

# TÍTULO PROFESIONAL CALLA-HUALPA-VARGAS\_VB\_15.5.26.docx

 Universidad Peruana Union

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:596843614

Fecha de entrega

2 jun 2026, 12:27 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

30 jun 2026, 11:24 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TÍTULO PROFESIONAL CALLA-HUALPA-VARGAS\_VB\_15.5.26.docx

Tamaño del archivo

4.2 MB

34 páginas

11.091 palabras

60.774 caracteres

# 10% 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

- 8%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 7%  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

- 8% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 7% 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 | hdl.handle.net         | <1% |
| 2  | Internet | www.coursehero.com     | <1% |
| 3  | Internet | api.index-360.com      | <1% |
| 4  | Internet | patents.google.com     | <1% |
| 5  | Internet | www.tdx.cat            | <1% |
| 6  | Internet | eprints.ucm.es         | <1% |
| 7  | Internet | conrado.ucf.edu.cu     | <1% |
| 8  | Internet | www.scribd.com         | <1% |
| 9  | Internet | es.biomedicalhouse.com | <1% |
| 10 | Internet | www.researchgate.net   | <1% |
| 11 | Internet | www.tandfonline.com    | <1% |

|    |                     |                                                                                    |     |
|----|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12 | Trabajos entregados | Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador on 2021-1... | <1% |
| 13 | Internet            | cienciasagricolas.inifap.gob.mx                                                    | <1% |
| 14 | Internet            | accedacris.ulpgc.es                                                                | <1% |
| 15 | Internet            | bdigital.zamorano.edu                                                              | <1% |
| 16 | Internet            | www.ayv.unrc.edu.ar                                                                | <1% |
| 17 | Trabajos entregados | UNIVERSIDAD TURNITIN + INTEGRACION AULA VIRTUAL on 2025-09-24                      | <1% |
| 18 | Trabajos entregados | Universidad Autónoma de Nuevo León on 2016-07-12                                   | <1% |
| 19 | Internet            | repositoriobibliotecas.uv.cl                                                       | <1% |
| 20 | Trabajos entregados | Universidad Nacional Agraria La Molina on 2026-01-09                               | <1% |
| 21 | Trabajos entregados | Universidad Nacional del Centro del Peru on 2024-11-13                             | <1% |
| 22 | Publicación         | Wenjuan Lou, Bo Li, Grevtseva Nataliya. "The influence of Cabernet Sauvignon wi... | <1% |
| 23 | Internet            | rein.umcc.cu                                                                       | <1% |
| 24 | Internet            | revmedmilitar.sld.cu                                                               | <1% |
| 25 | Trabajos entregados | Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2025-11-21                           | <1% |

|    |                     |                                                                                       |     |
|----|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 26 | Internet            | journal.onlineeducation.center                                                        | <1% |
| 27 | Internet            | www.reumatologiaclinica.org                                                           | <1% |
| 28 | Internet            | www.scielo.org.mx                                                                     | <1% |
| 29 | Publicación         | Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lentej...  | <1% |
| 30 | Publicación         | Katarzyna Gendera, Stanimir Georgiev, Andreas Eicken, Andrea Amici et al. "Impl...    | <1% |
| 31 | Trabajos entregados | Universidad Europea de Madrid on 2026-05-22                                           | <1% |
| 32 | Trabajos entregados | Universidad de Celaya on 2025-11-10                                                   | <1% |
| 33 | Internet            | elcato.org                                                                            | <1% |
| 34 | Internet            | periodicos.unemat.br                                                                  | <1% |
| 35 | Publicación         | Rui Liu, Guang Yang, Jiamin Guo, Tao Wu, Wenjie Sui, Min Zhang. " Effects of incor... | <1% |
| 36 | Trabajos entregados | Universidad Nacional de Trujillo on 2025-10-16                                        | <1% |
| 37 | Publicación         | Javier Gerardo Zuzunaga Rosas. "Evaluación del producto bioestimulante BALOX ...      | <1% |
| 38 | Publicación         | Jiménez, Javier Alexander. "Estudio del fruto del borojó para la obtención de com...  | <1% |
| 39 | Publicación         | Paredes, Irving Marlon Reascos. "Acquisition and Implantation of Software in Sm...    | <1% |

|    |                     |                                                                                       |     |
|----|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 40 | Trabajos entregados | Alfaisal University on 2018-04-10                                                     | <1% |
| 41 | Publicación         | Geraldo F V Bayão, Augusto C Queiroz, Róberson M Pimentel, Samuel G Freitas et ...    | <1% |
| 42 | Publicación         | Mariola Kozłowska, Iwona Ścibisz, Dorota Zaręba, Małgorzta Ziarno. "Antioxidant ...   | <1% |
| 43 | Trabajos entregados | Mondragon Unibertsitatea on 2026-05-29                                                | <1% |
| 44 | Trabajos entregados | Universidad Nacional Agraria La Molina on 2024-05-14                                  | <1% |
| 45 | Trabajos entregados | Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2026-04-24                       | <1% |
| 46 | Publicación         | Yuniel Méndez, Yenny Torres, Yilian Pérez, Misleidi Romás, Edilmar Cortés. "Effect... | <1% |
| 47 | Internet            | dehesa.unex.es                                                                        | <1% |
| 48 | Internet            | fdocuments.ec                                                                         | <1% |
| 49 | Internet            | ojs.brazilianjournals.com.br                                                          | <1% |
| 50 | Internet            | www.peru.com                                                                          | <1% |
| 51 | Internet            | www.reccardioclinics.org                                                              | <1% |
| 52 | Publicación         | Elena Díez Sánchez. "Aprovechamiento de subproductos de zumos de frutos rojos...      | <1% |
| 53 | Publicación         | María Fernanda Amaya Villalva, Gustavo González-Aguilar, Ofelia Rouzaud Sánd...       | <1% |

|    |                     |                                                                 |     |
|----|---------------------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 54 | Trabajos entregados | Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2026-04-24 | <1% |
| 55 | Trabajos entregados | Universidad Nacional de Tumbes on 2019-06-25                    | <1% |
| 56 | Trabajos entregados | Universidad San Ignacio de Loyola on 2025-12-03                 | <1% |
| 57 | Trabajos entregados | Universidad de Burgos UBUCEV on 2025-07-16                      | <1% |
| 58 | Internet            | inba.info                                                       | <1% |
| 59 | Internet            | repositorio.unprg.edu.pe                                        | <1% |
| 60 | Internet            | sedici.unlp.edu.ar                                              | <1% |
| 61 | Internet            | tesis.ipn.mx                                                    | <1% |
| 62 | Internet            | www.grafiati.com                                                | <1% |
| 63 | Internet            | www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa                            | <1% |

# **UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**Escuela Profesional de Nutrición Humana**



## **Valorización del okara en yogur a base de soja: efectos sobre las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes, prebióticas y sensoriales.**

Tesis para obtener el Título Profesional de Licenciadas en Nutrición

### **Autor:**

Vivian Calla Quispe  
Jadely Lisbeth Hualpa Condori  
Sheyla Carolina Vargas Solano

### **Asesor:**

Mg. Yaquelin E. Calizaya Milla

Lima, mayo 2026

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Yaquelin Eveling Calizaya Milla docente de la Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Nutrición Humana, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Valorización del okara en yogur a base de soja: efectos sobre las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes, prebióticas y sensoriales”** de las autoras Vivian Calla Quispe, Jadely Lisbeth Hualpa Condori y Sheyla Carolina Vargas Solano, tiene un índice de similitud de ..... % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima a los 15 días del mes de mayo del año 2026

(el asesor firma este documento)

---

Nombres y apellidos del asesor

**Colocar el Acta de Sustentación firmada y  
escaneada**

*(No olvide eliminar esta y otras indicaciones)*

## AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

2 A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de este camino, por darme sabiduría, perseverancia y la oportunidad de cumplir una de mis metas más importantes.

A mis padres Vilma y Rafael, por su amor incondicional, esfuerzo y sacrificio constante, por apoyarme en todo momento y enseñarme a nunca rendirme ante las dificultades. A mis hermanos Rafael, Rafvi y Josué, por acompañarme y motivarme siempre.

A mi abuelito Aurelio, por sus consejos, su cariño y por ser un ejemplo de esfuerzo y dedicación en mi vida.

A todos mis familiares y amigos que siempre creyeron y siguen creyendo en mí, gracias por su lealtad

### *Vivian Calla Quispe*

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por permitirme llegar a esta etapa tan importante de mi vida, por guiarme en el camino de esta carrera y por acompañarme en cada desafío. Aunque al inicio muchas veces no comprendía el propósito de algunas situaciones, hoy entiendo que todo sucede por una razón y confío en que Él tiene grandes planes para mi vida.

2 A mi querido padre, Alberto Hualpa Condori, por confiar siempre en mí y brindarme su apoyo incondicional en cada meta que me propongo. Gracias por recordarme, en los momentos de preocupación e incertidumbre, que soy capaz de lograr grandes cosas. Asimismo, agradezco todo el esfuerzo y los recursos que me brindaste para poder seguir adelante. Te quiero y aprecio mucho, papá.

A mi querida madre, Delia Condori Ccori, por su amor, dedicación y constante preocupación por mi bienestar y crecimiento personal y profesional. Gracias por estar siempre pendiente de mí, por darme lo mejor que estuvo a tu alcance y por acompañarme con tus consejos en los momentos difíciles. Tu apoyo y cariño han sido fundamentales en este camino. Te quiero y aprecio mucho, mamá.

A mi querido hermano menor, Benjair Hualpa Condori, por alegrarme siempre con tu cariño y ocurrencias, por creer en mí y en mis capacidades. Como hermana mayor, espero poder ser para ti un ejemplo, una guía y un apoyo en cada etapa de tu vida, así como tú también has sido una motivación para mí. Te quiero mucho, hermanito.

### *Jadely Lisbeth Hualpa Condori*

2 Dedico esta tesis principalmente a Dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta aquí y gracias a su amor infinito demostrado en cada paso de mi vida.

2 A mi bella, amorosa e insuperable madre Carolina Solano Prieto por todo su consejos, apoyo y comprensión en los momentos más difíciles siendo la que me dio todo el valor que necesito para salir adelante, ayudándome con los recursos necesarios para poder culminar esta etapa, quien me ha dado todo lo que soy hoy en día y a quien estaré infinitamente agradecida. Te amo.

50 A mis abuelitos Liduvina Prieto de Solano y Jadiel Solano Salvatierra quienes fueron mi soporte por muchos años y que hoy uno de ellos ya no está, gracias por su constante esfuerzo de inculcarme valores y principios que me acompañaran por el resto de mi vida. Los amo.

### *Sheyla Carolina Vargas Solano*

## ÍNDICE

|                                                                                            |                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>1. Introducción .....</b>                                                               | <b>7</b>                     |
| <b>2. Materiales y métodos .....</b>                                                       | <b>8</b>                     |
| 2.1. Materias primas y cultivo iniciador.....                                              | 8                            |
| 2.2. Preparación de la bebida de soja y la harina de okara.....                            | 9                            |
| 2.3. Preparación de yogures a base de soja enriquecidos con okara .....                    | 9                            |
| 2.4. Análisis fisicoquímicos.....                                                          | 10                           |
| 2.5. Extracción de compuestos fenólicos.....                                               | 11                           |
| 2.6. Determinación del contenido total de fenoles .....                                    | 11                           |
| 2.7. Capacidad de eliminación de radicales DPPH.....                                       | 11                           |
| 2.8. Actividad prebiótica estimada mediante ensayo de proliferación bacteriana.....        | 12                           |
| 2.9. Evaluación sensorial .....                                                            | 13                           |
| 2.10. Declaración de ética .....                                                           | 13                           |
| 2.11. Análisis estadístico.....                                                            | 13                           |
| <b>3. Resultado y discusiones.....</b>                                                     | <b>13</b>                    |
| 3.1. Propiedades fisicoquímicas de los yogures a base de soja enriquecidos con okara ..... | 14                           |
| 3.2. Contenido total de fenoles y capacidad antioxidante .....                             | 17                           |
| 3.3. Actividad prebiótica estimada .....                                                   | 19                           |
| 3.4. Aceptabilidad sensorial y preferencia de los panelistas .....                         | 21                           |
| 3.4. Aceptabilidad sensorial y preferencia de los panelistas .....                         | 22                           |
| 3.5. Interpretación integrada y formulación óptima.....                                    | 25                           |
| <b>4. Conclusiones.....</b>                                                                | <b>24</b>                    |
| Declaración de contribución de autoría CRediT .....                                        | Error! Bookmark not defined. |
| Declaración de conflicto de intereses .....                                                | Error! Bookmark not defined. |
| Fondos .....                                                                               | Error! Bookmark not defined. |
| Expresiones de gratitud .....                                                              | Error! Bookmark not defined. |
| Declaración ética.....                                                                     | Error! Bookmark not defined. |
| Declaración de disponibilidad de datos.....                                                | Error! Bookmark not defined. |

## Valorización del okara en yogur a base de soja: efectos sobre las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes, prebióticas y sensoriales.

### Resumen

El okara, un subproducto del procesamiento de la soja, representa un ingrediente prometedor para el desarrollo de alimentos vegetales de valor añadido. Este estudio evaluó el efecto de la incorporación de okara en las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes, prebióticas y sensoriales del yogur a base de soja. Se utilizó un yogur comercial como muestra de referencia y se prepararon cuatro formulaciones de yogur a base de soja: yogur a base de soja sin okara (SY) y yogures a base de soja enriquecidos con 0,25 %, 0,35 % y 0,50 % de okara (SYO-0,25, SYO-0,35 y SYO-0,50, respectivamente). Se analizaron las muestras para determinar el pH, los sólidos solubles, la acidez titulable, el contenido total de fenoles, la capacidad de eliminación de radicales DPPH, la actividad prebiótica estimada y la aceptabilidad sensorial. La adición de okara produjo solo cambios moderados en las propiedades fisicoquímicas de los yogures a base de soja y no afectó significativamente la acidez titulable entre las formulaciones a base de soja. SYO-0.50 mostró el mayor contenido fenólico total y capacidad antioxidante, alcanzando  $9.75 \pm 0.10$  mg GAE/100 g FW y  $7.44 \pm 0.15$   $\mu$ mol TE/100 g FW, respectivamente. La actividad prebiótica estimada fue significativamente mayor en SYO-0.35 y SYO-0.50 que en SY, con actividades relativas de 135.6% y 138.5%, respectivamente. La evaluación sensorial mostró que SYO-0.35 tuvo la puntuación de aceptabilidad general más alta y fue la formulación preferida, seleccionada por el 44.6% de los panelistas. Estos hallazgos indican que el okara puede valorizarse como ingrediente funcional en yogur a base de soya. Aunque SYO-0.50 mostró el perfil antioxidante más fuerte, SYO-0.35 proporcionó el mejor equilibrio entre rendimiento funcional y aceptabilidad sensorial.

**Palabras clave:** Okara; yogur a base de soja; alimento fermentado de origen vegetal; capacidad antioxidante; actividad prebiótica; aceptabilidad sensorial.

### 3 1. Introducción

33 La demanda de alimentos fermentados de origen vegetal ha aumentado considerablemente debido a los cambios en las preferencias de los consumidores, incluyendo el interés por las dietas sostenibles, las alternativas lácteas, los productos sin lactosa y los alimentos con valor funcional añadido. En este contexto, las alternativas vegetales al yogur han captado la atención como matrices capaces de asemejarse al yogur convencional en términos de textura, acidez, percepción sensorial y capacidad para sustentar bacterias lácticas. Sin embargo, a diferencia del yogur lácteo, los productos fermentados de origen vegetal suelen requerir ajustes en su formulación para mejorar sus propiedades tecnológicas, nutricionales, funcionales y sensoriales. Por lo tanto, la selección de la matriz vegetal, la incorporación de ingredientes funcionales y las condiciones de fermentación son factores críticos para desarrollar productos similares al yogur que sean aceptables y nutricionalmente valiosos (Montemurro et al., 2021; Ren et al., 2025).

La soja es una de las materias primas más utilizadas para alternativas lácteas de origen vegetal debido a su contenido proteico, versatilidad tecnológica y presencia de compuestos bioactivos como isoflavonas y constituyentes fenólicos (Abdelghani et al., 2022). El yogur a base de soja representa una matriz alimentaria fermentada prometedora porque la fermentación puede mejorar la calidad sensorial, modificar la acidez, reducir notas a legumbre indeseables y contribuir a la liberación o transformación de compuestos bioactivos (Gupta et al., 2022). Sin embargo, la aceptabilidad sensorial de los productos fermentados a base de soja sigue siendo un desafío, particularmente debido a las diferencias en sabor, textura, consistencia y regusto en comparación con el yogur lácteo convencional. Por lo tanto, las estrategias dirigidas a mejorar el valor funcional del yogur a base de soja también deben considerar la respuesta sensorial de los consumidores o panelistas (Xu et al., 2024).

8 El okara es el residuo insoluble que se genera durante la producción de leche de soja y tofu. Aunque a menudo se considera un subproducto de bajo valor, contiene cantidades importantes de fibra dietética, proteínas, lípidos, minerales y fitoquímicos, lo que lo convierte en un ingrediente promotor para el desarrollo de productos alimenticios (B. Li et al., 2012). Sin embargo, su alto contenido de humedad lo hace susceptible a un rápido deterioro, lo que limita su uso directo y plantea desafíos tecnológicos y ambientales para la industria procesadora de soja. Desde una perspectiva de economía circular, la incorporación de okara en matrices alimentarias representa una oportunidad para reducir los residuos del procesamiento de alimentos, al tiempo que se añade valor nutricional y funcional a nuevos productos (Privatti & Rodrigues, 2023).

10 Evidencia reciente respalda el potencial del okara y otros subproductos de la soja como fuentes de proteína, fibra dietética, compuestos fenólicos e isoflavonas (Rahman et al., 2021). Una caracterización exhaustiva de los subproductos de la soja reveló que el okara contiene altos niveles de proteína y fibra dietética, principalmente fibra insoluble, así como compuestos fenólicos representados predominantemente por isoflavonas. Estos componentes son relevantes porque pueden contribuir a las propiedades

antioxidantes y también pueden proporcionar sustratos fermentables capaces de favorecer el crecimiento bacteriano en condiciones in vitro. Por lo tanto, el okara puede considerarse no solo un subproducto a valorizar, sino también un ingrediente funcional con potenciales aplicaciones en alimentos fermentados de origen vegetal (Spréa et al., 2024).

1 El proceso de fermentación puede mejorar aún más la relevancia funcional de los productos que contienen okara. Estudios previos han demostrado que la fermentación puede mejorar la calidad nutricional de la okara, promover la biotransformación de los glucósidos de isoflavonas en formas agliconas y aumentar el contenido total de fenoles y la actividad antioxidante. Estos efectos pueden estar asociados con actividades enzimáticas, en particular la actividad de la  $\beta$ -glucosidasa, que puede liberar o transformar compuestos fenólicos unidos a la matriz alimentaria (Queiroz Santos et al., 2018). Por lo tanto, la incorporación de okara en un yogur fermentado a base de soja puede contribuir a mejorar las propiedades antioxidantes y la actividad prebiótica estimada, aunque estos efectos dependen de la formulación, la concentración de ingredientes, la actividad microbiana y las interacciones de la matriz (Spréa et al., 2024).

40 A pesar del creciente interés en la valorización del okara, su incorporación al yogur de soja aún requiere más estudio, especialmente mediante un enfoque integral que evalúe simultáneamente las características fisicoquímicas, la capacidad antioxidante, la actividad prebiótica estimada y la aceptabilidad sensorial. Muchos estudios se han centrado en la composición del okara o su uso en panadería y otras aplicaciones alimentarias, pero pocos han examinado su papel en formulaciones de yogur vegetal a bajas concentraciones. Esto es relevante porque pequeñas concentraciones de okara pueden modificar el pH, los sólidos solubles, la acidez, el contenido fenólico, la capacidad de eliminación de radicales libres, el potencial de promoción del crecimiento bacteriano y la percepción sensorial sin comprometer la aceptabilidad del producto. Por lo tanto, evaluar diferentes concentraciones de okara en yogur de soja puede ayudar a identificar una formulación que equilibre la mejora funcional y la calidad sensorial.

2 Por consiguiente, este estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial del okara como ingrediente funcional en yogures a base de soja, analizando sus efectos sobre las características fisicoquímicas, la capacidad antioxidante, la actividad prebiótica estimada y la aceptabilidad sensorial. El estudio comparó un yogur comercial, un yogur a base de soja sin okara y yogures a base de soja enriquecidos con okara. Este enfoque se diseñó para determinar si la incorporación de okara podría mejorar las propiedades funcionales del yogur a base de soja, manteniendo al mismo tiempo atributos sensoriales aceptables.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materias primas y cultivo iniciador

La soja se adquirió en un mercado orgánico local de Perú. También se compró yogur natural comercial en una tienda orgánica local y se utilizó como muestra de referencia

comercial. Para la preparación de los yogures a base de soja se utilizó un cultivo iniciador comercial multicepa. Según la etiqueta del fabricante, el cultivo iniciador contenía *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis* y *Bifidobacterium lactis*. Todos los reactivos utilizados para los análisis fisicoquímicos y antioxidantes eran de grado analítico.

4

## 2.2. Preparación de la bebida de soja y la harina de okara

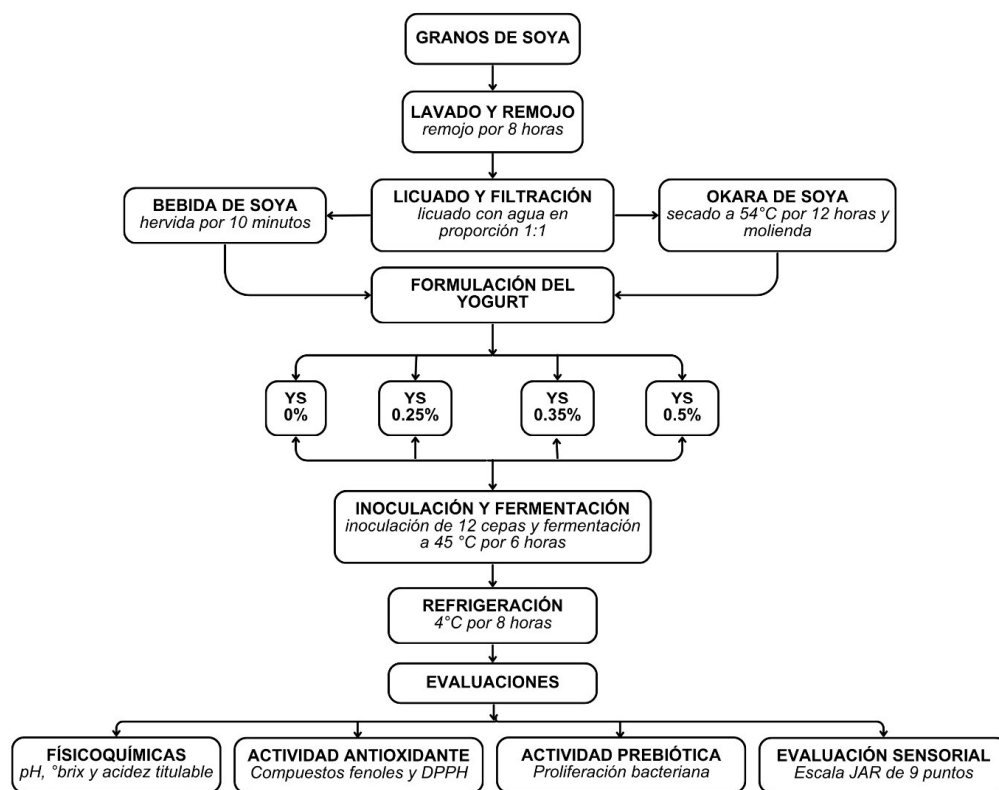
La bebida de soja se preparó mediante un procedimiento de extracción acuosa. Brevemente, se remojaron 250 g de soja en 1 L de agua durante 8 horas a temperatura ambiente. Tras el remojo, los granos se lavaron y se descascarillaron manualmente. La soja hidratada se mezcló con agua en una proporción 1:1 y se filtró a través de una bolsa de tela de algodón para separar la fracción líquida del residuo insoluble. El filtrado se utilizó como base para la bebida de soja, mientras que el residuo insoluble retenido se recuperó como okara.

Para el tratamiento térmico, se mezcló un volumen de extracto de soja filtrado con tres volúmenes de agua y se hirvió durante 10 minutos. El okara obtenido tras la filtración se secó en un deshidratador de alimentos a 54 °C durante 12 horas. A continuación, el okara seco se molió con una batidora hasta obtener una harina homogénea. La harina de okara se envasó en recipientes herméticos y se almacenó en refrigeración hasta su uso.

## 2.3. Preparación de yogures a base de soja enriquecidos con okara

Se prepararon yogures a base de soja utilizando una yogurtera con recipientes individuales. Para cada formulación, se colocaron 180 ml de bebida de soja en recipientes individuales y se inocularon con 0,36 g del cultivo iniciador comercial. Se prepararon cuatro formulaciones de yogur a base de soja: yogur a base de soja sin okara (SY), yogur a base de soja con 0,25 % de harina de okara (SYO-0,25), yogur a base de soja con 0,35 % de harina de okara (SYO-0,35) y yogur a base de soja con 0,50 % de harina de okara (SYO-0,50). Las concentraciones de okara se expresaron como porcentaje en masa/volumen (Figura 1).

Las muestras inoculadas se incubaron a 45 °C durante 6 horas. Tras la fermentación, se refrigeraron a 4 °C durante 8 horas y se homogeneizaron antes del análisis. Se utilizó un yogur lácteo comercial como muestra de referencia, identificado como CY. La comparación experimental se centró principalmente en las formulaciones a base de soja, utilizando SY como control y CY como referencia comercial.



**Figura 1. Diagrama de flujo experimental para la producción y evaluación de yogur de soja enriquecido con okara.** Se procesaron los granos de soja para obtener bebida de soja y harina de okara. La bebida de soja se formuló con diferentes concentraciones de okara, se inoculó con un cultivo iniciador multicepa, se fermentó a 45 °C durante 6 h, se refrigeró a 4 °C durante 8 h y, posteriormente, se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas, su actividad antioxidante, la actividad prebiótica estimada y su aceptabilidad sensorial.

## 2.4. Análisis fisicoquímicos

Las propiedades fisicoquímicas de las muestras se determinaron el primer día después de la preparación del yogur. Todos los análisis se realizaron por triplicado para cada tratamiento. El pH se midió con un medidor de pH digital (HANNA HI98108, Hanna Instruments, Woonsocket, RI, EE. UU.), previamente calibrado con soluciones tampón estándar. Los sólidos solubles se determinaron en °Brix utilizando un refractómetro de 0 a 50 °Brix previamente calibrado con agua destilada, siguiendo los procedimientos comúnmente aplicados para matrices de alimentos fermentados (Betancourt et al., 2025).

La acidez titulable se determinó mediante titulación ácido-base, siguiendo los procedimientos descritos previamente para productos similares al yogur, con ligeras modificaciones (Grasso et al., 2020a). Brevemente, se pesaron 10 g de cada muestra en un matraz Erlenmeyer y se diluyeron con 30 mL de agua destilada. Se añadieron tres gotas de indicador de fenolftaleína y la mezcla se tituló con NaOH 0,1 N hasta que

1 persistió un ligero color rosa durante aproximadamente 30 s. La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido láctico utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez titulable (\% ácido láctico)} = \frac{V \times N \times 0.090 \times 100}{m}$$

donde  $V$  es el volumen de NaOH utilizado en la titulación (mL),  $N$  es la normalidad del NaOH, 0,090 es el factor de miliequivalente para el ácido láctico y  $m$  es la masa de la muestra (g).

## 2.5. Extracción de compuestos fenólicos

29 Los compuestos fenólicos se extrajeron de cada muestra utilizando metanol al 80%  
4 como disolvente. Brevemente, se mezcló 1 g de muestra con 5 ml de metanol al 80% y  
se agitó en un vórtex durante 15 minutos. La mezcla se centrifugó a 5000 rpm durante  
4 30 minutos y luego se mantuvo refrigerada durante 20 horas para favorecer la  
1 extracción. Transcurrido este tiempo, la mezcla se centrifugó nuevamente a 5000 rpm  
durante 10 minutos y se recogió el sobrenadante para determinar el contenido total de  
fenoles y la capacidad antioxidante.

## 2.6. Determinación del contenido total de fenoles

59 El contenido fenólico total se determinó mediante el método de Folin- Ciocalteu ,  
32 siguiendo el procedimiento descrito por Du et al . (2022), con ligeras modificaciones.  
23 Brevemente, una alícuota del extracto metanólico se hizo reaccionar con el reactivo de  
Folin- Ciocalteu y una solución de carbonato de sodio. Tras la homogeneización, la  
mezcla se incubó en la oscuridad durante 40 min a temperatura ambiente y se midió la  
absorbancia a 758 nm utilizando un espectrofotómetro UV- Vis . Se preparó una curva  
de calibración utilizando ácido gálico como estándar a concentraciones de 0, 5, 10, 15,  
20 y 25 mg GAE/L. La curva de calibración mostró una excelente linealidad, con  $R^2 =$   
13 0,9998. Los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de ácido gálico por  
100 g de muestra de peso fresco (mg GAE/100 g PF).

## 2.7. Capacidad de eliminación de radicales DPPH

20 La capacidad antioxidante se evaluó mediante el ensayo de captación de radicales  
DPPH, según el método de Anuyahong et al. (2020), con ligeras modificaciones.  
Brevemente, se mezcló una alícuota del extracto fenólico con una solución de DPPH.  
La mezcla de reacción se incubó en la oscuridad durante 10 minutos a temperatura  
ambiente, y posteriormente se midió la absorbancia a 520 nm con un espectrofotómetro  
UV- Vis .

El porcentaje de inhibición de DPPH se calculó de la siguiente manera:

$$\text{inhibición DPPH (\%)} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{prueba}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

donde  $A_{\text{control}}$  es la absorbancia de la solución de control de DPPH y  $A_{\text{muestra}}$  es la absorbancia del extracto de la muestra después de la reacción con DPPH.

La capacidad antioxidante también se expresó en equivalentes de Trolox. Se preparó una curva de calibración de Trolox en concentraciones de 0, 3 a 31,25  $\mu\text{M}$ . La curva de calibración mostró una alta linealidad, con  $R^2 = 0,9985$ . Los resultados se expresaron en micromoles de equivalentes de Trolox por 100 g de muestra fresca ( $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g PF}$ ).

## 2.8. Actividad prebiótica estimada mediante ensayo de proliferación bacteriana.

La actividad prebiótica estimada se evaluó indirectamente mediante la proliferación bacteriana en caldo De Man, Rogosa y Sharpe (MRS), siguiendo el método descrito por Li et al. (2022) (2022), con ligeras modificaciones. En resumen, se prepararon 300 ml de caldo MRS, se distribuyeron en tubos Falcon de polipropileno y se esterilizaron a 121 °C durante 15 minutos.

Para la preparación del inóculo, se añadieron 0,10 g del cultivo iniciador utilizado para la producción de yogur a 10 ml de caldo MRS estéril y se incubó en reposo a 37 °C durante 20 horas. Tras la incubación, se transfirió 1 ml de este cultivo a 9 ml de caldo MRS estéril y se incubó a 37 °C durante 5 horas. Posteriormente, el inóculo se estandarizó a 600 nm mediante un espectrofotómetro UV- Vis .

Para el ensayo, se añadieron 0,5 mL del inóculo estandarizado a 9,5 mL de caldo MRS estéril que contenía 0,5 % p/v de cada muestra de yogur. Los tubos se incubaron a 37 °C durante 20 h. Para cada muestra, se preparó un control sin inocular añadiendo la misma cantidad de muestra a caldo MRS estéril sin inóculo bacteriano. La absorbancia se midió a 600 nm después de la incubación. La OD600 corregida se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Corrección OD600} = \text{OD600}_{\text{inoculado}} - \text{OD600}_{\text{no inoculado}}$$

La actividad relativa se calculó utilizando yogur a base de soja sin okara (SY) como tratamiento de referencia:

$$\text{Actividad relativa (\%)} = \frac{\text{OD600 corregido}_{\text{prueba}}}{\text{OD600 corregido}_{\text{SY}}} \times 100$$

Dado que este ensayo estima la estimulación del crecimiento bacteriano en condiciones in vitro, los resultados se interpretaron como una actividad prebiótica estimada o un

efecto promotor del crecimiento bacteriano, en lugar de una eficacia prebiótica confirmada in vivo.

## 2.9. Evaluación sensorial

Se realizó una evaluación sensorial con 56 panelistas no entrenados de entre 18 y 60 años. La prueba sensorial incluyó únicamente las formulaciones de yogur a base de soja: SY, SYO-0.25, SYO-0.35 y SYO-0.50. Cada panelista recibió 15 ml de cada muestra en envases de PET codificados. Las muestras se presentaron en condiciones similares y se pidió a los panelistas que evaluaran el color, la consistencia, el sabor, el olor, la granularidad y la aceptabilidad general.

Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 representaba "me disgusta muchísimo" y 9 "me gusta muchísimo", como se aplica habitualmente en los estudios de aceptabilidad sensorial (B. Li et al., 2014). Además, se pidió a los panelistas que indicaran su formulación preferida entre las cuatro muestras.

Todos los participantes fueron informados sobre el propósito de la evaluación sensorial, la naturaleza de las muestras y el carácter voluntario de su participación. Los participantes dieron su consentimiento informado antes de la prueba. Se garantizó el anonimato y la confidencialidad de los participantes durante todo el estudio.

## 2.10. Declaración de ética

El protocolo del estudio 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, Perú (número de aprobación: 2025-CEB-FCS-UPeU-Nro.331/2025; fecha de aprobación: 11 de diciembre de 2025). Todos los panelistas fueron informados sobre el propósito de la evaluación sensorial, la naturaleza de las muestras y su derecho a retirarse del estudio en cualquier momento. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes antes de su participación. No se recopiló información de identificación personal y se mantuvo la confidencialidad de los datos durante todo el estudio.

## 2.11. Análisis estadístico

Los datos de los análisis fisicoquímicos, el contenido total de fenoles, la capacidad antioxidante y la actividad prebiótica estimada se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar. Estos análisis se realizaron con tres réplicas independientes por tratamiento. La normalidad de los residuos del modelo se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene. Cuando se cumplieron los supuestos, las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante un análisis de varianza unidireccional (ANOVA), seguido de la prueba post hoc de diferencia honestamente significativa de Tukey. Cuando no se cumplieron los supuestos, se planificó la prueba de Kruskal-Wallis seguida de la prueba post hoc de Dunn con ajuste del valor p.

Las puntuaciones sensoriales se analizaron mediante la prueba de Friedman, ya que los mismos panelistas evaluaron todas las formulaciones de yogur a base de soja. Cuando se detectaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones por pares mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon con corrección de Holm. La distribución de preferencias se analizó mediante la prueba de bondad de ajuste chi-cuadrado. Se consideró significancia estadística un valor de  $p < 0,05$ . Los análisis se realizaron con SPSS versión 31.0.

### 3. Resultados y discusión

Esta sección presenta y analiza los efectos de la incorporación de okara en las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes, prebióticas y sensoriales de las formulaciones de yogur a base de soja. Se utilizó yogur lácteo comercial como muestra de referencia, mientras que el yogur a base de soja sin okara se consideró el principal control experimental para evaluar el efecto de la adición de okara.

#### 3.1. Propiedades fisicoquímicas de los yogures a base de soja enriquecidos con okara

Las propiedades fisicoquímicas del yogur comercial y las formulaciones de yogur a base de soja enriquecidas con okara se muestran en la Tabla 1. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para los sólidos solubles, el pH y la acidez titulable ( $p < 0,001$ ). El yogur comercial (CY) mostró el mayor contenido de sólidos solubles ( $10,00 \pm 0,50$  °Brix), mientras que las formulaciones a base de soja mostraron valores marcadamente más bajos, que oscilaron entre  $1,83 \pm 0,29$  y  $2,83 \pm 0,29$  °Brix. Entre los yogures a base de soja, SY mostró el valor °Brix más alto ( $2,83 \pm 0,29$ ), mientras que SYO-0,25 mostró el valor más bajo ( $1,83 \pm 0,29$ ). SYO-0,35 y SYO-0,50 presentaron valores intermedios y no difirieron significativamente de SY o SYO-0,25 según la prueba de Tukey. Esta diferencia entre CY y las formulaciones a base de soja puede explicarse por la composición particular del yogur lácteo comercial, que puede contener niveles más altos de sólidos solubles derivados de sólidos lácteos, azúcares, estabilizantes u otros ingredientes de la formulación. Estudios comparativos previos han demostrado que los yogures comerciales de origen vegetal y los lácteos difieren ampliamente en sus atributos compositivos y fisicoquímicos, lo que refleja diferencias en las materias primas, las estrategias de formulación y las condiciones de procesamiento (Grasso et al., 2020b; Marlapati et al., 2024).

En el presente estudio, la adición de okara no produjo un aumento claro dependiente de la dosis en los sólidos solubles. Este hallazgo puede estar relacionado con la baja concentración de harina de okara incorporada en la matriz de yogur a base de soja. Aunque el okara contiene fibra dietética insoluble, proteína y carbohidratos residuales, su contribución a °Brix puede ser limitada porque °Brix refleja principalmente los sólidos solubles en lugar del material particulado insoluble. Por lo tanto, los valores de °Brix más bajos observados en formulaciones enriquecidas con okara no deben interpretarse como una reducción en los sólidos totales, sino más bien como un reflejo de la fracción

soluble medida por refractometría. Esta distinción es relevante porque el okara se caracteriza principalmente por fracciones de fibra dietética y proteína insolubles, que pueden influir en la textura, la retención de agua y la sensación en boca más fuertemente que los sólidos solubles. Las revisiones sobre la composición del okara lo describen consistentemente como un subproducto de la soya rico en fibra y proteína, con una gran proporción de componentes insolubles (Asghar et al., 2023; B. Li et al., 2012).

En cuanto al pH, CY presentó el valor más bajo ( $4,29 \pm 0,01$ ), lo que indica un perfil más ácido que los yogures a base de soja. Los valores de pH de las formulaciones a base de soja variaron de  $4,59 \pm 0,01$  a  $4,68 \pm 0,02$ . Entre ellas, SYO-0,35 mostró el pH más alto, mientras que SYO-0,50 mostró el pH más bajo entre los tratamientos enriquecidos con okara. Estos resultados indican que la incorporación de okara modificó ligeramente el patrón de acidificación de la matriz del yogur a base de soja, aunque todas las formulaciones a base de soja se mantuvieron dentro de un rango ácido compatible con productos fermentados similares al yogur. Investigaciones previas sobre el yogur de soja han demostrado que la fermentación láctica puede reducir sustancialmente el pH de la leche de soja, con valores de pH posteriores a la fermentación que varían según el cultivo iniciador, el tiempo de fermentación, la temperatura y la composición del sustrato (Kim & Han, 2019; Trindade CS, 2001).

El patrón de pH observado en las formulaciones enriquecidas con okara puede estar asociado con cambios en la disponibilidad de sustrato y capacidad de amortiguación causados por la incorporación de okara. Las matrices alimentarias con mayor contenido de proteínas y fibra pueden responder de manera diferente a la producción de ácido porque el pH refleja la concentración de iones de hidrógeno libres, mientras que la acidez titulable refleja la cantidad total de compuestos ácidos capaces de ser neutralizados. Por lo tanto, el pH y la acidez titulable no siempre muestran una relación perfectamente inversa. Esto es particularmente importante en sistemas fermentados de base vegetal, donde los componentes de amortiguación, los sólidos solubles e insolubles, las fracciones de proteínas y los carbohidratos fermentables pueden influir en el comportamiento de acidificación. En un estudio comparativo de yogures hechos a partir de bases de leche, soja y avena, las diferencias en la acidez titulable se atribuyeron no solo al punto final de la fermentación sino también a la capacidad de amortiguación dependiente de la matriz y la actividad microbiana (Wang et al., 2023).

La acidez titulable fue significativamente mayor en CY ( $1,72 \pm 0,03$  % de ácido láctico) que en todas las formulaciones a base de soja. Por el contrario, los yogures a base de soja mostraron valores de acidez más bajos y relativamente similares, que oscilaron entre  $0,42 \pm 0,01$  y  $0,47 \pm 0,06$  % de ácido láctico. No se observaron diferencias significativas en la acidez titulable entre SY, SYO-0,25, SYO-0,35 y SYO-0,50. Este resultado sugiere que, bajo las condiciones de fermentación utilizadas en este estudio, la adición de okara hasta un 0,50 % no alteró sustancialmente la producción total de ácido de la matriz del yogur a base de soja. Se han reportado hallazgos comparables en sistemas de yogur a base de soja, donde el desarrollo de la acidez depende fuertemente de las condiciones de fermentación, la actividad del cultivo iniciador y la

capacidad de los microorganismos para metabolizar los carbohidratos disponibles en la matriz vegetal (Kim & Han, 2019; Trindade CS, 2001).

Desde una perspectiva tecnológica, la ausencia de diferencias significativas en la acidez titulable entre las formulaciones a base de soja es relevante porque sugiere que la incorporación de okara en niveles bajos no afectó negativamente el proceso de acidificación. Esto es importante para el desarrollo de alternativas de yogur de origen vegetal, ya que una acidez excesiva puede reducir la aceptabilidad sensorial, mientras que una acidificación insuficiente puede comprometer las características esperadas de un producto fermentado. Trabajos previos con fibra dietética derivada de okara en sistemas de yogur han demostrado que las fracciones de okara pueden influir en los atributos fisicoquímicos y de calidad, incluyendo el pH, la acidez, la textura y las propiedades relacionadas con el agua, dependiendo del tipo y la concentración del ingrediente utilizado (Tian et al., 2024).

En general, los resultados fisicoquímicos muestran que el yogur lácteo comercial se diferencia claramente de las formulaciones a base de soja, principalmente debido a su mayor contenido de sólidos solubles, mayor acidez titulable y menor pH. Sin embargo, en el sistema de yogur a base de soja, la adición de okara produjo solo cambios moderados en °Brix y pH, y no modificó significativamente la acidez titulable. Esto sugiere que la incorporación de okara al 0,25-0,50 % es tecnológicamente factible, ya que no causó alteraciones importantes en el perfil fisicoquímico básico del yogur a base de soja. Por lo tanto, el valor potencial de la okara en este producto debe interpretarse principalmente a través de su contribución a las propiedades funcionales y sensoriales, más que a través de cambios importantes en la acidez o los sólidos solubles.

**Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del yogur lácteo comercial y de los yogures a base de soja enriquecidos con okara.**

| Variable                          | YC                        | YS                        | YSO-0.25                 | YSO-0.35                  | YSO-0.50                  |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| °Brix                             | 10.00 ± 0.50 <sup>a</sup> | 2.83 ± 0.29 <sup>b</sup>  | 1.83 ± 0.29 <sup>c</sup> | 2.03 ± 0.06 <sup>bc</sup> | 2.17 ± 0.29 <sup>bc</sup> |
| pH                                | 4.29 ± 0.01 <sup>d</sup>  | 4.61 ± 0.01 <sup>bc</sup> | 4.63 ± 0.01 <sup>b</sup> | 4.68 ± 0.02 <sup>a</sup>  | 4.59 ± 0.01 <sup>c</sup>  |
| Acidez titulable, % ácido láctico | 1.72 ± 0.03 <sup>a</sup>  | 0.47 ± 0.06 <sup>b</sup>  | 0.42 ± 0.02 <sup>b</sup> | 0.42 ± 0.01 <sup>b</sup>  | 0.47 ± 0.05 <sup>b</sup>  |

**Nota:** Los valores se expresan como media ± desviación estándar, n = 3. Las diferentes letras en superíndice dentro de la misma fila indican diferencias significativas según el ANOVA unidireccional seguido de la prueba post hoc de Tukey, p < 0,05. YC: yogur lácteo comercial; YS: yogur a base de soja sin okara; YSO-0,25, YSO-0,35 y YSO-0,50: yogur a base de soja enriquecido con 0,25 %, 0,35 % y 0,50 % de okara, respectivamente.

### 3.2. Contenido total de fenoles y capacidad antioxidante

El contenido fenólico total y la capacidad antioxidante se presentan en la Tabla 2 y la Figura 1. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para el contenido fenólico total, la inhibición de DPPH y la capacidad antioxidante expresada como equivalentes de Trolox ( $p < 0,001$ ). El yogur comercial (CY) mostró el menor contenido fenólico total ( $6,17 \pm 0,35$  mg GAE/100 g FW), mientras que todas las formulaciones a base de soja presentaron valores más altos. Entre los yogures a base de soja, SY mostró  $8,66 \pm 0,15$  mg GAE/100 g FW, mientras que las formulaciones enriquecidas con okara variaron de  $8,88 \pm 0,01$  a  $9,75 \pm 0,10$  mg GAE/100 g FW. El valor más alto se observó en SYO-0,50, que fue significativamente mayor que CY, SY, SYO-0,25 y SYO-0,35.

El mayor contenido fenólico en los yogures a base de soja en comparación con CY puede explicarse por la presencia de compuestos fenólicos derivados de la soja, especialmente isoflavonas y fitoquímicos relacionados. El okara conserva parte de la composición química de la soja después del procesamiento de la leche de soja o el tofu, incluyendo proteínas, fibra dietética y compuestos bioactivos, lo que respalda su uso como ingrediente de valor añadido en alimentos de origen vegetal (Asghar et al., 2023; B. Li et al., 2012). El aumento significativo observado solo en SYO-0.50 sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, las concentraciones más bajas de okara fueron insuficientes para producir un aumento estadísticamente detectable en el contenido fenólico total en comparación con SY. Esta respuesta dependiente de la concentración es relevante para el desarrollo del producto porque indica que la incorporación de okara debe alcanzar un nivel adecuado para mejorar la fracción fenólica de la matriz de soja fermentada.

La capacidad de eliminación de radicales DPPH siguió un patrón similar al del contenido total de fenoles. CY mostró la respuesta antioxidante más baja, con  $9,87 \pm 0,65$  % de inhibición y  $1,47 \pm 0,20$   $\mu\text{mol TE}/100$  g FW. En contraste, SY mostró  $24,30 \pm 0,20$  % de inhibición y  $5,66 \pm 0,05$   $\mu\text{mol TE}/100$  g FW, mientras que SYO-0,50 presentó los valores más altos, alcanzando  $30,43 \pm 0,50$  % de inhibición y  $7,44 \pm 0,15$   $\mu\text{mol TE}/100$  g FW. En comparación con SY, SYO-0,50 aumentó la inhibición de DPPH en aproximadamente un 25,2 % y la capacidad antioxidante en aproximadamente un 31,4 %. Este resultado sugiere que el enriquecimiento con okara mejoró el potencial de eliminación de radicales del yogur a base de soja. Estudios previos han demostrado que la fermentación de sustratos a base de okara o soja puede aumentar la actividad antioxidante, debido en parte a la liberación o transformación de compuestos fenólicos y a la bioconversión de glucósidos de isoflavonas en formas agliconas (Queiroz Santos et al., 2018; Zhang et al., 2023).

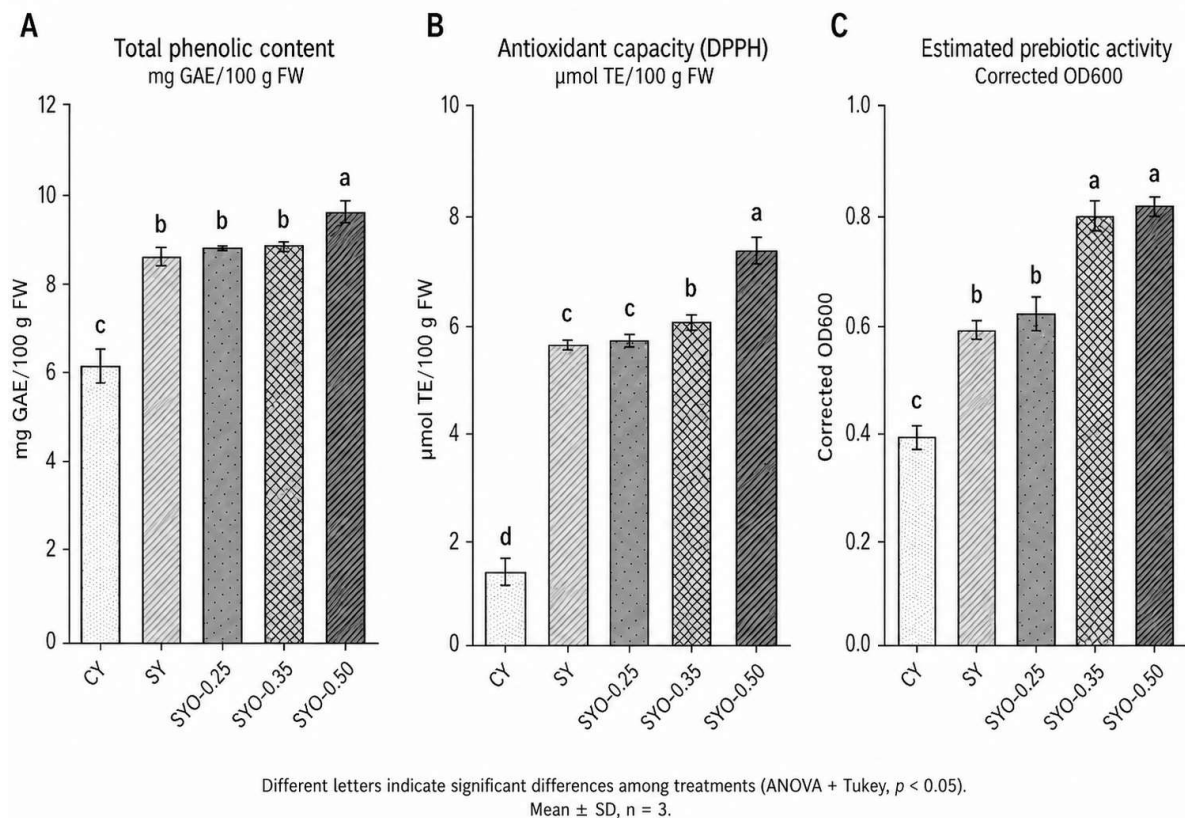
Aunque el aumento paralelo en el contenido total de fenoles y la capacidad antioxidante DPPH sugiere que los compuestos fenólicos contribuyeron a la respuesta antioxidante, la actividad no debe atribuirse exclusivamente a los fenoles. Las matrices de soja fermentada también pueden contener péptidos antioxidantes, derivados de isoflavonas y otros compuestos reductores generados o liberados durante el procesamiento y la

fermentación. Desde una perspectiva aplicada, SYO-0.50 mostró el perfil funcional más sólido en términos de contenido de fenoles y capacidad antioxidante, lo que respalda la valorización del okara como ingrediente funcional en el yogur a base de soja. Sin embargo, la selección final de la formulación más adecuada también debe considerar la actividad prebiótica estimada y la aceptabilidad sensorial, ya que la formulación con el mayor rendimiento antioxidante no es necesariamente la más aceptable para los consumidores.

**Tabla 2. Contenido total de fenoles, capacidad antioxidante y actividad prebiótica estimada de yogures lácteos comerciales y yogures a base de soja enriquecidos con okara.**

| Variable                                    | YC                         | YS                         | YSO-0.25                   | YSO-0.35                   | YSO-0.50                   |
|---------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Contenido total de fenoles, mg GAE/100 g PF | 6,17 ± 0,35 <sup>c</sup>   | 8,66 ± 0,15 <sup>b</sup>   | 8,88 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 8,93 ± 0,04 <sup>b</sup>   | 9,75 ± 0,10 <sup>a</sup>   |
| Inhibición de DPPH, %                       | 9,87 ± 0,65 <sup>d</sup>   | 24,30 ± 0,20 <sup>c</sup>  | 24,50 ± 0,17 <sup>c</sup>  | 25,87 ± 0,25 <sup>b</sup>  | 30,43 ± 0,50 <sup>a</sup>  |
| Capacidad antioxidante, μmol TE/100 g PF    | 1,47 ± 0,20 <sup>d</sup>   | 5,66 ± 0,05 <sup>c</sup>   | 5,73 ± 0,06 <sup>c</sup>   | 6,12 ± 0,07 <sup>b</sup>   | 7,44 ± 0,15 <sup>a</sup>   |
| OD600 corregido                             | 0,391 ± 0,019 <sup>c</sup> | 0,594 ± 0,014 <sup>b</sup> | 0,625 ± 0,030 <sup>b</sup> | 0,805 ± 0,033 <sup>a</sup> | 0,822 ± 0,011 <sup>a</sup> |
| Actividad relativa frente a YS, %           | 65.9                       | 100.0                      | 105.3                      | 135,6                      | 138,5                      |

**Nota:** Los valores se expresan como media ± desviación estándar, n = 3. Las distintas letras en superíndice dentro de la misma fila indican diferencias significativas según el ANOVA unidireccional seguido de la prueba HSD de Tukey, p < 0,05. FW: peso fresco; GAE: equivalentes de ácido gálico; TE: equivalentes de Trolox. La actividad relativa se calculó utilizando yogur a base de soja sin okara como tratamiento de referencia, equivalente al 100 %. YC: yogur lácteo comercial; YS: yogur a base de soja sin okara; YSO-0,25, YSO-0,35 y YSO-0,50: yogur a base de soja enriquecido con 0,25 %, 0,35 % y 0,50 % de okara, respectivamente.



**Figura 1. Propiedades funcionales de yogures a base de soja enriquecidos con okara.**

(A) Contenido total de fenoles (mg GAE/100 g PF), (B) capacidad antioxidante determinada por el ensayo DPPH ( $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g PF}$ ) y (C) actividad prebiótica estimada expresada como DO600 corregida en yogur comercial (CY), yogur a base de soja sin okara (SY) y yogures a base de soja con 0,25 %, 0,35 % y 0,50 % de okara (SYO-0,25, SYO-0,35 y SYO-0,50, respectivamente). Los valores se expresan como media  $\pm$  DE ( $n = 3$ ). Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA + Tukey,  $p < 0,05$ ).

### 3.3. Actividad prebiótica estimada

La actividad prebiótica estimada, expresada como OD600 corregida, se presenta en la Tabla 2 y la Figura 1C. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,001$ ). El yogur comercial (CY) mostró el valor de OD600 corregida más bajo ( $0,391 \pm 0,019$ ), mientras que el yogur a base de soja sin okara (SY) mostró un valor intermedio ( $0,594 \pm 0,014$ ). Las formulaciones enriquecidas con okara mostraron valores más altos, en particular SYO-0,35 ( $0,805 \pm 0,033$ ) y SYO-0,50 ( $0,822 \pm 0,011$ ), que no difirieron significativamente entre sí, pero fueron significativamente más altos que CY, SY y SYO-0,25. La actividad relativa, calculada utilizando SY como tratamiento de referencia, aumentó del 100% en SY al 105,3%, 135,6% y 138,5% en SYO-0,25, SYO-0,35 y SYO-0,50, respectivamente.

Los valores de OD600 más altos observados en SYO-0.35 y SYO-0.50 sugieren que la incorporación de okara potenció el efecto promotor del crecimiento bacteriano de la matriz de yogur a base de soja en condiciones in vitro. Esta respuesta podría estar relacionada con la composición nutricional de la okara, en particular su fibra dietética, carbohidratos residuales, proteínas y otros componentes que pueden servir como sustratos o favorecer la proliferación microbiana. Estudios previos han demostrado que la okara puede exhibir potencial prebiótico in vitro al promover el crecimiento de bacterias beneficiosas, como lactobacilos y bifidobacterias, durante la fermentación colónica simulada o ensayos microbianos controlados (Pérez-López et al., 2016; Quintana et al., 2017). En este sentido, los presentes hallazgos respaldan el papel de la okara como ingrediente de valor añadido capaz de mejorar el perfil funcional de los productos fermentados a base de soja.

La falta de diferencia significativa entre SY y SYO-0.25 indica que la concentración más baja de okara no fue suficiente para aumentar sustancialmente la proliferación bacteriana en comparación con el control a base de soja. Por el contrario, el claro aumento observado al 0,35 % y al 0,50 % sugiere un efecto dependiente de la concentración hasta el 0,35 %, después del cual la respuesta pareció estabilizarse. Esto puede indicar que, bajo las condiciones del ensayo, los componentes fermentables disponibles o los factores de apoyo al crecimiento proporcionados por el okara ya eran suficientes al 0,35 % para estimular la proliferación bacteriana. Se han descrito respuestas dependientes de la concentración similares en sistemas a base de okara, donde la suplementación con okara mejoró la viabilidad y el crecimiento microbiano, lo que respalda su uso como sustrato o portador para aplicaciones de bacterias probióticas y lácticas (Farooq et al., 2023; Gad et al., 2024).

Es importante interpretar estos resultados como una estimación de la actividad prebiótica, más que como una determinación definitiva de su eficacia. El ensayo utilizado en este estudio se basó en la absorbancia a 600 nm (OD600) como indicador indirecto de la proliferación microbiana en caldo MRS, y no en un modelo completo de fermentación intestinal, secuenciación de la microbiota, producción de ácidos grasos de cadena corta ni validación in vivo. Por lo tanto, los hallazgos indican que los yogures de soja enriquecidos con okara, especialmente SYO-0.35 y SYO-0.50, mostraron un mayor efecto promotor del crecimiento bacteriano en condiciones in vitro controladas. Desde la perspectiva de la formulación aplicada, SYO-0.35 es particularmente relevante, ya que mostró una actividad prebiótica comparable a la de SYO-0.50, mientras que los resultados sensoriales posteriores indicaron una mayor preferencia general por esta formulación. Esto sugiere que un 0.35 % de okara puede proporcionar un equilibrio favorable entre el rendimiento funcional y la aceptabilidad sensorial.

### 3.4. Aceptabilidad sensorial y preferencia de los panelistas

14 Las puntuaciones de aceptabilidad sensorial y la preferencia de los panelistas se muestran en la Tabla 3 y la Figura 2. No se observaron diferencias significativas entre las formulaciones de yogur a base de soja en cuanto a color, sabor u olor ( $p > 0,05$ ), lo que indica que la adición de okara hasta un 0,50 % no afectó negativamente a estos atributos sensoriales clave. Las puntuaciones medias de color variaron de  $5,30 \pm 2,43$  en SY a  $5,82 \pm 2,66$  en SYO-0,35, mientras que las puntuaciones de sabor variaron de  $4,20 \pm 2,24$  en SY a  $4,98 \pm 2,23$  en SYO-0,25. Las puntuaciones de olor también fueron similares entre las formulaciones, observándose los valores más altos en SYO-0,25 y SYO-0,35. Estos hallazgos son relevantes porque el sabor, el olor y la sensación en boca son determinantes importantes de la aceptación del consumidor en los yogures de origen vegetal, que a menudo enfrentan desafíos sensoriales en comparación con los yogures lácteos debido a las diferencias en la composición de la matriz, la textura y las notas características derivadas de las plantas (Gupta et al., 2022; Jaeger et al., 2023).

18 El espesor difirió significativamente entre las formulaciones según la prueba de Friedman ( $p = 0,042$ ), aunque las comparaciones por pares post hoc con corrección de Holm no identificaron diferencias significativas entre tratamientos específicos. La puntuación media de espesor más alta se observó para SYO-0,35 ( $6,02 \pm 2,51$ ), lo que sugiere que la incorporación moderada de okara pudo haber contribuido positivamente a la consistencia o cuerpo percibido. Esto podría estar relacionado con la composición rica en fibra de la okara, que puede influir en la retención de agua, la viscosidad y el desarrollo de la textura en matrices similares al yogur. Estudios previos han informado que la okara o los ingredientes derivados de la okara pueden modificar las propiedades texturales y sensoriales de los sistemas de yogur fermentado o a base de soja, dependiendo de la concentración y las condiciones de formulación (Bedani et al., 2014; Barbosa et al., 2021).

La granularidad mostró diferencias significativas entre las formulaciones ( $p = 0,019$ ). SYO-0,35 obtuvo la puntuación más alta ( $5,64 \pm 2,54$ ) y fue significativamente superior a SY, mientras que SYO-0,25 y SYO-0,50 mostraron valores intermedios. Este resultado sugiere que la incorporación de okara no necesariamente aumentó la granularidad indeseable; más bien, al 0,35 %, pudo haber contribuido a una percepción más aceptable de la estructura del producto. Sin embargo, la ausencia de una mejora adicional al 0,50 % indica que aumentar la concentración de okara no se traduce necesariamente en una mejor percepción sensorial. Esto es consistente con el desafío más amplio de la formulación de yogur de origen vegetal, donde optimizar la textura y la sensación en boca es esencial porque la percepción de partículas, la viscosidad y la heterogeneidad estructural pueden influir fuertemente en la aceptación (Gupta et al., 2022; Ren et al., 2025).

1 La aceptabilidad general difirió significativamente según la prueba de Friedman ( $p = 0,029$ ), aunque las comparaciones post hoc no detectaron diferencias significativas por pares después de la corrección de Holm. La puntuación de aceptabilidad general más alta se observó para SYO-0,35 ( $5,00 \pm 2,64$ ), seguida de SYO-0,50 ( $4,87 \pm 2,19$ ), SYO-

0,25 ( $4,84 \pm 2,42$ ) y SY ( $4,35 \pm 2,26$ ). Aunque las puntuaciones medias indican una aceptación moderada, la prueba de preferencia proporcionó una diferenciación más clara entre las formulaciones. SYO-0,35 fue seleccionada como la formulación preferida por el 44,6 % de los panelistas, seguida de SYO-0,25 (26,8 %), SYO-0,50 (19,6 %) y SY (8,9 %). La distribución de preferencias difirió significativamente entre las formulaciones ( $\chi^2 = 15,14$ ,  $p = 0,0017$ ), lo que indica que los panelistas no seleccionaron las muestras al azar y que SYO-0,35 fue la formulación preferida.

3 En conjunto, los resultados sensoriales sugieren que la adición de okara al 0,35 % proporcionó el mejor equilibrio sensorial entre los yogures a base de soja. Si bien SYO-0,50 mostró el mayor contenido fenólico total y capacidad antioxidante, SYO-0,35 alcanzó una actividad prebiótica estimada comparable y la mayor preferencia entre los panelistas. Por lo tanto, desde la perspectiva del desarrollo del producto, SYO-0,35 podría representar la formulación más adecuada, ya que combina una mejora funcional con un mejor desempeño sensorial. Esta distinción es importante para la investigación aplicada en alimentos, dado que la formulación con el perfil bioactivo más potente no siempre es la más viable desde la perspectiva de la aceptación del consumidor.

### 3.4. Aceptabilidad sensorial y preferencia de los panelistas

14 Las puntuaciones de aceptabilidad sensorial y la preferencia de los panelistas se muestran en la Tabla 3 y la Figura 2. No se observaron diferencias significativas entre las formulaciones de yogur a base de soja en cuanto a color, sabor u olor ( $p > 0,05$ ), lo que indica que la adición de okara hasta un 0,50 % no afectó negativamente a estos atributos sensoriales clave. Las puntuaciones medias de color variaron de  $5,30 \pm 2,43$  en SY a  $5,82 \pm 2,66$  en SYO-0,35, mientras que las puntuaciones de sabor variaron de  $4,20 \pm 2,24$  en SY a  $4,98 \pm 2,23$  en SYO-0,25. Las puntuaciones de olor también fueron similares entre las formulaciones, observándose los valores más altos en SYO-0,25 y SYO-0,35. Estos hallazgos son relevantes porque el sabor, el olor y la sensación en boca son determinantes importantes de la aceptación del consumidor en los yogures de origen vegetal, que a menudo presentan desafíos sensoriales en comparación con los yogures lácteos debido a las diferencias en la composición de la matriz, la textura y las notas características derivadas de las plantas (Gupta et al., 2022; Jaeger et al., 2023).

18 El espesor difirió significativamente entre formulaciones según la prueba de Friedman ( $p = 0,042$ ), aunque las comparaciones por pares post hoc con corrección de Holm no identificaron diferencias significativas entre tratamientos específicos. La puntuación de espesor media más alta se observó para SYO-0,35 ( $6,02 \pm 2,51$ ), lo que sugiere que la incorporación moderada de okara puede haber contribuido positivamente a la consistencia o cuerpo percibido. Esto podría estar relacionado con la composición rica en fibra de la okara, que puede influir en la retención de agua, la viscosidad y el desarrollo de la textura en matrices similares al yogur. Estudios previos han informado que la okara o los ingredientes derivados de la okara pueden modificar las propiedades texturales y sensoriales de los sistemas de yogur a base de soja o fermentado, dependiendo de la concentración y las condiciones de formulación (Barbosa et al., 2021; Bedani et al., 2014).

La granularidad mostró diferencias significativas entre formulaciones ( $p = 0,019$ ). SYO-0,35 obtuvo la puntuación más alta ( $5,64 \pm 2,54$ ) y fue significativamente más alta que SY, mientras que SYO-0,25 y SYO-0,50 mostraron valores intermedios. Este resultado sugiere que la incorporación de okara no necesariamente aumentó la granularidad indeseable; más bien, al 0,35%, puede haber contribuido a una percepción más aceptable de la estructura del producto. Sin embargo, la ausencia de una mejora adicional al 0,50% indica que aumentar la concentración de okara no necesariamente se traduce en una mejor percepción sensorial. Esto es consistente con el desafío más amplio de la formulación de yogur de base vegetal, donde optimizar la textura y la sensación en boca es esencial porque la percepción de partículas, la viscosidad y la heterogeneidad estructural pueden influir fuertemente en la aceptación (Gupta et al., 2022; Ren et al., 2025).

La aceptabilidad general difirió significativamente según la prueba de Friedman ( $p = 0,029$ ), aunque las comparaciones post hoc no detectaron diferencias significativas por pares después de la corrección de Holm. La puntuación de aceptabilidad general más alta se observó para SYO-0,35 ( $5,00 \pm 2,64$ ), seguida de SYO-0,50 ( $4,87 \pm 2,19$ ), SYO-0,25 ( $4,84 \pm 2,42$ ) y SY ( $4,35 \pm 2,26$ ). Aunque las puntuaciones medias indican una aceptación moderada, la prueba de preferencia proporcionó una diferenciación más clara entre las formulaciones. SYO-0,35 fue seleccionada como la formulación preferida por el 44,6 % de los panelistas, seguida de SYO-0,25 (26,8 %), SYO-0,50 (19,6 %) y SY (8,9 %). La distribución de preferencias difirió significativamente entre las formulaciones ( $\chi^2 = 15,14$ ,  $p = 0,0017$ ), lo que indica que los panelistas no seleccionaron las muestras al azar y que SYO-0,35 fue la formulación preferida.

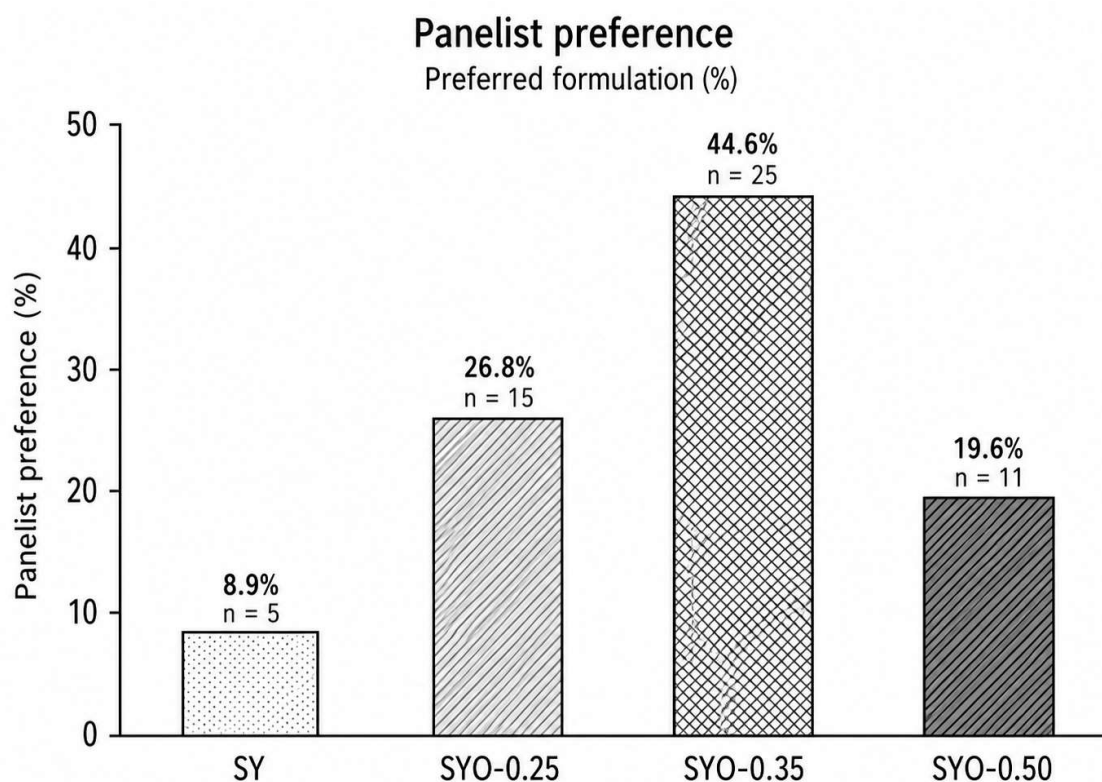
En conjunto, los resultados sensoriales sugieren que la adición de okara al 0,35 % proporcionó el mejor equilibrio sensorial entre los yogures a base de soja. Si bien SYO-0,50 mostró el mayor contenido fenólico total y capacidad antioxidante, SYO-0,35 alcanzó una actividad prebiótica estimada comparable y la mayor preferencia entre los panelistas. Por lo tanto, desde la perspectiva del desarrollo del producto, SYO-0,35 podría representar la formulación más adecuada, ya que combina una mejora funcional con un mejor desempeño sensorial. Esta distinción es importante para la investigación aplicada en alimentos, dado que la formulación con el perfil bioactivo más potente no siempre es la más viable desde la perspectiva de la aceptación del consumidor.

**Tabla 3. Aceptabilidad sensorial de yogures a base de soja enriquecidos con okara.**

| Atributo | SY                       | SYO-0.25                 | SYO-0.35                 | SYO-0.50                 | valor p |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| Color    | 5,30 ± 2,43 <sup>a</sup> | 5,54 ± 2,45 <sup>a</sup> | 5,82 ± 2,66 <sup>a</sup> | 5,66 ± 2,45 <sup>a</sup> | 0,506   |
| Espesor  | 5,34 ± 2,22 <sup>a</sup> | 5,36 ± 2,19 <sup>a</sup> | 6,02 ± 2,51 <sup>a</sup> | 5,12 ± 2,29 <sup>a</sup> | 0,042   |
| Sabor    | 4,20 ± 2,24 <sup>a</sup> | 4,98 ± 2,23 <sup>a</sup> | 4,59 ± 2,59 <sup>a</sup> | 4,59 ± 2,28 <sup>a</sup> | 0,147   |

|                       |                          |                           |                          |                           |       |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------|
| Olor                  | 4,77 ± 2,59 <sup>a</sup> | 5,29 ± 2,44 <sup>a</sup>  | 5,29 ± 2,38 <sup>a</sup> | 5,04 ± 2,15 <sup>a</sup>  | 0,379 |
| Granularidad          | 4,53 ± 2,25 <sup>b</sup> | 4,84 ± 2,08 <sup>ab</sup> | 5,64 ± 2,54 <sup>a</sup> | 5,02 ± 2,20 <sup>ab</sup> | 0,019 |
| Aceptabilidad general | 4,35 ± 2,26 <sup>a</sup> | 4,84 ± 2,42 <sup>a</sup>  | 5,00 ± 2,64 <sup>a</sup> | 4,87 ± 2,19 <sup>a</sup>  | 0,029 |

**Nota:** Los valores se expresan como media ± desviación estándar. Las distintas letras en superíndice dentro de la misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Friedman seguida de la prueba post hoc de rangos con signo de Wilcoxon con corrección de Holm,  $p < 0,05$ . Para la granularidad y la aceptabilidad general,  $n = 55$  debido a un valor faltante; para los atributos restantes,  $n = 56$ . SY: yogur a base de soja sin okara; SYO-0,25, SYO-0,35 y SYO-0,50: yogures a base de soja con 0,25 %, 0,35 % y 0,50 % de okara, respectivamente.



$n = 56$  panelists. Preference distribution differed significantly among formulations ( $\chi^2 = 15.14$ ,  $p = 0.0017$ ).

### Figura 2. Preferencia de los panelistas por formulaciones de yogur a base de soja enriquecidas con okara.

Porcentaje de panelistas que seleccionaron cada formulación como su muestra preferida: yogur a base de soja sin okara (SY), yogur a base de soja con 0,25 % de okara (SYO-0,25), yogur a base de soja con 0,35 % de okara (SYO-0,35) y yogur a base de soja con 0,50 % de okara (SYO-0,50). Un total de 56 panelistas participaron en la prueba. La distribución de preferencias difirió significativamente entre las formulaciones ( $\chi^2 = 15,14$ ,  $p = 0,0017$ ).

### 3.5. Interpretación integrada y formulación óptima

El análisis integrado de los resultados fisicoquímicos, funcionales, prebióticos y sensoriales indica que la incorporación de okara afectó las propiedades del yogur a base de soja de manera dependiente de la formulación. Desde una perspectiva fisicoquímica, la adición de okara produjo solo cambios moderados en °Brix y pH y no modificó significativamente la acidez titulable entre las formulaciones a base de soja. Esto sugiere que la incorporación de okara hasta un 0,50 % no alteró el perfil de acidificación básica de la matriz del yogur a base de soja. Por lo tanto, la principal contribución de la okara no estuvo relacionada con cambios importantes en la acidez o los sólidos solubles, sino más bien con su efecto en los atributos funcionales y sensoriales. Esto es relevante para el desarrollo de productos porque los subproductos alimentarios pueden incorporarse a nuevas formulaciones no solo para mejorar el valor nutricional o bioactivo, sino también para apoyar sistemas alimentarios más sostenibles y circulares cuando se preserva la calidad tecnológica y sensorial (Comunian et al., 2021; Sagar et al., 2018).

Entre los parámetros funcionales, SYO-0.50 mostró el mejor desempeño. Esta formulación presentó el mayor contenido total de fenoles y capacidad antioxidante, siendo significativamente superior a SY, SYO-0.25 y SYO-0.35. Estos resultados indican que la mayor concentración de okara evaluada fue la más efectiva para potenciar el perfil bioactivo del yogur a base de soja. Sin embargo, la formulación con el perfil antioxidante más alto no necesariamente fue la mejor desde la perspectiva del desarrollo del producto. La actividad prebiótica estimada aumentó notablemente en SYO-0.35 y SYO-0.50, sin diferencias significativas entre estas dos formulaciones. En términos prácticos, SYO-0.35 logró una respuesta prebiótica comparable a la de SYO-0.50 utilizando una menor concentración de okara. Este hallazgo respalda la importancia de identificar un nivel de enriquecimiento adecuado en lugar de asumir que la mayor concentración de ingredientes siempre proporcionará la mejor formulación en general.

Los resultados sensoriales respaldan aún más a SYO-0.35 como la formulación más equilibrada. Este tratamiento mostró las puntuaciones medias más altas en color, espesor, granularidad y aceptabilidad general, y fue seleccionado como la formulación preferida por el 44,6 % de los panelistas. En contraste, aunque SYO-0.50 mostró un contenido fenólico y una capacidad antioxidante superiores, su preferencia general fue menor que la de SYO-0.35. Este resultado es consistente con el principio de que el desarrollo de alimentos funcionales debe integrar el rendimiento tecnológico, el potencial bioactivo y la aceptación del consumidor, ya que los productos con propiedades funcionales mejoradas pueden fracasar en la aplicación práctica si la calidad sensorial se ve comprometida (Ares et al., 2009; Grunert, 2010).

En general, SYO-0.50 puede considerarse la formulación con el perfil antioxidante y fenólico más potente, mientras que SYO-0.35 parece ser la formulación óptima al considerar conjuntamente el rendimiento funcional y la respuesta sensorial. La actividad prebiótica estimada comparable entre SYO-0.35 y SYO-0.50, junto con la mayor preferencia de los panelistas por SYO-0.35, sugiere que el 0.35 % de okara podría representar la concentración más adecuada para desarrollar un yogur funcional a base

8

de soja aceptable. Estos hallazgos respaldan la valorización del okara como una estrategia viable para el desarrollo de productos fermentados de origen vegetal, contribuyendo al uso de subproductos del procesamiento de la soja en alimentos de valor añadido, manteniendo un equilibrio adecuado entre funcionalidad y aceptabilidad sensorial.

#### 4. Conclusiones

Este estudio demostró que el okara puede incorporarse con éxito al yogur de soja como ingrediente de valor añadido, contribuyendo al desarrollo de un producto fermentado funcional de origen vegetal. La adición de okara produjo cambios moderados en el perfil fisicoquímico del yogur de soja, sin diferencias significativas en la acidez titulable entre las formulaciones. Esto sugiere que la incorporación de okara hasta un 0,50 % no afectó negativamente las características de acidificación básica de la matriz de soja fermentada.

La incorporación de okara mejoró las propiedades funcionales del yogur a base de soja, especialmente en la concentración más alta evaluada. SYO-0.50 presentó el mayor contenido fenólico total y capacidad antioxidante, lo que indica que el enriquecimiento con okara potenció el perfil bioactivo del producto. En cuanto a la actividad prebiótica estimada, SYO-0.35 y SYO-0.50 mostraron los valores de OD600 corregidos más altos, sin diferencias significativas entre ellos, lo que sugiere que ambas formulaciones tuvieron efectos comparables en la promoción del crecimiento bacteriano en condiciones in vitro.

La evaluación sensorial demostró que SYO-0.35 proporcionó el mejor equilibrio general entre las formulaciones. Este tratamiento obtuvo las puntuaciones medias más altas en varios atributos sensoriales y fue la formulación preferida por los panelistas. Por lo tanto, aunque SYO-0.50 mostró el perfil antioxidante y fenólico más potente, SYO-0.35 puede considerarse la formulación más adecuada al evaluar conjuntamente el rendimiento funcional y la aceptabilidad sensorial.

En general, estos hallazgos respaldan la valorización del okara como una estrategia prometedora para mejorar las formulaciones de yogur a base de soja y promover el uso de subproductos del procesamiento de la soja en alimentos fermentados de origen vegetal. Los estudios futuros deberían incluir la composición proximal, la caracterización de la fibra dietética, el análisis de textura o reológico, la viabilidad microbológica durante el almacenamiento y la digestión gastrointestinal in vitro para comprender mejor el potencial tecnológico y funcional de los yogures a base de soja enriquecidos con okara.

21

8

54

## 5. Referencias

- Abdelghani, DY, Gad, AI, Orabi, MM, Abou-Taleb, KA, Mahmoud, EA, Al Amoudi, SA, Zari, A., Althubaiti, EH, Edris, S. y Amin, SA (2022). Bioactividad de la leche de soja fermentada orgánica como mezcla de prebióticos y probióticos de próxima generación. *Fermentación* 2022, vol. 8, 8 (10). <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION8100513>
- Anuyahong, T., Chusak, C., & Adisakwattana, S. (2020). Incorporación de arroz Riceberry rico en antocianinas en yogures: Efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, la actividad antioxidante y la digestión gastrointestinal in vitro. *LWT*, 129, 109571. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.109571>
- Ares, G., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2009). Percepción del consumidor sobre la salubridad y disposición a probar postres lácteos funcionales. Influencia del ingrediente, el nombre del ingrediente y la declaración de propiedades saludables. *Food Quality and Preference*, 20 (1), 50–56. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2008.07.002>
- Asghar, A., Afzaal, M., Saeed, F., Ahmed, A., Ateeq, H., Shah, YA, Islam, F., Hussain, M., Akram, N., & Shah, MA (2023). Valorización y aplicaciones alimentarias del okara (residuo de soja): Una revisión concurrente. *Food Science & Nutrition*, 11 (7), 3631. <https://doi.org/10.1002/FSN3.3363>
- Barbosa, BT, Pinto, SM, Boas, BMV, Rodrigues, JF, Andrade, RP y Fortes, RR (2021). Desarrollo de harina de okara y su aplicación en yogur: evaluación sensorial. *Research, Society and Development*, 10 (4), e42110414368–e42110414368. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I4.14368>
- Bedani, R., Campos, MM, Castro, IA, Rossi, EA y Saad, SM (2014). Incorporación de okara e inulina, subproductos de la soja, en un yogur de soja probiótico: perfil de textura y aceptación sensorial. *Journal of Food Science and Agriculture*, 94 (1), 119-125. <https://doi.org/10.1002/JSFA.6212>
- Betancourt, MM, Guevara García, J., Luna, L., Maldonado, L., Cardona, J., & Torrico, DD (2025). Efectos de las condiciones de fermentación en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los yogures vegetales. *LWT*, 230, 118242. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2025.118242>
- Comunian, TA, Silva, MP, & Souza, CJF (2021). El uso de subproductos alimentarios como novedad para alimentos funcionales: su uso como ingredientes y para el proceso de encapsulación. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 269–280. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.01.003>
- Du, H., Wang, X., Yang, H., Zhu, F., Tang, D., Cheng, J., & Liu, X. (2022). Cambios en el perfil fenólico y la actividad antioxidante durante el almacenamiento en frío de yogur funcional aromatizado suplementado con orujo de mora. *Food Control*, 132, 108554. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2021.108554>
- Farooq, R., Mgomi, FC, Saeed, F., Ahmad, A., Asghar, A., Riaz, S., Ateeq, H., Shah, YA, Khan, MR, Li, Y., & Afzaal, M. (2023). Caracterización y valorización del residuo de soja (okara) para el desarrollo de helado simbiótico. *Food Science & Nutrition*, 11 (10), 6571. <https://doi.org/10.1002/FSN3.3606>

- Gad, AI, Orabi, MM, Abou-Taleb, KA, Abdelghani, DY y Amin, SA (2024). Simulación del sistema digestivo in vitro y actividad anticancerígena de la leche de soja fermentada por probióticos y simbióticos. inmovilizado en residuos agroindustriales. *Scientific Reports* 2024 14:1 , 14 (1), 18518-. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68086-3>
- Grasso, N., Alonso- Miravalles , L., y O'Mahony, JA (2020a). Composición, propiedades fisicoquímicas y sensoriales de yogures comerciales a base de plantas. *Foods* 2020, Vol. 9, 9 (3). <https://doi.org/10.3390/FOODS9030252>
- Grasso, N., Alonso- Miravalles , L., & O'Mahony, JA (2020b). Composición, propiedades fisicoquímicas y sensoriales de yogures vegetales comerciales. *Foods* , 9 (3), 252. <https://doi.org/10.3390/FOODS9030252>
- Grunert, KG (2010). Aceptación de los alimentos funcionales por parte de los consumidores europeos. *Annals of the New York Academy of Sciences* , 1190 (1), 166–173. <https://doi.org/10.1111/J.1749-6632.2009.05260.X>
- Gupta, MK, Torrico, DD, Ong, L., Gras, SL, Dunshea , FR y Cottrell, JJ (2022). Yogures de origen vegetal y lácteo: una comparación de la aceptabilidad sensorial del consumidor vinculada al análisis de textura. *Foods* 2022, vol. 11, 11 (3). <https://doi.org/10.3390/FOODS11030463>
- Jaeger, SR, Cardello, AV, Jin, D., Ryan, GS y Giacalone, D. (2023). Percepción del consumidor sobre el yogur de origen vegetal: Factores sensoriales que influyen en la preferencia y asociaciones emocionales, holísticas y conceptuales. *Food Research International* , 167 , 112666. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.112666>
- Kim, HJ y Han, MJ (2019). Características de fermentación del yogur de soja con diferente contenido de d-alulosa y sacarosa fermentado por bacterias lácticas del kimchi. *Food Science and Biotechnology* , 28 (4), 1155. <https://doi.org/10.1007/S10068-019-00560-5>
- Li, B., Hayes, JE, & Ziegler, GR (2014). La escala de "justo a la medida" y la escala ideal ofrecen perspectivas similares sobre la influencia de los atributos sensoriales en la preferencia. *Food Quality and Preference* , 37 , 71. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2014.04.019>
- Li, B., Qiao, M., & Lu, F. (2012). Composición, nutrición y utilización del okara (residuo de soja). *Food Reviews International* , 28 (3), 231–252. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.595023>
- Li, H., Liu, S., Liu, Y., Li, W., Niu, A., Ren, P., Liu, Y., Jiang, C., Inam, M., & Guan, L. (2022). Efectos de la digestión y fermentación in vitro de polisacáridos de *Nostoc commune* Vauch. sobre sus propiedades y la microbiota intestinal. *Carbohydrate Polymers* , 281 , 119055. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2021.119055>
- Marlapati , L., Basha, RFS, Navarre, A., Kinchla , AJ, & Nolden, AA (2024). Comparación de atributos físicos y composicionales entre yogures comerciales de origen vegetal y lácteos. *Foods* 2024, Vol. 13, 13 (7). <https://doi.org/10.3390/FOODS13070984>
- Montemurro, M., Pontonio, E., Coda, R., & Rizzello, CG (2021). Alternativas de origen vegetal al yogur: estado del arte y perspectivas de nuevos desafíos biotecnológicos. *Foods* 2021, Vol. 10, 10 (2). <https://doi.org/10.3390/FOODS10020316>

- Pérez-López, E., Cela, D., Costabile, A., Mateos-Aparicio, I., & Rupérez, P. (2016). Fermentabilidad in vitro y potencial prebiótico de la soja Okara por la microbiota fecal humana. *The British Journal of Nutrition*, 116 (6), 1116-1124. <https://doi.org/10.1017/S0007114516002816>
- Privatti, RT, & Rodrigues, CE da C. (2023). Una visión general de la composición, aplicaciones y técnicas de recuperación de los componentes del okara con el objetivo de la biovalorización de este residuo del procesamiento de la soja. *Food Reviews International*, 39 (2), 726–749. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1926484>
- Queiroz Santos, VA, Nascimento, CG, Schimidt, CAP, Mantovani, D., Dekker, RFH y da Cunha, MAA (2018). Fermentación en estado sólido de okara de soja: biotransformación de isoflavonas, actividad antioxidante y mejora de la calidad nutricional. *LWT*, 92, 509–515. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.02.067>
- Quintana, G., Gerbino, E., & Gómez-Zavaglia, A. (2017). Okara: un subproducto nutricionalmente valioso capaz de estabilizar *Lactobacillus plantarum* durante la liofilización, el secado por aspersión y el almacenamiento. *Frontiers in Microbiology*, 8 (ABR), 641. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2017.00641>
- Rahman, MM, Mat, K., Ishigaki, G., & Akashi, R. (2021). Una revisión de la utilización de okara (residuo de cuajada de soja) como alimento para animales: valor nutritivo y aspectos del rendimiento animal. *Animal Science Journal*, 92 (1), e13594. <https://doi.org/10.1111/ASJ.13594;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Ren, W., Liang, H., Li, B., & Li, J. (2025). Hacia yogures vegetales ideales: evaluación de los efectos de los componentes y el procesamiento en la sensación en boca y la estabilidad. *Journal of Future Foods*, 5 (5), 455–469. <https://doi.org/10.1016/J.JFUTFO.2024.08.003>
- Sagar, NA, Pareek, S., Sharma, S., Yahia, EM, & Lobo, MG (2018). Residuos de frutas y verduras: compuestos bioactivos, su extracción y posible utilización. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17 (3), 512–531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>
- Spréa, RM, Finimundy, TC, Calhelha, RC, Pires, TCSP, Prieto, MA, Amaral, JS y Barros, L. (2024). Análisis exhaustivo de subproductos de soja (*Glycine max* L.): valor nutricional, composición fenólica y propiedades bioactivas. *Food Bioscience*, 62, 105382. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2024.105382>
- fibra dietética insoluble de okara modificada en la calidad del yogur. *Food Chemistry: X*, 21, 101064. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2023.101064>
- Trindade CS, TSTLDMRCS (2001). Desarrollo y evaluación sensorial de yogur a base de leche de soja - PubMed. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11515226/>
- Wang, X., Kong, X., Zhang, C., Hua, Y., Chen, Y., & Li, X. (2023). Comparación de las propiedades fisicoquímicas y los compuestos volátiles del sabor del yogur vegetal y el yogur lácteo. *Food Research International*, 164, 112375. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2022.112375>

- Xu, X., Yan, Y., Xu, J., Yuan, Z., Li, J., Wang, S., Yang, L., Liu, J., Liu, H., & Zhu, D. (2024). Efectos de la fermentación con diferentes cepas en las propiedades sensoriales y nutricionales del yogur a base de soja. *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 104 (1), 409–420. <https://doi.org/10.1002/JSFA.12941>
- Zhang, J., Xia, N., Teng, J., Wei, B., & Huang, L. (2023). Efecto de la fermentación con bacterias lácticas sobre los polifenoles extraíbles y no extraíbles de la leche de soja: Influencia de la  $\beta$  -glucosidasa y el okara. *Food Bioscience* , 56 , 103326. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2023.103326>

## ANEXOS

### 1. Sumisión de artículo a revista científica

Investigación aplicada en alimentos

Yaquelin E. Calzaya-Molina | Cerrar sesión

Hogar
Menú principal
Enviar un manuscrito
Acerca de
Ayuda

← Submissions Being Processed for Author

Page: 1 of 1 (1 total submissions)
Results per page 10

| Action                       | Manuscript Number | Title                                                                                                                | Initial Date Submitted | Status Date  | Current Status       |
|------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|----------------------|
| <a href="#">Action Links</a> | AFRES-D-26-01264  | Valorization of okara in soy-based yogurt: effects on physicochemical, antioxidant, prebiotic and sensory properties | May 15, 2026           | May 15, 2026 | Manuscript Submitted |

Page: 1 of 1 (1 total submissions)
Results per page 10

## 2. Resolución de inscripción de perfil de proyecto



"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

**RESOLUCIÓN N° 052-N-2025/UPeU-FCS-CF**

Ñaña, Lima, 11 de noviembre de 2025

**VISTO:**

El expediente de los(las)/el(la) bachiller(es), de la Carrera Profesional de Nutrición Humana, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Peruana Unión,

**CONSIDERANDO:**

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil del proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que los(las)/el(la) estudiantes(es), ha(n) solicitado la inscripción de su perfil de proyecto de tesis, y la designación de Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 11 de noviembre de 2025, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

**SE RESUELVE:**

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución, como sigue:

| Tesistas                      | Código    | Título                                                                               | Asesor                              | Dictaminadores                                            |
|-------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Vivian Calla Quispe           | 202100108 | Actividad prebiótica, probiótica y capacidad antioxidante de un yogurt plant based . | Mg. Yaquelin Eveling Calizaya Milla | Mg. Bertha Chanducas Lozano<br>Mg. Mery Rodríguez Vásquez |
| Jadely Lisbeth Hualpa Condori | 201911115 |                                                                                      |                                     |                                                           |
| Sheyla Carolina Vargas Solano | 201510131 |                                                                                      |                                     |                                                           |

Regístrese, comuníquese y archívese.



*Alifz*  
**Dra. Lili Albertina Fernández Molocho**  
DECANA



*EVO*  
**Mg. Maria Esther Valencia Orrillo**  
SECRETARIA ACADÉMICA

Villa Unión – Ñaña, altura Km. 19 de la Carretera Central, Lurigancho-Chosica, Lima 15, Perú Web: [www.upeu.edu.pe](http://www.upeu.edu.pe) Email: [universidadperuanaunion@upeu.edu.pe](mailto:universidadperuanaunion@upeu.edu.pe)

### 3. Carta de aprobación de comité de ética



Lima, Ñaña, 11 de diciembre de 2025

#### EL COMITÉ DE ÉTICA Y BIOÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LASALUD

##### CONSTA

Que el proyecto de **Vivian Calla Quispe**, identificado (a) con DNI Nro. **71715453**, **Jadely Lisbeth Hualpa Condori**, identificado (a) con DNI Nro. **73431803**, **Sheyla Carolina Vargas Solano**, identificado (a) con DNI Nro. **76853969**, y su asesor (a) la **Mg. Yaquelin Evelin Calizaya Milla**, identificado (a) con DNI Nro. **43958305**, con el título: *"Efecto del bagazo de soya (Glycine max) en la actividad prebiótica, probiótica y capacidad antioxidante en un yogurt plant based"*, fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética y Bioética de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud; considerando su calidad científica, bienestar de los participantes, y en conformidad con los estándares éticos establecidas en el Código de ética para la Investigación de la Universidad Peruana Unión (CoEIn - UPeU).

Para mantener la aprobación del Comité de Ética y Bioética, se tiene que cumplir con los siguientes requisitos:

1. Cada participante debe dar su consentimiento informado. Los menores de edad deben registrar su asentimiento informado bajo el consentimiento de uno de sus padres o tutores legales, en caso de trabajos prospectivos. En caso de trabajos retrospectivos, se debe contar con la carta de autorización de la institución para el uso de los datos, si no es de acceso público.

Los resultados de este proyecto puedan ser publicados con referencia a aprobación Número **2025-CEB-FCS - UPeU-Nro.331/2025**

Fecha de aprobación: 11-12-2025

Fecha de expiración: 11-12-2026



**Dgo. José Luis Yareta Yareta**  
Presidente  
Comité de Ética y Bioética - FCS



**Mg. Rita Cordova Soncco**  
Secretaria  
Comité de Ética y Bioética - FCS

Villa Unión – Ñaña, altura Km. 19 de la Carretera Central, Lurigancho-CHOSICA, Lima 15, Perú  
Teléfono (01) 618-6300 Fax: 6186339 Casilla 3564 Web: [www.upeu.edu.pe](http://www.upeu.edu.pe) Email: [universidadperuanaunion@upeu.edu.pe](mailto:universidadperuanaunion@upeu.edu.pe)

#### 4. Instrumento de recolección de datos

##### ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL YOGURT DE SOYA

###### Consentimiento breve

( ) Acepto participar voluntariamente y entiendo que puedo retirarme en cualquier momento.

Edad: \_\_\_\_\_

Género: (F) (M)

Responda las siguientes preguntas con sinceridad:

1. ¿Con qué frecuencia consume bebidas de soya?

( ) Nunca ( ) 1-3/mes ( ) 1/sem ( ) 2-4/sem ( ) ≥5/sem

2. ¿Consume productos con fibra o "con pulpa" (ej. jugos con bagazo, avena, chía)?

( ) Nunca ( ) A veces ( ) Frecuentemente

3. Alergias/intolerancias relevantes: ( ) No ( ) Sí: \_\_\_\_\_

4. Instrucciones: Marque con una (X) la opción que mejor describa su percepción para cada muestra.

##### MUESTRA 1

###### COLOR

No me gusta nada ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Me gusta muchísimo

###### ESPESOR

No me gusta nada ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Me gusta muchísimo

###### SABOR

No me gusta nada ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Me gusta muchísimo

###### OLOR

No me gusta nada ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Me gusta muchísimo

###### GRANULOSIDAD:

No me gusta nada ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Me gusta muchísimo

EN GENERAL ¿CUÁNTO TE GUSTÓ LA M1?