as cultivares BRS 213, 216, 257 e 282, variando de

329,28 a 386,60 mg.100g⁻¹, enquanto a cultivar Embrapa 48 apresentou teor semelhante (287,57 mg.100g⁻¹) a S4. No entanto, para a mesma cultivar avaliada nesse estudo, Seibel *et al.* (2013) obtiveram 123,01 mg.100g⁻¹, valor menor que os obtidos nas safras S2, S3 e S4, e superior ao da safra S1. Tsukamoto *et al.* (2018) avaliaram 346 tipos de soja selvagem coreana em nove províncias no ano de 2016, e o teor de isoflavonas apresentou em média 278 mg.100g⁻¹, valor semelhante aos obtidos nesse estudo.

TABELA 4 - Perfil de Isoflavonas (mg.100g⁻¹) de grãos de soja BRS 232 obtidos em diferentes safras.

		S1	S2	S3	S4
Glicosil	Daidzina	11,11 ± 0,64 ^d	20,83 ± 0,52 ^a	17,13 ± 0,15 ^c	18,17 ± 0,30 ^b
	Glicitina	4,75 ± 0,50 ^b	6,36 ± 0,63 ^a	5,07 ± 0,87 ^b	5,10 ± 0,73 ^b
	Genistina	24,06 ± 0,47 ^c	44,05 ± 0,67 ^a	39,92 ± 0,45 ^b	39,94 ± 0,24 ^b
	Total	39,92*	71,25*	62,11*	63,20*
Malonil	Daidzina	12,39 ± 0,87 ^d	50,57 ± 2,18 ^b	39,68 ± 0,54 ^c	56,66 ± 0,98 ^a
	Glicitina	2,83 ± 0,44 ^d	7,57 ± 0,62 ^a	4,49 ± 0,19 ^c	5,77 ± 0,79 ^b
	Genistina	33,30 ± 0,69 ^d	129,63 ± 3,46 ^b	115,34 ± 1,77 ^c	151,99 ± 1,33 ^a
	Total	48,52*	187,77*	159,50*	214,42*
Agliconas	Daidzeína	3,22 ± 0,11 ^b	2,97 ± 0,19 ^c	5,63 ± 0,12 ^a	2,53 ± 0,08 ^d
	Genisteína	5,54 ± 0,08 ^b	4,07 ± 0,14 ^c	10,68 ± 0,19 ^a	4,19 ± 0,13 ^c
	Total	8,76*	7,04*	16,31*	6,72*
Total		97,20 ± 3,67 ^d	266,05 ± 7,15 ^b	237,92 ± 2,14 ^c	284,33 ± 1,70 ^a

Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p<0,05).

*Soma de cada fração. S1: safra 2015/2016; S2: safra 2016/2017; S3: safra 2018/2019; S4: safra 2019/2020.

Dentre as formas das isoflavonas podem ser citadas as agliconas (daidzeína, genisteína e gliciteína), que não possuem uma molécula de glicose ligada à sua cadeia principal, as formas glicosiladas (daidzina, genistina glicitina), as quais possuem em sua cadeia principal uma molécula de glicose ligada, e seus derivados acetil e malonil, totalizando 12 isômeros de isoflavonas. E seu conteúdo total é muito variável, dependendo largamente da cultivar analisada, mas a maioria contém entre 100 e 400 mg.100g⁻¹ (ARAÚJO *et al.*, 2013). Em relação à proporção delas, as

formas malonil e glicosil geralmente estão presentes em maior proporção nos grãos (KUDOU *et al.*, 1991). Afirmações comprovadas na determinação do perfil de isoflavonas nas amostras deste estudo.

O perfil de isoflavonas dos grãos mostrou que a forma predominante é a malonil, representando mais de 50% do total. No entanto, essas formas não são absorvidas pelo organismo humano, pois necessitam da hidrólise realizada pela enzima β -glicosidase produzida pela microbiota intestinal, cuja concentração é muito variável nos indivíduos. Cabe mencionar que a quebra da molécula de glicose também pode ocorrer durante o processamento dos grãos, o que gerará maior teor de agliconas, que são absorvidas mais rapidamente e com melhor aproveitamento (SEIBEL; JOSÉ; SILVÉRIO, 2018).

A soja S1 apresentou teor das isoflavonas malonil muito abaixo das demais, cujo armazenamento por cinco anos pode ter influenciado, tanto pela ação de enzimas endógenas, β -glicosidase, como por reações oxidativas. Araújo, *et al.* (2013) mencionaram a diminuição das formas malonil em grãos armazenados por dois e três anos, também relataram que em alguns estudos a forma glicosil é aumentada juntamente com o decréscimo da malonil, devido à altas temperaturas de estocagem. O aumento das formas glicosil não foi observado no presente estudo, pois os grãos estavam armazenados em temperatura de refrigeração.

Essas diferenças no conteúdo de isoflavonas também podem ser relacionadas às variações ambientais que ocorrem durante o desenvolvimento da planta nas diferentes safras. As mudanças anuais nas condições ambientais, como a temperatura do ar durante o período de enchimento de sementes, por exemplo, é um dos fatores mais críticos que afetam a concentração final de isoflavonas. Além disso, temperaturas altas ou baixas, umidade, intensidade da luz, chuvas ou ataques de insetos, também influenciam na quantidade destes compostos (CARRÃO-PANIZZI *et al.*, 2009).

Os metabólitos secundários da planta, dentre eles os compostos fenólicos, têm sua composição e teores influenciados por esses fatores ambientais, que resultam em condições desfavoráveis para o desenvolvimento da planta (CHALKER-SCOTT & FUCHIGAMI, 2018; BORGES & AMORIM, 2020). Esses estresses induzem ao aumento da proteção da planta, e por consequência, aumentam a produção de metabólitos secundários, que resultam em um maior teor de compostos fenólicos, como as isoflavonas (LATTANZIO, 2013).

Os benefícios fisiológicos oriundos do consumo regular das isoflavonas da soja estão relacionados com o seu potencial na proteção de várias doenças relacionadas ao estresse oxidativo. Estudos demonstraram que para efetiva ação das isoflavonas devem ser ingeridas aproximadamente 50 mg/dia, o que representa somente 20 gramas dos grãos das safras S2, S3 e S4.

5.2 ANÁLISES INSTRUMENTAIS

Na Tabela 5 estão expressos os valores obtidos na análise colorimétrica dos grãos de soja para as diferentes safras e pH das amostras. Em relação à coloração, o parâmetro a^* apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as safras avaliadas, o qual indicou cor vermelha, apresentando maior intensidade para a S1, seguida da S2. Os grãos da safra S3 tiveram o menor valor nessa coordenada (5,47), quando comparados aos grãos da safra S1 e S2, isso se deve ao fato dos grãos apresentarem manchas oriundas do desenvolvimento de fungos durante a estocagem, provavelmente devido ao excesso de chuva durante a colheita. Mas de acordo com o boletim de análise sanitária da EMBRAPA (Anexo 1) não são microrganismos perigosos à saúde humana, assim os grãos podem ser processados adequadamente e utilizados. Os parâmetros b^* e L^* não apresentaram diferença significativa entre as amostras analisadas, e indicaram cor amarela e luminosidade intermediária.

TABELA 5 - Avaliação da cor e pH de grãos de soja BRS 232 obtidos em diferentes safras.

	S1	S2	S3	S4
L^*	56,64 ± 0,12 ^a	57,18 ± 0,32 ^a	57,13 ± 0,46 ^a	57,64 ± 0,50 ^a
a^*	8,02 ± 0,27 ^a	6,49 ± 0,49 ^b	5,47 ± 0,18 ^c	5,81 ± 0,20 ^{bc}
b^*	26,88 ± 1,07 ^a	26,15 ± 1,53 ^a	26,23 ± 0,28 ^a	26,85 ± 0,23 ^a
C^*	28,05 ± 1,35 ^a	26,94 ± 1,97 ^a	26,79 ± 0,29 ^a	27,47 ± 0,32 ^a
h^*	73,38° ± 0,34 ^c	76,06° ± 0,43 ^b	78,23° ± 0,63 ^a	77,79° ± 0,41 ^a
ΔE	2,42	1,08	0,80	-
pH	6,77 ± 0,00 ^b	6,86 ± 0,08 ^{ab}	6,94 ± 0,01 ^a	6,92 ± 0,05 ^a

Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$). S1: safra 2015/2016; S2: safra 2016/2017; S3: safra 2018/2019; S4: safra 2019/2020. L^* : luminosidade;

a*: coordenada verde-vermelho; b*: coordenada azul-amarelo; C*: croma, h*: tonalidade cromática
 ΔE : diferença de cor.

Prado *et al.* (2020) encontraram valores de 84,09 para a luminosidade, indicando que a soja em questão tinha cor bem mais clara que a deste estudo. Da mesma forma, Alamu *et al.* (2021) avaliando uma variedade de soja melhorada (TGx 1989-19 F) encontraram valores elevados de luminosidade (83,39), no entanto, os valores de a* e b* (0,23 e 17,72 respectivamente) foram menores que os obtidos no presente estudo. Já Silva *et al.* (2020) avaliando a qualidade físico-química de grãos de soja de municípios da região centro-oeste do Brasil, encontraram valor de L* 55,74, a* 10,41 e b* 31,46. Para um estudo que avaliou a mesma cultivar (safra 2012/2013), o valor de L* também foi superior (75,50), enquanto a* foi semelhante ao da safra S2 (2016/2017) e b* semelhante a todas as safras avaliadas neste estudo (DAHMER, 2016).

A coloração é um importante indicativo visual das alterações que podem ocorrer/estar ocorrendo nos grãos, em especial as relacionadas as condições de armazenamento, sendo que temperaturas mais baixas (utilização do resfriamento), como no caso deste estudo (7°C), é fundamental para manutenção da coloração dos grãos (ZIEGLER *et al.*, 2014). Em relação a variação na coloração vermelha entre as safras, a mesma pode estar relacionada ao tempo de armazenamento, associada a ações de microrganismos, além de reações enzimáticas e químicas (ZIEGLER & DEMITO, 2019), que mesmo em condições adequadas de armazenamento, muitas vezes são apenas reduzidas e não são totalmente paralisadas. Em um estudo realizado com diferentes condições de armazenamento (temperatura e umidade) com grãos de soja os autores observaram que quanto maior a umidade e a temperatura ao longo do armazenamento, mais avermelhados ficaram os grãos. Neste estudo, a safra mais antiga S1 (2015/2016) avaliada, apresentou os maiores valores de a* (8,02), sendo seguido pela S2 (2016/2017) (6,49).

Os valores de C* não apresentaram diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$) e representaram distanciamento do centro de espaço de cores (valor 0, cores neutras - cinza). Segundo Seibel, Kato e Lima (2022) a saturação está ligada à concentração do elemento corante, representando um atributo quantitativo para intensidade e cores neutras possuem baixa saturação.

O h^* é o ângulo de tonalidade ou tonalidade cromática, expresso em graus, onde 0° equivale ao vermelho ($+a^*$), 90° ao amarelo ($+b^*$), 180° ao verde ($-a^*$) e 270° ao azul ($-b^*$) (LAWLESS & HEYMANN, 1999). Para as amostras, os valores de h^* apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), variando entre $78,23^\circ$ e $73,38^\circ$, notando-se que com o aumento do tempo de armazenamento, houve redução de h^* . A tonalidade cromática é a composição das cores, considerada como um atributo qualitativo de cor e definida tradicionalmente como avermelhada, amarelada, esverdeada e azulada (SEIBEL; KATO; LIMA, 2022). Sendo assim, pode-se dizer que todos os grãos analisados são avermelhados-alaranjados, por estar mais próximo do valor do vermelho e ter a combinação dos ângulos que representam o vermelho e o amarelo, e o tempo de armazenamento influencia na tonalidade.

A cor dos grãos de soja pode ser influenciada pelo local e época de plantio, incidência solar e hídrica, condições de colheita e armazenamento, que podem ou não ser imperceptíveis ao olho nu (Figura 01). A diferença de cor foi avaliada nos grãos estocados por mais tempo em relação aos grãos da safra mais nova (2019/20), assim, de acordo com o intervalo citado por Pathare *et al.* (2013) a diferença na cor dos grãos da safra mais antiga com a mais nova pode ser percebida a olho nu, já a diferença da cor dos demais grãos é muito pequena e pode ser imperceptível. Analisando a diferença de cada componente individualmente, nota-se que a coordenada a^* foi a responsável por apresentar a diferença na cor total, pois os grãos da safra 2015/16 apresentaram maior intensidade de vermelho.

FIGURA 01 - Aparência dos grãos de soja BRS 232, S1 (A), S2 (B), S3 (C) e S4 (D).



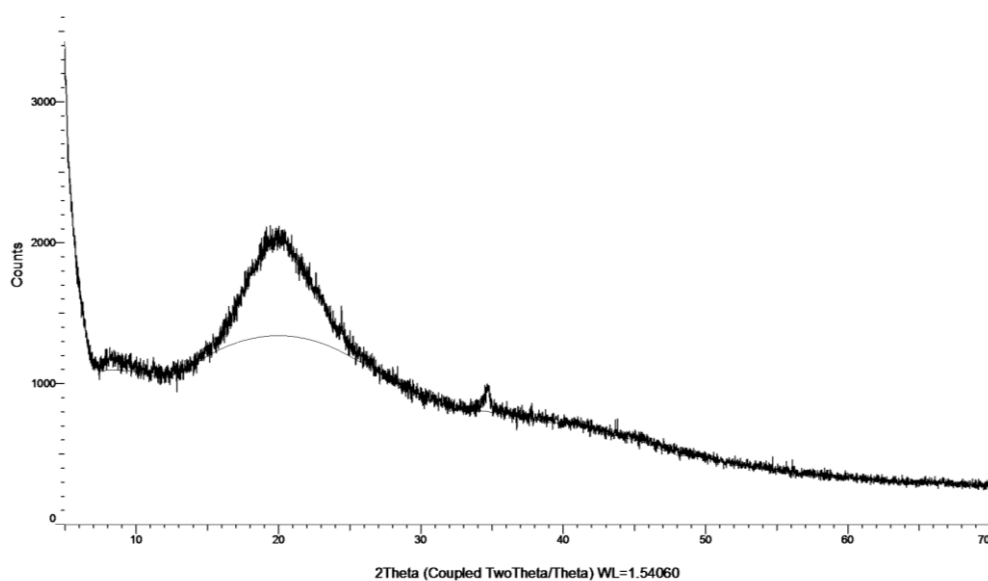
FONTE: Seibel, Kato e Lima (2022).

O pH apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as safras estudadas, sendo o menor valor encontrado para S1 (6,77), provavelmente por alterações que acontecem ao longo do tempo, formando compostos mais ácidos. Barros (2020)

obteve valores de pH inferiores ao deste estudo para quatro variedades de soja cultivadas no estado de São Paulo, variando de 6,47 a 6,56. Soares (2003) avaliou o aumento da acidez (redução do pH) em diferentes tipos de grãos de soja e constatou que esse aumento poderia estar relacionado a diferentes fatores, como colheita mecânica, transporte ou armazenagem inadequada, ataque de insetos a lavoura, danos causados por microrganismos ou enzimas e ainda devido a presença de grande quantidade de grãos ardidos.

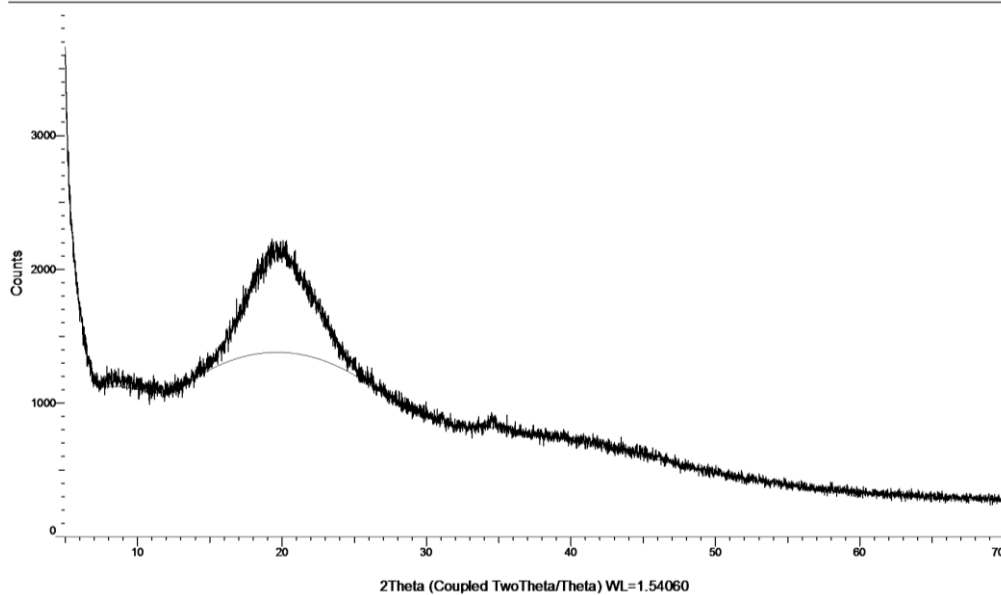
Os difratogramas das amostras de soja oriundas de diferentes safras apresentaram um pico de alta intensidade em torno do ângulo 2θ igual a 20° (Figuras 2, 3, 4 e 5). Um pico de baixa intensidade também foi detectado em aproximadamente 35° nas amostras S1; S2 e S3. O qual não foi percebido nos grãos de soja da safra 2019/20, sugerindo que durante a estocagem ocorrem alterações na cristalinidade dos grãos, já que esta amostra teve o menor tempo de armazenamento.

FIGURA 2 – Difração de Raios-X dos grãos de soja BRS 232, safra 2015/2016 (S1).



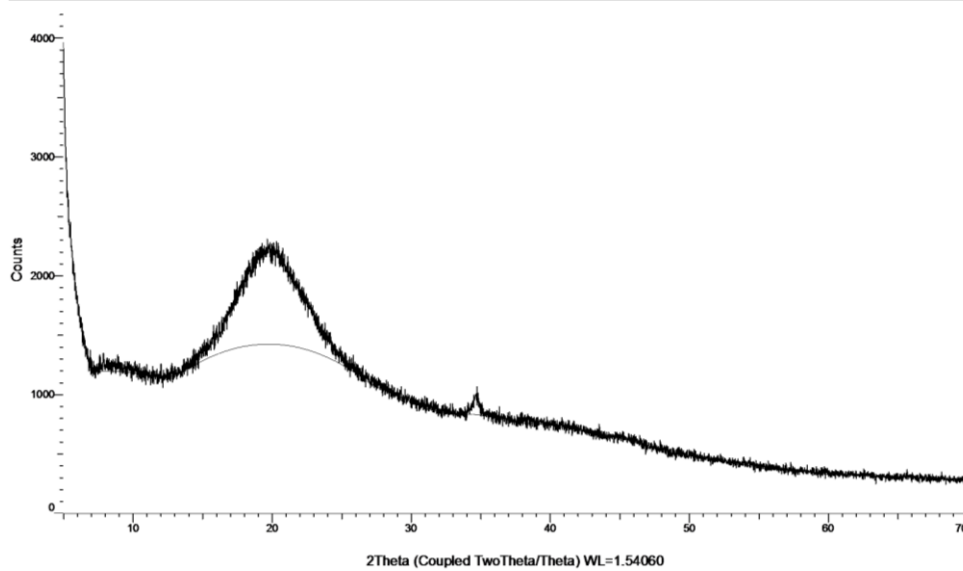
FONTE: A autora (2021).

FIGURA 3 – Difração de Raios-X dos grãos de soja BRS 232, safra 2016/2017 (S2).



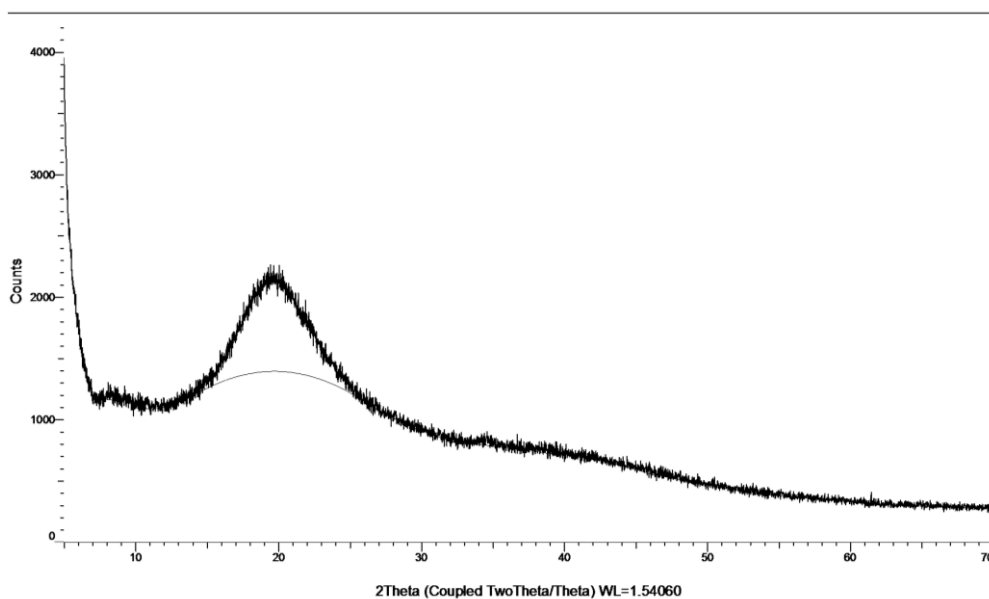
FONTE: A autora (2021).

FIGURA 4 – Difração de Raios-X dos grãos de soja BRS 232, safra 2018/2019 (S3).



FONTE: A autora (2021).

FIGURA 5 – Difração de Raios-X dos grãos de soja BRS 232, safra 2019/2020 (S4).



FONTE: A autora (2021).

Através da técnica de difração de raios-X Peres (2013) avaliou a casca da soja e encontrou picos em 2θ de 18° , $22,4^\circ$ e $34,5^\circ$, evidenciando presença de celulose. Segundo Klemm *et al.*, (2005) a celulose cristalina, encontrada na forma nativa vegetal, gera picos em 2θ nos valores de 15° , 17° , $22,5^\circ$ e um pequeno sinal em $34,8^\circ$. Sendo assim, os picos encontrados nos grãos de soja representam a cristalinidade da celulose e que pode ser aumentada durante a estocagem.

Além disso, pode-se dizer que o material é majoritariamente amorfo com uma pequena região cristalina, o que favorece a aplicação industrial e elaboração de novos produtos com esta matéria-prima, já que sua constituição é de 90% de cotilédones, 2% de hipocótilo e somente 8% de casca, onde predominam a celulose e hemicelulose insolúvel (SEIBEL; KATO; LIMA, 2022).

5.3 ANÁLISES TECNOLÓGICAS

O conhecimento das propriedades tecnofuncionais dos grãos de soja das diferentes safras é muito importante para sua aplicação, pois influenciará no processamento, armazenamento e características sensoriais do alimento formulado.

Grupos polares e apolares são os responsáveis pelas propriedades tecnológicas, tais como: viscosidade, capacidade e retenção de água e óleo, formação de gel, solubilidade e propriedades emulsificantes (LIMA & SEIBEL, 2021). Os grãos analisados não apresentaram diferença significativa para o volume de intumescimento (Tabela 6), sendo valores próximos aos encontrados por Gonçalves *et al.* (2014) de 4,12 mL.g⁻¹ na cultivar BMX Potência RR (Tabela 6). Para o índice de absorção de água, as safras S2 e S4 não diferiram entre si (3,78 g.g⁻¹) e todos os valores encontrados foram superiores aos de Gonçalves *et al.* (2014), 2,75 g.g⁻¹, para grãos de outras cultivares. Santana *et al.* (2017) também obtiveram menor valor de IAA (2,48 g/g) para a soja.

TABELA 6 - Propriedades tecnofuncionais de grãos de soja BRS 232 obtidos em diferentes safras.

	S1	S2	S3	S4
VI (mL/g)	4,17 ± 0,19 ^a	3,53 ± 0,26 ^a	4,18 ± 0,20 ^a	4,16 ± 0,19 ^a
IAA (g/g)	4,08 ± 0,04 ^a	3,78 ± 0,04 ^b	3,23 ± 0,04 ^c	3,78 ± 0,01 ^b
ISA (%)	13,34 ± 0,18 ^b	9,60 ± 0,00 ^c	15,34 ± 0,77 ^a	10,31 ± 0,62 ^c
IAO (g/g)	2,42 ± 0,05 ^b	2,71 ± 0,01 ^a	2,69 ± 0,04 ^a	2,76 ± 0,02 ^a
CE (mL/g)	252,51 ± 4,34 ^a	260,66 ± 2,95 ^a	231,90 ± 6,69 ^b	217,17 ± 5,38 ^c
AE (%)	59,65 ± 3,04 ^b	77,19 ± 3,04 ^a	78,65 ± 4,83 ^a	81,11 ± 1,92 ^a
EE (%)	79,26 ± 1,28 ^a	79,86 ± 2,02 ^a	66,77 ± 3,18 ^b	57,63 ± 2,79 ^c
Densidade (g/mL)	0,43 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,01 ^b	0,42 ± 0,01 ^b	0,42 ± 0,01 ^b

Média ± desvio padrão. 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; S1: safra 2015/2016; S2: safra 2016/2017; S3: safra 2018/2019; S4: safra 2019/2020.

O VI é definido como a fixação espontânea de água pela matriz macromolecular, está relacionado ao fenômeno de difusão induzido pela afinidade das moléculas do material pelas moléculas do fluido. Quando o intumescimento se inicia, mais grupos hidroxilas se tornam acessíveis para acomodar mais líquido, abrindo ainda mais a estrutura e resultando em maior intumescimento (LIMA; SEIBEL; SANTOS, 2021). O índice de absorção de água está relacionado com a capacidade de um produto se associar à água em temperatura ambiente, o que

pode se modificar de acordo com o tipo de variedade, cultivar e composição do alimento (AJATTA *et al.*, 2016; JOSHI *et al.*, 2015), sendo também influenciada pela polaridade de cada componente do alimento (JOSHI *et al.*, 2015). Esse índice está diretamente relacionado com as diferentes possibilidades de aplicação de um ingrediente/alimento, sendo que as propriedades da soja podem contribuir na melhoria da qualidade de outros produtos, principalmente em produtos de panificação, pois a capacidade de reter água é responsável pela hidratação das massas, sua capacidade de moldagem, rendimento e pela textura final dos produtos (PORTE *et al.*, 2011).

O índice de solubilidade em água (ISA) foi maior para a safra S3 e menor para a S2 e S4, variando de 15,34 a 9,60. Esta determinação está associada com a quantidade de compostos sólidos solúveis na água que estão presentes na amostra seca, tais como açúcares, proteínas e fibras. A solubilidade apresentada por Alamu *et al.* (2021) foi menor que a deste estudo, de apenas 3,16%, enquanto a solubilidade apresentada por Santana *et al.* (2017) ficou em torno de 10%. Uma baixa solubilidade em água pode limitar o uso da soja na forma de farinha em produtos preparados em baixas temperaturas, como, por exemplo, os produtos instantâneos, e em produtos ricos em água, dificultando sua homogeneização (LEONEL *et al.*, 2009).

No índice de absorção de óleo dos grãos de soja somente a safra S1 diferiu das demais, apresentando o menor valor $2,42 \text{ g.g}^{-1}$, as outras safras foram iguais entre si e todas próximas aos valores encontrados por Gonçalves *et al.* (2014) de $2,60 \text{ g.g}^{-1}$. O IAO é a capacidade da matriz alimentar absorver e reter óleo, característica típica das fibras alimentares devido à presença de lignina na composição química, sendo que as insolúveis absorvem maior quantidade de óleo do que as solúveis (ELLEUCH *et al.*, 2011; SEIBEL & BELEIA, 2009; YOSHIDA, 2020).

A CE dos grãos de soja das diferentes safras foi maior nas amostras S1 e S2, diferindo das demais, sendo que a amostra mais nova S4 apresentou a menor CE. A atividade emulsificante foi menor na amostra S1 e diferiu das demais. A estabilidade emulsificante apresentou os maiores valores nas amostras S1 e S2. As propriedades lipofílicas são relacionadas com a quantidade de proteínas e fibras alimentares presentes. A CE é definida como o volume de óleo que pode ser emulsificado por um grama de proteínas, antes que ocorra a inversão ou colapso da emulsão,

portanto, quanto mais hidrofóbica for a proteína, menor será a tensão interfacial e maior será a capacidade emulsificante. E a AE mede, indiretamente, a área superficial da membrana proteica que recobre as gotículas de óleo (LIMA & SEIBEL, 2021). A estabilidade da emulsão está relacionada à capacidade de manutenção dessa emulsão frente ao uso do aquecimento, é uma propriedade importante durante a aplicação de um material, pois sua estabilidade pode ser comprometida quando se faz uso de tratamentos térmicos nos alimentos, podendo assim alterar a textura e sabor do produto.

Essas diferenças observadas entre as safras podem estar relacionadas à hidrofobicidade das proteínas presentes em cada uma, Keshavarz e Nakai (1979) verificaram que quanto maior a hidrofobicidade das proteínas, maior depressão na tensão interfacial. Em uma emulsão, as proteínas devem ser capazes de interagirem com moléculas de água e de óleo, o que resulta na desnaturação das proteínas na superfície do óleo, diminuindo a energia de superfície. Assim, proteínas mais hidrofóbicas irão acarretar menor tensão interfacial e conseqüentemente maior atividade emulsificante. Além disso, as propriedades emulsificantes da soja também são dependentes do conteúdo de proteínas, dispersibilidade, solubilidade, pH do meio, temperatura e processamento da mesma (CRENWELGE *et al.*, 2006; HUTTON & CAMPBELL, 1977).

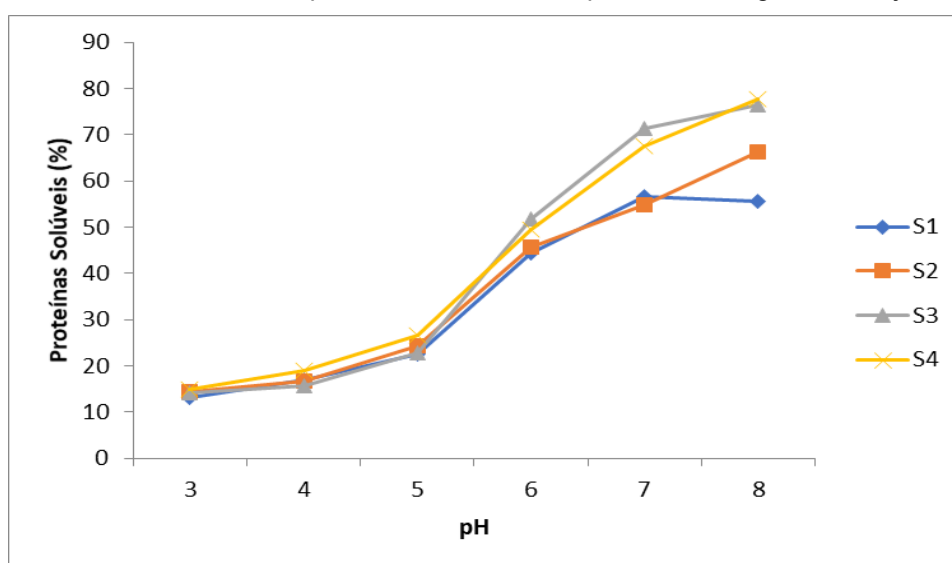
A densidade aparente apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para a safra S1 em relação às demais, as quais não diferiram entre si. As quatro amostras analisadas tiveram densidade aparente maior que das amostras BRS 284 (0,39 g/mL) e BMX Potência RR (0,36 g/mL) avaliadas por Gonçalves *et al.* (2014). A densidade é uma propriedade que está relacionada ao volume do material, às condições de embalagem, transporte e armazenamento (ALUGE *et al.*, 2016), sendo desejável valores mais altos. Em oleaginosas, o teor de lipídios pode resultar em uma maior aglomeração de moléculas durante a moagem, permitindo maior densidade aparente, pois os lipídeos podem atuar como adesivos entre as moléculas de proteínas e carboidratos (JOSHI *et al.*, 2015).

Na solubilidade proteica em diferentes pHs foi percebido o mesmo comportamento para todas as amostras, no entanto, a partir do pH 6,0 houve um distanciamento entre as amostras S1 e S2 das S3 e S4. No pH básico (8,0) a solubilidade foi maior para todos os grãos avaliados, sendo que as amostras mais

novas apresentaram os maiores percentuais (76,49% e 77,74%) diferindo das amostras S1 e S2, respectivamente, 55,67% e 66,37% (Figura 6).

Com o tempo de armazenamento, houve um decréscimo no teor de proteínas solúveis das amostras, provavelmente por alterações morfológicas. Comportamento similar ao observado por Liu *et al.* (2008), que relataram redução de proteínas solúveis durante o tempo de armazenamento, em temperatura de 30°C e umidade relativa do ar de 88%.

FIGURA 6 - Efeito do pH na solubilidade das proteínas dos grãos de soja.



FONTE: A autora (2022).

Legenda: S1: safra 2015/2016; S2: safra 2016/2017; S3: safra 2018/2019; S4: safra 2019/2020.

A solubilidade proteica é a porcentagem de proteínas que se mantém em solução ou dispersão coloidal sob condições específicas e que não sedimentam com forças centrífugas moderadas. Esta propriedade depende não somente das características físico-químicas da molécula, mas também do pH, da força iônica, da temperatura e do tipo de solvente (ORDOÑEZ *et al.* 2005). A solubilidade das proteínas de soja é uma das propriedades mais importantes para a sua aplicação, pois influencia na formação de espuma, emulsificação e formação de gel características importantes na elaboração de vários alimentos.

A baixa solubilidade entre os pHs 3,0 e 5,0 deve-se à proximidade ao ponto isoelétrico das proteínas, no qual grande número de cargas positivas e negativas estão presentes, evitando a repulsão das moléculas e consequentemente

apresentando baixa solubilidade (SGARBIERI, 1996). As cargas iônicas e a natureza hidrofóbica também influenciam na solubilidade de uma proteína, favorecendo as interações proteína-água e proteína-proteína, respectivamente, o que resulta em aumento e redução da solubilidade, nessa ordem (DAMODARAN, 2019). Assim, pelos dados obtidos, pode-se dizer que com maior tempo de armazenamento há mais interações proteína-proteína e menores teores de proteínas solúveis.

A composição do alimento está intimamente relacionada com as propriedades tecnofuncionais, o que foi percebido na amostra S2 que apresentou o maior teor proteico e os maiores valores para as propriedades lipofílicas (CE, AE, EE), assim como na amostra S1 com maior IAA e teor de fibras alimentares totais. As fibras alimentares apresentam como principal característica físico-química a propriedade de hidratação, que ocorre por adsorção na superfície das macromoléculas e por incorporação às regiões intersticiais da matriz fibrosa, com a participação dos grupos hidroxilas livres dos polissacarídeos (ELLEUCH *et al.*, 2011; SEIBEL & BELÉIA, 2009; YOSHIDA, 2020).

De uma forma geral os resultados mostraram que o tempo de armazenamento influencia nas características dos grãos de soja, havendo alterações morfológicas que afetam as propriedades tecnofuncionais e estruturais. O IAA foi maior na amostra S1, armazenada por mais tempo, a qual apresentou o menor IAO, ou seja, alteração nas frações hidrofílicas e hidrofóbicas das moléculas. O que também pode ser sugerido ao se verificar a menor atividade emulsificante e maior estabilidade emulsificante na S1, que são dependentes das proteínas.

O grão é um tecido vivo, logo, durante todo o armazenamento está respirando e quanto mais elevada for a temperatura maior será a taxa metabólica. As melhores condições de armazenamento são temperaturas menores de 25°C, 70% de umidade relativa e grãos com umidade máxima de 13% (SEIBEL, 2018). Os grãos utilizados nesse estudo permaneceram até o momento das análises dentro desses parâmetros, mesmo assim, foram notadas alterações principalmente nos grãos mais velhos, o que provavelmente aconteceria com maior intensidade em grãos armazenados em silos sem controle de temperatura e umidade.

O comportamento das particularidades dos grãos de soja estocados deve ser conhecido para serem utilizados na alimentação humana. Vários produtos podem ser elaborados com essa leguminosa, como exemplo primário tem-se o extrato de soja e okara, os quais apresentam valor comercial pela sua composição. Com as

mudanças nas características morfológicas ocorridas pelo armazenamento alguns aspectos podem ser diminuídos, como a solubilidade, o que afetaria o rendimento do extrato, mas em contrapartida aumentaria o teor de fibras alimentares insolúveis, benéficas para a saúde humana, e as propriedades lipofílicas do okara. Sendo assim, uma ampla investigação das características das matérias-primas é necessária antes de utilizar um único fator de exclusão para o seu aproveitamento.

6 CONCLUSÃO

Grãos de soja BRS 232 cultivados no mesmo local em diferentes safras e armazenados sob refrigeração foram avaliados. As análises químicas e tecnofuncionais mostraram que são intimamente relacionadas para compor as características gerais dos produtos. A amostra S2 apresentou o maior teor de proteínas, o que resultou em maiores valores das propriedades lipofílicas: capacidade emulsificante, atividade emulsificante e estabilidade emulsificante. Assim como o teor de fibras alimentares totais, em maior quantidade na amostra S1, ocasionou o maior índice de absorção de água e menor índice de absorção de óleo.

Ao longo da estocagem ocorrem alterações oxidativas que resultaram em diminuição gradativa dos fenóis totais e da atividade antioxidante. As isoflavonas totais apresentaram o menor valor na amostra S1 e maior na S4 (grãos mais novos). Os grãos S1 apresentaram a cor vermelha (a+) mais intensa, maior diferença de cor, a qual pode ser percebida a olho nu e menor pH, modificações corriqueiras durante o armazenamento.

A cristalinidade das amostras também foi alterada, pois um pico de baixa intensidade, ao redor de 35°, não foi percebido somente na amostra mais nova, já o pico de alta intensidade referente à celulose, ao redor de 20°, estava presente em todas as amostras. O que está relacionado com os teores das frações de fibras alimentares, onde as amostras mais novas, S3 e S4, tiveram os maiores percentuais de fibras alimentares solúveis e a S1 maior teor de fibras insolúveis

Com o passar do tempo a hidrofobicidade aumenta alterando as propriedades tecnofuncionais, corroborando com os outros dados também teve-se o comportamento da solubilidade proteica, a qual diminuiu nas amostras mais velhas, especialmente a S1, devido às alterações morfológicas ocorridas.

REFERÊNCIAS

- AJATTA, M. A.; AKINOLA, S. A.; OSUNDAHUNSI, O. F. Proximate, Functional and Pasting properties of composite flours made from wheat, breadfruit and cassava starch. **Applied Tropical Agriculture**, v. 21, n. 3, p. 158–165, 2016.
- 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.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n.4, p.774-782, 2012.
- ALU'DATT, M. H.; RABABAH, T.; EREIFEJ, K.; ALLI, I. Distribution, antioxidant and characterisation of phenolic compounds in soybeans, flaxseed and olives. **Food Chemistry**, v.139, n.4, p. 93–99, 2013.
- ALUGE, O. O.; AKINOLA, S. A.; OSUNDAHUNSI, O. F. Effect of malted sorghum on quality characteristics of wheat-sorghum-soybean flour for potential use in confectionaries. **Food and Nutrition Sciences**, v. 7, n. 13, p. 1241–1252, 2016.
- ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN, E.L. Roll and extrusion-cooking of grain sorghum grits. **Cereal Science Today**, v.14, p.372–376, 1969.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2017). Boletim Mensal do Biodiesel, Fevereiro de 2017. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal_do_Biodiesel/2017/Boletim_Biodiesel_FEVEREIRO_2017.pdf>. Acesso em: 12 mai 2021.
- AOAC. Official methods of analysis of the AOAC. *In*: **AOAC – Association of Official Analytical Chemists**, 18th edn. Arlington, VA: AOAC, 2005.
- AOAC. Official methods of analysis. Total, Soluble and Insoluble Dietary Fiber in Foods – Enzymatic-Gravimetric Method – First action. **AOAC Official Method 991.43**, p.7-9, 1995.
- ARAÚJO, M. M.; FANARO, G. B.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Soybean and Isoflavones – From Fram to Fork. *In*: EL-SHEMY, H. A. (Ed.). **Soybean bio-active compounds**. Croatia: InTech, 2013. p. 181-202.
- ASA, American Soybean Association. 2019. **International: World Soybean Production**. Disponível em: <<http://soystats.com/international-world-soybean-production/>>. Acesso em: 12 mai 2021.
- ASSEFA, Y.; BAJJALIEH, N.; ARCHONTOULIS, S.; CASTEEL, S.; DAVIDSON, D.; KOVÁCS, P.; NAEVE, S.; CIAMPITTI, I. A. Spatial Characterization of Soybean Yield

and Quality (Amino Acids, Oil, and Protein) for United States. **Scientific Reports**, v.8, n.146, p.1-11, 2018.

AZEVEDO, E. Riscos e controvérsias na construção social do conceito de alimento saudável: o caso da soja. **Revista Saúde Pública**, v. 45, n 4, p.781–788, 2011.

BABBAR, N.; OBEROI, H. S.; SANDHU, S. K.; BHARGAV, V. K. Influence of different solvents in extraction of phenolic compounds from vegetable residues and their evaluation as natural sources of antioxidants. **Journal of Food Science and Technology**, v.51, n.10, p. 2568–2575, 2014.

BARBOSA, A. C. L.; HASSIMOTTO, N. M. A.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Isoflavone content and profile and antioxidant activity of soy and soy products. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.4, p.921–926, 2006.

BARROS, L. D. **Avaliação das características físicas, físico-químicas e tecnológicas de diferentes variedades de soja cultivadas no sudoeste do estado de São Paulo**. Monografia - Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de São Carlos, Buri, 39p. 2020.

BELLALOUJ, N.; BRUNS, H. A.; ABBAS, H. K.; MENGISTU, A.; FISHER, D. K.; REDDY, K. N. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA. **Frontiers in Plant Science**, v.6, n.31, p.1-14, 2015.

BERHOW, M. A. Modern analytical techniques for flavonoid determination. *In*: BUSLIG, B. S.; MANTHEY, J. A. **Flavonoids in the living cell**. New York: Klusher Academic, 2002. v. 505, p.61-76.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E. BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie/Food Science and Technology*, v.28, p.25-30, 1995.

CANEVAROLO JR, S. V. **Técnicas De Caracterização De Polímeros**. Artliber Editora, 2004.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; SIMÃO, A. S.; KIKUCHI, A. Effects of genotypes, environments and hydrothermal treatments on the isoflavone aglycone concentration in soybean grains. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.38, n.8, p.897–902, 2003.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; FAVONI, S.P.G.; KIKUCHI, A. Extraction time for isoflavone determination. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 4, p. 515-518, 2002.

CARRERA, C. S.; REYNOSO, C. M.; FUNES, G. J.; MARTÍNEZ, M. J.; DARDANELLI, J.; RESNIK, S. L. Amino acid composition of soybean seeds as affected by climatic variables. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.46, n.12, p.1579-1587, 2011.

CAVALETT, O.; ORTEGA, E. Emergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.17, n.8, p.762-771, 2009.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J.-L.; LORIENT, D. **Protéines alimentaires : biochimie, propriétés fonctionnelles, valeur nutritionnelle, modifications chimiques**. Lavoisier, 1985.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, safra 2019/20**, v. 7, n. 4, Quarto levantamento, Brasília, 2020. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

COSTA, R. Parede Celular Vegetal. **Revista de Ciência Elementar**, v.7, n.1, 2019.

CRENWELGE, D. D.; DILL, C. W.; TYBOR, P. T.; LANDMANN, W. A. A comparison of the emulsification capacities of some protein isolates. **Journal of Food Science**, v. 39, n. 1, p. 175-177, 2006.

DA SILVA, R. F. B.; BATISTELLA, M.; DOU, Y.; MORAN, E.; TORRES, S. M. M.; LIU, J. The Sino-Brazilian telecoupled soybean system and cascading effects for the exporting country. **Land**, v.6, n.53, p.1-19, 2017.

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.

DAMODARAN, S. Aminoácidos, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. **Química de alimentos de FENNEMA**. 5º ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

DERMACHI, M. Análise da conjuntura agropecuária safra 2011/12. **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Departamento de Economia Rural**, 2011.

DEVI, M. K. A.; GONDI, M.; SAKTHIVELU, G.; GIRIDHAR, P.; RAJASEKARAN, T.; RAVISHANKAR, G. A. Functional attributes of soybean seeds and products, with reference to isoflavone content and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v.114, n.3, p.771–776, 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2016. MELO, C. L. P.; PÍPLO, A. E.; MOREIRA, J. U. V.; LIMA, D.; FOLONI, J. S. S.; MIRANDA, L. C.; PETEK, M. R.; BORGES, R. S.; GOMIDE, F. B. DALBOSCO, M.; DENGLER, R. U. **Cultivares de soja – macrorregiões 1, 2 3 3 centro-sul do Brasil**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1051023/cultivares-de-soja-macrorregioes-1-2-e-3centro-sul-do-brasil>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2015. PÍPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; JUNIOR, A. A. B.; DEBIASI, H. MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1025298/teores-de-oleo-e-proteina-em-soja-fatores-envolvidos-e-qualidade-para-a-industria>>. Acesso em: 17 dez. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números**. EMBRAPA Soja. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 15 dez. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soluções tecnológicas – Soja BRS 232**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/411/soja---brs-232>>. Acesso em: 02 set 2021.

FLAUZINO NETO, W. P.; SILVÉRIO, H. A.; DANTAS, N. O.; PASQUINI, D. Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from agro-industrial residue - Soy hulls. **Industrial Crops and Products**, v.42, n.1, p.480–488, 2013.

FRANÇA-NETO, J. B.; DE PADUA, G. P.; KRZYZANOWSKI, F. C.; DE CARVALHO, M. L. M.; HENNING, A. A.; LORINI, I. **Semente esverdeada de soja: causas e efeitos sobre o desempenho fisiológico - Série Sementes**. - Portal Embrapa. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/924805/semente-esverdeada-de-soja-causas-e-efeitos-sobre-o-desempenho-fisiologico---serie-sementes/>. Acesso em: 16 mai 2021.

FUENTES, E.; GUZMÁN, L.; CARRASCO, G.; LEIVA, E.; MOORE-CARRASCO, R.; PALOMO, I. Food, Nutrition and Health. *In*: EL-SHEMY, H. A. (Ed.). **Soybean bio-active compounds**. Croatia: InTech, 2013. p. 521-546.

GARRETT, R. D.; RAUSCH, L. L. Green for gold: social and ecological tradeoffs influencing the sustainability of the Brazilian soy industry. **Journal of Peasant Studies**, v.43, n.2, 2016.

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.

HE, F.J.; CHEN, J.Q. Consumption of soybean, soyfoods, soyisoflavones and breast câncer incidence: Differences between Chinese women and women in Western countries and possible mechanisms. **Food Science and Human Wellness**, v.2, p.146-161, 2013.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, n.10, p.572–584, 2002.

HERMAN, C.; ADLERCREUTZ, T.; GOLDIN, B. R.; GORBACH, S. L.; HOCKERSTEDT, K. A. V.; WATANABE, S.; HAMALAINEN, E. K.; MARKKANEN, M. H.; MAKELA, T. H.; WAHALA, K. T.; HASE, T. A.; FOTSIS, T. Soybean phytoestrogen intake and cancer risk. **Journal of Nutrition**, v.125, n.7, 1995.

HOU, H. J.; CHANG, K. C. Storage conditions affect soybean color, chemical composition and tofu qualities. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.28, n.6, p.473–488, 2004.

HU, J.; LEE, S. O.; HENDRICH, S.; MURPHY, P. A. Quantification of the group B soyasaponins by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.9, p.2587–2594, 2002.

HUTTON, C. W.; CAMPBELL, A. M. Functional properties of a soy concentrate and a

soy isolate in simple systems and in a food system. **Journal of Food Science**, v. 42, p. 454-458, 1977.

HYMOWITZ, T.; SHURTLEFF, W. R. Debunking soybean myths and legends in the historical and popular literature. **Crop Science**, v.45, n.2, 2005.

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.

JIA, X.; CHEN, M.; WAN, J. B.; SU, H.; HE, C. Review on the extraction, characterization and application of soybean polysaccharide. **RSC Advances**, v.5, n.90, 2015.

JOSHI, A. U.; LIU, C.; SATHE, S. K. Functional properties of select seed flours. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, p. 325-331, 2015.

KAO, T. H.; CHIEN, J. T.; CHEN, B. H. Extraction yield of isoflavones from soybean cake as affected by solvent and supercritical carbon dioxide. **Food Chemistry**, v.107, n.4, p.1728–1736, 2008.

KESHAVARZ, E.; NAKAI, S. The relationship between hydrophobicity and interfacial tension of proteins. **Biochimica Biophys Acta**, v. 576, n. 2, p. 269-79, 1979.

KIM, J. A.; JUNG, W. S.; CHUN, S. C.; YU, C. Y.; MA, K. H.; GWAG, J. G.; CHUNG, I. M. A correlation between the level of phenolic compounds and the antioxidant capacity in cooked-with-rice and vegetable soybean (*Glycine max* L.) varieties. **European Food Research and Technology**, v.224, n.2, p.259–270, 2006.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. Maryland: Aspen, 1999.

LEE, J. H.; CHOUNG, M. G. Determination of optimal acid hydrolysis time of soybean isoflavones using drying oven and microwave assisted methods. **Food Chemistry**, v.129, n.2, p.577–582, 2011.

LEE, M. H.; LIN, C. C. Comparison of techniques for extraction of isoflavones from the root of *Radix Puerariae*: Ultrasonic and pressurized solvent extractions. **Food Chemistry**, v.105, n.1, p.223–228, 2007.

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

LIMA, A. R.; SEIBEL, N. F. Okara e alterações estruturais por diferentes métodos – Uma revisão. *In: Anais do XVI Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Anais. Curitiba (PR) UFPR, 2021. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/xvierscta2021/395192-OKARA-E-ALTERACOES-ESTRUTURAIIS-POR-DIFERENTES--METODOS--UMA-REVISAO>>. Acesso em: 03 mar 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.even3.com.br/anais/xvierscta2021/395195-AVALIACAO-TECNOFUNCIONAL-E-INSTRUMENTAL-DE-GRAOS-DE-SOJA-BRS-232-DE-DIFERENTES-SAFRAS>>. Acesso em: 16 mai 2022.

LIU, C.; WANG, X.; MA, H.; ZHANG, Z.; GAO, W.; XIAO, L. Functional properties of protein isolates from soybeans stored under various conditions. **Food chemistry**, v.111, p.29-37, 2008.

LIU, K. **Soybean: Overview**. Agricultural Research Service, 2016.

MA, Y. Y.; LIU, Q. B.; YANG, H. W.; TANG, Y. Y.; YANG, J. G. Study on the improvement of natto-production process. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v.7, n.9, 2015.

MARECEK, V.; MIKYSKA, A.; HAMPEL, D.; CEKJA, P.; NEUWIRTHOVA, J.; MALACHOVÁ, A.; CERKAL, R. ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. **Journal of Cereal Science**, v.73, p.40-45, 2017.

MELO. C. O.; SILVA, G. H.; ESOERANCINI, M. S. T. Análise econômica da produção de soja e de milho na safra de verão, no Estado do Paraná. **Revista Política Agrícola**, v. 21, n. 1, 2012.

Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. Sao Paulo: IMESP, 1985. p. 27.

MIRA, G. S.; GRAF, H.; CÂNDIDO, L. M. B. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em betaglucanas no tratamento do diabetes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.45, n.1, 2009.

MVO: Fact Sheet Soy. 2011. Disponível em: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Culture-plantes-alimentaires/FICHES_PLANTES/soja/MVO-Fact_sheet_Soy-2011. Acesso em 12/05/2021.

NAVES, L. P.; CELESTE, A. D. C.; CUSTÓDIO, M. P. A.; SANTOS, D. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 185-190, 2010.

OLIVEIRA, G. L. T.; SCHNEIDER, M. The politics of flexing soybeans: China, Brazil and global agroindustrial restructuring. **Journal of Peasant Studies**, v.43, n.1, p.167–194, 2016.

OLIVEIRA, L. A. M.; GALVÃO, M. P. S. P.; SILVA, C. L. V.; MARTINS, L. M. S.; XIMENES, V. L.; FONTINELE, A. V. C. Benefícios da soja na prevenção do câncer de mama: uma análise literária. **Brazilian Journal of Surgery**, v. 22, n. 2, p.118-123, 2018.

PALLARES PALLARES, A.; ROUSSEAU, S.; CHIGWEDERE, C. M.; KYOMUGASHO, C.; HENDRICKX, M.; GRAUWET, T. Temperature-pressure-time combinations for the generation of common bean microstructures with different starch susceptibilities to hydrolysis. **Food Research International**, v.106, 2018.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AI-SAID, F. A. J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food Bioprocess Technol.** v.6, p. 36-60, 2013.

POHNDORF, R. S.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Alterações na qualidade de soja durante o armazenamento. **Labrões Magazine**, v.1, n.2, 2017.

PORTE, A.; SILVA, E. F.; ALMEIDA, V. D. S.; SILVA, T. X.; PORTE, L. H. M. Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Caricapapaya*) e de abóbora (*Cucurbitasp*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 91-96, 2011.

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.

RODRIGUES D. D.; SEIBEL, N. F. Aproveitamento de resíduos agroindustriais de origem vegetal para alimentação humana. *In*: CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, E. M.; SILVA, B. A. S. **Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. Editora Científica Digital, 2021. v.1, cap. 6, p. 90–105.

SÁNCHEZ-GONZALEZ, I.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SAURA-CALIXTO, F. In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (italian, espresso and filter). **Food Chemistry**, v.90, p.133-139, 2005.

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

SANTOS, C. M. BARBOZA, A. B. A.; LORENSINI, F. V. Características físico-químicas e microbiológicas das sojas preta e amarela adquiridas no município de Vilhena – RO. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 88771-88781, 2021.

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.

SEIBEL, N. F. **Soja: cultivo, benefícios e processamento**. Curitiba: CRV, 2018.

SEIBEL, N. F.; ALVES, F. P.; OLIVEIRA, M. A.; LEITE, R. S. Brazilian Soybean Varieties for Human Use. *In*: EL-SHEMY, H. A. (Ed.). **Soybean bio-active compounds**. Croatia: InTech, 2013. p. 475-494.

SEIBEL, N. F.; 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, N. F.; KATO, T.; LIMA, A. R. 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.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em Alimentos Proteicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996.

SHEVKANI, K.; SINGH, N.; KAUR, A.; RANA, J. C. Structural and functional characterization of kidney bean and field pea protein isolates: A comparative study. **Food Hydrocolloids**, v.43, p.679–689, 2015.

SILVA, R. M. P.; RESENDE, O.; BESSA, J. F. V.; MACEDO, S. A.; MOURA, S. L. C., FERNANDES, L. O.; ALMEIDA, A. B. Caracterização da qualidade físico-química em grãos de soja de municípios da região centro-oeste do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, 2020.

SINCLAIR, J B. Discoloration of soybean seeds – an indicator of quality. **Plant Disease**, p.1087–1090, 1992.

SINCLAIR, JAMES B. Reevaluation of grading standards and discounts for fungus-damaged soybean seeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.72, n.12, p.1415–1419, 1995.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144–158, 1965.

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.

TASSI, A. L. W.; BENTO, J. A. C.; CALIARI, M.; SILVA, V. S. N.; PACHECO, M. T. B.; SOARES JÚNIOR, M. S. Physical and chemical characteristics of soybean preserve as a function of maceration time and acetic acid. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 3, p. 552-558, 2019.

TESSARI, P.; LANTE, A.; MOSCA, G. Essential amino acids: Master regulators of nutrition and environmental footprint? **Scientific Reports**, v.6, 2016.

TSUKAMOTO, C.; SHIMADA, S.; IGITA, K.; KUDOU, S.; KOKUBUN, M.; OKUBO, K.; KITAMURA, K. Factors Affecting Isoflavone Content in Soybean Seeds: Changes in Isoflavones, Saponins, and Composition of Fatty Acids at Different Temperatures during Seed Development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, n.5, p.1184–1192, 1995.

TSUKAMOTO, Y.; MORIGIWA, K.; UEDA, M.;STERLING, P. Microcircuits for night vision in mouse retina. **Journal of Neuroscience**, v.21, n.21, p.8616–8623, 2001.

VELDERRAIN-RODRÍGUEZ, G. R.; PALAFOX-CARLOS, H.; WALL-MEDRANO, A.; AYALA-ZAVALA, J. F.; CHEN, C. Y. O.; ROBLES-SÁNCHEZ, M.; ASTIAZARAN-GARCÍA, H.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Phenolic compounds: Their journey after intake. **Food and Function**, v.5, n.2, p. 189–197, 2014.

VITAL, A. C.; ITODA, C.; HOKAZONO, T. Y.; CREPALDI, Y. S.; SARAIVA, B. R.; ROSA, C. I. L. F.; MATUMOTO-PINTRO, P. T. (2020). Use of soy as a source of protein in low-fat yogurt production: microbiological, functional and rheological properties. **Research, Society and Development**, v.9, n.11, 2020.

XIA, C.; WANG, L.; DONG, Y.; ZHANG, S.; SHI, S. Q.; CAI, L.; LI, J. Soy protein isolate-based films cross-linked by epoxidized soybean oil. **RSC Advances**, v.5, n.101, 2015.

YOSHIDA, B. Y. **Okara modificado por peróxido de hidrogênio alcalino, hidrólise enzimática e extrusão: propriedades física, químicas e tecnofuncionais**. 2020. 136f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000231791>. Acesso em: 2 ago. 2021.

ZAHIR, M., FOGLIANO, V.; CAPUANO, E. Food matrix and processing modulate: In vitro protein digestibility in soybeans. **Food and Function**, v.9, n.12, p.6326–6336, 2018.

ZAHIR, M.; FOGLIANO, V.; CAPUANO, E. Effect of soybean processing on cell wall porosity and protein digestibility. **Food and Function**, v.11, n.1, 2020.

ZAKIR, M. M.; FEITAS, I. R. Benefícios à saúde humana do consumo de isoflavonas presentes em produtos derivados da soja. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.2, n3, p. 107-116, 2015.

ZHANG, Q.; QUIN, W. Tofu and Soy Products: The Effect of Structure on Their Physicochemical Properties. **Encyclopedia of Food Chemistry**, v.3, 2019.

ZHAO, H.; SHEN, C.; WU, Z.; ZHANG, Z.; XU, C. Comparison of wheat, soybean, rice, and pea protein properties for effective applications in food products. **Journal of Food Biochemistry**, v.44, n.4, 2020.

ZHOU, Z.; RINGØ, E.; OLSEN, R. E.; SONG, S. K. Dietary effects of soybean products on gut microbiota and immunity of aquatic animals: A review. **Aquaculture Nutrition**, v.24, n.1, 2018.

ZIEGLER, V.; Demito, A. **Benefícios do resfriamento artificial aplicado em grãos e sementes durante o armazenamento**. São Leopoldo, RS: Ed. Unisinos, 200p., 2019.

ZIEGLER, V.; FERREIRA, C. D.; VANIER, N. L.; SANTOS, M. A. Z. OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Physico Chemical and technological properties of soybean as a function of storage conditions. **Brazilian Journal of Food Research**, v.7, n.3, p. 117-132, 2016.

ZIEGLER, V.; MARINI, L. J.; FERREIRA, C. D.; GOEBEL, J. T.; ROCKENBACH, B. A.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Alterações na Qualidade do Óleo, no Teor de Carotenoides e na Coloração de Grãos de Soja Armazenados em Diferentes Condições. **Associação Brasileira de Pós-Colheita**, p.215-222, 2014.

ANEXO 1 – BOLETIM DE ANÁLISE SANITÁRIA - EMBRAPA

	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. SAIN - PARQUE RURAL - FINAL Av W3 NORTE Cx. Postal 04315 - Tel (61) 3448-4433- Fax (61) 3347-1041 CEP 70.770-901 - Brasília-DF	Centro Nacional de Pesquisa de Soja – CNPSo Rodovia Carlos João Strass (Londrina/Warta) Acesso Orlando Amaral Cx Postal 231 - CEP 86.001-970 Fone (43) 3371-6000 - Fax (43) 3371-6100 Distrito de Warta - Londrina-PR
--	---	---

BOLETIM DE ANÁLISE SANITÁRIA

REMETENTE: Dr Mauricio ENDEREÇO: CIDADE/ESTADO:	QUANTIDADE DE AMOSTRAS: 01 ANÁLISE SANITÁRIA EM: 200 sementes	ESPÉCIE: [<i>Glycine max</i> (L.) Merrill] CLASSE: SAFRA:
---	--	--

Amostra	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Colletotrichum</i> sp.	<i>Macrophomina</i> sp.	Bactéria
Repetição 1	-57,5-	-3,0-	-0,0-	-0,5-	-5,5-
Repetição 2	-62,5-	-2,5-	-0,5-	-1,5-	-9,0-

OBSERVAÇÃO: amostra apresentou <i>Alternaria</i> sp., <i>Chaetomium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp.	A presente análise tem seu valor restrito à amostra entregue no LAS. A identificação da amostra é de exclusiva responsabilidade do remetente. Londrina, 12 de abril de 2021. <div data-bbox="967 1093 1305 1193" style="border: 1px solid black; height: 45px; width: 212px; margin: 10px auto;"></div> <hr/> Ademir Assis Henning CREA: 4302/D 7ª REGIÃO - PR
---	---