

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTO PROTEICO DA ERVILHA VERDE (*PISUM SATIVUM L.*)

Nathália Mayumi Yoshida Yamana ¹; Maria Ángeles Guraya ²; Antonia Miwa Iguti ³

¹ Aluna de Iniciação Científica do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

² Professor da Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, Argentina e pesquisador do Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina;

³ Professora do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Resumo. *Este estudo teve como objetivo a caracterização de produto proteico da ervilha verde (*Pisum sativum L.*), obtido por meio de um processo de baixo custo. O processo incluiu hidrólise enzimática, extração em solução alcalina, precipitação isoelétrica e secagem em spray dryer de laboratório. Os pós resultantes, coletados na câmara e no ciclone, apresentaram composições centesimais semelhantes, com variações mínimas em umidade e proteína (inferiores a 1,5 %). Para o pó do ciclone e da câmara, respectivamente, foram encontrados 6,7 % e 6,8 % de lipídeos, 76,5 % e 77,6 % de proteína, 5,4 % e 4,0 % de umidade, 3,1 % e 2,9 % de cinzas, e 4,3 % e 3,9 % de amido. Análises das propriedades funcionais foram realizadas apenas com o pó do ciclone, devido a pouca quantidade do pó da câmara, e indicaram alta capacidade espumante (100 %) e emulsificante (66,3 %), além de boa retenção de água e óleo (597 % e 598 %, respectivamente). Apresentou ainda bom teor proteico, de 76,5 %, apesar do baixo rendimento, de 22,33 %, da proteína recuperada no ciclone em relação à proteína inicial. Ajustes no processo, como aumento de escala e otimização dos parâmetros do spray dryer, podem melhorar o rendimento.*

Introdução

A ervilha (*Pisum sativum*) é uma leguminosa que pode ser consumida como vagem (ex. ervilha torta) ou como grãos imaturos (comercializada *in natura* em feiras e ou congelada em mercados). É uma leguminosa de ciclo anual que se adapta bem em climas mais frios e cresce em muitos lugares no mundo (Abd El-Galil *et al.*, 2021). O período de julho a setembro é o de maior comercialização na CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, empresa pública federal brasileira, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar e responsável pela maior rede pública de armazéns e entrepostos do país.

O feijão é o *pulse*¹ mais consumido no Brasil, país que produz cerca de 1950 mil toneladas anualmente e é comercializado *in natura* por ser um alimento que pertence à dieta diária do brasileiro (CNA, 2024).

Nessa classe de grãos estão incluídos também a ervilha, a lentilha e o grão de bico. Desses três, a ervilha é a única que apresenta uma produção significativa no país, de cerca de 4,3 mil toneladas anualmente. Ainda assim, o país importa mais de 30 mil toneladas anualmente desse grão, mostrando que a produção é baixa em relação à demanda. Quanto à lentilha e ao grão de bico, o Brasil importa nas quantidades de 14,5 mil toneladas e 7,2 mil toneladas anualmente, respectivamente. São grãos produzidos no país em quantidades pouco significativas (CNA, 2024).

Quando seca, a ervilha se destaca por seu alto teor de proteínas, vitaminas, minerais, fibras e amido, sendo classificada como um dos pulses, que são sementes secas de leguminosas amplamente consumidas por seu elevado valor nutricional. Além de suas propriedades nutricionais, a ervilha é valorizada por seus benefícios à saúde, como a redução do risco de doenças cardiovasculares e câncer (Daba e Morris, 2021).

Recentemente, a demanda por proteínas vegetais, como as provenientes da ervilha, tem crescido significativamente devido ao aumento de consumidores que buscam alternativas aos produtos de origem animal, seja por questões de saúde, como intolerâncias alimentares, ou por

¹ Pulse é o nome dado às sementes secas de leguminosas utilizadas na alimentação. No Brasil, são representadas principalmente pelos feijões, grão-de-bico, lentilha e ervilha.

convicções, como o vegetarianismo. Esse aumento da demanda, aliado ao alto teor proteico da ervilha, torna-a uma alternativa interessante às fontes de proteínas de origem animal. Atualmente, cerca de 80% da produção mundial de ervilhas é comercializada na forma seca, sendo utilizada para a produção de farinhas, ervilhas enlatadas, sopas, amido e, cada vez mais, suplementos proteicos de ervilha, cujos preços de mercado, disponíveis em sites de compras *online*, podem variar de R\$75,00 a R\$250,00 por kg.

Neste contexto, o presente projeto visa a obtenção de proteínas da ervilha verde por meio de um método simples, que inclui etapas de hidrólise enzimática, extração em meio alcalino, precipitação isoelétrica e secagem em *spray dryer*. Além disso, o objetivo foi também realizar análises de composição centesimal do produto, assim como de suas propriedades funcionais.

Material e Métodos

Para a realização deste projeto, foram utilizados: ervilhas verdes adquiridas em supermercados locais (Kisabor, FOOD BRANDS IND. DE PROD ALIMENTÍCIOS S/A), enzimas β -glucanase (Prodooze) e amilases (Endozym AGP 120) para a hidrólise enzimática, centrífugas FANEM Excelsa Baby II para análises e FANEM Excelsa II para o processo, e *spray dryer* de laboratório (MSD 1.0 Labmaq Brasil) para a secagem (Figura 1).

Figura 1 – *Spray dryer* (MSD 1.0 Labmaq Brasil) utilizado para secagem



O processo de obtenção da proteína obedeceu às seguintes etapas: moagem dos grãos e tamisagem, hidrólise enzimática, extração das proteínas, precipitação isoelétrica e secagem, e está ilustrado na Figura 2.

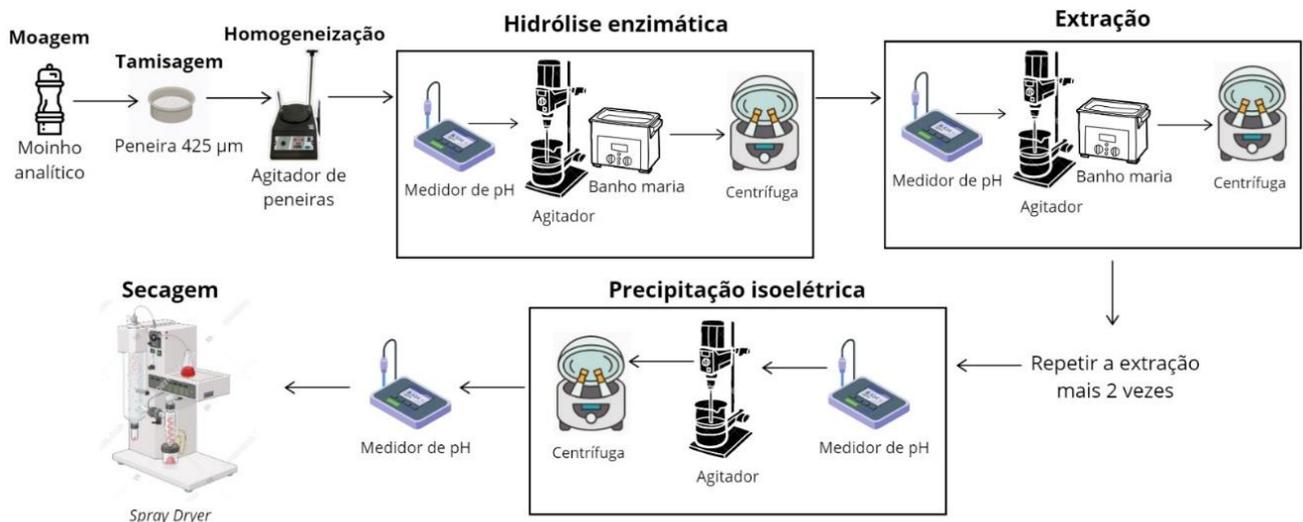
Moagem e tamisagem

Os grãos de ervilha foram moídos em um moinho de facas analítico (IKA A11) e peneirados, até que a farinha passasse por tamis de 425 μm . Para garantir a padronização do processo, a farinha foi tamisada em um agitador de peneiras (Bertel) por 10 min.

Hidrólise enzimática

Com o intuito de aumentar o teor proteico do produto, foi realizada a hidrólise enzimática. A 300 g de farinha adicionaram-se 1,5 L de água a 60 °C, na proporção de 1:5 de farinha para água, e o pH foi ajustado para 5,5 com ácido láctico, para alcançar condições de ação das enzimas β -glucanase (4,8 g) e amilases (7,2 mL), carboidrases utilizadas para facilitar a extração das proteínas, uma vez

Figura 2 – Ilustração do processo de obtenção da proteína



Que, no grão, os grânulos de amido, assim como os corpos proteicos estão firmemente ligados ao tecido de armazenamento do grão. A solução foi agitada a 600 rpm e 65 °C (IKA RW20) por 60 min e centrifugada (3500 rpm por 5 min). O sobrenadante foi pesado, uma alíquota foi retirada, e o restante foi descartado, enquanto o precipitado foi reservado para a etapa seguinte.

Extração

Na etapa de extração, o objetivo é manter as proteínas em suspensão e assim obter um precipitado residual com outros componentes da ervilha que podem ser descartados. Então, adicionaram-se ao precipitado do tratamento enzimático 1,5 L de água a 60 °C e ajustou-se o pH para 8,5. A solução foi agitada por 15 min e centrifugada (3500 rpm por 5 min). O sobrenadante foi coletado e o precipitado foi submetido a mais duas extrações nas mesmas condições. O precipitado final foi pesado, uma alíquota foi retirada, e o restante foi descartado. Os sobrenadantes das três extrações foram reunidos. A solução resultante foi pesada e reservada para a etapa seguinte.

Precipitação isoeletrica

Para a precipitação isoeletrica, que tem o objetivo de purificar a proteína, o pH da solução da etapa anterior foi corrigido para 4,5 e agitada por 60 min. Em seguida permaneceu a 8 °C por 12 h, o que permitiu decantar mais de 50 % em volume do sobrenadante. O restante foi centrifugado (3500 rpm por 5 min). O sobrenadante total foi pesado, uma alíquota foi retirada, e descartado. O precipitado foi neutralizado com NaOH 2 mol/L, pesado e reservado para a etapa seguinte.

Secagem

Na etapa final, o precipitado foi submetido a secagem em um *spray dryer* ajustado para uma temperatura de entrada do ar de 150 °C e uma de saída de aproximadamente 60 °C, com vazão do ar de 0,64 m³/min. A alimentação da amostra, realizada com bomba peristáltica do próprio equipamento, foi estabelecida em 0,2 L/h. Após a secagem, os pós foram recolhidos do ciclone (produto final) e da câmara, pesados e armazenados para análises subsequentes.

Análises de composição centesimal

Os teores de umidade, cinzas, lipídeos e proteínas foram determinados em duplicata de acordo com as metodologias prescritas pela AOAC (2011), nas amostras de farinha e nos produtos proteicos

obtidos. Alternativamente, o teor de lipídeos foi determinado pela metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959). A análise de umidade foi realizada por secagem a 102 °C até pesagem constante, a de cinzas foi realizada por incineração a 550 °C em mufla (Quimis, Q.318.24, Brasil) até eliminação de toda a matéria orgânica e água; a análise de lipídeos foi determinada por extração com solvente orgânico e a análise de proteínas foi indireta, pelo método de Kjeldahl. Para as análises de amido, a hidrólise foi realizada de acordo com AOAC (2011) e a quantificação foi realizada de acordo com Bernfeld (1955).

Análises das propriedades funcionais

Todas as propriedades funcionais foram determinadas em duplicata pelos métodos descritos por Garcia-Vaqueiro, LopezAlonso e Hayes (2017): capacidade de retenção de água e de óleo; solubilidade; capacidade emulsificante e capacidade espumante.

Capacidade espumante e estabilidade da espuma

Foram preparados 10 mL de uma suspensão proteica de 1,5 % (m/v), em tubo graduado. A suspensão foi homogeneizada por turbilhamento (*vortex*) utilizando um agitador (Fanem Mod. 251) e o pH ajustado para 7,0. Em seguida, a suspensão foi submetida à agitação em um agitador (IKA Ultra Turrax[®]T18 Basic) a aproximadamente 20000 rpm por 1 min. Em seguida, o volume de espuma gerado foi medido. Para avaliar a estabilidade da espuma, registrou-se o volume a cada 15 min durante o período de 1 h. O cálculo da capacidade de espumante FC (*Foam Capacity*) foi realizado utilizando a Equação 1, enquanto a estabilidade da espuma FS (*Foam Stability*) foi realizada utilizando a Equação 2, utilizando os volumes de espuma depois de 15, 30, 45 e 60 min.

$$FC (\%) = \frac{VE}{V_0} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:

VE: volume da espuma gerado pela homogeneização (mL)

V₀: volume inicial da solução proteica antes da homogeneização (mL)

$$FS (\%) = \frac{V_t}{V_0} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

V_t: volume da espuma após o período de espera (mL)

V₀: volume da espuma inicial pela homogeneização (mL)

Capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão

Para a análise, foi preparada 10 mL de uma suspensão proteica de 1,0 % (g de proteína por 100 mL de suspensão) em tubo graduado. A suspensão foi homogeneizada por turbilhamento (*vortex*), e o pH foi ajustado para 7,0. Para a formação da emulsão, óleo foi adicionado em duas etapas para assegurar a qualidade do procedimento. Primeiramente, adicionaram-se 7,5 mL de óleo, seguidos de agitação por 30 s a 1300 rpm. Em seguida, a outra metade (7,5 mL) foi acrescentada, com nova agitação de 90 s a 1300 rpm. A suspensão resultante foi centrifugada por 5 min a 1500 rpm, anotando-se o volume total do conteúdo do tubo e o volume da emulsão formada.

Para testar a estabilidade da emulsão, os tubos foram submetidos a um aquecimento em banho a 85 °C por 15 min, seguido de resfriamento por 10 min. Os tubos foram centrifugados por 5 min a 1500 rpm, e os volumes totais e de emulsão foram anotados. O cálculo da capacidade emulsificante EC (*Emulsifying Capacity*) foi realizado utilizando a Equação 3, enquanto a estabilidade da emulsão ES (*Emulsifying Stability*) foi determinada pela Equação 4.

$$EC (\%) = \frac{VM}{VT} \cdot 100 \quad (3)$$

Em que:

VM: volume da emulsão após centrifugação (mL)

VT: volume total do tubo após centrifugação (mL)

$$ES (\%) = \frac{VC}{V_0} \cdot 100 \quad (4)$$

Em que:

VC: volume da emulsão após aquecimento (mL)

VT: volume original da emulsão (mL)

Solubilidade

Inicialmente, os tubos vazios com tampas foram pesados. Em seguida, foi preparado um volume de 10 mL de uma suspensão proteica de 1,0 % de p/v (g de proteína por 100 mL de suspensão). Os tubos contendo a suspensão foram homogeneizados turbilhonamento (*vortex*), e o pH foi ajustado para valores de 2,0; 4,5; 7,0; 9,5 e 12,0. Após o ajuste, os tubos foram novamente homogeneizados para garantir a uniformidade.

Posteriormente, os tubos foram centrifugados por 30 min a 4000 rpm. Após a centrifugação, foram coletadas amostras de 3 g dos sobrenadantes para análise de proteína. O cálculo da solubilidade (S) foi realizado utilizando a Equação 5.

$$S (\%) = \frac{PS}{PD} \cdot 100 \quad (5)$$

Em que:

PS: quantidade de proteína no sobrenadante (g)

PD: quantidade original de proteína na dispersão (g)

Capacidade de retenção de água e de óleo

A análise foi realizada em pH 7,0. Quatro tubos foram utilizados (dois para retenção de água e dois para retenção de óleo). Inicialmente, os tubos vazios foram pesados. Em seguida, foi preparada uma suspensão de 15 mL contendo 0,25 g de pó proteico em tubos graduados. Foram adicionados 1,5 mL de água à metade dos tubos e 1,5 mL de óleo à outra metade. As dispersões foram homogeneizadas utilizando um *vortex*, o pH foi ajustado conforme necessário, e os tubos foram novamente agitados no *vortex* para assegurar a uniformidade.

Após a homogeneização, os tubos foram centrifugados a 2200 rpm por 30 min. Após a centrifugação, o sobrenadante foi cuidadosamente descartado, e os tubos contendo o sedimento foram pesados novamente. O cálculo da retenção de água WHC (*Water Holding Capacity*) e de óleo OHC (*Oil Holding Capacity*) foram realizados utilizando a Equação 6.

$$WHC(\%) \text{ ou } OHC(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \cdot 100 \quad (6)$$

Em que:

W0: massa da amostra seca (g)

W1: massa do tubo mais pó (g)

W2: massa do tubo mais o sedimento (g)

Análise Estatística

Os resultados de composição centesimal dos dois pós obtidos foram analisados estatisticamente (ANOVA), para avaliar diferenças de médias. Todas as análises foram realizadas no software Minitab® versão 16.2.3.

Cálculo do Rendimento

O rendimento foi calculado analisando a quantidade de proteína total obtida na secagem em relação a quantidade de proteína inicial do processo, sendo representado pela Equação 7.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{M1}{M0} \cdot 100 \quad (7)$$

Em que:

M0: massa inicial de proteína do processo (g)

M1: massa total de proteína obtida no produto após secagem (g)

Resultados e Discussão

A farinha de ervilha foi caracterizada, e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal da farinha de ervilha

Farinha de ervilha	
Umidade (%)	8,3 ± 0,1
Cinzas (%)	2,538 ± 0,004
Lipídeos (%)	1,47 ± 0,02
Proteínas (%)	25,3 ± 0,4

Os pós obtidos no *spray dryer* foram coletados em duas partes distintas do equipamento: uma parte saiu pela câmara e a outra pelo ciclo. Os dois tipos de pó obtidos eram visualmente distintos.

Os resultados das análises de composição centesimal estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição centesimal dos produtos do *Spray dryer*

	Pó do ciclone	Pó da câmara
Umidade (%)	5,4 ± 0,1 ^a	4,036 ± 0,004 ^b
Cinzas (%)	3,09 ± 0,02 ^a	2,87 ± 0,02 ^a
Lipídeos (%)	6,7 ± 0,2 ^a	6,80 ± 0,09 ^a
Proteínas (%)	76,5 ± 0,7 ^a	77,6 ± 0,6 ^b
Amido (%)	4,3 ± 0,9 ^a	3,9 ± 0,6 ^a

*Médias com letras diferentes, na mesma linha, indicam diferença significativa

Após comparação entre as amostras, verificou-se que os dois pós apresentaram teores estatisticamente equivalentes de proteína, lipídeos, cinzas e amido, como mostrado na Tabela 1. As únicas diferenças estatísticas foram observadas nos teores de umidade e de proteína, com uma variação inferior a 1,5%. Dada essa diferença mínima, pode-se considerar que os pós apresentam composições centesimais equivalentes. Apesar disso, os dois produtos apresentaram diferenças visíveis marcantes no que se refere à cor e aspecto, o que pode ser observado na Figura 3. Entretanto seriam necessárias análises objetivas para melhor comparação entre suas características.

O aspecto mais escuro do pó da câmara indica que esse produto foi submetido a temperatura mais alta, ocasionando queima.

Os resultados de composição deste estudo apresentaram valores inferiores aos reportados por Arteaga *et al.*, 2021. Esses autores obtiveram proteínas de 12 diferentes cultivares de ervilha, por meio de um processo similar ao deste trabalho, com diferenças nas condições de temperatura, centrifugação e secagem em *spray dryer*.

Foram obtidos neste trabalho, nos pós do ciclone e da câmara, respectivamente, teores de umidade de 5,4% e 4,0% e de proteína de 80,8 % (em base seca), enquanto que os da literatura foram de 7,5 % e 86,7 % para umidade e proteína, respectivamente. No entanto, apesar de inferiores, os teores de proteína ainda são altos, indicando que os resultados são promissores. O teor de cinzas foi mais baixo (3,3 % e 3,0 % em base seca) em comparação aos 6,2% da literatura, enquanto os lipídeos

foram similares, com 7,1 % em relação ao padrão de 7,8%.

Figura 3 – Pó do ciclone (esquerda) e pó da câmara (direita)



O amido, presente em 4,3% e 3,9% nos pós, se mostrou ausente no trabalho publicado por Arteaga *et al.*, 2021.

Devido à pequena quantidade de amostra disponível de pó proveniente da câmara, apenas o pó coletado no ciclone foi utilizado para análises das propriedades funcionais. Os resultados estão apresentados a seguir.

A Tabela 3 apresenta os resultados de capacidade espumante, capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão.

Tabela 3 – Capacidade espumante e emulsificante do pó do ciclone

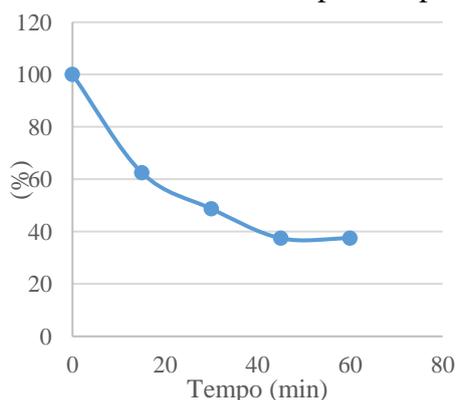
	(% v/v)	(mL/g proteína)
Capacidade espumante (FC)	100,0	66,7
Capacidade emulsificante (EC)	66,3 ± 0,5	663
Estabilidade da emulsão (ES)*	86 ± 8	

* Após 15 minutos a 85 °C

O pó apresentou alta capacidade emulsificante mostrando que 1 g de proteína é capaz de produzir mais de 600 mL de emulsão. Além disso, a emulsão apresentou boa estabilidade quando aquecida a 85 °C. Entretanto, a capacidade emulsificante (66,3 %) mostrou-se inferior aos obtidos por Stone *et al.*, 2015 (entre 188 % e 244 % em 6 produtos obtidos), assim como sua estabilidade (97 % a 100 %). Convém ressaltar que tanto a capacidade emulsificante quanto a estabilidade da emulsão foram determinadas por métodos diferentes.

Quanto à capacidade espumante, apresentou-se boa produzindo 100 % de espuma em relação ao volume inicial, correspondendo a 67 mL de espuma/g proteína. Entretanto, a estabilidade da espuma não foi satisfatória. A Figura 4 apresenta os resultados de estabilidade da espuma (FS) a pH 7,00 durante 60 min de análise.

Figura 4 – Estabilidade da espuma a pH 7,00



Ao comparar os resultados da capacidade espumante com valores encontrados na literatura, observa-se que o valor de 100 % foi consideravelmente inferior aos valores de 133 % a 266 % descritos por Stone *et al.*, 2015. Foram inferiores aos obtidos também por Ansen e Aluko, 2022, que obtiveram, em média, entre 150 % e 200 %. É importante mencionar que esses autores utilizaram processos diferentes para a obtenção da proteína.

Também a estabilidade da espuma (cerca de 50 %) foi inferior à maioria dos resultados obtidos por Stone *et al.*, 2015 (63 % a 78 %), após 30 min, apesar de haver dois resultados bem próximos (49 % e 53 %). Foi similar aos resultados obtidos por Ansen e Aluko, 2022, entre 40 e 60 %. Parte das diferenças pode ser atribuída aos métodos de obtenção dos produtos utilizados pelos autores citados. Outro fator foi o desvio alto observado nos nossos resultados, indicando a necessidade de condições experimentais mais controladas e uma maior quantidade de réplicas.

A Tabela 4 apresenta os resultados de capacidade de retenção de água e de óleo do pó.

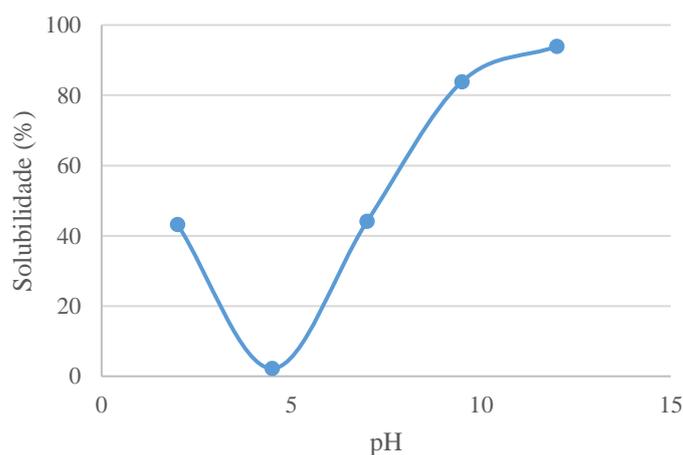
Tabela 4 – Capacidade de retenção de água e de óleo do pó do ciclone

Propriedade	(g/100 g de amostra)
Retenção de água (WHC)	597 ±113
Retenção de óleo (OHC)	598 ±113

De acordo com os resultados obtidos, o pó foi capaz de reter aproximadamente seis vezes a massa inicial para ambos os líquidos. Esses resultados apresentaram-se superiores aos obtidos por Stone *et al.*, 2015, que obtiveram capacidade de retenção de água de 0,3 a 3,5 vezes a massa inicial e de 3,5 a 5,4 vezes a massa inicial quanto à capacidade de retenção de óleo dos seus nove produtos. Também foram superiores aos resultados obtidos por Ansen e Aluko, 2022, que obtiveram resultados inferiores a 1 para ambas as análises.

A Figura 5 apresenta os resultados de solubilidade das proteínas do pó, em diferentes valores de pH.

Figura 5 – Solubilidade das proteínas em função do pH.



Como esperado, a solubilidade apresentou-se mínima em valor de pH de 4,5 e máxima em pH de 12,00. Esses resultados são consistentes com os obtidos por Barac *et al.*, 2010; Boye *et al.*, 2010 e Tanager *et al.*, 2020; Ansen e Aluko, 2022 e Ma *et al.*, 2022. Em valores de pH próximos ao 4,5 as proteínas da ervilha apresentam solubilidade mínima devido à proximidade com o ponto isoelétrico. Em soluções com valores de pH mais distantes há maior solubilidade dessas proteínas em função do aumento da repulsão eletrostática.

Para uma avaliação das perdas de proteínas ao longo dos procedimentos realizados, foram realizadas análises de teor de proteínas nas seguintes amostras: ervilha, sobrenadante e precipitado

resultantes da hidrólise enzimática, sobrenadante e precipitado obtidos na etapa de extração, sobrenadante e precipitado da precipitação isoelétrica, e os pós coletados tanto do ciclone quanto da câmara do *spray dryer*. Os resultados de tais perdas estão evidenciados na Tabela 5 e os percentuais apresentados referem-se sempre ao total de proteína da etapa anterior.

Tabela 5 – Perdas percentuais de proteína em cada etapa do processo

Material descartado	Perda* (%)
Sobrenadante da hidrólise	23,6
Precipitado da extração	31,0
Sobrenadante da precipitação isoelétrica	13,8
Secagem	35,5

* Relativa à etapa anterior

Observa-se que o processo, embora tenha gerado um produto com alto teor de proteínas, apresentou baixo rendimento de proteínas (22,3 %) em relação à quantidade inicial de proteínas na farinha. Stone *et al.*, 2015 observaram rendimentos entre 31 % e 77 % considerando o processo todo. Entretanto, a desidratação foi realizada por meio de liofilização, o que evita perdas pois nesse método o material não se movimenta durante o processo como ocorre com o *spray dryer*.

No processo deste trabalho, as maiores perdas foram observadas nas etapas de extração e de secagem. No que se refere à extração, o rendimento poderia ser melhorado por meio de ajustes nas condições de processo, como tempo e temperatura de extração, condições de centrifugação, aumento do volume de solvente e adição de NaCl na solução extratora.

Quanto à secagem, a perda deve-se às limitações do equipamento utilizado, que é de bancada, e não apresenta flexibilidade para ajustes a valores mais baixos de vazão de ar e temperatura de entrada, e fluxo da bomba peristáltica. É provável que realizar a secagem utilizando um equipamento que permita trabalhar em maior escala e que apresente maior flexibilidade na escolha dos parâmetros de secagem.

Conclusões

Todas as conclusões referem-se ao produto proteico obtido do ciclone.

O isolado proteico apresentou a seguinte composição centesimal: (5,4 ± 0,1) % de umidade, (3,09 ± 0,02) % de cinzas, (6,7 ± 0,2) de lipídeos, (76,5 ± 0,7) de proteínas e (4,3 ± 0,9) % de amido.

Quanto ao isolado proteico propriamente, apresentou alto teor de proteína, com 80,8 % em base seca e baixo rendimento (22,3% em relação à proteína total da farinha de ervilha). Ajustes no processo, como alteração nas condições de extração (proporção farinha : solução extratora, pH, temperatura, condições de centrifugação), otimização dos parâmetros do *spray dryer* e o aumento da quantidade inicial de ervilha, podem contribuir para melhorar o rendimento e a eficiência de coleta no ciclone.

Quanto às propriedades funcionais, apresentou excelentes capacidades de absorção de água e de óleo, de cerca de 600 g de água e de óleo por 100 g de amostra; excelente capacidade emulsificante, de 663 mL de óleo/g de proteína, com boa estabilidade (86 % após aquecimento por 15 minutos a 85 °C, seguido de centrifugação); boa capacidade espumante de 100 %, mas com baixa estabilidade (cerca de 50 % após 30 minutos); e, como esperado, mínima solubilidade em pH 4,5 e máxima solubilidade em pH 12,0.

Os derivados proteicos de ervilha verde obtidos mostraram-se promissores para uso na indústria alimentícia, oferecendo alto teor de proteínas e boas propriedades funcionais, como capacidade espumante e emulsificante e de retenção de água e óleo.

Referências Bibliográficas

- Abd El-Galil, A.A.; El-Dein, A.N.; Awad, H.M.; Helmy, W.A. (2021) Chemical composition and biological activities of aqueous extracts and their sulfated derivatives of pea peel (*Pisum sativum* L.) *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, **35**, 102077.
- Ansen, N.D. e Aluko, R.E. (2022) Physicochemical and functional properties of membrane-fractionated heat-induced pea protein aggregates. *Frontiers in Nutrition*, **9**, 852225.
- Arteaga, V.G.; Kraus, S.; Schott, M.; Muranyi, I.; Schweiggert-Weisz, U.; Eisner, P. (2021) Screening of Twelve Pea (*Pisum Sativum* L.) Cultivars and Their Isolates Focusing on the Protein Characterization, Functionality, and Sensory Profiles. *Foods*, **10**, 758.
- Association of Official Agricultural Chemists (2011) *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Horwitz, William; Latimer Jr.; George W. (Ed.), 18. ed. Maryland, AOAC.
- Barac, M.B.; Cabrilo, S.; Pesic, M.; Stanojevic, S. (2010) Profile and Functional Properties of Seed Proteins from Six Pea (*Pisum sativum*) Genotypes. *International Journal of Molecular Sciences*, **11**, 4973-90.
- Bernfeld, P. Amylase α and β . *Methods in Enzymology*, **1**, 149-158.
- Bligh, E. G.; Dyer, W. J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**, 911–917.
- Boye, J.I.; Aksay, S.; Roufik, S.R.; Ribéreau, S.; Mondor, M.; Farnworth, E.; Rajamohamed, S.H. (2010) Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, **43**, 537-546.
- CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. Disponível em <https://ceagesp.gov.br/>. Acesso em 05/12/2024.
- CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Disponível em <https://www.cnabrazil.org.br/>. Acesso em 05/12/2024.
- Daba, S.D.; Morris, C.F. (2022) Pea proteins: variation, composition, genetics, and functional properties. *Cereal Chemistry*, **88**, 8-20.
- Garcia-Vaquero, M.; Lopez-Alonso, M.; Hayes, M. (2017) Assessment of the functional properties of protein extracted from the brown seaweed *Himanthalia elongata* (Linnaeus) S. F. Gray, *Food Research International*, **99**, 971-978.
- Ma, K.K.; Greis, M.; Lu, J.; Nolden, A.A.; McClements, D.J.; Kinchla, A.J. (2022) Functional performance of plant proteins. *Foods*, **11**, 594.
- Stone, A.K.; Karalash, A.; Tyler, R.T.; Warkentin, T.D.; Nickerson, M.T. (2015) Functional Attributes of Pea Protein Isolates Prepared Using Different Extraction Methods and Cultivars. *Food Research International*, **76**, 31–38.
- Tanger, C.; Engel, J.; Kulozik, U. (2020) Influence of Extraction Conditions on the Conformational Alteration of Pea Protein Extracted from Pea Flour. *Food Hydrocolloids*, **107**, 105949.