



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CAMPUS DE GOVERNADOR VALADARES
DEPARTAMENTO DE FARMÁCIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Valentina Marciano da Luz Lopes

**Valorização dos resíduos oriundos do processamento de extrato hidrossolúvel de
castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*): produção, caracterização e
aplicação da farinha em brownies**

Governador Valadares – MG

2026

Valorização dos resíduos oriundos do processamento de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*): produção, caracterização e aplicação da farinha em brownies

Valentina Marciano da Luz Lopes

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Juiz de Fora – Campus GV, como requisito à obtenção de menção da disciplina e conclusão de curso.

Orientador: Milton de Jesus Filho

Valorização dos resíduos oriundos do processamento de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*): produção, caracterização e aplicação da farinha em brownies

Valentina Marciano da Luz Lopes¹, Juliano Rocha Pereira¹, Carini Aparecida Lelis², Carlos Adam Conte-Junior², Yutao Xing³, Michele Corrêa Bertoldi¹, Andréa Alves Simiqueli¹, Milton de Jesus Filho^{1*}

¹Departamento de Farmácia, Instituto de Ciências da Vida, Universidade Federal de Juiz de Fora, 35010-177, Governador Valadares, MG, Brasil

²Centro de Análise de Alimentos (NAL), Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (LADETEC), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, 21941-598, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³Laboratório de Microscopia Eletrônica de Alta Resolução, Centro de Caracterização Avançada para Indústria de Petróleo (LaMAR/CAIPE), Universidade Federal Fluminense, 24210-346, Niterói, RJ, Brasil

*Autor correspondente: milton.filho@ufjf.br (Milton de Jesus Filho)

Resumo

O aproveitamento de resíduos agroindustriais tem se destacado como estratégia para a mitigação de impactos ambientais e para a agregação de valor nutricional, tecnológico e sensorial em novos produtos alimentícios. Nesse contexto, os resíduos provenientes do processamento de extrato hidrossolúvel de castanha de caju apresentam potencial de aplicação na indústria de alimentos. Assim, este estudo teve como objetivo produzir e caracterizar a farinha obtida dos resíduos do processamento de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC), bem como avaliar sua aplicação como substituto parcial ou total da farinha de trigo em formulações de brownies. A FRCC foi obtida por secagem em estufa a vácuo e caracterizada quanto às propriedades físico-químicas, colorimétricas, antioxidantes e funcionais, além da análise de microestruturas. Posteriormente, foram desenvolvidas cinco formulações de brownies com níveis de substituição da farinha de trigo por FRCC de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, as quais foram avaliadas quanto às características físico-químicas, tecnológicas e colorimétricas, perfil de textura, além da aceitação sensorial e intenção de compra. A FRCC apresentou elevados teores de lipídeos (38,66%) e proteínas (27,17%), além de maior capacidade de absorção de água (156,62%) e de óleo (126,52%) e menor densidade (0,51 g/mL) em comparação à farinha de trigo (91,17%, 79,95% e 0,59 g/mL, respectivamente). A substituição da farinha de trigo pela FRCC resultou no aumento dos teores de proteínas, lipídeos e cinzas, bem como na redução do teor de carboidratos, além de promover diferenças significativas ($p<0,05$) nos parâmetros colorimétricos L*, C* e h* e de textura, sem comprometer a assimetria (-0,30 cm) e uniformidade (-0,20 cm) dos brownies. Todas as formulações apresentaram alta aceitabilidade sensorial e intenção de compra satisfatória. Embora todas as formulações tenham se mostrado viáveis, a formulação com 100% de FRCC destacou-se pelo maior valor nutricional e por ser adequada ao consumo por indivíduos com restrição ao glúten. Dessa forma, a FRCC configura-se como uma alternativa sustentável e tecnicamente viável para aplicação em brownies, possibilitando o desenvolvimento de produtos com valor agregado, boa aceitabilidade sensorial e potencial de inserção no mercado.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos; sustentabilidade; processamento de alimentos; microscopia eletrônica de varredura; estudo com consumidores.

1. Introdução

No setor brasileiro de fruticultura, a cajucultura destaca-se principalmente no Nordeste, região que apresenta condições favoráveis para o cultivo dessa espécie (Brainer et al., 2020). O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) tem sua produção agroindustrial voltada, sobretudo, para o processamento da castanha, principal produto da cadeia do caju (Morais et al., 2020).

A castanha de caju é amplamente reconhecida e apreciada mundialmente (Sruthi et al., 2023). Classificada como uma oleaginosa de alta qualidade, valorizada pelas suas características sensoriais, principalmente devido ao sabor especial e a crocância, e por conter quantidades significativas de compostos que apresentam benefícios à saúde humana, como ácidos graxos insaturados, aminoácidos essenciais, selênio, vitaminas do complexo B, flavonoides e ácidos fenólicos (Chen et al., 2023). Além disso, contém amido e alta concentração de fibras, que são componentes de grande interesse para aplicações industriais (Mattison et al., 2018).

Nesse cenário, a castanha de caju mostra-se como um ingrediente interessante para a formulação de produtos alimentícios, como os extratos hidrossolúveis. O consumo dessas bebidas tem crescido em vários países (Vieira et. al., 2020), impulsionado pelas mudanças de hábitos alimentares da população, aumento do número de pessoas com restrições aos constituintes do leite, sustentabilidade e bem-estar animal (Silva et al., 2020; Siddiqui et al., 2023).

Entretanto, a produção de extrato hidrossolúvel gera um resíduo sólido denominado “torta”. No Brasil, o descarte inadequado desse resíduo representa um problema ambiental, devido ao elevado volume de biomassa gerada, entre 7,0 a 9,0 toneladas de resíduos por ano (EMBRAPA, 2024), mas também uma oportunidade de aproveitamento, uma vez que apresenta valor nutricional relevante e características tecnológicas interessantes (Nyirenda et al., 2021). Esse resíduo pode ser transformado em ingrediente para o enriquecimento ou desenvolvimento de novos alimentos, agregando valor aos produtos pela sua composição de compostos bioativos, qualidade nutricional e propriedades sensoriais exclusivas, como aroma característico de castanha, sabor levemente adocicado e textura granulosa distinta, que a diferenciam de outras farinhas vegetais convencionais (Filho et al., 2020; Feiten, 2023). Uma alternativa viável e sustentável é a sua utilização na forma de farinha, que confere vantagens como maior vida útil, baixo custo de produção, facilidade de armazenamento e ampla aplicação em formulações alimentícias (Souza et al., 2020; Sarinho et al., 2021).

Estudos anteriores já evidenciaram o potencial tecnológico da farinha de castanha de caju como substituta parcial ou total da farinha de trigo em diferentes produtos, como pães de forma (Barbosa et al., 2013), biscoitos (Silva et al., 2021), bolos (Alves et al., 2011) e pizzas (Morais et al., 2015). Contudo, não foram identificados, nas principais bases de dados científicas, estudos que abordem a valorização dos resíduos provenientes do processamento do extrato hidrossolúvel de castanha de caju, bem como a obtenção de sua farinha e o seu potencial de aplicação em formulações de brownies.

O brownie é um produto alimentício com ampla aceitação sensorial, produzido a partir de ingredientes facilmente disponíveis e com o uso de equipamentos simples, o que o torna um produto viável para processos sustentáveis (Tirello et al., 2024). Trata-se de uma sobremesa consumida mundialmente, que pode apresentar textura mais cremosa ou semelhante à de bolo, conforme a preferência do consumidor. É um produto assado, embalado e com sabor característico de chocolate, elaborado a partir de ingredientes básicos como farinha, ovos, óleo ou manteiga, chocolate e açúcar (Selvakumaran et al., 2019). A substituição da farinha de trigo pela farinha obtida a partir dos resíduos do extrato hidrossolúvel de castanha de caju pode promover não apenas o aumento do valor nutricional do brownie, mas também conferir atributos sensoriais favoráveis à sua aceitação, em razão do teor significativo de lipídeos presente nesse ingrediente.

Desta forma, este estudo teve como objetivo produzir e caracterizar a farinha obtida a partir dos resíduos provenientes do processamento de extrato hidrossolúvel de castanha de caju, bem como desenvolver formulações de brownies com substituição parcial ou total da farinha de trigo por essa farinha, e avaliar suas propriedades físico-químicas, tecnológicas, colorimétricas e de textura, e o comportamento dos consumidores em relação a esses produtos.

2. Materiais e métodos

2.1 Obtenção da farinha dos resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC)

Os resíduos foram obtidos a partir do processamento de extrato hidrossolúvel de castanha de caju em escala laboratorial, cedido por um grupo de pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus de Governador Valadares (UFJF-GV). Os resíduos correspondem aos sólidos insolúveis que permanecem após a extração aquosa.

Para a produção da farinha, os resíduos foram divididos em porções de 200 g, depositados em formas de alumínio e, posteriormente, secos em estufa a vácuo

(Vacuoterm, modelo 6030A) a 65 °C por 14 horas. As condições de secagem foram previamente estabelecidas em testes preliminares. Após a secagem, o material foi triturado em liquidificador (Electrolux, modelo BBR12) na velocidade 3, até atingir a granulometria característica de farinha, conforme apresentado na Figura 1. Por fim, a farinha obtida foi armazenada em embalagens opacas de poliéster metalizado e polietileno (gramatura: 110 g/m²) a -20 °C, até a sua utilização nas análises de caracterização e na elaboração das formulações de brownies.

2.2 Processamento das formulações de brownies

Foram desenvolvidas cinco formulações de brownies (Figura 1), as quais se diferenciaram exclusivamente pelas proporções das farinhas empregadas: farinha proveniente dos resíduos do extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC) e farinha de trigo tipo I (FTR), esta última classificada de acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2005). Dessa forma, estabeleceram-se os seguintes tratamentos: F1 (controle), com 100% de FTR; F2, com 25% de FRCC e 75% de FTR; F3, com 50% de FRCC e 50% de FTR; F4, com 75% de FRCC e 25% de FTR; e F5, com 100% de FRCC. Vale ressaltar que, testes preliminares foram realizados para estabelecer as porcentagens de substituição da farinha de trigo pela FRCC. Todas as formulações foram fracionadas e acondicionadas em embalagens opacas de poliéster metalizado e polietileno (gramatura: 110 g/m²) e analisadas um dia após o processamento.

Para a elaboração dos brownies, inicialmente, foram adicionados à batedeira (Arno, modelo Delice 2108.B1) 190 g de ovos, 360 g de açúcar cristal e 100 g de óleo de soja, e os ingredientes foram homogeneizados por 1 minuto na velocidade 1. Em seguida, acrescentaram-se 140 g de cacau em pó 50% e 145 g de farinha, e a mistura foi novamente homogeneizada na mesma velocidade. A massa obtida foi distribuída em uma forma retangular de alumínio (26 cm comprimento x 11 cm largura x 6 cm altura) e submetida a 8 ± 2 °C por 15 minutos em um refrigerador Consul (modelo CRM56FB). Por fim, as formulações foram assadas em forno doméstico (Brastemp, modelo BFD5NCBNNA00) a 180 °C por 20 minutos, tempo necessário para que as formulações apresentassem superfície quebradiça e interior com textura densa e úmida.

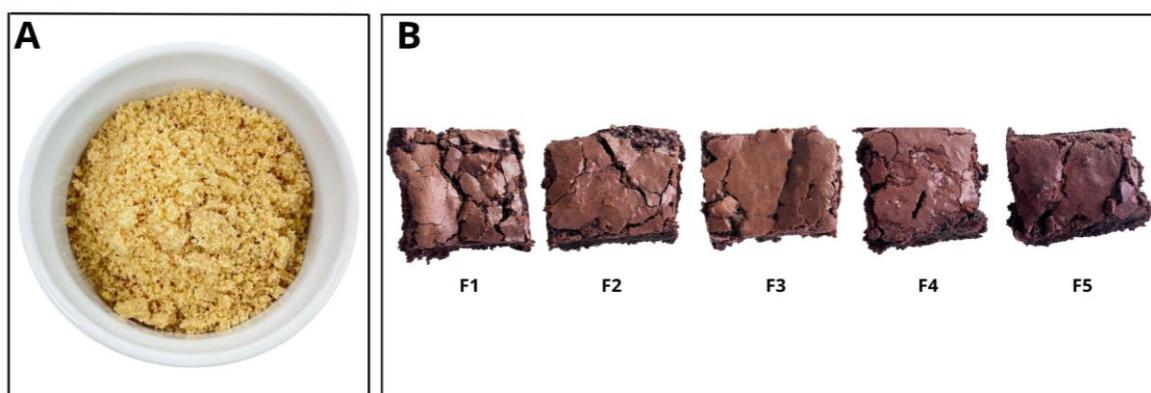


Figura 1. Imagens da farinha dos resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC) (A) e das amostras de brownies desenvolvidas (B).

F1: formulação controle (100% de FTR); F2: formulação com 25% de FRCC e 75% de FTR; F3: formulação com 50% de FRCC e 50% de FTR; F4: formulação com 75% de FRCC e 25% de FTR; F5: formulação com 100% de FRCC.

2.3 Avaliação da farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju e dos brownies

2.3.1 Análises físico-químicas

A caracterização físico-química da farinha e das amostras de brownies foram realizadas de acordo com os protocolos da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), utilizando-se reagentes químicos de grau analítico.

Para a determinação do pH da farinha, 5 g da amostra foram diluídos em 50 mL de água destilada, e a solução foi agitada e mantida em repouso para decantação. Em seguida, o pH foi medido em um pHmetro digital de bancada previamente calibrado (Mettler Toledo, modelo SevenCompact S220). A acidez foi avaliada pelo método titulométrico com solução de NaOH 0,1 N.

O teor de água foi determinado por secagem da amostra em estufa convencional (THOTH, Linha TH.500) a 105 °C até peso constante. O teor de cinzas foi obtido por incineração da amostra em mufla (ZEZIMAQ, modelo 2000C-2RP) a 550 °C. O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Bligh e Dyer, enquanto o teor de proteínas foi quantificado pelo método Kjeldahl, que compreende as etapas de digestão, destilação e titulação. O teor de carboidratos foi calculado por diferença, considerando 100% do total da amostra, menos a soma dos teores de água, proteínas, lipídeos e cinzas.

A atividade de água das amostras foi medida em analisador portátil (Aqualab, modelo Pawkit) a 25 °C.

2.3.2 Análise Colorimétrica

Foi realizada a análise colorimétrica da farinha, bem como da superfície e do miolo dos brownies com o auxílio de um colorímetro (Konica Minolta, modelo CM-600d), de

acordo com as definições estabelecidas pela CIE (International Commission on Illumination).

Os seguintes parâmetros colorimétricos foram avaliados: luminosidade (L), que varia de 0 (preto) até 100 (branco); a*, que indica a variação da cor entre o verde (-) e o vermelho (+); b*, que representa a variação da cor entre o azul (-) e o amarelo (+); C* (cromaticidade), que expressa o grau de saturação, ou seja, a intensidade da cor; e o ângulo *hue* (h*), relacionado à tonalidade da cor (Moreira et al., 2023).

Além disso, foi determinada a diferença global de cor (ΔE^*) (Ferreira et al., 2017) (Equação 1) das formulações de brownies desenvolvidas com substituição parcial ou total da farinha de trigo pela FRCC (F2 a F4) em comparação à amostra controle ((F1).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo: ΔL , Δa e Δb a diferença de L^* , a^* e b^* , respectivamente, da amostra de brownie produzida com substituição parcial ou total da farinha de trigo pela FRCC em relação à amostra controle.

2.3.3 Determinação de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante

Os extratos foram preparados de acordo com Larrauri et al. (1997), com modificações, após a otimização das condições de extração de compostos solúveis na FRCC.

Inicialmente, 6 g de FRCC foram misturados a 25 mL de etanol 70% em um béquer, sob agitação por 60 minutos. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 3500 rpm por 15 minutos, à temperatura ambiente, e o sobrenadante obtido (S1) foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Posteriormente, adicionaram-se novamente 25 mL de etanol 70% ao mesmo resíduo, realizando-se nova centrifugação nas mesmas condições. O sobrenadante resultante (S2) foi transferido para o mesmo balão volumétrico. Por fim, adicionaram-se mais 20 mL de acetona aos resíduos, seguida da centrifugação nas mesmas condições, e o sobrenadante obtido (S3) também foi transferido para o balão volumétrico de 100 mL. O volume do balão foi completado com etanol 98%.

O Conteúdo Fenólico Total (CFT) da FRCC foi determinado pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton e Rossi, 1965), com modificações. 100 μ L de amostra (extrato da FRCC) foi adicionado a 1mL de reagente Folin- Ciocalteu 0,2N. A

mistura foi homogeneizada e permaneceu em repouso ao abrigo da luz e do oxigênio por 3 min. Em seguida, foram adicionados à mistura 1mL de solução saturada de carbonato de sódio e 1mL de água destilada. A mistura foi novamente homogeneizada e permaneceu em repouso, sob as mesmas condições de proteção, por 2 h. A absorbância das amostras foi medida a 760 nm, utilizando espectrofotômetro (BEL PHOTONICS, UV-M51) devidamente calibrado. O mesmo procedimento foi realizado para o branco, substituindo-se o extrato pela mistura de 5mL etanol 70%, 2 mL acetona 70% e 3mL etanol 98%. O CFT foi quantificado com base em uma curva padrão de ácido gálico, construída com seis concentrações diferentes (0-350 mg/L) (Sigma-Aldrich, Alemanha). A relação entre a concentração e a absorbância foi descrita pela seguinte equação: Y (concentração de ácido gálico equivalente, em mg/L) = 346,17. (absorbância a 760 nm) - 10,109, com coeficiente de determinação R^2 de 0,999. Os resultados do CFT foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de FRCC (mg AGE/100g).

A atividade antioxidante (AA) da FRCC foi determinada pelo ensaio espectrofotométrico baseado no radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) conforme o método descrito por Brand-Williams et al. (1995), com adaptações. Uma alíquota de 0,1 mL de amostra (extrato da FRCC) foi adicionada a 3,9 mL de solução de DPPH 0,06mM. A mistura permaneceu em repouso por 30min, protegida da luz e do oxigênio. Após o período de reação, a absorbância foi medida a 517 nm. Etanol 95% foi utilizado como controle (branco), substituindo o extrato. A atividade antioxidante foi expressa em porcentagem de inibição do radical DPPH (% I), calculada pela equação 2:

$$I(\%) = [(Ac - Aa) / Ac] \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde Ac é a absorbância do controle e Aa é a absorbância da amostra.

2.3.4 Determinação de propriedades funcionais

As propriedades funcionais foram determinadas na FRCC e na farinha de trigo tipo 1 de uma marca amplamente comercializada no mercado brasileiro, de acordo com as metodologias do estudo de Badje et al. (2018). A farinha de trigo foi incluída na análise com o objetivo de compará-la à farinha desenvolvida neste estudo, considerando que é o ingrediente normalmente utilizado no processamento de brownies.

Para avaliar a Capacidade de Absorção de Água (CAA) e o Índice de Solubilidade em Água (ISA), pesou-se 1g de farinha (M0) em um tubo falcon e dispersou em 10 mL de

água destilada. Após agitação realizada de forma mecânica por 30 minutos, a mistura foi centrifugada (centrífuga Kacil, CE01) a 4500 rpm por 10 minutos. O pellet úmido (M2) foi pesado, e em seguida, seco em estufa (THOTH, Linha TH.500) a 105 °C até peso constante (M1). As equações 3 e 4 foram utilizadas para determinar a CAA e o ISA.

$$CAA (\%) = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

$$ISA (\%) = \frac{M0 - M1}{M1} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Para determinar a Capacidade de Absorção de Óleo (CAO), pesou-se 1g de farinha (M0) em um tubo falcon e dispersou-a em 7 mL de óleo de palma refinado. Após agitação mecânica por 30 minutos, a mistura foi centrifugada a 4500 rpm por 10 minutos, e o pellet foi recuperado (M1). A CAO foi calculada empregando a Equação 5:

$$CAO (\%) = \frac{M1 - M0}{M0} \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

A Razão Hidrofílica/Lipofílica (RHL) foi calculada por meio da Equação 6.

$$RHL (\%) = \frac{CAA}{CAO} \quad (\text{Equação 6})$$

Para determinar a Densidade (D), foi utilizada uma proveta de 10 mL previamente pesada (P0). Em seguida, a mesma foi preenchida com farinha até um volume conhecido (V) e pesada novamente (P1). A densidade foi calculada a partir da Equação 7.

$$D (\text{g/mL}) = \frac{P1 - P0}{V} \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

2.3.5 Microscopia eletrônica de varredura

Utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura de alta resolução com emissão de campo (MEV-FEG), marca JEOL, modelo JSM-7100F, com ampliação de até 5000x, para analisar as microestruturas das farinhas de resíduo de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC) e de trigo, visando avaliar o desempenho da substituição da farinha de trigo pela FRCC em formulações de brownies. As imagens foram obtidas a 5,0 kV, em modo de alto vácuo.

2.3.6 Análises tecnológicas

A simetria e a uniformidade dos brownies foram determinadas conforme o método 10-91, aprovado pela Associação de Grãos e Cereais (AACC, 2010), o qual se baseia na medição da altura das amostras em três pontos específicos (Figura 2). Os valores de simetria e uniformidade foram calculados por meio das Equações 8 e 9, respectivamente.

$$\text{Simetria} = 2 \times C - (B + D) \quad (\text{Equação 8})$$

$$\text{Uniformidade} = B - D \quad (\text{Equação 9})$$

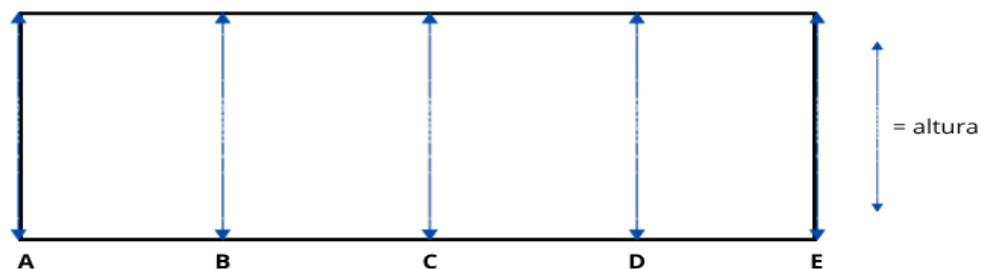


Figura 2. Representação da vista lateral de uma porção de brownie assada. As setas assinalam os pontos de medição da altura utilizados para a avaliação da simetria e da uniformidade, e as letras correspondem à identificação de cada ponto.

2.3.7 Determinação do perfil de textura

O perfil de textura dos brownies foi determinado em um analisador de textura (TA.XT Plus, Stable Micro Systems), baseado na metodologia descrita por Moreira et al. (2023). Para tanto, uma porção de 2 cm de espessura de cada amostra foi comprimida no centro da plataforma do texturômetro, utilizando uma probe cilíndrica de 36 mm de diâmetro (SMS P/36R), com distância de compressão de 2,5 mm, compressão de 40% e força de gatilho de 5 g. As velocidades aplicadas foram de 1,0 mm/s para o pré-teste e teste e de 10,0 mm/s para o pós-teste. Foram avaliadas as seguintes propriedades de textura: dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência.

2.3.8 Análise sensorial

As análises sensoriais realizadas foram aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora, campus Governador Valadares (UFJF-GV), Brasil, pelo CAAE 85837825.5.0000.5147.

O estudo foi conduzido em cabines individuais sob luz branca, com a participação de 51 consumidores de brownies, sendo 89,4% mulheres e 10,6% homens, com idades entre 18 e 60 anos. Cada participante recebeu 10 g de cada uma das cinco amostras desenvolvidas, servidas a 25 °C, apresentadas de forma monádica e em ordem aleatória. Os consumidores foram orientados a provar as amostras e avaliar a aceitabilidade quanto aos atributos sensoriais de aparência, aroma, sabor e textura, bem como a impressão global, utilizando a escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de 1 (“desgostei extremamente”) a 9 (“gostei extremamente”). Adicionalmente, as amostras foram avaliadas quanto a intenção de compra, por meio de uma escala estruturada de cinco pontos, variando de 1 (“certamente não compraria”) a 5 (“certamente compraria”), conforme proposto por Minim (2025).

2.4 Planejamento experimental e análise estatística dos dados

Foram realizados três processamentos da FRCC e das formulações dos brownies. Todas as análises, exceto os estudos sensoriais, foram conduzidas em três repetições, e os dados obtidos, quando necessários, foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), seguidos da análise de regressão. Os resultados da análise sensorial foram submetidos à ANOVA e, posteriormente, ao teste de Tukey. Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* SISVAR, versão 5.6, adotando-se o nível de significância de 5%. Os gráficos foram confeccionados no *software* OriginPro 9.0.

3. Resultados e discussão

3.1 Farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju

3.1.1 Rendimento e avaliação das condições de secagem

A farinha obtida apresentou rendimento médio de 35% em relação à quantidade inicial de resíduos sólidos provenientes do processamento do extrato hidrossolúvel. Esse rendimento pode ser atribuído ao elevado teor de água dos resíduos, estimado em aproximadamente 76,02%. A grande quantidade de água empregada no processamento do extrato hidrossolúvel, apesar de favorecer a extração de compostos solúveis, resulta em maior demanda de tempo e energia na etapa de secagem. Como consequência, observa-se redução no rendimento final, o que justifica o tempo de processamento de 14 horas adotado neste estudo.

Vale ressaltar que o controle rigoroso das condições de secagem foi fundamental para garantir um rendimento considerável, minimizar perdas e assegurar a qualidade

tecnológica e microbiológica da farinha produzida, além das características sensoriais desejáveis.

No estudo conduzido por Silva et al. (2021), a castanha de caju foi submetida à secagem em forno convencional a 180 °C por 15 minutos, e, em seguida, transformada em farinha. Embora a secagem em forno convencional seja um método prático e acessível, pode ocasionar maior degradação térmica de compostos bioativos em relação à secagem em estufa a vácuo, equipamento utilizado no presente estudo, que operou a uma temperatura significativamente inferior (65°C). Dessa forma, o emprego da estufa a vácuo utilizado neste estudo mostra-se tecnicamente vantajoso, por reduzir a temperatura e tempo de processo e preservar melhor as propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais do produto final (Hasan et al., 2019).

3.1.2 Propriedades físico-químicas, colorimétricas e antioxidantes

Os resultados da caracterização físico-química, parâmetros colorimétricos, conteúdo fenólico e da capacidade antioxidante da FRCC são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química, parâmetros colorimétricos, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante da farinha de resíduos oriundos do processamento do extrato hidrossolúvel de castanha de caju.

Parâmetros	Média ± Desvio-padrão
pH	6,35 ± 0,00
Acidez titulável (%)	5,78 ± 0,01
Atividade de água	0,61 ± 0,01
Teor de água (%)	4,13 ± 0,13
Proteínas (%)	27,17 ± 1,12
Lipídeos (%)	38,66 ± 0,82
Cinzas (%)	2,46 ± 0,01
Carboidratos (%)	27,58 ± 1,66
L*	71,65 ± 1,56
a*	+12,40 ± 0,66
b*	+35,26 ± 0,21
C*	37,38 ± 0,11
h*(°)	70,62 ± 0,79
Compostos Fenólicos Totais (mg AGE/100g)	96,70 ± 1,70
Capacidade antioxidante (% inibição)	9,01 ± 0,28

A farinha apresentou pH médio de 6,35, sendo classificada como um alimento de baixa acidez. Nessa condição, os alimentos tornam-se mais suscetíveis à multiplicação de bactérias, tanto de espécies patogênicas quanto deteriorantes (Franco et al., 2023). Por outro lado, os valores reduzidos de atividade de água (0,61) e de umidade (4,13%) contribuem para sua conservação, uma vez que a baixa disponibilidade de água inibe o crescimento de microrganismos (Ntuli et al., 2013). Essas condições favorecem a estabilidade do produto durante o armazenamento e possibilitam sua comercialização em temperatura ambiente, embora se trate de um produto suscetível a alterações decorrentes da oxidação lipídica (Pinto et al., 2015). Dessa forma, os resultados obtidos indicam que o processo de secagem dos resíduos foi eficaz para a obtenção de uma farinha com características desejáveis.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram aos achados de Gadani et al. (2017) e de Lima et al. (2023), que observaram baixos teores de água em farinha de castanha de caju (3,1%) e em farinha de resíduos de castanha de caju (3,07%), respectivamente. De forma semelhante, Vieira et al. (2020), ao realizarem a caracterização de farinha de resíduos de caju e de uma farinha mista contendo resíduos de caju e abacaxi, encontraram valores de atividade de água de 0,53 e 0,57, respectivamente, inferiores ao valor médio verificado neste estudo.

O valor médio de acidez titulável da farinha foi de 5,78%, considerado relativamente elevado quando comparado ao limite máximo estabelecido pela Instrução Normativa nº 8 do MAPA para farinhas de trigo e produtos à base de farinha de trigo destinados à alimentação humana, cujo valor máximo permitido é de 100 mg de KOH/100 g do produto, equivalente a 0,10% (BRASIL, 2005). Esse resultado pode estar relacionado à presença de ácidos graxos livres, formados a partir da hidrólise dos lipídeos durante o processo de secagem dos resíduos. Tal parâmetro merece atenção, uma vez que pode influenciar na estabilidade oxidativa da farinha ao longo do armazenamento (Gadani et al., 2017).

A farinha apresentou elevado teor médio de lipídeos (38,66%). Esse resultado era esperado, considerando que a castanha de caju é uma oleaginosa. Durante o processo de obtenção do extrato hidrossolúvel, os lipídeos, por serem compostos apolares, tendem a permanecer nos resíduos, contribuindo para o aumento do teor lipídico da farinha. Em estudo conduzido por Gadani et al. (2017), foram observados teores médios de lipídeos de 56,0%, valor superior ao encontrado no presente trabalho, possivelmente em função dos autores terem caracterizado a farinha integral de castanha de caju.

O teor de proteínas encontrado (27,17%) demonstra que a FRCC apresenta elevado conteúdo proteico. Essa constatação torna-se ainda mais evidente quando comparada aos valores reportados por Lesmana et al. (2022), que avaliaram diferentes farinhas obtidas de resíduos agroindustriais à base de cascas, cujos teores variaram de 0,09% para casca de pera-de-cacto a 19,19% para papaya, ambos inferiores ao valor determinado para a FRCC.

O teor total de carboidratos da FRCC correspondente 27,58% da composição centesimal, atribuído principalmente à presença dos açúcares inositol, glicose, frutose, sacarose, rafinose e estaquiose (Griffin et al., 2017), e de fibras alimentares (Borges et al., 2021). Wilfred et al. (2023) encontraram valores um pouco inferior para o teor de carboidratos (24,35%) em farinha de castanha de caju.

A concentração média de cinzas foi de 2,46%, refletindo a presença de minerais naturalmente encontrados na castanha de caju, como magnésio, fósforo e potássio (Imeneo et al., 2025). Em estudo que avaliou as propriedades físico-químicas da farinha de castanha de caju utilizada na formulação de biscoitos, Šoronja-Simović et al. (2016) compararam seu teor de cinzas com o da farinha de trigo, obtendo valores de 1,8% e 0,5%, respectivamente.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a FRCC apresenta teores superiores de proteínas e lipídeos quando comparada à farinha de trigo, cujos valores correspondem a 9,8% e 1,4%, respectivamente (TACO, 2011), amplamente empregada em formulações de produtos alimentícios em escala global. Esses achados evidenciam o elevado valor nutricional e o significativo potencial tecnológico da FRCC para aplicação na indústria de alimentos, possibilitando sua utilização como ingrediente funcional e como fonte alternativa de proteínas e lipídeos. Ademais, sua incorporação mostra-se promissora em formulações de produtos tradicionais, veganos e sustentáveis, com especial destaque para aplicações nos segmentos de panificação e confeitoria, como a elaboração de brownies (Sabino et al., 2017).

Ainda na Tabela 1 são apresentados os resultados dos parâmetros colorimétricos da FRCC. O valor médio de luminosidade (L^*) foi de 71,65, indicando uma coloração clara do produto. Os valores médios de a^* e b^* foram +12,40 e +35,26, respectivamente, evidenciando a predominância dos tons vermelho e amarelo da farinha. O valor de croma ($C^* = 37,38$) indica uma cor mais vibrante, por representar maior saturação, enquanto o ângulo hue ($h^* = 70,62^\circ$) confirma a predominância da tonalidade amarela da farinha. Esses resultados sugerem que as condições de processamento adotadas durante a secagem dos resíduos contribuíram para minimizar a oxidação lipídica da farinha, uma vez que essa

reação está diretamente associada ao escurecimento do produto. Tal comportamento torna-se evidente quando comparado aos dados reportados por Paciulli et al. (2018), que produziram farinha de castanha de caju utilizando secagem em forno convencional a 40 °C por 40 dias, obtendo valores de L* entre 57,5 e 59,7, a* entre 8,0 e 8,1 e b* entre 16,6 e 18,1. Esses resultados indicam que a farinha produzida pelos autores supracitados apresentou coloração mais escura e menor intensidade cromática em comparação à FRCC desenvolvida no presente estudo. Esse comportamento pode ser atribuído ao tempo de prolongado de secagem empregado, que possivelmente favoreceu a ocorrência de oxidação lipídica e da reação de Maillard, resultando na formação de compostos com coloração marrom que reduzem a luminosidade e promovem o escurecimento do produto (Guiné et al., 2015).

No tocante ao nível de Compostos Fenólicos Totais (CFT) da FRCC (Tabela 1), foi observado valor médio de 96,70 mg AGE/100 g. Esse resultado indica a presença relevante de fitoquímicos com potencial antioxidante, como flavonoides (catequina e epicatequina), proantocianidinas, lignanas fenólicas e fenóis derivados de cadeia longa (Bodoira et al., 2020).

Comparando-se os resultados obtidos neste estudo com os de Bisinotto et al. (2021), observa-se que, ao avaliar o teor fenólico em extratos da farinha de castanha de caju desengordurada utilizando o solvente hidroetanólico (30:70), os autores supracitados encontraram 144 mg AGE/100 g de amostra, valor superior ao determinado na farinha analisada neste trabalho. Essa diferença pode estar relacionada a fatores que influenciam diretamente a eficiência da extração, como tempo, temperatura, proporção sólido/líquido e características da matéria-prima, por se tratar de uma farinha integral de castanha, que antes de ser moída passou pelo processo de eliminação do excesso de gordura. Além disso, o estudo empregou ácido tricloroacético nos solventes extratores para minimizar interferências de proteínas solúveis e peptídeos de alto peso molecular, o que possivelmente contribuiu para uma quantificação mais precisa dos compostos fenólicos livres.

Em relação à capacidade antioxidante, a farinha analisada apresentou 9,01% de inibição, valor superior ao reportado por Bisinotto et al. (2021), que observaram 6,76%. Esse resultado evidencia a capacidade dos compostos antioxidantes em sequestrar radicais livres, reforçando a contribuição dos metabólitos fenólicos para o potencial antioxidante de alimentos de origem vegetal (Munteanu et al., 2021). No entanto, outros constituintes presentes no resíduo da castanha de caju, como a vitamina E e os ácidos graxos

insaturados, também podem ter contribuído para a atividade antioxidante observada, uma vez que esses compostos apresentam reconhecido potencial antioxidante e podem atuar de forma complementar aos fenólicos (Olas, 2024). Ademais, Estudos associam o consumo de castanhas, como de caju, e seus subprodutos, à redução de diversas doenças crônicas, possivelmente devido à diminuição do dano oxidativo (Silva et al. 2017; Rocchetti et al., 2019).

3.1.3 Propriedades funcionais

Para garantir o uso adequado de farinhas obtidas a partir de resíduos agroindustriais, é fundamental avaliar suas características, especialmente as propriedades funcionais. Essa análise permite avaliar o potencial de aplicação da farinha, identificando suas funcionalidades, benefícios e limitações decorrentes dos métodos empregados em sua obtenção (Teixeira et al., 2018).

Observa-se, na Tabela 2, a existência de diferença significativa ($p < 0,05$) entre a FRCC e a FTR em relação às cinco propriedades funcionais avaliadas.

Tabela 2. Propriedades funcionais das farinhas de resíduos oriundos do processamento do extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC) e de trigo (FTR).

Propriedades funcionais	Amostras	
	FRCC	FTR
Capacidade de Absorção de Água (%)*	156,62 ± 1,08	91,17 ± 3,16
Capacidade de Absorção de Óleo (%)*	126,52 ± 3,07	79,95 ± 2,05
Índice de Solubilidade em Água (%)*	89,64 ± 4,52	77,63 ± 2,10
Razão Hidrofílica-Lipofílica*	1,24 ± 0,03	1,14 ± 0,05
Densidade (g/mL)*	0,51 ± 0,02	0,59 ± 0,01

Média ± desvio padrão;* Existe diferença estatística significativa entre as amostras pela Análise de Variância ($p < 0,05$).

A Capacidade de Absorção de Água (CAA) da FRCC foi superior (156,62%) à da FTR (91,17%). Esse resultado indica que a FRCC absorve mais água do que a FTR, o que pode estar relacionado ao seu alto teor de fibras e proteínas. Farinhas com alta CAA, como a FRCC, são indicadas para aplicação em produtos assados (Dereje et al., 2020). A dissociação proteica promovida pelo calor expõe um maior número de resíduos polares das cadeias polipeptídicas, permitindo que mais moléculas de água interajam com estes grupos funcionais (Loveday, 2019).

Quanto à Capacidade de Absorção de Óleo (CAO), a FRCC também apresentou valor superior (126,52%) em comparação à FTR (79,95%). Isso evidencia que a FRCC possui maior capacidade de retenção de óleo, o que pode contribuir para a melhoria da textura e do sabor dos produtos nos quais é utilizada como ingrediente, uma vez que os lipídeos exercem influência positiva sobre as características sensoriais dos alimentos (Sreerama et al., 2012).

O Índice de Solubilidade em Água (ISA) foi mais elevado na FRCC (89,64%) em comparação à FTR (77,63%), indicando maior presença de açúcares solúveis (Chuquipaulino et al., 2025). Quanto maior o ISA, melhor tende a ser a aplicação da farinha em produtos de panificação e confeitoria (Dereje et al., 2020).

A Razão Hidrofílica-Lipofílica (RHL), que expressa o equilíbrio entre a capacidade de absorção de água e óleo, foi de 1,24 para a FRCC e 1,14 para a FTR. Por outro lado, a densidade da FRCC foi menor (0,51 g/mL) em comparação à FTR (0,59 g/mL). A menor densidade sugere que a farinha é mais leve e porosa, característica observada na FRCC.

Badje et al. (2018) determinaram propriedades funcionais de farinhas mistas de trigo com amendoim de caju desengordurado, apresentando valores de CAA entre 112,22% e 125,20% e de CAO entre 94,67% e 109,65%. A FRCC avaliada no presente estudo obteve valor mais elevado para essas propriedades. Ainda, no estudo mencionado, foram encontrados os valores de densidade de 0,72 g/mL e do RHL, que variou de 1,16 a 1,18.

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam que a farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju apresenta desempenho funcional satisfatório, constituindo uma alternativa promissora à farinha de trigo para uso nas formulações de produtos assados e de confeitoria, bem como naquelas que exigem ingredientes com maior teor lipídico, a exemplo de brownies.

3.1.4 Caracterização das microestruturas

As micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), apresentadas na Figura 3, evidenciam diferenças estruturais marcantes entre a FRCC e a FTR. As imagens da FTR (Figura 3A e 3B) revelam a presença de grânulos de diferentes tamanhos, predominantemente esféricos, com superfície lisa e bem definida, características típicas de materiais com elevado teor de amido. Esses padrões morfológicos também foram descritos por Zafar et al. (2020) e Teobaldi et al. (2024).

Em contraste, as micrografias da FRCC (Figura 3C e 3D) mostram partículas de formato irregular, com contornos indefinidos e superfície porosa, sem evidência clara de grânulos de amido. Morfologia semelhante foi observada por Santos (2012) em micrografias de castanha-do-Pará, nas quais foram identificadas estruturas esponjosas, irregulares e com cavidades e lacunas de diferentes dimensões.

Šaula et al. (2025) ao compararem farinhas de ervilha com diferentes proporções de amido e proteínas, relataram que a visualização de grânulos de amido por MEV é menos evidente em farinhas com maior teor proteico, corroborando os resultados observados no presente estudo.

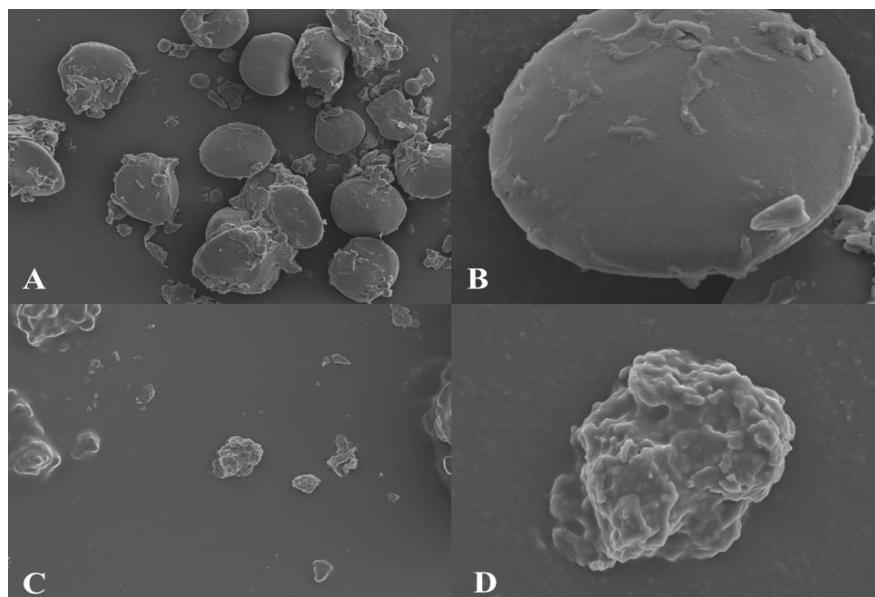


Figura 3. Micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das farinhas de trigo (A, 10 µm 500x; B, 1 µm 5000x) e de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (C, 10 µm 500x; D, 1 µm 5000x).

Nesse contexto, as micrografias obtidas indicam que a FRCC apresenta teor de amido significativamente inferior e maior conteúdo de fibras, proteínas e lipídeos em comparação à farinha de trigo. A morfologia mais rugosa e fragmentada dessa farinha sugere maior heterogeneidade estrutural e potencial capacidade de retenção de água, conforme discutido no *item 3.1.3*, evidenciando um diferencial em sua funcionalidade.

O amido é um carboidrato importante, pois contribui para a formação da estrutura, o aumento de volume e a textura de produtos panificados (Barbosa et al., 2013). Embora essas características sejam desejáveis nesses produtos, elas não são vantajosas em brownies, nos quais se espera uma textura mais densa, úmida e estrutura compacta. Nesse contexto, os resultados obtidos evidenciam a adequada funcionalidade tecnológica da

FRCC, favorecendo atributos tecnológicos, funcionais e sensoriais compatíveis com esse tipo de produto.

3.2 Brownies

3.2.1 Composição centesimal, atividade de água e características tecnológicas

No tocante à composição centesimal, apenas a variável teor de água não teve influência significativa ($p>0,05$) ao substituir parcialmente ou totalmente a farinha de trigo pela farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC) nas formulações de brownies, apresentando valor médio de 14,33%. Diferente do observado neste estudo, Selvakumaran et al. (2019) verificaram aumento significativo ($p<0,05$) no teor de água das formulações de brownies ao avaliarem a substituição de 0%, 25%, 50% e 75% da farinha de trigo por purê de batata-doce laranja, com valores médios de 14,42% a 30,09%. Essa diferença possivelmente se deve ao elevado teor de água do purê de batata-doce utilizado (74,64%), valor substancialmente superior ao teor de água da FRCC (4,13%), conforme apresentado na Tabela 1.

A Figura 4 apresenta a relação dos teores de proteínas, lipídeos, carboidratos e cinzas em função das cinco formulações de brownies avaliadas. Para todas as variáveis respostas, foram ajustados modelos lineares com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 97%, evidenciando bom ajuste aos dados experimentais.

Observa-se aumento linear dos teores de proteínas, lipídeos e cinzas à medida que se aumenta a proporção de substituição da FTR pela FRCC, com valores variando de 7,17% a 10,63%, 17,66% a 34,89% e 0,79% a 1,11%, respectivamente. Em contrapartida, verifica-se redução linear no teor de carboidratos, cujas médias variaram de 60,14% a 39,50%, entre as formulações de brownies com diferentes proporções de FTR e FRCC.

O comportamento das variáveis avaliadas pode ser atribuído, possivelmente, à maior concentração de proteínas (27,12%), lipídeos (38,66%) e cinzas (2,46%), bem como ao menor teor de carboidratos (27,58%) da FRCC, em comparação à farinha de trigo (proteínas: 11,7%; lipídeos: 1,4% e cinzas: 0,8%) (Martínez et al., 2025), que é uma matéria-prima essencialmente amilácea (Silva et al. 2021). Esses resultados evidenciam que a incorporação da FRCC contribuiu para o aumento do valor nutricional das formulações de brownies.

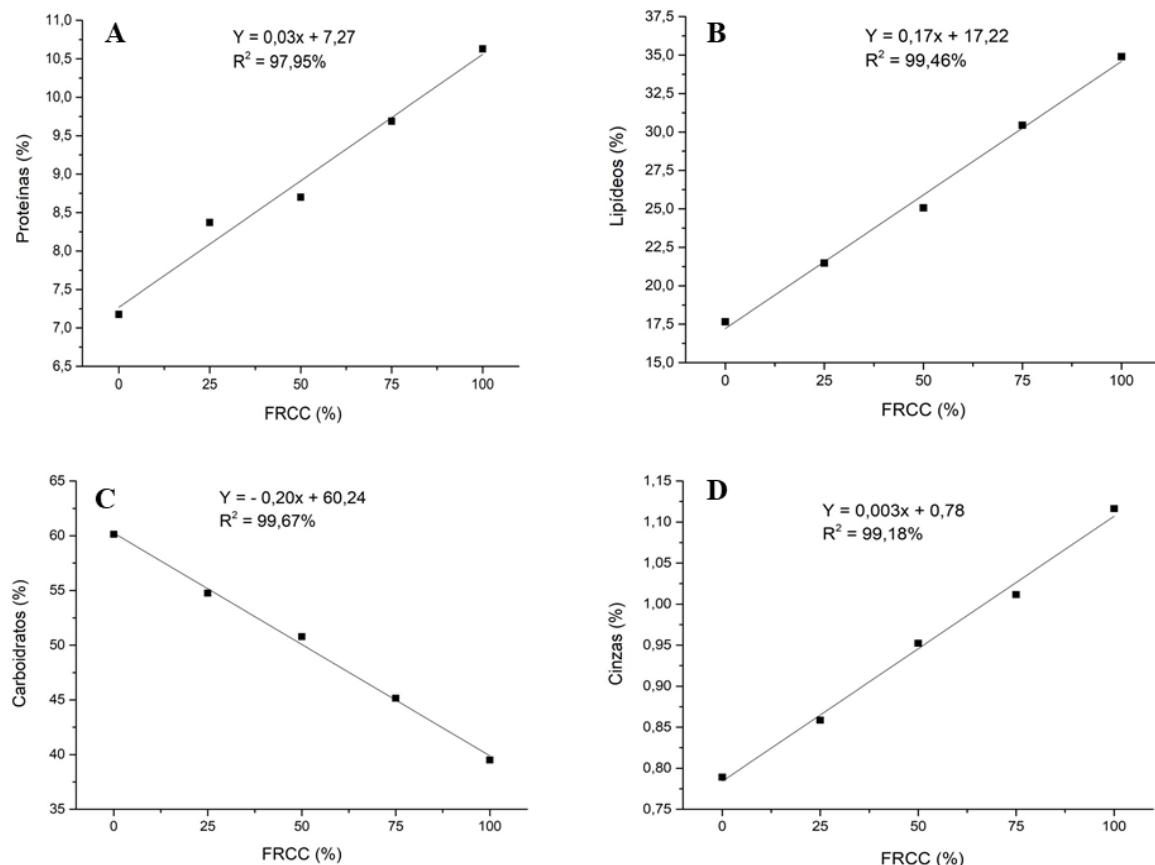


Figura 4. Gráficos dos teores de proteínas (A), de lipídeos (B), de carboidratos (C) e de cinzas (D) das amostras de brownies em função da substituição parcial ou total da farinha de trigo pela farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC), com os seus respectivos modelos ajustados e coeficientes de determinação (R^2).

Comportamento semelhante foi observado no estudo de Petka et al. (2025), no qual foram comparadas formulações de brownie tradicional e versões enriquecidas com vegetais, como abóbora, beterraba, espinafre, lentilha vermelha, abobrinha, batata-doce e feijão-vermelho, que foram incorporados em forma de purê. Em relação ao teor proteico, o brownie tradicional apresentou 7,48%, enquanto as formulações enriquecidas variaram de 7,67% (brownie de abóbora) a 8,39% (brownie de lentilha). Quanto ao teor de cinzas, o brownie tradicional apresentou 0,92%, ao passo que as demais formulações apresentaram valores médios entre 0,94% (brownie de lentilha) e 1,25% (brownie de batata-doce). No mesmo estudo, os maiores teores de lipídeos e carboidratos foram observados na formulação de brownie tradicional (29,85% e 36,88%, respectivamente), quando comparados às formulações enriquecidas, cujos teores de lipídeos variaram de 8,83% (brownie de espinafre) a 13,30% (brownie de batata-doce), e de carboidratos, de 30,50% (brownie de beterraba) a 36,30% (brownie de feijão-vermelho e de batata-doce).

A atividade de água é um parâmetro associado à umidade dos alimentos, cuja mensuração permite prever a estabilidade e segurança dos brownies. No presente trabalho, não houve diferença significativa ($p>0,05$) na atividade de água entre as formulações de brownies testadas, cujo valor médio foi de 0,70. Os brownies veganos produzidos com farinha de trigo e diferentes concentrações de extratos liofilizados de farinha desengordurada de chia, elaborados por Moreira et al. (2023), apresentaram valores médios de atividade de água superiores aos encontrados neste estudo, variando de 0,72 a 0,78. Esse efeito pode estar relacionado ao tipo de ingrediente empregado, como o extrato liofilizado de chia e a mucilagem, bem como às proporções utilizadas nas formulações, especialmente à menor quantidade de açúcar, quando comparadas às formulações de brownies deste estudo.

Por fim, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as amostras de brownies quanto aos parâmetros tecnológicos avaliados, especificamente simetria e uniformidade, indicando que o tipo e a proporção das farinhas utilizadas nas formulações não interferiram no comportamento da massa durante o processo de assamento em forno, bem como na estrutura dos brownies. Os valores negativos médios observados para a simetria ($-0,30$ cm) e uniformidade ($-0,20$ cm) revelam a presença de uma leve depressão central e pequenas irregularidades na superfície, atributos típicos de brownies, que usualmente apresentam formato mais plano e massa densa. Dessa forma, valores de simetria iguais a zero são considerados mais desejáveis para esse tipo de produto (Felisberto et al., 2015). Resultados semelhantes foram relatados por Moreira et al. (2023), que também observaram valores negativos para os índices de simetria (0 cm a $-1,75$ cm) e uniformidade (0 a $-0,75$ cm) em brownies veganos enriquecidos com extratos liofilizados de farinha desengordurada de chia.

3.2.2 Parâmetros colorimétricos

Os resultados demonstram que a incorporação da farinha de resíduos oriundos do processamento do extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC) exerceu influência significativa ($p<0,05$) sobre os parâmetros colorimétricos L^* , C^* e h^* , tanto da superfície quanto do miolo dos brownies. O comportamento das variáveis, os modelos matemáticos obtidos e os coeficientes de determinação (R^2), são apresentados na Figura 5.

Na Figura 5A, referente ao parâmetro L^* da superfície dos brownies, observa-se que os valores variaram entre 31,3 e 40,3. Esse parâmetro se ajustou a um modelo

quadrático, caracterizado pelo aumento da luminosidade com a adição de até 25% de FRCC nas formulações, seguido da redução gradual em maiores níveis de substituição das farinhas. Esse padrão indica que a incorporação moderada de FRCC favoreceu uma coloração superficial mais clara, enquanto proporções mais elevadas intensificaram reações responsáveis pelo escurecimento do produto, como a reação de Maillard e a oxidação lipídica, resultando em menor luminosidade (Esmaeili et al., 2025). Resultados semelhantes foram reportados por Borges et al. (2024), que, ao avaliarem a luminosidade superficial de brownies formulados com 50% e 75% de substituição da farinha de trigo por farinha de baru parcialmente desengordurada, também observaram redução nos valores de L^* (12,2 e 19,5%, respectivamente).

Comportamento semelhante foi observado para a luminosidade do miolo (Figura 5D), com aumento da claridade na formulação contendo 25% da FRCC, seguido da redução nas amostras produzidas com 50%, 75% e 100% da FRCC, em relação à amostra controle (sem FRCC). Para esse parâmetro, ajustou-se um modelo polinomial de terceira ordem. Nota-se, que todas as formulações contendo FRCC apresentaram o miolo mais claro ($L^* = 24,58$ a $26,43$) em comparação à formulação controle ($L^* = 23,19$), possivelmente em função do maior teor de carboidratos nesta última, o que pode ter favorecido reações de caramelização.

Se tratando do parâmetro C^* da superfície e do miolo dos brownies, as médias oscilaram de 19,62 a 21,75 (Figura 5B) e de 5,17 a 6,71 (Figura 5E), respectivamente. Já os valores do parâmetro h^* variaram entre $49,71^\circ$ e $51,60^\circ$ para a superfície (Figura 5C) e entre $35,29$ e $41,37$ para o miolo (Figura 5F), definindo as amostras com tonalidade mais semelhante ao laranja.

Observou-se que o aumento da proporção de FRCC nas formulações promoveu redução linear dos valores de C^* e h^* , tanto na superfície quanto no miolo dos brownies, indicando alterações na saturação e na tonalidade da cor dos produtos. Esse comportamento pode ser atribuído, principalmente, ao alto teor de fibras presente na FRCC (López-Vargas et al., 2013), associado à intensificação de reações de escurecimento não enzimáticas, como a reação de Maillard e a caramelização. Adicionalmente, a FRCC por ser mais porosa, pode ter contribuído para a redução da refletância da luz, resultando em menor intensidade de cor. Resultados semelhantes foram reportados por Andrade et al. (2020) em brownies elaborados com farinha de albedo de maracujá, nos quais a diminuição dos valores de C^* e h^* foi relacionada à presença de fibras, capazes de influenciar atributos

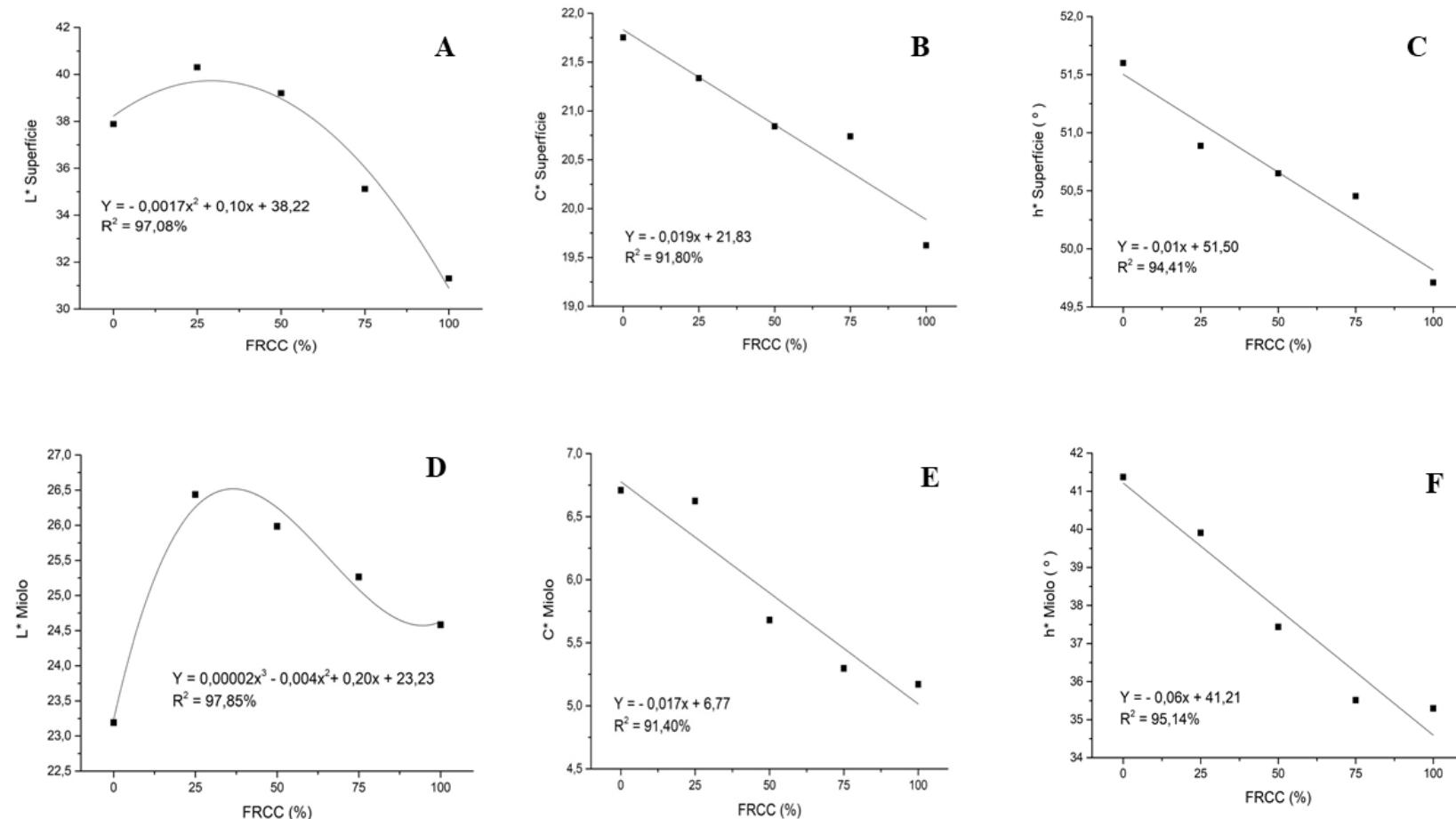


Figura 5. Gráficos dos parâmetros colorimétricos L*, C* e h* das superfícies e dos miolos das amostras de brownies em função da substituição parcial ou total da farinha de trigo pela farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC), com os seus respectivos modelos ajustados e coeficientes de determinação (R^2).

sensoriais, especialmente a cor do produto final, sobretudo quando há substituição de farinha refinada, como observado no presente estudo.

A diferença global de cor (ΔE) é um parâmetro que permite determinar o quanto a impressão de cor total de uma amostra é diferente do padrão e se essa variação pode ser perceptível sensorialmente (Ramos et al., 2009). Neste estudo, a formulação F1, elaborada com 100% de farinha de trigo, foi adotada como padrão para o cálculo dos valores de ΔE . Na superfície dos brownies, as formulações F2, F3, F4 e F5, contendo 25%, 50%, 75% e 100% de FRCC, respectivamente, apresentaram valores de ΔE de 3,16; 2,93; 2,95 e 7,25. Para o miolo, observaram-se valores de 3,26; 3,10; 2,63 e 6,15, respectivamente.

De acordo com a classificação proposta por Ramos et al. (2009), quanto à superfície, a amostra F2 apresentou percepção muito clara, as amostras F3 e F4 apresentaram percepção clara e a amostra F5 percepção bastante clara, em comparação à formulação controle. Em relação ao miolo, as amostras F2 e F3 apresentaram percepção muito clara, a amostra F4 apresentou percepção clara e a amostra F5 percepção bastante clara. Os dados apresentados mostram que todas as amostras, com destaque para a formulação composta exclusivamente por FRCC, apresentaram variações de cor perceptíveis quando comparadas à amostra controle, mesmo com a adição de cacau em pó na formulação.

3.2.3 Perfil de textura

Entre os sete parâmetros de textura analisados nas amostras de brownies, somente a resiliência não foi influenciada de forma significativa ($p > 0,05$) pela substituição parcial ou total FTR pela FRCC nas formulações avaliadas, apresentando valor médio de 0,022. As demais variáveis exibiram comportamento não linear em função do aumento da proporção (%) de FRCC, sendo adequadamente ajustadas por modelos polinomiais de segunda ou terceira ordem, com coeficientes de determinação (R^2) variando entre 69,22% e 97,42% (Figura 6).

Para a adesividade (Figura 6A), observou-se redução dos valores em baixas e intermediárias concentrações de FRCC, seguida do aumento em níveis mais elevados e, posteriormente, nova redução quando a substituição foi total (100% de FRCC). Esse comportamento indica que a concentração de FRCC influencia principalmente as interações superficiais do produto, possivelmente associadas à redistribuição da água na matriz e à maior exposição de componentes hidrofílicos, não reproduzindo diretamente o padrão observado para parâmetros relacionados à rigidez estrutural (Wang et al., 2021). A

presença de glúten na farinha de trigo favorece a formação de uma rede proteica contínua e viscoelástica, o que contribui para maior adesividade (Moraes et al., 2023), como verificado na formulação controle (100% farinha de trigo), que apresentou o maior valor desse parâmetro (-3,6).

Em relação à coesividade (Figura 6B) e à gomosidade (Figura 6E), verificou-se redução inicial com o aumento da proporção de FRCC, seguida da elevação em concentrações superiores a 75%. A diminuição da coesividade em níveis intermediários sugere uma estrutura interna menos resistente à deformação, enquanto o aumento observado em altas concentrações indica reorganização e fortalecimento da matriz estrutural (Khule et al., 2024). A gomosidade, por sua vez, reflete a resistência do produto à deformação contínua e resulta da combinação entre dureza e coesividade (Khule et al., 2024). Assim, os menores valores observados em concentrações intermediárias de FRCC podem estar associados à formação de uma estrutura menos compacta e mais facilmente desintegrável, ao passo que o aumento da gomosidade em altas concentrações indica maior integração da matriz, conferindo maior resistência à compressão prolongada (Wee et al., 2018).

A elasticidade (Figura 6D) apresentou comportamento inverso ao observado para a coesividade e a gomosidade. Esse resultado sugere que a incorporação de FRCC contribuiu para a melhoria da capacidade de recuperação do produto após a deformação, favorecendo uma textura mais elástica (Mabrouki et al., 2024). Contudo, a redução da elasticidade em concentrações superiores a 50% de FRCC indica a formação de uma matriz mais rígida e menos capaz de recuperar sua forma original.

A dureza (Figura 6C) apresentou redução progressiva com o aumento inicial da FRCC, atingindo valores mínimos em concentrações intermediárias (25 a 50%), o que indica amaciamento da matriz do produto, característica desejável em brownies, que devem apresentar superfície crocante e interior úmido (Moreira et al., 2023). Esse efeito pode ser atribuído à interferência da FRCC na rede estrutural do produto, promovendo descontinuidade da matriz formada por amido e proteínas e comprometendo as interações responsáveis pela rigidez (Renzetti et al., 2022). Entretanto, em concentrações mais elevadas, observou-se aumento da dureza, comportamento consistente com estudos que relataram maior firmeza em sistemas alimentícios com elevados teores de fibra, associada à redução do volume e da retenção de ar na massa (Sempio et al., 2025).

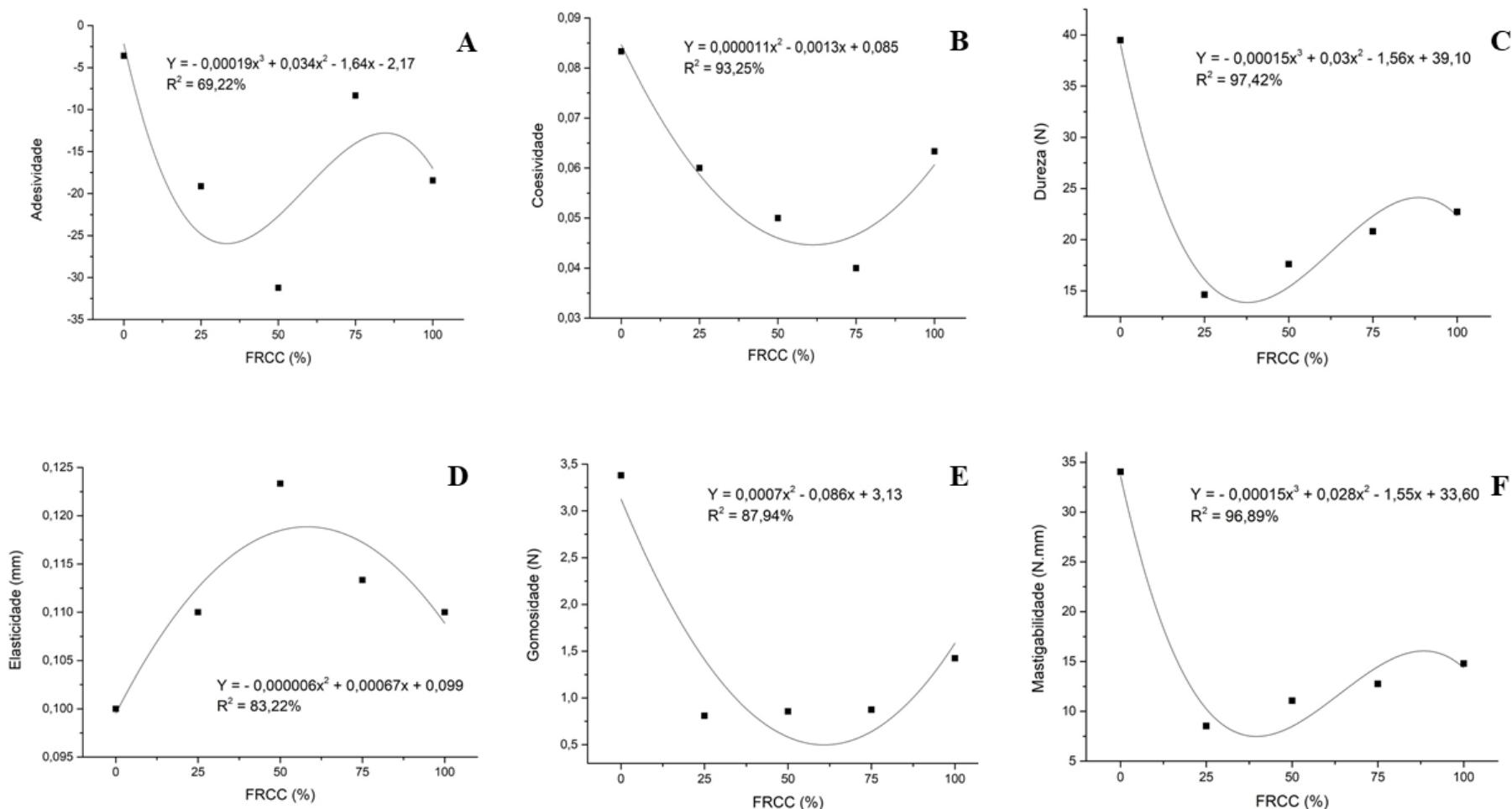


Figura 6. Gráficos dos parâmetros de textura das amostras de brownies em função da substituição parcial ou total da farinha de trigo pela farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC), com os seus respectivos modelos ajustados e coeficientes de determinação (R²).

A mastigabilidade (Figura 6F) apresentou tendência semelhante à observada para a dureza. Esse resultado sugere que formulações com teores moderados de FRCC demandam menor energia durante a mastigação, característica desejável do ponto de vista sensorial (Almeida et al., 2024). Por outro lado, o aumento da mastigabilidade em altas concentrações de FRCC reforça a hipótese de formação de uma estrutura mais densa e resistente, exigindo maior esforço mastigatório, conforme relatado por Wyrwisz et al. (2024), que associam elevados teores de fibra à maior densidade estrutural dos produtos.

Por fim, destaca-se que, embora tenha sido observado aumento progressivo nos valores de dureza e mastigabilidade com a utilização de maiores proporções de FRCC, todas as formulações apresentaram valores inferiores aos da amostra controle (elaborada exclusivamente com farinha de trigo). Esse resultado evidencia que o elevado teor de lipídeos dos brownies contribuiu para maior maciez dos produtos e para a redução da energia necessária durante a mastigação até o momento da deglutição.

3.2.4 Aceitabilidade sensorial e intenção de compra

A aceitabilidade sensorial é um parâmetro de qualidade fundamental no desenvolvimento de novos produtos. Por meio dessa avaliação, torna-se possível compreender e atender às expectativas dos consumidores, razão pela qual ela é realizada na etapa final do processo de desenvolvimento do produto (Badje et al., 2018).

Neste estudo, as amostras de brownies testadas apresentaram boa aceitabilidade sensorial em relação a todos os atributos avaliados (aparência, aroma, sabor e textura), além da impressão global. Os consumidores atribuíram médias hedônicas entre 7 (“gostei moderadamente”) e 8 (“gostei muito”), conforme a escala hedônica de 9 pontos utilizada (Tabela 3). Esses resultados possivelmente se devem ao fato do brownie ser um produto de confeitoraria amplamente apreciado, cujas características sensoriais conferem palatabilidade e, consequentemente, boa aceitação para a maioria das pessoas.

Tabela 3. Valores médios para aceitabilidade sensorial e intenção de compra das formulações de brownies.

Formulações	Aparência	Aroma	Textura	Sabor	Impressão global	Intenção de compra
F1	7,59 ^a	7,27 ^a	7,04 ^a	7,22 ^{ab}	7,24 ^{ab}	3,86 ^a
F2	7,41 ^a	7,16 ^a	7,90 ^b	7,88 ^b	7,80 ^b	4,35 ^b
F3	7,51 ^a	7,18 ^a	7,06 ^a	7,27 ^{ab}	7,18 ^{ab}	3,88 ^{ab}
F4	7,51 ^a	7,12 ^a	7,10 ^a	7,00 ^a	7,12 ^a	3,78 ^a
F5	7,31 ^a	7,18 ^a	7,49 ^{ab}	7,66 ^{ab}	7,51 ^{ab}	4,00 ^{ab}

F1, F2, F3, F4 e F5 correspondem às formulações de brownies produzidas a partir da substituição de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da farinha de trigo pela farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju (FRCC), respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Apenas as médias hedônicas dos atributos aparência e aroma não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$) entre as amostras, apresentando médias hedônicas gerais de 7,47 e 7,18, respectivamente. Isto pode estar relacionado ao uso do cacau em pó 50% na mesma proporção em todas as formulações, o que conferiu cor uniforme e aroma característico de chocolate aos brownies, reduzindo ou mascarando possíveis variações decorrentes da utilização da FRCC.

No tocante a aceitabilidade da textura dos brownies, a formulação F2 obteve a maior média hedônica (7,90), diferindo das formulações F1, F3 e F4 (todas com médias hedônicas próximas de 7,0), e sendo estatisticamente semelhante ($p>0,05$) apenas a F5. Esse resultado indica que a substituição de 25% da FRCC favoreceu características de textura, possivelmente por proporcionar equilíbrio entre maciez e umidade. Entretanto, a formulação F5, elaborada com 100% de FRCC, também apresentou elevada aceitabilidade em relação à textura, possivelmente em função do maior teor de lipídios, que pode ter contribuído para a obtenção de uma estrutura mais macia, evitando ressecamento ou esfarelamento do produto.

O atributo sabor e a impressão global apresentaram o mesmo comportamento. A formulação F2 se destacou novamente (7,88 e 7,80), sendo superior a F4 (7,00 e 7,12) e estatisticamente semelhante ($p>0,05$) às demais.

A substituição da farinha de trigo pela FRCC também teve efeito significativo ($p<0,05$) na intenção de compra dos brownies, sendo a principal diferença observada entre as formulações F2 (4,35) e F4 (3,78). Os valores médios variaram de 3 (“talvez compraria”) a 5 (“certamente compraria”), indicando que os consumidores demonstraram disposição favorável para adquirir os brownies desenvolvidos.

Ao comparar esses resultados com os obtidos por Tanko et al. (2023), que avaliaram pães elaborados com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de batata-doce e farinha de castanha de caju, observa-se que, diferentemente do presente estudo, os autores relataram maiores médias hedônicas para os atributos de sabor, textura e aceitação global em formulações com menores níveis de substituição, como aquela composta por 80% de farinha de trigo, 10% de farinha de batata-doce e 10% de farinha de castanha de caju. Em contrapartida, no presente trabalho, a formulação F5, com

substituição total da FTR pela FRCC, apresentou elevada aceitabilidade sensorial, comparável às amostras com substituição parcial, destacando-se nos atributos de textura, sabor e impressão global.

O estudo com consumidores de brownies demonstrou que a substituição da FTR pela FRCC é viável, visto que todas as formulações tenham apresentado níveis semelhantes de aceitabilidade sensorial. No entanto, a formulação com 100% de FRCC destaca-se pelo maior valor nutricional, configurando-se como o ponto ótimo para maximizar a aceitabilidade e a intenção de compra.

4. Conclusão

Os dados analisados evidenciam que a farinha produzida a partir de resíduos oriundos do processamento do extrato hidrossolúvel de castanha de caju apresenta elevado potencial tecnológico e funcional, além de relevante valor nutricional. A obtenção da farinha por meio de um processo simples mostrou-se tecnicamente viável, uma vez que possibilitou o aproveitamento de resíduos, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para a agregação de valor a produtos alimentícios.

A substituição parcial e total da farinha de trigo pela farinha de resíduos de extrato hidrossolúvel de castanha de caju promoveu alterações na composição centesimal, nas propriedades colorimétricas e no perfil de textura dos brownies, sem comprometer as características tecnológicas. No entanto, todas as formulações avaliadas apresentaram ótima aceitabilidade sensorial e intenção de compra satisfatória. Nesse contexto, os resultados mostram a possibilidade da substituição parcial ou total das farinhas nas formulações de brownies, resultando em um produto diferenciado, sensorialmente atrativo e com potencial de mercado. Ademais, a formulação elaborada exclusivamente com farinha de resíduos destaca-se como uma alternativa sustentável para a produção de brownies, além de se tratar de uma sobremesa isenta de glúten, configurando-se também como uma opção de consumo para indivíduos com doença celíaca ou sensibilidade ao glúten.

Referências Bibliográficas

AACC. **Approved methods of the AACC**. 10. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 2010.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 20. ed. Washington, DC: AOAC, 2016.

ALMEIDA, A. B. de; LIMA, T. M. de; SANTOS, D. C. dos; OLIVEIRA FILHO, J. G. de; LODETE, A. R.; LIMA, D. S.; PERES, D. S.; OLIVEIRA, D. S., & EGEA, M. B. (2024). Sensory and instrumental texture profile: a study of wafer-type biscuits from different commercial brands. **Food Science and Technology**, 44. DOI: 10.5327/fst.00230.

ANDRADE, M.; OLIVEIRA, K.; DANTAS, A.; CHANTELLE, L.; VASCONCELOS, M.; BRITO, I. Development and characterization of cocoa brownie added of passion fruit albedo flour (*Passiflora edulis* Sims). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e45985245, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5245.

BADJE, D. S.; SORO, D.; YEO, M. A.; KOFFI, E. K. Physico-chemical, functional and sensory properties of composite bread prepared from wheat and defatted cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernel flour. **International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)**, v. 4, n. 4, p. 1–8, abr. 2018.

BARBOSA, B. E. M.; BRONDANI, F. M. M.; FARIA, G. J. Physico-chemical characterization of bread enriched with cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) flour. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 4, n. 2, p. 49–64, jul./dez. 2013.

BISINOTTO, M. S.; SILVA, D. C. da; FINO, L. de C.; SIMABUCO, F. M.; BEZERRA, R. M. N.; ANTUNES, A. E. C.; PACHECO, M. T. B. Bioaccessibility of cashew nut kernel flour compounds released after simulated *in vitro* human gastrointestinal digestion. **Food Research International**, v. 139, art. 109906, 2021. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109906.

BODOIRA, R.; MAESTRI, D. Phenolic compounds from nuts: Extraction, chemical profiles, and bioactivity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 4, p. 927–942, 2020. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b07160

BORGES, M. O.; FERNANDES, D. C.; SANTOS, G. F. dos; NAVES, M. M. V. Baru (*Dipteryx alata* Vog.) agro-industrial by-products as a nutritive and healthy ingredient in brownie formulation. **Ciência Rural**, v. 54, n. 11, 2024.

BORGES, M. V.; SOUSA, E. B. de; SILVEIRA, M. F. A.; SOUZA, A. R. M. de; ALVES, V. M.; NUNES, L. B. M.; BARROS, S. K. A. Physico-chemical and technological properties of açaí residue flour and its use. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e17810514517, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.14517.

BRAINER, M. S. C. P.; VIDAL, M. F. Cajucultura. **Caderno Setorial ETENE**, ano 5, n. 114, maio 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 jun. 2005.

CHEN, Y. Y.; LI, N.; GUO, X.; HUANG, H. J.; GARCÍA OLIVEIRA, P.; SUN, J.; ZHANG, J.; PRIETO, M.; GUO, Z. Q.; LIU, C. The nutritional and bio-active constituents, functional activities, and industrial applications of cashew (*Anacardium occidentale*): a review. **Food Frontiers**, v. 4, 2023. DOI: 10.1002/fft2.250.

CHUQUI-PAULINO, F. J.; CHÁVEZ, D. W.; ASCHERI, J. L.; MELLINGER, C. G.; VARGAS-SOLÓRZANO, J. W.; CARVALHO, C. W. Impact of whole cereal–pulse flours on the functionality and antioxidant properties of gluten-free extruded flours. **Foods**, v. 14, art. 203515, 2025. DOI: 10.3390/foods14203515.

DEREJE, B.; GIRMA, A.; KNEA, D.; CHALCHISA, T. Functional properties of sweet potato flour and its role in product development: a review. **International Journal of Food Properties**, v. 23, p. 1639–1662, 2020. DOI: 10.1080/10942912.2020.1818776.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2024.

ESMAEILI, A.; BARZEGAR, M.; GHANDEHARI YAZDI, A. P.; KARIMI, A. Eggshell powder as a mineral source for calcium fortification of brownie. **Applied Food Research**, v. 5, n. 2, art. 101232, 2025. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101232.

FEITEN, M. C. Food and Nutritional Education: Obtaining Water-Soluble from oats and waste utilization for cookies production. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 1–18, 2023.

FELISBERTO, M. H. F.; WAHANIK, A. L.; GOMES-RUFFI, C. R.; CLERICI, M. T. P. S.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Use of chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. **LWT – Food Science and Technology**, v. 63, n. 2, p. 1049–1055, 2015. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.03.114.

FERREIRA, M.; SPRICIGO, P. **Colorimetria: princípios e aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2017.

FILHO, A. M. M.; MENDONÇA, L. O.; MENDITI, N. S. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na alimentação humana. In: **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 7. 2020.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2023.

GADANI, B. C.; MILÉSKI, K. M. L.; PEIXOTO, L. S.; AGOSTINI, J. da S. Physical and chemical characteristics of cashew nut flour stored and packaged with different packages. **Brazilian Journal of Food Technology**, s.d. DOI: 10.1590/1678-457X.27516.

GRIFFIN, L. E.; DEAN, L. L. Nutrient composition of raw, dry-roasted, and skin-on cashew nuts. **Journal of Food Research**, v. 6, n. 6, 2017. DOI:10.5539/jfr.v6n6p13.

GUINÉ, R.; ALMEIDA, C.; CORREIA, P.; MENDES, M. Modelling the influence of origin, packing and storage on water activity, colour and texture of almonds, hazelnuts and walnuts using artificial neural networks. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, 2015. DOI: 10.1007/s11947-015-1474-3.

HASAN, M. U.; MALIK, A. U.; ALI, S.; IMTIAZ, A.; MUNIR, A.; AMJAD, W.; ANWAR, R. Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2019. DOI: 10.1111/jfpp.14280.

IMENEÓ, V.; TOKATLI, F.; OZEN, B.; CAPPÀ, C.; AGUILÓ-AGUAYO, I.; ALAMPRESE, C. Incorporating legume and nut flours into pasta, bakery products, and snacks: opportunities and challenges. **Future Foods**, v. 12, art. 100811, 2025. DOI: 10.1016/j.fufo.2025.100811.

KHULE, G.; RANVARE, A.; SINGH, A.; BABU, C. Texture profile analysis: a comprehensive insight into food texture evaluation. **Journal of Dietetics & Applied Chemistry**, v. 8, n. 9, 2024. DOI: 10.71058/jodac.v8i9003.

LESMANA, D.; VIANNEY, Y. M.; GOENAWAN, Y. A.; NATALIE, K.; SUKWEENADHI, J.; BUSCHLE-DILLER, G.; MUKTI, Y. P.; ERAWATI, C. M.; PURWANTO, M. G. M. Valorization of peel-based agro-waste flour for food products: a systematic review on proximate composition and functional properties. **ACS Food Science & Technology**, Washington, v. 2, n. 1, p. 3–20, 2022. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.1c00353.

LIMA, A. C.; SOUZA, A. C. R. de; MESQUITA, A. L. M.; PESSOA, P. F. A. de P.; PAIVA, F. F. de A. Obtenção e caracterização da torta da amêndoia de castanha de caju para formulação de produtos *plant-based*. In: ANDRADE, J. K. B. (Org.). **Estudos e tendências atuais em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023. p. 50–58. DOI: 10.58203/Licuri.21885.

LOVEDAY, S. M. Food proteins: technological, nutritional, and sustainability attributes of traditional and emerging proteins. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 10, p. 311–339, 2019.

LÓPEZ-VARGAS, J. H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis*

var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 756–763, 2013. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.01.055.

MABROUKI, S.; ABID, K.; KAIHARA, H.; PATRUCCO, S. G.; TASSONE, S.; BARBERA, S. Assessing texture profile analysis in natural state versus texture profile analysis with back extrusion post-homogenization of cooked pea protein-based and meat patties: a comparative study. **Future Foods**, v. 9, art. 100345, 2024. DOI: 10.1016/j.fufo.2024.100345.

MACHADO, A. V.; ALVES, F. M. S.; QUEIROGA, K. H. Alimentos produzidos a partir da farinha de caju, obtida por secagem. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 131–138, 2011.

MARTÍNEZ, E.; PARDO, J. E.; RABADÁN, A.; ÁLVAREZ-ORTÍ, M. Turning waste into health: nut oil press cakes as a sustainable and gluten-free alternative to wheat bread. **Applied Food Research**, v. 5, n. 1, art. 101018, 2025. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101018.

MATTISON, C. P.; MALVEIRA CAVALCANTE, J.; GALLÃO, M. I.; SOUSA DE BRITO, E. Effects of industrial cashew nut processing on anacardic acid content and allergen recognition by IgE. **Food Chemistry**, v. 240, p. 370–376, fev. 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.07.146.

MINIM, V.P.R. **Análise Sensorial Estudos com Consumidores**. Editora UFV, Viçosa, MG. Ed.5, p.244, 2025.

MORAES, E. M.; SILVA, L. H. Wheat flour substitutes in the preparation of gluten-free bakery products – a review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, 2023. MORAIS, B.; LEMOS, L.; IUNES, M.; MIGUEL, S.; RODRIGUES, M. Elaboração e análise sensorial de massa de pizza com farinha de amêndoas da castanha de caju. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ)**, 2014. *Anais* [...]. p. 3924–3930. DOI: 10.5151/chemeng-cobeq2014-0766-24113-182744.

MORAIS, A.; ROCHA FILHO, L. K. A.; SILVA, F. T. de S.; SILVA, P. C.; COSTA, F. Caracterização da farinha obtida do resíduo da produção de bebida de amêndoas da castanha de caju. In: **Tecnologia de Alimentos**, v. 1, 2020. DOI: 10.37885/200800980.

MOREIRA, M. R.; SANCHES, V. L.; STRIEDER, M. M.; ROSTAGNO, M. A.; CAPITANI, C. D. Vegan brownie enriched with phenolic compounds obtained from a chia (*Salvia hispanica* L.) coproduct: nutritional, technological, and functional characteristics and sensory acceptance. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 34, art. 100835, 2023. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2023.100835.

MUNTEANU, I. G.; APETREI, C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 7, 2021. DOI: 10.3390/ijms22073380.

NEPA – UNICAMP. Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO). 4. ed. Campinas, 2011.

NTULI, V.; MEKBIB, S.; NTSELESENG, M.; MAKOTOKO, M.; CHATANGA, P.; ASITA, A. Microbial and physicochemical characterization of maize and wheat flour from a milling company, **Lesotho**. 2013. v. 15, p. 11–19.

NYIRENDZA, J.; ZOMBE, K.; KALABA, G.; SIABBAMBA, C.; MUKELA, I. Exhaustive valorization of cashew nut shell waste as a potential bioresource material. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, art. 11986, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-91571-y.

OLAS, B. The cardioprotective properties of selected nuts: their functional ingredients and molecular mechanisms. **Foods**, Basel, v. 13, n. 2, p. 242, 2024. DOI: 10.3390/foods1302024.

PACIULLI, M.; RINALDI, M.; CAVAZZA, A.; GANINO, T.; RODOLFI, M.; CHIANCONE, B.; CHIAVARO, E. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage. **LWT**, v. 98, p. 451–457, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.09.002.

PETKA, K.; TOPOLSKA, K. Vegetable-Enriched Brownies: A Healthier Twist on a Classic Treat. **Nutrients**, v. 17, n. 1, 2025. DOI: 10.3390/nu17010184

PINTO, A. M. B.; SANTOS, T. M.; CACERES, C. A.; LIMA, J. R.; ITO, E. N.; AZEREDO, H. M. C. Starch-cashew tree gum nanocomposite films and their application for coating cashew nuts. **LWT – Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, pt. 2, p. 549–554, 2015. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.07.028.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. Avaliação da Qualidade de Carnes Fundamentos e Metodologias. **Editora UFV**, 2007. 1 ed. Pg 319. Tabela 6.1.

RENZETTI, S.; VAN DER SMAN, R. G. M. Food texture design in sugar reduced cakes: Predicting batters rheology and physical properties of cakes from physicochemical principles. **Food Hydrocolloids**, v. 131, 2022. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.107795.

ROCCHETTI, G.; BHUMIREDDY, S. R.; GIUBERTI, G.; MANDAL, R.; LUCINI, L.; WISHART, D. S. Edible nuts deliver polyphenols and their transformation products to the large intestine: an *in vitro* fermentation model combining targeted/untargeted metabolomics. **Food Research International**, v. 116, p. 786–794, fev. 2019. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.09.012.

ŠAULA, T.; CIGIĆ, B.; JAMNIK, P.; KRALJ CIGIĆ, I.; POKLAR ULRIH, N.; POŽRL, T.; MAROLT, G. Enrichment of the nutritional value of pea flour milling fractions through fermentation. **Food Chemistry**, v. 476, art. 143303, 2025. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.143303.

SABINO, V. G.; OLIVEIRA, E. N. A. de; FEITOSA, B. F.; FEITOSA, R. M.; OLIVEIRA, S. N. de. Desenvolvimento e caracterização de biscoitos tipo cookie de farinha do resíduo agroindustrial do caju. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 38–44, 2017.

SANTOS, O. V. dos. Estudo das potencialidades da castanha-do-Brasil: produtos e subprodutos. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SARINHO, A. M. M.; CAVALCANTI, M. S.; OLIVEIRA, I. M. de. Full use of food: sustainability and use of modified flour. **RECIMA21**, v. 2, n. 10, 2021. DOI: 10.47820/recima21.v2i10.763.

SELVAKUMARAN, L.; SHUKRI, R.; RAMLI, N. S.; PAK DEK, M. S.; WAN IBADULLAH, W. Z. Orange sweet potato (*Ipomoea batatas*) puree improved physicochemical properties and sensory acceptance of brownies. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 3, p. 332–336, 2019. DOI: 10.1016/j.jssas.2017.09.006.

SEMPIO, R.; NYHAN, L.; ZANNINI, E.; WALTER, J.; ARENDT, E. K. Cake fortification with dietary fibre: impact of fibre ingredients in a cake model system. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 105, art. 104196, 2025. DOI: 10.1016/j.ifset.2025.104196.

SIDDIQUI, S. A.; MEHANY, T.; SCHULTE, H.; PANDISELVAM, R.; NAGDALIAN, A. A.; GOLIK, A. B.; SHAH, M. A.; SHAHBAZ, H. M.; MAQSOOD, S. Plant-based milk – thoughts of researchers and industries on what should be called as ‘milk’. **Journal of Food Science**, p. 1703–1730, 28 jun. 2023. DOI: 10.1080/87559129.2023.2228002.

SILVA, K.; MACHADO, A.; SILVA, F.; CARDOSO, C. F.; FREITAS, F. Processing and physicochemical characterization of a water-soluble extract based on Pará nut (*Bertholletia excelsa*) and baru nut (*Dipteryx alata* Vogel). **Research, Society and Development**, v. 9, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.4848.

SILVA, S.; COSTA, E. M.; VICENTE, S.; VEIGA, M.; CALHAU, C.; MORAIS, R. M.; PINTADO, M. E. DNA agarose gel electrophoresis for antioxidant analysis: development of a quantitative approach for phenolic extracts. **Food Chemistry**, v. 233, p. 45–51, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.075.

SILVA, Y. Y. V.; AMARAL, S. M. B.; MOURA, S. M. A. Utilização da farinha de castanha de caju na elaboração de biscoito integral tipo cookie. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, art. e42610615527, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i6.15527.

SOUZA, F. P. D.; VIEIRA, K. P. M. Desenvolvimento e caracterização de farinha obtida a partir da casca do jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 14, n. 1, p. 3022–3045, 2020. DOI:10.3895/rbta. v14n1.9173

ŠORONJA-SIMOVIĆ, D.; PAJIN, B.; ŠUBARIĆ, D.; DOKIĆ, L.; ŠEREŠ, Z.; NIKOLIĆ, I. Quality, sensory and nutritional characteristics of cookies fortified with chestnut flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, 01 jul. 2016. DOI: 10.1111/jfpp.12887.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M.; SINGH, V. Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: evaluation of their flour functionality. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 462–468, 2012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.09.008.

SRUTHI, P.; NAIDU, M. M. Cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) testa as a potential source of bioactive compounds: A review on its functional properties and valorization. **Food Chemistry Advances**, 2023. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100390.

TANKO, O. O.; HUSSAINA, T. O.; DONALDBEN, N. S. Evaluation, physicochemical and sensory properties of composite bread produced from wheat, sweet potatoes and cashew nut flour. **Asian Food Science Journal**, v. 22, n. 9, p. 74–87, 2023. DOI: 10.9734/afsj/2023/v22i9659

TEIXEIRA, G. L.; ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; BARBI, R. C. T.; RIBANI, R. H. Sapucaia nut (*Lecythis pisonis* Cambess.) flour as a new industrial ingredient: physicochemical, thermal, and functional properties. **Food Research International**, v. 109, p. 572–582, 2018. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.04.071.

TEOBALDI, A. G.; CARRILLO PARRA, E. J.; BARRERA, G. N.; RIBOTTA, P. D. The properties of damaged starch granules: the relationship between granule structure and water–starch polymer interactions. **Foods**, v. 14, n. 1, p. 21, 2025. DOI: 10.3390/foods14010021.

TIRELLO, A.; BASTOS, L.; NASCIMENTO, K. Desenvolvimento de brownie funcional sem glúten a partir de blend de farinha de arroz negro com arroz integral: percepção sensorial dos acadêmicos do curso de nutrição. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, v. 12, p. 3435–3444, 2024. DOI: 10.16891/2317-434X.v12. e1. a2024.pp3435-3444.

VIEIRA, C. F. S.; ZUÑIGA, A. D. G.; OGAWA, T. A. Obtenção e caracterização físico-química do extrato hidrossolúvel de amêndoas de baru. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 14, n. 1, 2020.

VIEIRA, D.; BARROS, S.; SILVA, V.; SANTOS, N.; NASCIMENTO, A.; MELO, M. Elaboração de barra de cereal com resíduos secos de abacaxi e caju. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, p. 6839, 2020. DOI: 10.18378/cvads. v9i7.6839.

ZAFAR, T. A.; ALDUGHPASSI, A.; AL-MUSSALLAM, A.; AL-OTHMAN, A. Microstructure of whole wheat versus white flour and wheat-chickpea flour blends and dough: impact on the glycemic response of pan bread. **International Journal of Food Science**, 2020. DOI: 10.1155/2020/8834960.

WANG, R; HARTEL, R. W. C. Stickiness: Effects of composition, rheology, and surface energy. **Journal of Food Engineering**, v. 289, 2021, art. 110246. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110246

WEE, M. S. M.; GOH, A. T.; STIEGER, M.; FORDE, C. G. Correlation of instrumental texture properties from textural profile analysis (TPA) with eating behaviours and macronutrient composition for a wide range of solid foods. **Food & Function**, v. 9, n. 10, p. 5301–5312, 2018. DOI: 10.1039/c8fo00791h.

WILFRED, N.; NGANGOUM, E.; SAIDOU, C.; MOHAMADOU, S. Formulation of three infant foods from plantain flour fortified with sesame (*Sesamum indicum*), soya bean (*Glycine max*) and cashew nut (*Anacardium occidentale* L.). **Food Chemistry Advances**,