

Belém, PA / Julho, 2025

Obtenção e caracterização de farinha, concentrado e isolado proteico derivados da castanha-do-brasil

Ana Vânia Carvalho⁽¹⁾, Laura Figueiredo Abreu⁽¹⁾ e Alessandra Ferraiolo de Freitas⁽²⁾⁽¹⁾ Pesquisadora, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. ⁽²⁾ Pesquisadora, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

Resumo — O objetivo deste trabalho foi desenvolver processos para a obtenção de farinha parcialmente desengordurada, de concentrado e de isolado proteico a partir da castanha-do-brasil. O processo de prensagem otimizado consistiu de duas etapas, sendo na primeira um diâmetro de saída de 12 mm; e na segunda, o diâmetro foi reduzido para 6 mm, com a temperatura programada da torta ajustada para 80 °C. Nessas condições obteve-se uma farinha de castanha-do-brasil com 7,25% de lipídeos. A partir da farinha parcialmente desengordurada, realizaram-se testes para a obtenção de concentrado e isolado proteico, utilizando dois métodos principais: precipitação isoeletrica das proteínas e solubilização das proteínas em pH 9,0, seguida da precipitação no ponto isoeletrico (pI). O concentrado proteico otimizado foi obtido por precipitação isoeletrica no pI=3,0, utilizando-se a proporção de farinha e solução aquosa de 1:10 e um tempo de agitação de 30 minutos. Nessas condições, foi possível e viável a obtenção de concentrado proteico a partir de castanha-do-brasil e o produto final apresentou teor proteico de 52,07% e rendimento de 74,54%. Já para o isolado proteico, embora o produto final obtido tenha atingido teor proteico de 67%, o rendimento foi considerado muito baixo (inferior a 13%), o que não justifica o emprego de uma metodologia mais trabalhosa e onerosa, quando comparada àquela utilizada para a obtenção do concentrado proteico. A farinha parcialmente desengordurada e o concentrado proteico de castanha-do-brasil apresentam potencial de aplicação para o mercado *plant based*.

Termos para indexação: *Bertholletia excelsa* H.B.K., solubilidade proteica, extração proteica.

Obtaining and characterizing brazil nut derivatives

Abstract — This work aimed to develop processes to obtain partially defatted flour and protein concentrate from Brazil nuts. The optimized pressing process consisted of two stages, the first of which used an outlet diameter of 12 mm; and in the second, the diameter was reduced to 6 mm, with the programmed temperature of the cake adjusted to 80 °C. Under these conditions, a Brazil nut flour with 7.25% lipids was obtained. From the partially defatted flour, tests were carried out to obtain protein concentrate and isolate, using two main methods: isoelectric precipitation of the proteins and solubilization of the proteins at pH 9.0, followed by precipitation at the isoelectric point (pI).

Embrapa Amazônia Oriental
 Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n
 66095-903 – Belém, PA
www.embrapa.br/amazonia-oriental
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Bruno Giovany de Maria

Secretária-executiva

Narjara de Fátima Galiza da Silva

Pastana

Membros

Adelina do Socorro Serrão Belém,

Alysson Roberto Baizi e Silva,

Andrea Liliane Pereira da Silva,

Anna Christina Monteiro Roffé

Borges, Clívia Danúbia Pinho da

Costa Castro, Delman de Almeida

Gonçalves, Marivaldo Rodrigues

Figueiró e Vitor Trindade Lôbo

Edição executiva e revisão de texto

Narjara de Fátima Galiza da Silva

Pastana

Normalização bibliográfica

Luiza de Marillac P. Braga

Gonçalves (CRB-2/495)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Vitor Trindade Lôbo

Publicação digital: PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

The optimized protein concentrate was obtained by isoelectric precipitation at $pI=3.0$, using a ratio of flour and aqueous solution of 1:10 and an agitation time of 30 minutes, resulting in a protein content of 52.07% and a yield of 74.54%. As for the protein isolate, although the final product obtained reached a protein content of 67%, the yield was considered very low (less than 13%), which does not justify the use of a more laborious and costly methodology, when compared to the one used to obtain the protein concentrate. Partially defatted flour and Brazil nut protein concentrate have potential application for the plant-based market.

Index terms: *Bertholletia excelsa* H.B.K., protein solubility, protein extraction.

Introdução

O panorama da alimentação no Brasil está em constante transformação. A significativa produção e o alto consumo de carne, aliados à crescente preocupação dos consumidores por opções mais diversificadas e saudáveis, têm impulsionado a demanda por fontes alternativas de proteínas que se assemelhem aos produtos cárneos convencionais em sabor, textura e aparência. Nos últimos anos, os avanços tecnológicos na indústria alimentícia têm permitido a ampliação da oferta de produtos vegetais desenvolvidos para atender às novas preferências de consumo (Krelling, 2019).

No contexto da produção de ingredientes proteicos, várias preparações de sementes têm sido usadas como ingredientes na indústria de alimentos. A soja, por exemplo, consolidou-se como a principal matéria-prima para a produção industrial de concentrados e isolados de proteínas, devido ao seu alto teor de proteínas, alta recuperação de suas proteínas durante o processamento para obtenção dos concentrados e dos isolados, produtos com características funcionais tecnológicas desejáveis, além de bom desenvolvimento tecnológico da cultura. Porém, nos últimos anos, diversas espécies vegetais têm sido avaliadas como alternativas promissoras para a produção de concentrados proteicos (Carvalho et al., 2006). Essa procura, além do aumento da diversidade de novas fontes proteicas, diz respeito também a algumas características atreladas à soja, como presença de fatores antinutricionais e aspectos de sustentabilidade relacionados à cultura.

De acordo com Smith e Circle (1972), concentrado proteico é um produto proveniente da farinha desengordurada de grãos de boa qualidade.

O processo envolve a insolubilização da maior parte das proteínas presentes e a exclusão parcial de sais minerais, carboidratos e outros componentes. Já o isolado proteico é caracterizado como um produto praticamente puro, composto quase exclusivamente pela fração proteica, com remoção da maior parte dos constituintes não proteicos.

Diversas metodologias de extração de proteínas para obtenção de concentrados proteicos são relatadas na literatura (Chaves, 1987; D'Alvise et al., 2000; Cereda; Vilpoux, 2003; Orliac et al., 2003; Rouilly et al., 2006; Dewan et al., 2007; Modesti et al., 2007; Salgado et al., 2010; Silva et al., 2012; Teo et al., 2010). Entre essas, destaca-se o método de precipitação isoelétrica, reconhecido por oferecer maiores rendimentos em menor tempo de extração e por apresentar custos relativamente reduzidos em comparação a outros métodos.

A busca por maior diversidade de fontes proteicas nacionais tem estimulado pesquisas voltadas à exploração da biodiversidade agrícola no Brasil. Além de contribuir para o aproveitamento de recursos naturais e a geração de emprego e renda, essas iniciativas visam fornecer novos ingredientes para a indústria alimentícia, promovendo o desenvolvimento de produtos alternativos para o consumidor final.

Nesse contexto, a castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), espécie encontrada na região amazônica, surge como uma alternativa promissora para a extração de proteínas vegetais, com potencial para atender às demandas do mercado de produtos à base de plantas (*plant based*). É uma amêndoa de elevado valor energético e rica em proteínas de alto valor biológico, com aproximadamente 4,4% de umidade, 17% de proteína bruta, 67% de lipídeos, 7% de carboidratos, valor energético de 751 kcal/100 g e 3,6% de sais minerais (Souza; Menezes, 2004). Estudo realizado por Souza e Menezes (2004) sobre a torta da castanha-do-brasil indicou um teor proteico de 40% após extração de cerca de 40% de teor lipídico, indicando o seu potencial para a obtenção de ingredientes proteicos. Ainda de acordo com esses autores, a proteína dessa amêndoa é considerada completa, ou seja, todos os valores dos escores químicos dos aminoácidos essenciais encontraram-se superiores aos do padrão teórico (Amino-acid..., 1970).

Diante do exposto e da oportunidade de obtenção de ingredientes com alta concentração de proteínas, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e adaptar metodologias para a obtenção de farinha parcialmente desengordurada, concentrado e isolado proteico a partir da castanha-do-brasil, com

perspectivas de sua aplicação na formulação de produtos à base de plantas.

Material e métodos

Obtenção e caracterização físico-química da castanha e da farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil

Para o estudo, foram utilizados 300 kg de castanhas secas e com casca, distribuídas em sete sacas de rafia, provenientes da região de Tomé-Açu, PA, referentes à produção do início do ano de 2023. Essas sacas foram armazenadas em local seco e arejado até o início do beneficiamento. Para cada experimento, foram utilizados lotes de aproximadamente 25 kg.

Pré-seleção e lavagem das castanhas

Inicialmente, as castanhas passaram por uma pré-seleção manual para a remoção de castanhas quebradas, germinadas, secas, escuras ou com sinais visíveis de fungos na superfície das cascas. Em seguida, foram imersas em tanque com água potável, com o objetivo de fazer tanto uma pré-lavagem quanto uma segunda triagem, por meio do teste de flutuação, eliminando castanhas cuja maior parte do corpo permanecia na superfície da água.

Após a drenagem da água, as castanhas selecionadas foram imersas em solução de hipoclorito de sódio (200 mg/L) por 15 minutos. Posteriormente, foram enxaguadas para remover resíduos do hipoclorito e deixadas em repouso à temperatura ambiente para escoamento do excesso de água.

Tratamento térmico e congelamento

Para facilitar o desprendimento da casca da amêndoa, frações de 5 kg de castanhas foram submetidas a pressão de vapor, por 4 segundos, em panela de pressão industrial de alumínio (marca Fulgor, mod. 35 L). Para tanto, as castanhas foram dispostas em um cesto de aço inoxidável sobre um tripé, posicionado no interior da panela acima do nível de 2 L de água. Em seguida, as castanhas foram resfriadas naturalmente à temperatura ambiente, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas em freezer a -18 °C por, no mínimo, 16 horas ou até o início da etapa de descascamento.

Descascamento e seleção das amêndoas

O descascamento foi realizado utilizando um sistema mecanizado composto por um descascador (modelo DCSD011, Sadiel Máquinas) e um

separador rotativo de cascas (modelo SRSD02, Sadiel Máquinas). O descascador funciona com base no impacto das castanhas congeladas em um disco de aço rotativo, enquanto o separador utiliza rotação e ventilação para remover as cascas.

Após a separação, as amêndoas foram selecionadas manualmente para a remoção de unidades inadequadas, tais como aquelas com sinais visíveis de fungos, oxidação ou escurecimento. Posteriormente, foram imersas em solução de hipoclorito de sódio (50 mg/L) por 30 minutos, para sanitização e uma nova separação por flutuação, eliminando amêndoas com indícios de deterioração. Em seguida, as amêndoas foram enxaguadas, drenadas e secas em microdesidratador (modelo MTDV 15, Agema) com renovação e circulação de ar a 60 °C por cerca de 8 horas, até atingir um teor de umidade de $5,0 \pm 0,5\%$ (medidas em balança de infravermelho, marca Marte, modelo ID200).

Extração de óleo

Para a obtenção da farinha parcialmente desengordurada, as castanhas secas foram trituradas em processador industrial de alimentos (marca Becker, modelo PRAB-200) e, em seguida, prensadas em uma prensa do tipo *expeller* (marca Oelwerk, modelo OW100 s-Inox). A prensa possui diferentes diâmetros (bitolas) de saída do cabeçote de prensagem, variando de 6 a 16 mm. O equipamento também é dotado de um sistema de aquecimento contínuo do cabeçote de prensagem (luva de aquecimento), localizado na saída da torta, que é integrado a um monitoramento digital de temperatura. O cabeçote é pré-aquecido a 150 °C por 10 minutos, depois programado para a temperatura de processo de cada experimento.

Dessa forma, foram testados três diâmetros de saída da torta (12, 10 e 6 mm) e três condições de temperatura na saída da torta desengordurada, sem aquecimento (ambiente ≈ 28 °C), 50 e 80 °C. A prensa foi programada para uma rotação de parafuso de 29,5 Hz (1.770 RPM).

Avaliação dos parâmetros de processamento

Para avaliar os parâmetros de processamento, foram realizadas análises de umidade e teor de lipídeos nas castanhas in natura, nas castanhas secas e na torta desengordurada. Para monitorar o processo de secagem, a umidade foi determinada com auxílio de balança determinadora de umidade por infravermelho (IV) (modelo ID-50, Marte Científica).

O nível de oxidação das castanhas e a qualidade do óleo extraído foram avaliados por meio das análises do índice de acidez e do índice de

peróxidos, realizadas conforme os procedimentos 325/IV e 326/IV descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (Zenebon et al., 2008), respectivamente.

Caracterização da castanha e da farinha parcialmente desengordurada

A granulometria da farinha parcialmente desengordurada foi avaliada pela determinação dos percentuais das frações com diferentes tamanhos de partículas. Para isso, 100 g de farinha foram submetidos à peneiragem em um classificador vibratório (marca Bertel), utilizando peneiras com aberturas de 850, 600, 425, 250 e 180 μm . O processo teve duração de 10 minutos, com a intensidade de vibração ajustada na posição nº 6 do reostato do equipamento.

A castanha e a farinha parcialmente desengordurada foram analisadas quanto às características físico-químicas para determinação do pH (método nº 981.12), acidez total titulável (método nº 942.15), umidade (método nº 925.10), lipídeos (método nº 920.39), cinzas (método nº 923.03) e proteínas (método nº 920.87; fator de conversão $N = 5,46$), seguindo os métodos de Association of Official Analytical Chemists (2011), e fibras, pelo método de Goering e Van Soest (1970).

Obtenção de concentrado e isolado proteicos

Determinação da curva de solubilidade de proteínas

Inicialmente a curva de solubilidade das proteínas da castanha-do-brasil foi obtida utilizando o procedimento descrito por Morr et al. (1985), com adaptações. Para o experimento, 1 g de amostra desengordurada foi solubilizada em 40 mL de água destilada. O pH (pHmetro Instrutherm, PH-5000) da solução foi ajustado gradualmente para valores entre 2,0 e 9,0, utilizando ácido clorídrico (0,1 N) ou hidróxido de sódio (0,1 N). As soluções ajustadas foram submetidas a agitação contínua por 40 minutos, promovendo a completa interação entre as proteínas e o solvente. Após esse período, as amostras foram centrifugadas (centrífuga Hettich, Rotina 380) a 3.000 x g por 15 minutos para separar as proteínas solúveis das insolúveis. Aliquotas de 10 mL do sobrenadante foram coletadas e analisadas quanto à solubilidade proteica. A quantificação das proteínas foi realizada pelo método semimicro Kjeldahl (Association of Official Analytical Chemists, 2011), com conversão do teor de nitrogênio em proteína utilizando o fator de 5,46.

Obtenção do concentrado e do isolado proteico

Com base nos resultados da curva de solubilidade de proteínas, foram realizados testes para a obtenção do concentrado e do isolado proteico.

Para o concentrado, utilizou-se a precipitação das proteínas no ponto isoelétrico ($pI = 3,0$).

A farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil foi dispersa em água acidificada com ácido clorídrico (HCl) até atingir pH 3,0, definido como ponto isoelétrico, a partir da curva de solubilidade. A relação farinha:água utilizada foi de 1:10 ou 1:15 (m/m). A suspensão foi mantida sob agitação em agitador magnético (Tecnal, TE-089) durante 30, 60 ou 90 minutos, dependendo do ensaio, e em seguida centrifugada a 3000 x g por 15 minutos para separação do precipitado. O precipitado foi submetido a uma etapa de lavagem e analisado quanto ao teor proteico, segundo metodologia de Association of Official Analytical Chemists (2011). O precipitado final foi liofilizado (liofilizador Liotop, L108) e submetido à caracterização físico-química.

O processo para obtenção do isolado proteico consistiu na dispersão da farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil em água, em uma relação de 1:10 ou 1:15 (m/m), e o pH ajustado para 9,0 utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH). A suspensão foi mantida sob agitação mecânica em agitador magnético (Tecnal, TE-089) contínua durante 30, 60 ou 90 minutos, dependendo do experimento e em seguida centrifugada a 3000 x g por 15 minutos para separar o precipitado do sobrenadante. O precipitado foi submetido a uma lavagem com solução alcalina (pH 9,0) para maximizar a recuperação das proteínas. Ao sobrenadante, foi adicionada solução de HCl para ajustar o pH a 3,0 (ponto isoelétrico). A suspensão foi mantida sob agitação durante 30 minutos e centrifugada a 3000 x g por 20 minutos. O precipitado resultante foi submetido a uma lavagem em solução ácida (pH 3,0). O precipitado final, contendo as proteínas isoladas, foi liofilizado para posterior caracterização físico-química (Association of Official Analytical Chemists, 2011).

Calculou-se o rendimento para o processo de obtenção do concentrado proteico e do isolado proteico utilizando-se a equação: Rendimento (%) = (massa do concentrado ou isolado proteico/massa da farinha)*100.

Resultados e discussão

Obtenção da farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil

Para definição dos parâmetros de prensagem foram realizados cinco experimentos, em que nos experimentos 1, 2 e 3 utilizou-se o mesmo diâmetro de saída da torta de 6 mm, contudo, com três diferentes condições de temperatura, sendo 80 °C, ambiente e

50 °C, respectivamente. No experimento 4 adotou-se o diâmetro de saída de 10 mm e temperatura de 50 °C. Finalmente, no experimento 5, adotou-se a prensagem em duas etapas, passando as castanhas pela saída de diâmetro 12 mm e, posteriormente, a

torta resultante, em uma saída de 6 mm de diâmetro, ambas a 80 °C. Os respectivos parâmetros utilizados nos experimentos de prensagem, bem como os resultados das análises físico-químicas de monitoramento, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de processo e características físico-químicas das amêndoas, tortas e farinha de castanha-do-brasil.

Parâmetro	Experimento				
	1	2	3	4	5
Lipídeos na castanha (b.s.) ⁽¹⁾ (%)	70,87±0,42	70,87±0,42	70,87±0,42	70,87±0,42	70,87±0,42
Diâmetro de saída (mm)	6	6	6	10	12 e 6
Temperatura de saída da torta programada (°C)	80	SA ⁽²⁾	50	50	80
Tempo de extração (minutos)	30	40	35	27	24 e 32 (torta)
Umidade da torta (%)	4,80±0,17	7,25±0,21	5,53±0,05	5,62±0,06	6,80±0,26
Lipídeos na torta (b.s.) (%)	12,82±0,25	32,59±0,72	14,00±0,10	26,22±0,84	7,04±0,02
Rendimento de óleo (%)	81,92	54,01	80,24	63,00	90,07
Índice de acidez do óleo (mgKOH/g)	0,63±0,01	1,30±0,02	0,48±0,02	0,47±0,02	0,11±0,01
Índice de peróxido do óleo (mEqH ₂ O ₂ /kg)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1,65±0,07

⁽¹⁾ b.s.: base seca

⁽²⁾ SA: sem aquecimento (temperatura ambiente).

No experimento 1, a temperatura de saída da torta foi programada conforme o valor mínimo recomendado pelo fabricante (Oelwerk), que varia de 80 a 150 °C. Contudo, a temperatura medida atingiu valores superiores a 90 °C, resultando em escurecimento da torta, um indicativo de possível degradação térmica. Não foram identificadas alterações visuais no óleo.

No experimento 2, optou-se por não utilizar o aquecimento programado, o que resultou em uma temperatura na faixa de 45 °C na torta (observada no painel de monitoramento digital). Contudo, foi observada dificuldade na saída do material, com retenção significativa de torta na prensa.

No experimento 3, utilizou-se uma temperatura de saída intermediária (50 °C), para equilibrar a eficiência de extração e evitar os problemas observados anteriormente. Durante o monitoramento, verificou-se que a temperatura da torta subiu gradativamente, alcançando valores próximos a 80 °C do meio para o final do processo. Além disso, a saída de 6 mm, embora tenha permitido maior extração de óleo, apresentou maior retenção do material na prensa, evidenciando a necessidade de

ajustes no diâmetro ou na programação do processo para otimização.

No experimento 4, foi utilizada uma saída de 10 mm, o que diminuiu a retenção de material na prensa durante todo o processo. No entanto, o teor de lipídeos residual na torta permaneceu elevado, acima de 26% (b.s.), indicando baixa eficiência na extração de óleo. Para melhorar a eficiência, novas extrações foram realizadas.

O experimento 5 apresentou os melhores resultados, com um teor de lipídeos residual inferior a 7%. Esse resultado foi alcançado por meio de um processo em duas etapas: inicialmente a prensagem da castanha foi realizada com uma saída de 12 mm, seguida pela prensagem da torta resultante utilizando um diâmetro menor, de 6 mm. Essa estratégia permitiu maior extração de óleo, otimizando o processo sem comprometer a qualidade da torta.

Em todos os cinco experimentos, os óleos obtidos apresentaram índices de acidez e de peróxido dentro dos limites estabelecidos pela Instrução Normativa 87/2021 (Anvisa, 2021?), que recomenda valores máximos de 4,0 mg/g de KOH para acidez e 15 mEq/kg de H₂O₂, para peróxidos,

indicando baixos níveis de hidrólise e oxidação lipídica. No entanto, observou-se que o índice de peróxido foi maior no experimento 5, possivelmente devido ao efeito cumulativo da prensagem em duas etapas, que pode ter contribuído para um aumento na exposição ao oxigênio e ao calor durante o processo.

Caracterização físico-química da castanha e da farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil

Considerando-se os parâmetros definidos no experimento 5 (prensagem em duas etapas, 12 e 6 mm, a 80 °C), foi obtida a farinha parcialmente desengordurada em escala piloto.

Os resultados das análises de pH, acidez total titulável (ATT), umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, fibra total e carboidratos e outros estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características físico-químicas da castanha-do-brasil e da farinha de castanha-do-brasil parcialmente desengordurada.

Parâmetro	Castanha-do-brasil (b.s.) ⁽¹⁾	Farinha de castanha-do-brasil parcialmente desengordurada (b.s.)
pH ⁽²⁾	3,65±0,02	6,60±0,02
ATT ⁽³⁾ (% ácido cítrico)	0,11±0,00	0,64±0,01
Umidade (%)	6,38±0,08	9,51±0,06
Cinzas (%)	3,96±0,09	12,98±0,06
Lipídeos (%)	70,87±0,42	7,25±0,02
Proteínas (%)	14,98±0,17	32,40±1,43
Fibra total (%)	3,38±0,15	10,82±0,39
Carboidratos e outros (%)	10,20±0,46	48,18±1,50

⁽¹⁾ b.s.: base seca

⁽²⁾ pH: potencial hidrogeniônico.

⁽³⁾ ATT: acidez total titulável.

Dados apresentados como média±desvio padrão.

O aumento do pH e da ATT na farinha de castanha-do-brasil parcialmente desengordurada pode ser atribuído a alterações da composição química durante o processo de extração do óleo. A remoção parcial dos lipídeos pode ter reduzido a quantidade de compostos ácidos solúveis na fração lipídica, mas concentrado ácidos orgânicos fracos,

como ácidos graxos livres e compostos fenólicos, que, embora não totalmente ionizados e com menor impacto no pH, contribuem para a ATT. Além disso, o processo de extração pode ter modificado a interação de proteínas, carboidratos e lipídeos, o que pode resultar na formação de compostos com pH mais elevado.

O teor de umidade, cinzas e carboidratos da farinha parcialmente desengordurada obtida neste trabalho foi superior, enquanto os teores de lipídeos e proteínas foram inferiores aos valores reportados por Souza e Menezes (2004) e Souza et al. (2016), que também trabalharam com a castanha-do-brasil. Os valores relatados por esses autores foram, respectivamente: 6,70 e 5,35% para umidade; 8,85 e 4,08% para cinzas; 3,37 e 7,70% para carboidratos e outros; 25,13 e 35,33% para lipídeos; e 40,23 e 37,54% para proteínas. O teor de fibra total foi semelhante ao reportado por Souza et al. (2016) (9,65%), mas inferior ao observado por Souza e Menezes (2004) (15,72%).

O teor de proteínas da castanha-do-brasil (14,98%) é inferior aos valores reportados na literatura para outras castanhas, como amêndoa (21,15%), pistache (20,16%), castanha-de-caju (18,22%) e avelã (15,03%). No entanto, é superior ao teor de proteína da noz (13,97%) e da macadâmia (7,91%) (TBCA, 2023). O aumento do teor de proteínas de 14,98% para 32,40%, após a extração parcial do óleo, representa um incremento de aproximadamente 116,9%, tornando a farinha desengordurada uma fonte mais concentrada de proteína em comparação com a matéria-prima original. Da mesma forma, Lima et al. (2004) observaram um aumento no teor de proteínas na torta de amêndoa de castanha-de-caju, embora menor que o obtido neste trabalho, de cerca de 42,70% (passando de 24,50% na matéria-prima para 36,41% na torta com 26,57% de lipídeos, em base úmida). A diferença nos valores e no aumento percentual de proteínas observados entre os diferentes autores pode ser atribuída tanto à composição química das castanhas antes e após o processo de extração do óleo, quanto às metodologias específicas de extração utilizadas por cada estudo.

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de distribuição de tamanho de partícula da farinha de castanha-do-brasil parcialmente desengordurada. Observou-se que o maior percentual de partículas (62,28%) está na faixa de tamanho entre 425 e 600 µm. Aproximadamente 94% das partículas apresentam tamanhos variando entre 250 e 600 µm, enquanto apenas 6% têm tamanhos superiores a 850 µm, o que demonstra que a farinha de

castanha-do-brasil obtida possui uma granulometria relativamente homogênea. Essa homogeneidade é importante para o uso das farinhas como matérias-primas em outros processos.

Tabela 3. Distribuição granulométrica da farinha de castanha-do-brasil parcialmente desengordurada.

Abertura de malha da peneira	Porcentagem retida (%)
20 ABNT ou 850 μ m	6,04 $\pm$ 0,87
30 ABNT ou 600 μ m	62,28 $\pm$ 4,26
40 ABNT ou 425 μ m	17,66 $\pm$ 3,37
60 ABNT ou 250 μ m	14,01 $\pm$ 2,71
80 ABNT ou 180 μ m	0,00 $\pm$ 0,00

Dados apresentados como média $\pm$ desvio padrão.

Obtenção do concentrado e do isolado proteico de castanha-do-brasil

Os resultados do teor proteico e rendimento dos testes de extração para obtenção do concentrado proteico estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados dos testes de extração da proteína a partir da farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil, seguindo a metodologia para a obtenção do concentrado proteico.

Teste	Proteína (%)	Rendimento (%)
Teste 1 (1:10; 30 minutos)	52,07 $\pm$ 2,29a	74,54 $\pm$ 0,89a
Teste 2 (1:10; 60 minutos)	51,1 $\pm$ 1,92a	73,67 $\pm$ 3,46a
Teste 3 (1:10; 90 minutos)	51,71 $\pm$ 1,75a	73,73 $\pm$ 0,89a
Teste 4 (1:15; 30 minutos)	52,59 $\pm$ 1,43a	74,38 $\pm$ 2,05a
Teste 5 (1:15; 60 minutos)	50,75 $\pm$ 1,67a	74,40 $\pm$ 1,84a
Teste 6 (1:15; 90 minutos)	51,01 $\pm$ 1,79a	73,12 $\pm$ 4,18a

Dados apresentados como média $\pm$ desvio padrão.

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

De acordo com a Tabela 4, observou-se que não houve diferença significativa entre os testes realizados para a extração proteica, com teores de

proteínas variando de 50,75 a 52,59%. Além disso, verificou-se ainda que não é necessário aumentar o tempo de extração para obter a mesma concentração e rendimento nas duas proporções de farinha e solução (1:10 e 1:15). Em trabalho realizado por Glória (1996), o autor obteve concentrados proteicos de castanha-do-brasil com variação de 47 a 59,3% de proteínas em função do método de extração empregado, resultados próximos aos observados no presente estudo. Guimarães et al. (2012), ao estudarem a extração de proteínas de castanhas de baru, obtiveram um concentrado proteico com 55% de proteínas, enquanto Lima et al. (2021), em estudo sobre a obtenção de concentrado proteico de amêndoa de caju, verificaram um teor de 58,6% de proteínas.

Os resultados dos testes realizados para a obtenção do isolado proteico estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados dos testes de extração da proteína a partir da farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil, seguindo a metodologia para a obtenção do isolado proteico.

Teste	Proteína (%)	Rendimento (%)
Teste 7 (1:10; 30 minutos)	63,75 $\pm$ 4,80ab	9,26 $\pm$ 0,28aa
Teste 8 (1:10; 60 minutos)	58,70 $\pm$ 1,23ab	10,72 $\pm$ 0,15a
Teste 9 (1:10; 90 minutos)	53,25 $\pm$ 4,03b	12,93 $\pm$ 2,66a
Teste 10 (1:15; 30 minutos)	67,00 $\pm$ 6,68a	12,41 $\pm$ 0,76a
Teste 11 (1:15; 60 minutos)	63,15 $\pm$ 4,76ab	12,22 $\pm$ 4,27a
Teste 12 (1:15; 90 minutos)	59,50 $\pm$ 2,51ab	15,46 $\pm$ 0,18a

Dados apresentados como média $\pm$ desvio padrão.

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

De acordo com a Tabela 5, observou-se que o isolado proteico processado empregando-se a relação farinha:solução aquosa acidificada de 1:15 (p/p) e 30 minutos de agitação destacou-se com relação ao teor proteico, apresentando 67% de proteínas. Porém, com relação ao rendimento, não houve diferença significativa entre os testes realizados para a extração proteica, com todos os testes apresentando baixo rendimento (inferior a 16%). Em trabalho realizado por Glória (1996), foram

obtidos isolados proteicos de castanha-do-brasil com teores de proteínas variando de 72,03 a 81,58%, dependendo do método de extração empregado, resultados superiores aos encontrados no presente estudo. Já Assumpção (2023), ao estudar três métodos de extração da proteína de castanha-do-brasil, obteve isolados com teores de proteínas variando de 18,90 a 27,52%, valores inferiores aos observados neste estudo. Adicionalmente, Lima et al. (2023), ao estudarem as propriedades do isolado proteico de feijão-comum, obtiveram um teor de proteínas de 79,75% para o produto proteico. Ge et al. (2021), ao estudarem isolados proteicos partir de oito tipos de grãos chineses, preparados usando a solubilização em meio alcalino e precipitação das proteínas em ponto isoelétrico, obtiveram teores proteicos variando de 78,67 a 92,22%, resultados superiores aos obtidos neste estudo.

No presente estudo, embora o produto final obtido pela metodologia de extração do isolado proteico tenha apresentado teores de proteínas superiores aos produtos obtidos pela metodologia para a obtenção do concentrado proteico, o rendimento foi significativamente baixo (inferior a 16% em todos os testes). Diante disso, entende-se que não seja justificável o emprego de uma metodologia mais trabalhosa e onerosa, como a utilizada para a obtenção do isolado proteico, considerando-se os baixos rendimentos obtidos.

Assim, com base nos resultados obtidos nos testes de extração de proteínas, optou-se pelo Teste 1 de processamento, que seguiu a metodologia para obtenção do concentrado proteico na proporção de 1:10 (farinha:solução aquosa acidificada) e 30 minutos de agitação. Essa escolha se deu por ser o método mais simplificado, rápido e de menor custo entre as metodologias testadas.

Conclusão

O processo otimizado de prensagem das castanhas-do-brasil permite obter uma farinha com 7,25% de lipídeos.

É possível e viável a obtenção de concentrado proteico a partir de castanha-do-brasil e o produto final obtido, utilizando-se a metodologia selecionada neste trabalho, apresenta teor proteico de 52,07% e rendimento de 74,54%.

Já para o isolado proteico, embora o produto final obtido atinja teor proteico de 67%, o rendimento é considerado muito baixo (inferior a 13%), o que não justifica o emprego de uma metodologia mais trabalhosa e onerosa, quando comparada àquela utilizada para a obtenção do concentrado proteico.

A farinha parcialmente desengordurada e o concentrado proteico de castanha-do-brasil apresentam potencial de aplicação para o mercado *plant based*.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao The Good Food Institute Brasil, sob o Programa Biomas, em parceria com o Fundo JBS pela Amazônia, pelo apoio na execução do projeto.

Referências

- AMINO-ACID content of foods and biological data on proteins. Rome: FAO, 1970. p. 62-63.
- ANVISA. Instrução normativa n° 87, de 15 de março de 2021. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. São Paulo, 2021?. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-87-de-15-de-marco-de-2021-309008143>. Acesso em: 13 jul. 2024.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. Rockville, MD: AOAC International; 2011. 2590 p.
- ASSUMPÇÃO, R. S. C. **Extração e modificação de proteína vegetal de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) por técnicas não tradicionais**. 2023. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- CARVALHO, A. V.; GARCÍA, N. H. P.; FARFÁN, J. A. Physico-chemical properties of the flour, protein concentrate, and protein isolate of the cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum) seed. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 8, p. 573-578, 2006.
- CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, 711 p.
- CHAVES, J. G. Extrato proteico das folhas de mandioca. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 47-52, 1987.
- D'ALVISE, N.; LESUEUR-LAMBERT, C.; FERTIN, B.; DHULSTER, P.; GUILLOCHON, D. Hydrolysis and large scale ultrafiltration study of alfafa protein concentrate enzymatic hydrolysate. **Enzyme and microbial Technology**, v. 27, n.3/5, p. 286-294, 2000.
- DEWAN, P.; KAUR, I.; CHATTOPADHYA, D.; FARIDI, M. M. A.; AGARWAL, K. N. A pilot study on the effects of curd (dahi) & leaf protein concentrate in children with

protein energy malnutrition (PEM). **Indian Journal of Medical Research**, v. 126, n. 3, p. 199-203, 2007.

GE, J.; SUN, C.-X.; MATAA.; CORKE, H.; GAN, R.-Y.; FANG, Y. Physicochemical and pH-dependent functional properties of proteins isolated from eight traditional Chinese beans. **Food Hydrocolloids**, v. 112, p. 1-13, 2021.

GLÓRIA, M. M. **Obtenção e caracterização de concentrado e isolado proteico de torta de castanha-do-pará**. 1996. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fibre analysis: apparatus, reagents, procedures, and some applications. Washington, DC: Agricultural Research Service, 1970. p. 375. (Agri-handbook, n. 379).

GUIMARÃES, R. C. A.; FAVARO, S. P.; VIANA, A. C. A.; BRAGA NETO, J. A.; NEVES, V. A.; HONER, M. R. Study of the proteins in the defatted flour and protein concentrate of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 3, p. 464-470, 2012.

KRELLING, F. (org.). **Indústria de proteínas alternativas 2020**. São Paulo: The Good Food Institute, 2019. Disponível em: https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2020/06/GFI_2020_IndProtAlternativas.pdf. Acesso em: 22 ago. 2024.

LIMA, A. C.; GARCÍA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim CEPPA**, v. 22, n. 1, p. 113-114, 2004.

LIMA, J. R.; ARAÚJO, I. M. da S.; PINTO, C. O.; GOIANA, M. L.; RODRIGUES, M. do C. P.; LIMA, L. V. de. Obtaining cashew kernel protein concentrate from nut processing by-product and its use to formulate vegetal burger. **Brazilian Journal of Food Technology**, 24, 2021. e2020232. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.23220>.

LIMA, J. R.; MELLINGER, C. G.; FELBERG, I.; GALDEANO, M. C.; AZEVEDO, T. de L.; FREITAS, S. C. de. **Obtenção de concentrado proteico de feijão-carioca**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2023. 5 p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Comunicado técnico, 250).

MODESTI, C. de F.; CORRÊA, A. D.; OLIVEIRA, E. D. de; ABREU, C. M. P. de; SANTOS, C. D. dos. Caracterização de concentrado proteico de folhas de mandioca obtido por precipitação com calor e ácido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 464-469, 2007.

MORR, C. V.; GERMAN, B.; KINSELLA, J. E.; REGESTEIN, J. M.; VAN BUREN, J. P.; KILARA, A.; LEWIS, B. A.; MANGINO, M. E. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1715-1718, 1985.

ORLIAC, O.; ROUILLY, A.; SILVESTRE, F.; RIGAL, L. Effects of various plasticizers on the mechanical properties, water resistance and aging of thermo-moulded films made from sunflower proteins. **Industrial Crops and Products**, v. 18, n. 2, p. 91-100, 2003.

ROUILLY, A.; MÉRIAUX, A.; GENEAU, C.; SILVESTRE, F. RIGAL, L. Film extrusion of sunflower protein isolate. **Polymer Engineering and Science**, v. 46, p. 1635-1640, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/pen.20634>.

SALGADO, P. R.; ORTIZ, S. E. M.; PETRUCCELLI, S.; MAURI, A. N. Biodegradable sunflower protein films naturally activated with antioxidant compounds. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 5, p. 525-533, 2010.

SILVA, J. L. da; GOMES, S. D.; COELHO, S. R. M.; EVARINI, J.; FERRI, P.; CEREDA, M. P.; LUCAS, S. D. Obtenção de concentrado proteico de folhas e parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2279-2288, 2012.

SMITH, A. K.; CIRCLE, S. J. **Soybeans: chemistry and technology**. Westport: Avi Publishing, 1972. 294 p.

SOUZA, A. L. G.; FERREIRA, M. C. R.; CORRÊA, N. C. F.; SANTOS, O. V. Aprovechamiento de los residuos de extracción del aceite de la nuez de Brasil (*Bertholletia excelsa*) en productos alimenticios ricos en proteínas, lípidos y fibras. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 7, n. 4, p. 1-10, 2016.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612004000100022&lng=en&nrm=i. Acesso em: 10 nov. 2024.

TBCA: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Versão 7.2. São Paulo: Forc: Universidade de São Paulo, 2023. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 13 jul. 2024.

TEO, C. R. P. A.; PRUDENCIO, S. H.; COELHO, S. R. M.; TEO, M. S. Obtenção e caracterização físico-química de concentrado proteico de folhas de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 993-999, 2010.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (coord.) **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. 1ª edição digital.



*Ministério da
Agricultura e Pecuária*