

James - Franklyn

Artículo de Revisión 2026-AJDE-FJR.docx

 Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:563697132

Fecha de entrega

4 mar 2026, 4:44 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

4 mar 2026, 4:50 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Artículo de Revisión 2026-AJDE-FJR.docx

Tamaño del archivo

1.1 MB

31 páginas

7386 palabras

41.947 caracteres

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	es.scribd.com	<1%
2	Trabajos entregados	Universidad de Costa Rica on 2025-11-10	<1%
3	Internet	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr	<1%
4	Internet	sedici.unlp.edu.ar	<1%
5	Internet	www.agronegocios.pe	<1%
6	Internet	pmc.ncbi.nlm.nih.gov	<1%
7	Trabajos entregados	Universidad San Francisco de Quito on 2025-12-09	<1%
8	Trabajos entregados	Corporación Universitaria Lasallista on 2025-07-09	<1%
9	Trabajos entregados	Universidad Anahuac México Sur on 2025-08-09	<1%
10	Trabajos entregados	Universidad del País Vasco on 2025-05-13	<1%
11	Trabajos entregados	Universidad Técnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE o...	<1%

12	Internet	doczz.es	<1%
13	Internet	revistas.uceva.edu.co	<1%
14	Internet	worldwidescience.org	<1%
15	Publicación	C. Giulioni, A. Singh, S.K. Yuen, C. Nedbal et al. "¿Influye el tipo de anestesia en los...	<1%
16	Internet	bdigital.zamorano.edu	<1%
17	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
18	Internet	hdl.handle.net	<1%
19	Trabajos entregados	Universidad Miguel Hernandez Servicios Informaticos on 2025-09-29	<1%
20	Trabajos entregados	Universidad San Francisco de Quito on 2025-12-05	<1%
21	Internet	doi.org	<1%
22	Internet	epsir.net	<1%
23	Internet	pubmed.ncbi.nlm.nih.gov	<1%
24	Internet	www.thefreelibrary.com	<1%
25	Trabajos entregados	Consortio CIXUG on 2025-07-14	<1%

26	Publicación	Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (P...	<1%
27	Publicación	Sadhana Singh, Santosh Kumar Upadhyay. "Millets as Superfood - Biochemistry, ...	<1%
28	Trabajos entregados	UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR) on 2025-07-07	<1%
29	Trabajos entregados	Universidad Miguel Hernandez Servicios Informaticos on 2021-03-26	<1%
30	Internet	bindani.izt.uam.mx	<1%

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela Profesional de Nutrición Humana



TÍTULO DEL PROYECTO

**Digestibilidad proteica, composición nutricional y aceptabilidad de una sopa
crema a base de garbanzo, soja y pituca**

Por:

Andy James Delgado Estrella
Franklin Jinez Ruiz

Asesor:

Mg. Yaquelin Eveling Calizaya Milla

Lima, marzo de 2025

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Jaquelin Eveling Calizaya Milla Asesora de la Facultad de ciencias de la salud, Escuela Profesional de Nutrición Humana, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: *"DIGESTIBILIDAD PROTEICA, COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y ACEPTABILIDAD DE UNA SOPA CREMA A BASE DE GARBANZO, SOJA Y PITUCA"* constituye la memoria que presentan los bachilleres "ANDY JAMES DELGADO ESTRELLA Y FRANKLIN JINEZ RUIZ" para aspirar al título de Profesional de Nutrición Humana ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, el **XX** de marzo del año 2025.

(Asesor)

Título del proyecto

TESIS

Presentado para optar por el título profesional de Licenciado en Nutrición Humana

JURADO CALIFICADOR

Dr. XXXXXXXX XXXXXXXX XXXX
Presidenta

Mg. XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX
Secretaria

Lic. XXXXXX XXXXX XXXXX XXXXX
Vocal

Mg. Jaquelin Eveling Calizaya Milla
Asesora

Lima, xx. De marzo del 2025

DEDICATORIA

Dedicación del trabajo a Dios y a mi familia

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a las personas que han contribuido para el desarrollo de la investigación, si no hubiera ningún agradecimiento no presentar la página.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
TABLAS DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
RESUMEN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ABSTRACT	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
INTRODUCCIÓN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
MATERIALES Y MÉTODOS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
RESULTADOS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
DISCUSIÓN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ANEXOS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ÍNDICE DE TABLAS

Resumen

Este estudio evaluó la digestibilidad in vitro de la pepsina (fase gástrica) y la composición aproximada de mezclas de harina de garbanzo, soja y pituca formuladas como sopas cremosas instantáneas, y las comparó con una sopa comercial a base de guisantes. Se produjeron dos formulaciones: SC1 (garbanzo 30%, soja 45%, pituca 5%) y SC2 (garbanzo 35%, soja 25%, pituca 20%), y se compararon con el producto comercial (SCC; harina de guisantes 94%). El análisis aproximado (métodos basados en AOAC) mostró que SC1 tenía el mayor contenido de proteínas y grasas (24,4% y 15,6%, respectivamente) y el mayor valor energético (413,6 kcal/100 g), mientras que SC2 presentaba valores intermedios (17,9% de proteínas; 9,1 % de grasas; 377,5 kcal/100 g). El SCC presentó el menor contenido de grasa (1,6%) y el mayor contenido de carbohidratos (64,6%), con el menor valor energético (353,2 kcal/100 g). La digestibilidad de la pepsina fue alta para todos los productos, pero difirió significativamente entre las muestras, con SCC mostrando el valor más alto (91,6 mg/100 g) en comparación con SC1 (89,8 mg/100 g) y SC2 (89,3 mg/100 g). La aceptabilidad por parte de los consumidores (n = 104; escala hedónica de 9 puntos) favoreció a las sopas formuladas en todos los atributos y en la valoración general, con SC1 y SC2 obteniendo puntuaciones más altas que SCC ($p < 0,01$). El análisis de conglomerados identificó patrones de preferencia heterogéneos, incluyendo un segmento con una fuerte preferencia por SC2 sobre SCC. En general, las mezclas de garbanzos, soja y pituca son bases prometedoras para sopas cremosas instantáneas, ya que combinan perfiles nutricionales diferenciados con una aceptación superior por parte de los consumidores.

Palabras clave: garbanzo; soja; pituca; sopa instantánea en crema; composición aproximada; digestibilidad in vitro con pepsina; aceptabilidad por parte del consumidor.

Abstract

This study evaluated the in vitro pepsin digestibility (gastric phase) and proximate composition of chickpea–soy–taro flour blends formulated as instant cream soups, and compared them with a commercial pea-based soup. Two formulations were produced: SC1 (chickpea 30%, soy 45%, taro 5%) and SC2 (chickpea 35%, soy 25%, taro 20%), and were benchmarked against the commercial product (SCC; pea flour 94%). Proximate analysis (AOAC-based methods) showed that SC1 had the highest protein and fat contents (24.4% and 15.6%, respectively) and the highest energy value (413.6 kcal/100 g), whereas SC2 presented intermediate values (17.9% protein; 9.1% fat; 377.5 kcal/100 g). SCC exhibited the lowest fat content (1.6%) and the highest carbohydrate content (64.6%), with the lowest energy value (353.2 kcal/100 g). Pepsin digestibility was high for all products but differed significantly among samples, with SCC showing the highest value (91.6 mg/100 g) compared with SC1 (89.8 mg/100 g) and SC2 (89.3 mg/100 g). Consumer acceptability (n = 104; 9-point hedonic scale) favored the formulated soups across all attributes and overall liking, with SC1 and SC2 scoring higher than SCC ($p < 0.01$). Cluster analysis identified heterogeneous preference patterns, including a segment with a strong preference for SC2 over SCC. Overall, chickpea–soy–taro blends are promising bases for instant cream soups, combining differentiated nutritional profiles with superior consumer acceptance.

Keywords: chickpea; soy; taro; instant cream soup; proximate composition; in vitro pepsin digestibility; consumer acceptability

1. Introducción

La creciente demanda de alimentos precocinados ricos en nutrientes y de origen vegetal ha intensificado el interés por reformular categorías clásicas, como las sopas y las cremas, para crear productos que ofrezcan un mayor valor nutricional sin comprometer la calidad sensorial. Las sopas de verduras y las cremas son muy consumidas y tecnológicamente versátiles, lo que las convierte en un vehículo atractivo para el enriquecimiento y la innovación, especialmente en

formatos en polvo o instantáneos, donde la estabilidad de conservación y la rapidez de preparación son atributos clave del mercado (Fernández-López et al., 2020).

En este contexto, las proteínas vegetales procedentes de legumbres y semillas oleaginosas están recibiendo una atención constante debido a su potencial nutricional y a su consonancia con los objetivos del sistema alimentario impulsados por la sostenibilidad. Sin embargo, el valor nutricional de las proteínas vegetales no viene determinado únicamente por el contenido de proteína bruta, sino que está fuertemente condicionado por la digestibilidad, que rige la bioaccesibilidad de los aminoácidos y, en última instancia, la calidad de las proteínas. La digestibilidad está influenciada por la estructura intrínseca de las proteínas (por ejemplo, la composición de la globulina), los componentes antinutricionales y la matriz alimentaria, incluidas las interacciones con polisacáridos y fenoles que pueden limitar la accesibilidad de las enzimas durante la digestión gastrointestinal (Kamiloglu et al., 2024).

Entre los ingredientes candidatos, el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) ha ganado protagonismo porque su rendimiento tecnológico y su calidad nutricional pueden ajustarse mediante el procesamiento (hidratación, tratamiento térmico, molienda), lo que puede reducir los factores antinutricionales y modificar la funcionalidad de las proteínas en los alimentos formulados (R. Kaur & Prasad, 2021; Takıl & Kayan, 2024). Paralelamente, la soja sigue siendo una fuente de proteína vegetal de referencia, pero su digestibilidad puede verse limitada en formas menos procesadas por la microestructura de las semillas y los compuestos antinutricionales; por el contrario, el procesamiento térmico húmedo y operaciones como la molienda, la cocción, la fermentación o la germinación pueden mejorar la susceptibilidad a la hidrólisis y los resultados generales de digestibilidad (Kohli & Singha, 2024). Estas consideraciones son especialmente relevantes para las matrices de sopas instantáneas, en las que el enriquecimiento proteico debe coexistir con una viscosidad, dispersión y palatabilidad aceptables.

Una oportunidad adicional de diseño surge al incorporar harina de pituca (*Colocasia esculenta*) como componente rico en almidón que puede mejorar la cremosidad y el comportamiento de reconstitución. La harina de pituca presenta propiedades funcionales y de pegajosidad que son sensibles a las condiciones de secado/procesamiento, atributos directamente relevantes para las sopas instantáneas, donde la cinética de hidratación y la textura son factores clave de calidad (M. Kaur et al., 2011). Es importante destacar que añadir una fracción con predominio de almidón también puede influir en la digestibilidad de las proteínas a través de efectos matriciales, lo que podría alterar el acceso de las proteasas gástricas y la solubilización de las fracciones proteicas durante la digestión (Kamiloglu et al., 2024).

Para evaluar estas ventajas e inconvenientes de las formulaciones, se utilizan ampliamente métodos de digestión in vitro como herramientas de cribado pragmáticas. Los métodos estandarizados, como el protocolo INFOGEST, proporcionan condiciones armonizadas para comparar alimentos e ingredientes, mientras que se han propuesto modelos semidinámicos para reflejar mejor las condiciones gástricas dependientes del tiempo y las transiciones estructurales que afectan a la acción enzimática (Brodkorb et al., 2019; Mulet-Cabero et al., 2020). En aplicaciones centradas en las proteínas, la proteólisis gástrica (actividad de la pepsina) es un paso especialmente informativo para diferenciar la resistencia impulsada por la matriz e identificar formulaciones que pueden tener un rendimiento inferior al esperado a pesar de sus altos niveles de proteína bruta (Tavano et al., 2016).

14 En consecuencia, el objetivo de este estudio fue caracterizar el perfil de macronutrientes y la digestibilidad con pepsina de mezclas de harina de garbanzo, soja y pituca formuladas para una aplicación en sopas cremosas instantáneas, y comparar su rendimiento con el de un producto comercial en polvo a base de guisantes. Este enfoque comparativo es relevante porque los ingredientes de proteína de guisante son cada vez más frecuentes en las formulaciones comerciales de origen vegetal, pero su comportamiento digestivo y la medida en que las matrices alternativas de legumbres y tubérculos pueden

igualar o superar su rendimiento, sigue dependiendo de la formulación y requiere una evaluación específica del producto (Santos-Hernández et al., 2020).

2. Materiales y métodos

2.1. Diseño del estudio, entorno y muestras

Este estudio comparativo de laboratorio evaluó (i) la digestibilidad de la pepsina, (ii) la composición aproximada y (iii) la aceptabilidad por parte de los consumidores de dos mezclas secas experimentales para sopa cremosa instantánea formuladas a partir de harinas de garbanzo, soja y pituca, y una sopa cremosa instantánea comercial a base de guisantes utilizada como comparador. La formulación experimental y la preparación del producto se llevaron a cabo en el Laboratorio de Técnicas Dietéticas de la Facultad de Nutrición Humana de la Universidad Peruana Unión (UPeU). Los análisis de composición aproximada y digestibilidad con pepsina se realizaron en la Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). La evaluación sensorial se llevó a cabo en la UPeU con consumidores adultos (≥ 18 años).

2.2. Materias primas y reactivos

Se utilizaron garbanzos secos (*Cicer arietinum* L.) y soja (*Glycine max* L.) como principales legumbres. Se incorporaron taro (*Colocasia esculenta*; conocido localmente como “pituca”) y verduras (zanahoria, tomate y pimiento) como componentes de la harina. Se utilizaron ajo en polvo deshidratado y sal como condimentos.

El comparador comercial (sopa instantánea de guisantes; SCC) se compró en un envase sellado en un supermercado local de Lima, Perú. Se registraron la

12 marca, el número de lote, la fecha de caducidad y la lista completa de ingredientes para garantizar la trazabilidad.

30 Para los ensayos de digestibilidad de la pepsina, se utilizaron pepsina porcina (procedente de la mucosa gástrica; se registraron la actividad enzimática y el proveedor), ácido clorhídrico, hidróxido de sodio y reactivos de grado analítico. 25 Todos los productos químicos y reactivos eran de grado analítico, salvo que se indique lo contrario.

2.3. Preparación de harinas de legumbres

1 Los garbanzos y la soja se remojaron en agua potable durante 12 horas, se enjuagaron bien con agua corriente y se cocinaron en agua a 93 °C durante 1 hora. La soja se descascarilló antes de cocinarla. Las legumbres cocidas se enfriaron a temperatura ambiente y se trituraron hasta obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 3 mm. El material se deshidrató a 73 °C durante 8-10 horas hasta obtener una textura seca. Las legumbres secas se molieron (molino mezclador) y se tamizaron con un tamiz de malla n.º 70 (212 µm) para obtener harinas finas (~0,2 mm). Las harinas se envasaron en bolsas de celofán y se almacenaron en condiciones secas y oscuras hasta su formulación.

2.4. Preparación de harinas de tubérculos y verduras

24 La pituca y las verduras (zanahoria, tomate, pimiento) se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio preparada a razón de 10 ml por 1 l de agua destilada, y luego se enjuagaron con agua destilada. La pituca se peló y se cortó en trozos de 3-4 cm. Las verduras se limpiaron (se eliminaron las semillas y las venas, según correspondiera). La pituca se escaldó durante 6 minutos; las verduras se escaldaron durante 4 minutos. El tomate se escurrió para eliminar el exceso de agua y las semillas, y se peló después de escaldarlo. 4 Los materiales escaldados se enfriaron en agua destilada a 5 °C durante 4 minutos, se escurrieron, se cortaron en láminas de 3 mm y se deshidrataron a 60 °C durante 26

1

10-12 horas. Los materiales secos se molieron y se tamizaron con un tamiz/colador de acero inoxidable hasta obtener un polvo fino. Los polvos se envasaron en bolsas de celofán y se almacenaron en condiciones secas y oscuras hasta su uso.

2.5. Formulación de mezclas secas para sopas cremosas instantáneas

Se evaluaron tres productos: SC1 (experimental): harina de garbanzo 30%, harina de soja 45%, harina de pituca 5%, otros ingredientes 20%. SC2 (experimental): harina de garbanzo 35 %, harina de soja 25%, harina de pituca 20%, otros ingredientes 20%. SCC (control comercial): harina de guisante 94%, otros ingredientes 6% (según lo declarado en la etiqueta).

Los “otros ingredientes” incluían harinas vegetales (zanahoria, tomate, pimienta) y condimentos (ajo en polvo, sal). Cada formulación se mezcló hasta obtener una homogeneidad en una bolsa hermética apta para alimentos (tipo zip) mediante mezcla manual durante un tiempo estandarizado (recomendación: ≥ 5 min) y, a continuación, se almacenó en recipientes herméticos hasta su análisis.

2.6. Reconstitución de sopa para pruebas sensoriales

Para la evaluación sensorial, cada mezcla seca se reconstituyó utilizando una preparación estandarizada para minimizar la variabilidad. En resumen, se llevaron a ebullición (100 °C) 300 ml de agua. Paralelamente, se dispersó una masa fija de mezcla seca en 300 ml de agua fría para formar una pasta, que luego se añadió gradualmente al agua hirviendo mientras se removía continuamente para evitar la formación de grumos. La mezcla se cocinó a fuego medio durante 5 minutos más, removiendo suavemente de forma continua, y luego se sirvió caliente en condiciones controladas (recomendado: 50-60 °C al servir).

2.7. Composición aproximada

El contenido de humedad, proteína bruta, grasa bruta, ceniza y fibra bruta se determinó utilizando procedimientos aproximados basados en AOAC (Horwitz, 1960), tal y como se suele indicar en estudios sobre composición de alimentos revisados por pares: humedad mediante secado en horno a 105 °C hasta masa constante (AOAC 925.10), las cenizas mediante incineración en mufla a 550 °C (AOAC 923.03), la proteína bruta mediante determinación de nitrógeno Kjeldahl (AOAC 979.09) utilizando un factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6,25 para expresar la proteína bruta (aunque se reconoce que pueden tenerse en cuenta factores específicos de la matriz para algunos alimentos) (Mariotti et al., 2008), la grasa bruta mediante extracción Soxhlet con un disolvente no polar adecuado (por ejemplo, éter de petróleo) (AOAC 920.39) y la fibra bruta mediante digestión ácido-álcali secuencial (AOAC 962.09); los carbohidratos totales se estimaron por diferencia como $100 - (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{cenizas} + \text{fibra})$. Todas las determinaciones se realizaron al menos por triplicado y los resultados se expresaron como media $\pm$ DE (preferiblemente en base seca para harinas/mezclas secas en las tablas finales) (Fairulnizal et al., 2020).

2.8. Digestibilidad in vitro con pepsina

La digestibilidad de la pepsina se determinó mediante un método de hidrólisis enzimática in vitro en fase gástrica, descrito como una adaptación de los índices establecidos de digestibilidad de las proteínas, con especificación completa de la actividad enzimática, el pH, la temperatura y el tiempo de incubación (Akeson y Stahmann, 1964; Brodkorb et al., 2019). En resumen, se dispersó una masa conocida de cada mezcla de sopa seca (registrada en base a la materia seca) en un medio acidificado ajustado al pH gástrico (normalmente 2,0-3,0) y se equilibró a 37 °C bajo agitación continua. A continuación, se añadió pepsina porcina (de la mucosa gástrica) para alcanzar una actividad enzimática predefinida (U/mL) y/o una relación enzima-sustrato, y las muestras se incubaron a 37 °C durante un tiempo determinado (normalmente 2-3 h) con agitación para garantizar una proteólisis homogénea. La reacción se detuvo mediante neutralización a un pH de aproximadamente 7,0. La fracción no digerida se recuperó por centrifugación, se lavó, se secó hasta alcanzar un peso constante y se cuantificó su contenido de nitrógeno/proteína mediante el método Kjeldahl

(Santos-Sánchez et al., 2024). La digestibilidad de la pepsina se calculó como la proporción de proteína inicial que no se recuperó en el residuo:

$$\text{Digestibilidad de la Pepsina (\%)} = 100 \left(1 - \frac{\text{proteína (o N) en el residuo}}{\text{proteína inicial (o N) en la muestra}} \right)$$

Todas las determinaciones se realizaron al menos por triplicado, y se incluyeron blancos/controles adecuados para tener en cuenta el nitrógeno de fondo y la variabilidad del método.

2.9. Prueba de aceptabilidad del consumidor

Se realizó una prueba de aceptabilidad por parte de los consumidores con participantes adultos (≥ 18 años), entre los que se incluían personal de restauración, miembros del cuerpo docente y estudiantes universitarios familiarizados con el consumo de sopas cremosas. Los participantes eran elegibles si no informaban de alteraciones en el gusto o el olfato y no tomaban medicamentos que pudieran afectar a la percepción sensorial; todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito antes de participar. La participación fue voluntaria y las respuestas se recopilaron de forma anónima y se trataron de forma confidencial con fines exclusivamente de investigación. El protocolo del estudio para la evaluación sensorial fue revisado y aprobado por el Comité de Ética en Investigación y Bioética de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Peruana Unión (UPeU) (n.º de aprobación 2025-CEB-FCS-UPeU-Nro.028/2025) y se llevó a cabo de acuerdo con las normas éticas establecidas en el Código de Ética para la Investigación de la UPeU (CoEIn-UPeU). Cada participante evaluó tres muestras codificadas (SC1, SC2 y SCC) servidas en orden aleatorio para minimizar los efectos de orden y arrastre, y calificó el color, el olor, el sabor, la cremosidad/textura y el agrado general utilizando una escala hedónica de 9 puntos (1 = me desagrada extremadamente; 9 = me agrada extremadamente).

3. Resultados

3.1. Composición proximal de las mezclas secas para sopas cremas instantáneas

Se observaron claras diferencias en la composición aproximada entre las dos formulaciones experimentales (SC1 y SC2) y el producto comercial a base de guisantes (SCC) (Tabla 1). SC1 presentó el mayor contenido de proteína bruta (24,4%) y de grasa bruta (15,6%), lo que dio como resultado el mayor valor energético (413,6 kcal/100 g). Por el contrario, SCC mostró el mayor contenido de carbohidratos (64,6%) y el menor contenido de grasa (1,6%), con un valor energético inferior (353,2 kcal/100 g). SC2 presentó un perfil de macronutrientes intermedio, con menos proteínas y grasas que SC1 y más carbohidratos que SC1, en consonancia con su mayor inclusión de pituca y menor proporción de soja (Tabla 1).

Table 1. Composición proximal de las mezclas secas para sopas cremas instantáneas (media $\pm$ SD; n = 3).

Componente	SC1 (Media $\pm$ SD)	SC2 (Media $\pm$ SD)	SCC (Media $\pm$ SD)
Humedad (%)	8.1 ^a $\pm$ 0.06	8.8 ^b $\pm$ 0.06	7.7 ^c $\pm$ 0.06
Proteína total (%)	24.4 ^a $\pm$ 0.06	17.9 ^b $\pm$ 0.03	20.1 ^c $\pm$ 0.06
Grasa (%)	15.6 ^a $\pm$ 0.06	9.1 ^b $\pm$ 0.06	1.6 ^c $\pm$ 0.06
Fibra bruta (%)	1.01 ^a $\pm$ 0.03	1.04 ^b $\pm$ 0.03	1.8 ^c $\pm$ 0.03
Ceniza (%)	8.0 ^a $\pm$ 0.06	8.2 ^b $\pm$ 0.06	6.0 ^c $\pm$ 0.06
Carbohidratos (%)	43.9 ^a $\pm$ 0.06	56.0 ^b $\pm$ 0.06	64.6 ^c $\pm$ 0.06
Energía total (kcal/100 g)	413.6 ^a $\pm$ 0.81	377.5 ^b $\pm$ 0.29	353.2 ^c $\pm$ 0.46

SC1: Harina de garbanzo 30 %, harina de soja 45 %, harina de pituca 5 %, otros 20 %; SC2: harina de garbanzo 35 %, harina de soja 25 %, harina de pituca 20 %, otros 20 %; SCC: sopa comercial a base de guisantes (harina de guisantes 94 %, otros 6 %). Las diferentes letras en superíndice dentro de la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre los productos (ANOVA unidireccional; HSD de Tukey; $p < 0,05$).

3.2. Digestibilidad de la pepsina

La digestibilidad de la pepsina varió significativamente entre los productos (fig. 1). Los valores oscilaron entre 89,3 y 91,6 mg/100 g, siendo el comparador comercial a base de guisantes (SCC) el que presentó el valor más alto (91,6 mg/100 g), seguido del SC1 (89,8 mg/100 g) y el SC2 (89,3 mg/100 g) (fig. 1).

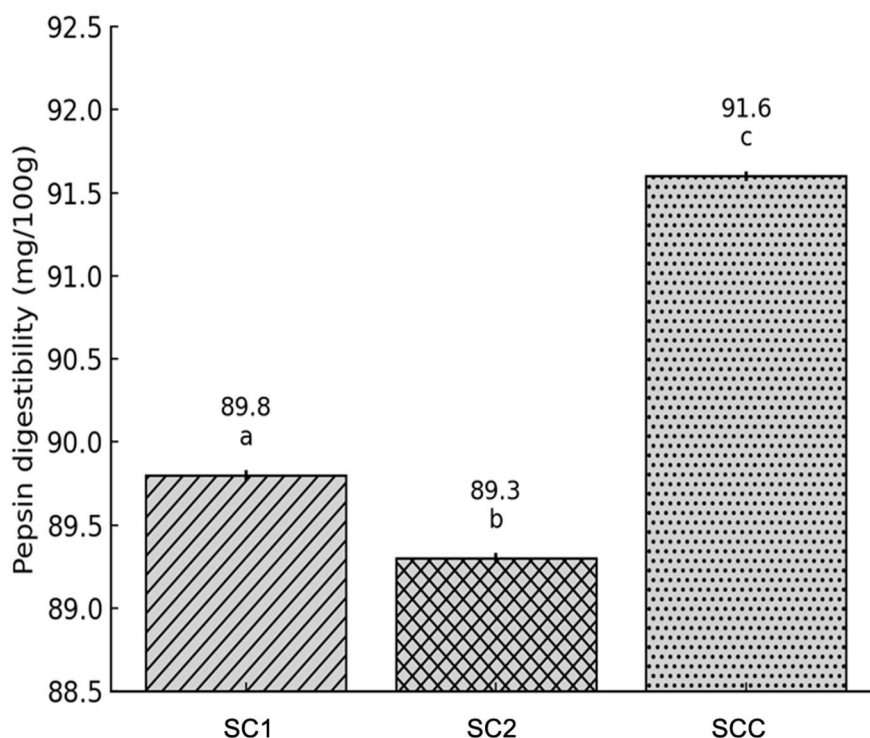


Figura 1. Digestibilidad de la pepsina (mg/100 g) de tres productos de sopa instantánea en crema.

Las barras representan la media $\pm$ error estándar ($n = 3$). Las letras diferentes (a-c) indican diferencias significativas entre los productos (ANOVA unidireccional; HSD de Tukey; $p < 0,05$).

3.3. Aceptabilidad del consumidor

Participaron un total de 105 consumidores; 104 proporcionaron respuestas completas y se incluyeron en el análisis sensorial. Las calificaciones hedónicas en la escala de 9 puntos indicaron que ambas formulaciones experimentales obtuvieron una puntuación significativamente más alta que el producto comercial en todos los atributos evaluados (sabor, color, cremosidad/textura, olor y agrado general) (Tabla 2). Concretamente, SC1 y SC2 obtuvieron puntuaciones

similares (todos los valores p indicaban que no había diferencias significativas en este conjunto de datos), mientras que SCC recibió puntuaciones consistentemente más bajas en todos los atributos (Tabla 2). Estos patrones son visualmente coherentes con el perfil sensorial comparativo que se muestra en la Fig. 2.

Tabla 2. Gusto general y atributos sensoriales de las sopas evaluadas (media $\pm$ DE; $n = 104$).

Atributo sensorial	SC1 (Media $\pm$ SD)	SC2 (Media $\pm$ SD)	SCC (Media $\pm$ SD)
Sabor	6.64 $\pm$ 1.92 ^a	6.80 $\pm$ 1.78 ^a	5.29 $\pm$ 2.30 ^b
Color	6.91 $\pm$ 1.71 ^a	6.83 $\pm$ 1.63 ^a	5.61 $\pm$ 2.28 ^b
Cremosidad/textura	6.89 $\pm$ 1.71 ^a	6.93 $\pm$ 1.48 ^a	5.71 $\pm$ 2.18 ^b
Olor	6.70 $\pm$ 1.87 ^a	6.80 $\pm$ 1.89 ^a	5.44 $\pm$ 2.26 ^b
OA	6.64 $\pm$ 1.95 ^a	6.91 $\pm$ 1.63 ^a	5.27 $\pm$ 2.26 ^b

OA: Aceptabilidad general. SC1: harina de garbanzo 30%, harina de soja 45%, harina de pituca 5%, otros 20%; SC2: harina de garbanzo 35%, harina de soja 25%, harina de pituca 20%, otros 20%; SCC: sopa comercial a base de guisantes (harina de guisantes 94%, otros 6%).

Las diferentes letras en superíndice dentro de la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre los productos (ANOVA unidireccional; HSD de Tukey; $p < 0,05$).



Figura 2. Perfil sensorial comparativo (puntuaciones hedónicas medias) de las dos formulaciones experimentales y el comparador comercial.

Atributos: sabor, color, cremosidad/textura, olor y aceptabilidad general (OA). Las calificaciones son medias en una escala hedónica de 9 puntos (1 = me desagrada mucho; 9 = me gusta mucho), evaluadas por 104 consumidores.

3.4. Segmentación de preferencias de los consumidores

El análisis jerárquico de conglomerados identificó tres segmentos de consumidores con patrones de preferencia distintos (Tabla 3). El conglomerado 1 (44,2 %) mostró una preferencia uniformemente alta por todos los productos, incluido el SCC, mientras que el conglomerado 2 (21,2 %) calificó todos los productos con una puntuación más baja, lo que indica una respuesta generalmente menos favorable a los productos de sopa cremosa. El grupo 3 (34,6 %) mostró una marcada preferencia por las formulaciones experimentales, en particular la SC2, mientras que calificó la SCC sustancialmente más baja en múltiples atributos, especialmente en cuanto a preferencia general, sabor y cremosidad/textura (Tabla 3). En todos los atributos, las diferencias entre los grupos fueron estadísticamente significativas para cada columna de productos (todas $p < 0,001$), lo que respalda una heterogeneidad significativa en los perfiles de preferencia de los consumidores (Tabla 3).

Tabla 3. Grupos de consumidores y valoraciones hedónicas por grupo (media $\pm$ DE).

Atributo	Cúmulo (n, %)	SC1 (Media $\pm$ SD)	SC2 (Media $\pm$ SD)	SCC (Media $\pm$ SD)
OA	Cluster 1 (46; 44.2%)	7.65 $\pm$ 1.37 ^a	7.61 $\pm$ 1.29 ^a	6.96 $\pm$ 1.60 ^a
	Cluster 2 (22; 21.2%)	4.86 $\pm$ 1.78 ^b	4.95 $\pm$ 1.17 ^b	4.91 $\pm$ 1.77 ^b
	Cluster 3 (36; 34.6%)	6.44 $\pm$ 1.89 ^c	7.22 $\pm$ 1.33 ^a	3.33 $\pm$ 1.49 ^b
	<i>p-value</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Color	Cluster 1 (46; 44.2%)	7.83 $\pm$ 1.08 ^a	7.61 $\pm$ 1.22 ^a	7.07 $\pm$ 1.34 ^a
	Cluster 2 (22; 21.2%)	5.36 $\pm$ 1.76 ^b	5.14 $\pm$ 1.39 ^b	5.55 $\pm$ 1.56 ^b
	Cluster 3 (36; 34.6%)	6.69 $\pm$ 1.60 ^c	6.86 $\pm$ 1.48 ^a	3.78 $\pm$ 2.29 ^b

	<i>p-value</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cremosidad/ textura	Cluster 1 (46; 44.2%)	7.96 ± 0.89 ^a	7.48 ± 1.23 ^a	7.28 ± 1.44 ^a
	Cluster 2 (22; 21.2%)	5.18 ± 1.68 ^b	5.86 ± 1.42 ^b	5.64 ± 1.25 ^b
	Cluster 3 (36; 34.6%)	6.58 ± 1.57 ^c	6.89 ± 1.47 ^a	3.75 ± 1.78 ^c
	<i>p-value</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Sabor	Cluster 1 (46; 44.2%)	7.65 ± 1.34 ^a	7.52 ± 1.23 ^a	7.07 ± 1.45 ^a
	Cluster 2 (22; 21.2%)	4.82 ± 1.94 ^b	4.68 ± 1.39 ^b	4.95 ± 1.76 ^b
	Cluster 3 (36; 34.6%)	6.47 ± 1.68 ^c	7.17 ± 1.61 ^a	3.22 ± 1.55 ^c
	<i>p-value</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Olor	Cluster 1 (46; 44.2%)	7.54 ± 1.42 ^a	7.80 ± 1.11 ^a	7.04 ± 1.40 ^a
	Cluster 2 (22; 21.2%)	4.50 ± 1.82 ^b	4.41 ± 1.47 ^b	4.91 ± 1.80 ^b
	Cluster 3 (36; 34.6%)	6.97 ± 1.29 ^a	6.97 ± 1.63 ^a	3.72 ± 1.98 ^b
	<i>p-value</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001

OA: Aceptabilidad general. SC1: harina de garbanzo 30 %, harina de soja 45 %, harina de pituca 5 %, otros 20 %; SC2: harina de garbanzo 35 %, harina de soja 25 %, harina de pituca 20 %, otros 20 %; SCC: sopa comercial a base de guisantes (harina de guisantes 94 %, otros 6 %).

Los valores de cada columna de productos con diferentes superíndices (a-c) indican diferencias significativas entre los grupos ($p < 0,001$). $n = 104$.

2.10. Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando IBM SPSS Statistics (versión 30). Los resultados continuos de laboratorio (composición aproximada y digestibilidad con pepsina; $n = 3$ determinaciones por producto) se resumieron como media ± DE. La normalidad y la homogeneidad de las varianzas se evaluaron utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Cuando se cumplieron los supuestos, se examinaron las diferencias entre los productos (SC1, SC2 y SCC) utilizando un ANOVA unidireccional, seguido de la prueba HSD de Tukey para comparaciones múltiples; en caso contrario, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis con las comparaciones por pares post hoc adecuadas y el ajuste de multiplicidad. Los datos de aceptabilidad por parte de los consumidores de la escala hedónica de 9 puntos (cada participante evaluó todas las muestras) se analizaron mediante la prueba de Friedman, y los resultados significativos se siguieron de pruebas de rangos con signo de

22 Wilcoxon por pares con valores p ajustados por Holm. Los segmentos de preferencia de los consumidores se exploraron mediante un análisis jerárquico de conglomerados (método de Ward; distancia euclídea al cuadrado) basado en perfiles de preferencia individuales estandarizados, y las diferencias entre los conglomerados se evaluaron mediante pruebas no paramétricas, según procediera. Todas las pruebas fueron bilaterales y la significación estadística se fijó en $p < 0,05$.

4. Discussion

4.1. Diferencias en la composición de macronutrientes determinadas por la formulación

15 Las mezclas de garbanzos, soja y pituca mostraron un perfil nutricional claramente diferenciado en comparación con la sopa comercial a base de guisantes (Tabla 1). SC1 presentó el mayor contenido de proteína bruta ($24,4 \% \pm 0,04$) y grasa bruta ($15,6 \% \pm 0,09$) y, en consecuencia, el mayor valor calórico ($413,6 \pm 0,44$ kcal/100 g), mientras que SC2 presentó un contenido intermedio de proteína ($17,9 \% \pm 0,07$) y grasa ($9,1 \% \pm 0,10$) con un mayor contenido de carbohidratos ($56,0 \% \pm 0,04$). Por el contrario, el producto comercial (SCC) tenía el menor contenido de grasa ($1,6 \% \pm 0,04$) y el mayor contenido de carbohidratos ($64,6 \% \pm 0,07$), lo que le confería la menor densidad energética ($353,2 \pm 0,59$ kcal/100 g). Estos cambios son coherentes con la distribución conocida de macronutrientes de las harinas de legumbres (ricas en proteínas) frente a las harinas de tubérculos (ricas en almidón), donde el aumento de la proporción de pituca tiende a aumentar la contribución de carbohidratos y la capacidad espesante, mientras que una mayor proporción de soja suele elevar tanto las fracciones de proteínas como las de lípidos. (Falade & Okafor, 2014; M. Kaur et al., 2011).

4.2. Interpretación de la digestibilidad de la pepsina en el contexto de los efectos de la matriz alimentaria

Todas las sopas mostraron valores elevados en el indicador de digestibilidad de la pepsina; sin embargo, SCC presentó un valor significativamente más alto que SC1 y SC2 (Figura 1). Es importante destacar que este patrón sugiere que la proteólisis en la fase gástrica de estos productos no se explica únicamente por la concentración de proteínas, sino también por la accesibilidad física de las proteínas dentro de la matriz de la sopa. Trabajos anteriores demuestran que la hidrólisis de las proteínas vegetales durante la digestión está fuertemente condicionada tanto por la fuente de proteínas como por la arquitectura de la matriz alimentaria, y que la organización supramolecular (agregación, formación de redes y estructura de fase) afecta a la difusión de las enzimas y a la exposición del sustrato (Reynaud et al., 2020).

Una explicación mecánica plausible para la mayor digestibilidad de la pepsina en el CCS es un historial de procesamiento industrial más extenso que reduce las barreras estructurales a la proteólisis. El procesamiento puede promover el despliegue y la desnaturalización parcial (aumentando la susceptibilidad enzimática) o, por el contrario, inducir la agregación (disminuyendo potencialmente la accesibilidad), por lo que el efecto neto depende de la severidad del proceso y del contexto de la matriz. Las revisiones centradas en las legumbres destacan que la digestibilidad se ve frecuentemente limitada por la encapsulación de la pared celular y los factores antinutricionales, y que las tecnologías de procesamiento tradicionales y emergentes pueden mejorar la digestibilidad al romper las barreras estructurales y reducir las restricciones antinutricionales (Nosworthy et al., 2020; Ohanenye et al., 2022).

En las formulaciones actuales, la composición de la matriz también puede explicar las diferencias entre SC1 y SC2. El almidón de pituca aporta viscosidad y puede favorecer una fase continua más densa que puede dificultar la movilidad de las enzimas y ralentizar la hidrólisis aparente. Se han observado efectos de matriz de este tipo cuando las proteínas se incorporan en matrices de alimentos reales (frente a sistemas acuosos), donde la viscosidad, la microestructura y las etapas de procesamiento pueden modificar los resultados de la digestión in vitro (Laguna et al., 2017; Reynaud et al., 2020).

Por último, dado que este estudio operacionalizó la digestibilidad en la fase pepsínica (gástrica), los resultados deben posicionarse explícitamente como digestibilidad en la fase gástrica, en lugar de digestibilidad gastrointestinal total o calidad proteica. Se desarrollaron protocolos armonizados, como INFOGEST, para mejorar la comparabilidad entre estudios y evitar la sobreinterpretación de los ensayos de fase única, y los modelos gástricos semidinámicos muestran además que la acidificación gradual y la cinética de vaciamiento gástrico pueden influir en el comportamiento de la proteólisis en comparación con las condiciones estáticas (Brodkorb et al., 2019; Minekus et al., 2014).

4.3. Rendimiento sensorial: posibles factores que impulsan una mayor aceptación de las mezclas formuladas

La aceptabilidad por parte de los consumidores favoreció a las sopas desarrolladas frente a la referencia comercial en todos los atributos (Tabla 2; Figura 2). Tanto SC1 como SC2 obtuvieron puntuaciones más altas en sabor (6,64-6,80 frente a 5,29), olor (6,70-6,80 frente a 5,44), cremosidad (6,89-6,93 frente a 5,71) y aceptabilidad general (6,64-6,91 frente a 5,27), con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$). Una explicación plausible es que las mezclas proporcionaban un equilibrio más deseable entre sabor/aroma y sensación en boca, que en las sopas instantáneas está fuertemente influenciado por el contenido de grasa, las interacciones entre proteínas y almidón y la capacidad de la fracción de carbohidratos para aumentar la viscosidad. En sus datos, SC1 y SC2 contenían sustancialmente más grasa que SCC (9,1-15,6% frente a 1,6%), lo que probablemente mejoró la liberación de sabor y la palatabilidad, mientras que la inclusión de harina de pituca (especialmente en SC2) favorece el espesamiento y una textura más «cremosa» gracias a su comportamiento funcional/pastoso (Falade & Okafor, 2014).

Además, cabe señalar que la composición de la muestra comercial (predominantemente harina de guisantes) puede presentar un perfil de sabor característico de las legumbres que algunos consumidores perciben como menos agradable si no se equilibra con suficientes componentes grasos y aromatizantes, mientras que las mezclas formuladas pueden haber logrado un

mejor enmascaramiento sensorial y una mayor satisfacción en cuanto a la textura. Dado que la escala hedónica de 9 puntos se utiliza ampliamente para las pruebas de aceptación por parte de los consumidores, la magnitud de las diferencias observadas aquí ($\approx 1-1,6$ puntos en la aceptabilidad general) es prácticamente significativa para las decisiones de desarrollo de productos, especialmente cuando se alinea con mejoras claras en múltiples dimensiones sensoriales (Addo-Preko et al., 2023; Wichchukit & O'Mahony, 2015).

4.4. Segmentación de consumidores: heterogeneidad importante para la optimización de productos

El análisis de conglomerados (Tabla 3) añade una capa importante más allá de las medias generales: el conglomerado 1 (44,2 %) calificó todos los productos con una puntuación relativamente alta (aceptabilidad general $\approx 8,1-8,7$), el clúster 2 (21,2 %) otorgó puntuaciones sistemáticamente bajas a todos los productos ($\approx 3,2-4,2$) y el clúster 3 (34,6 %) discriminó claramente entre las muestras, prefiriendo el SC2 (aceptabilidad general 7,22) y rechazando el SCC (3,33). Esta estructura sugiere que el SC2 puede tener la «adecuación al mercado» más sólida para un segmento considerable que es sensible a las diferencias sensoriales, mientras que el SCC es polarizante y vulnerable en ese segmento (Gere, 2023). En términos de desarrollo de productos, la segmentación apoya el uso de SC2 como principal candidato para la optimización, con un refinamiento específico (por ejemplo, ajustes de sabor/aroma) destinado a convertir el segmento de baja aceptación sin comprometer el perfil preferido por el clúster 3 (Pereira et al., 2023).

4.5. Implicaciones prácticas y limitaciones del estudio

En conjunto, los resultados respaldan las mezclas de harina de garbanzo, soja y pituca como bases viables para sopas cremosas instantáneas que combinan altos indicadores de proteólisis en la fase gástrica con una aceptabilidad superior por parte de los consumidores en comparación con un producto comercial similar a base de guisantes. En la práctica, SC1 puede posicionarse como la opción con mayor contenido proteico y energético, mientras que SC2 parece ofrecer un perfil

sensorial favorable con una fuerte preferencia específica del segmento, lo que puede servir de base tanto para el desarrollo del producto como para el posicionamiento específico del consumidor (Boye et al., 2010).

6

Este estudio tiene limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados. En primer lugar, la digestibilidad de las proteínas solo se evaluó durante la fase gástrica (pepsina); por lo tanto, los resultados deben interpretarse como un indicador de la digestibilidad en la fase de la pepsina y no deben extrapolarse a la digestibilidad gastrointestinal total ni a la calidad de las proteínas sin una evaluación de la fase intestinal. En segundo lugar, no se cuantificaron los factores antinutricionales que pueden modular la hidrólisis de las proteínas (por ejemplo, los inhibidores de la proteasa y el fitato); estos compuestos pueden variar según las materias primas y las condiciones de procesamiento y podrían explicar en parte las diferencias de digestibilidad entre los productos. En tercer lugar, el estudio no incluyó perfiles de aminoácidos ni métricas de calidad de las proteínas alineadas con las recomendaciones actuales (por ejemplo, DIAAS); en consecuencia, no se pueden hacer afirmaciones definitivas sobre la adecuación de los aminoácidos indispensables o la calidad de las proteínas más allá de los resultados de digestibilidad gástrica, y los trabajos futuros deberían incorporar la digestión multifásica estandarizada y los criterios de valoración de la calidad de las proteínas para mejorar la comparabilidad entre los estudios (Moughan & Lim, 2024; Ohanenye et al., 2022; Vagadia et al., 2017).

5. Conclusions

Este estudio demuestra que las mezclas de harina de garbanzo, soja y pituca pueden formularse con éxito como bases para sopas cremosas instantáneas con perfiles de macronutrientes distintivos y una alta digestibilidad en la fase gástrica (pepsina). Las formulaciones diferían significativamente en su composición nutricional: SC1 proporcionaba la mayor densidad proteica y energética, mientras que SC2 presentaba un perfil más orientado a los carbohidratos, en consonancia con su mayor proporción de pituca. Aunque la sopa comercial a base de guisantes mostró una digestibilidad de la pepsina ligeramente superior,

ambas sopas experimentales mantuvieron valores elevados en la fase de la pepsina, lo que respalda su viabilidad como productos instantáneos enriquecidos con proteínas vegetales. Es importante destacar que las pruebas con consumidores indicaron una aceptabilidad significativamente mayor para SC1 y SC2 que para la referencia comercial en cuanto a atributos sensoriales y agrado general, y la segmentación de preferencias puso de relieve respuestas heterogéneas de los consumidores, con SC2 como la opción preferida por un grupo importante de consumidores. En general, las mezclas de garbanzos, soja y pituca representan bases prometedoras para las sopas cremosas instantáneas, especialmente cuando se optimiza el equilibrio entre el enriquecimiento proteico, la textura/cremosidad y el agrado del consumidor; se justifica una investigación más profunda utilizando la digestión multifásica estandarizada y métricas de calidad proteica para reforzar la interpretación nutricional.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de este estudio están disponibles a través del autor correspondiente previa solicitud razonable. Los datos no están disponibles públicamente debido a restricciones éticas y de privacidad.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con la publicación de este artículo.

Financiación

Esta investigación no recibió financiación externa y fue financiada íntegramente por los autores

Agradecimiento

Agradecemos el apoyo brindado por el Vicerrectorado de Investigación y el Departamento de Investigación de la Universidad Peruana Unión.

Contribuciones de los autores

AJDE y FJR concibieron y diseñaron el estudio, coordinaron la preparación de las muestras, la selección de los participantes y la recopilación de datos, y redactaron la primera versión del manuscrito. MBCC contribuyó a la implementación de los procedimientos experimentales, colaboró en la redacción de las secciones «Métodos» y «Resultados», y revisó el borrador del manuscrito. YECM supervisó el estudio, realizó el análisis estadístico, interpretó los resultados y revisó críticamente el manuscrito en cuanto a su contenido intelectual. Todos los autores revisaron y aprobaron el manuscrito final y confirman que el contenido no ha sido publicado en ningún otro lugar.

Referencia

- Addo-Preko, E., Amissah, J. G. N., & Adjei, M. Y. B. (2023). The relevance of the number of categories in the hedonic scale to the Ghanaian consumer in acceptance testing. *Frontiers in Food Science and Technology*, 3, 1071216. <https://doi.org/10.3389/FRFST.2023.1071216/BIBTEX>
- Akeson, W. R., & Stahmann, M. A. (1964). A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. *The Journal of Nutrition*, 83(3), 257–261. <https://doi.org/10.1093/jn/83.3.257>
- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414–431. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2009.09.003>
- Brodkorb, A., Egger, L., Alming, M., Alvito, P., Assunção, R., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu-Lacanal, C., Boutrou, R., Carrière, F., Clemente, A., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Edwards, C., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., ... Recio, I. (2019). INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. *Nature Protocols* 2019 14:4, 14(4), 991–1014. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0119-1>
- Fairulnizal, M., Gunasegavan, R. D. N., Khalid, N. M., Balasubramaniam, V., Mustar, S., & Rashed, A. A. (2020). Recent Techniques in Nutrient Analysis for Food Composition Database. *Molecules*, 25(19), 4567. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES25194567>
- Falade, K. O., & Okafor, C. A. (2014). Physical, functional, and pasting properties of flours from corms of two Cocoyam (*Colocasia esculenta* and

- Xanthosoma sagittifolium) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3440. <https://doi.org/10.1007/S13197-014-1368-9>
- Fernández-López, J., Botella-Martínez, C., de Vera, C. N. R., Sayas-Barberá, M. E., Viuda-Martos, M., Sánchez-Zapata, E., & Pérez-Álvarez, J. A. (2020). Vegetable Soups and Creams: Raw Materials, Processing, Health Benefits, and Innovation Trends. *Plants*, 9(12), 1769. <https://doi.org/10.3390/PLANTS9121769>
- Gere, A. (2023). Recommendations for validating hierarchical clustering in consumer sensory projects. *Current Research in Food Science*, 6, 100522. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2023.100522>
- Horwitz, W. I. L. L. I. A. M. , & L. G. W. (1960). *Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis*. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Association%20of%20official%20agricultural%20chemists%20&publication_year=2012&author=AOAC
- Kamiloglu, S., Tomas, M., Ozkan, G., Ozdal, T., & Capanoglu, E. (2024). In vitro digestibility of plant proteins: strategies for improvement and health implications. *Current Opinion in Food Science*, 57, 101148. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2024.101148>
- Kaur, M., Kaushal, P., & Sandhu, K. S. (2011). Studies on physicochemical and pasting properties of Taro (*Colocasia esculenta* L.) flour in comparison with a cereal, tuber and legume flour. *Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 94. <https://doi.org/10.1007/S13197-010-0227-6>
- Kaur, R., & Prasad, K. (2021). Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*) - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 448–463. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.01.044>
- Kohli, V., & Singha, S. (2024). Protein digestibility of soybean: how processing affects seed structure, protein and non-protein components. *Discover Food* 2024 4:1, 4(1), 7-. <https://doi.org/10.1007/S44187-024-00076-W>
- Laguna, L., Picouet, P., Guàrdia, M. D., Renard, C. M. G. C., & Sarkar, A. (2017). In vitro gastrointestinal digestion of pea protein isolate as a function of pH, food matrices, autoclaving, high-pressure and re-heat treatments. *LWT*, 84, 511–519. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2017.06.021>

- Mariotti, F., Tomé, D., & Mirand, P. P. (2008). Converting nitrogen into protein--beyond 6.25 and Jones' factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), 177–184. <https://doi.org/10.1080/10408390701279749>
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., ... Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food - an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113–1124. <https://doi.org/10.1039/C3FO60702J>
- Moughan, P. J., & Lim, W. X. J. (2024). Digestible indispensable amino acid score (DIAAS): 10 years on. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1389719. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2024.1389719>
- Mulet-Cabero, A. I., Egger, L., Portmann, R., Ménard, O., Marze, S., Minekus, M., Le Feunteun, S., Sarkar, A., Grundy, M. M. L., Carrière, F., Golding, M., Dupont, D., Recio, I., Brodkorb, A., & Mackie, A. (2020). A standardised semi-dynamic in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. *Food & Function*, 11(2), 1702–1720. <https://doi.org/10.1039/C9FO01293A>
- Nosworthy, M. G., Medina, G., Franczyk, A. J., Neufeld, J., Appah, P., Utioh, A., Frohlich, P., Tar'an, B., & House, J. D. (2020). Thermal processing methods differentially affect the protein quality of Chickpea (*Cicer arietinum*). *Food Science & Nutrition*, 8(6), 2950. <https://doi.org/10.1002/FSN3.1597>
- Ohanenye, I. C., Ekezie, F. G. C., Sarteshnizi, R. A., Boachie, R. T., Emenike, C. U., Sun, X., Nwachukwu, I. D., & Udenigwe, C. C. (2022). Legume Seed Protein Digestibility as Influenced by Traditional and Emerging Physical Processing Technologies. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 2299, 11(15), 2299. <https://doi.org/10.3390/FOODS11152299>
- Pereira, L. S., de Moraes, B. K. B., Borba, E. M., Roldan, B. B., Padilha, R. L., & Sant'Anna, V. (2023). Consumers' Segmentation Influences Acceptance and Preferences of Cheeses with Sanitary Inspection and Artisanal Seals. *Foods*, 12(20), 3805. <https://doi.org/10.3390/FOODS12203805>
- Reynaud, Y., Lopez, M., Riaublanc, A., Souchon, I., & Dupont, D. (2020). Hydrolysis of plant proteins at the molecular and supra-molecular scales

- during in vitro digestion. *Food Research International*, 134.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109204>
- Santos-Hernández, M., Alfieri, F., Gallo, V., Miralles, B., Masi, P., Romano, A., Ferranti, P., & Recio, I. (2020). Compared digestibility of plant protein isolates by using the INFOGEST digestion protocol. *Food Research International*, 137, 109708.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109708>
- Santos-Sánchez, G., Miralles, B., Brodkorb, A., Dupont, D., Egger, L., & Recio, I. (2024). Current advances for in vitro protein digestibility. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1404538. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2024.1404538>
- Takıl, E., & Kayan, N. (2024). Morphological and Phenological Attributes of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Affected by Different Growing Conditions, Zeolite and Nitrogen Applications. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12(s1), 2050–2059.
<https://doi.org/10.24925/TURJAF.V12IS1.2050-2059.7030>
- Tavano, O. L., Neves, V. A., & da Silva Júnior, S. I. (2016). In vitro versus in vivo protein digestibility techniques for calculating PDCAAS (protein digestibility-corrected amino acid score) applied to chickpea fractions. *Food Research International*, 89(Pt 1), 756–763.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.005>
- Vagadia, B. H., Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2017). Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 115–125. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.02.003>
- Wichchukit, S., & O'Mahony, M. (2015). The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science: some reappraisals and alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11), 2167–2178.
<https://doi.org/10.1002/JSFA.6993>