

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
“DESARROLLO DE UNA BEBIDA TIPO YOGUR A PARTIR DE ARROZ
INTEGRAL GERMINADO CON LECHE DE COCO Y SOYA”

POR:

ANGIE NINEL ERAZO HERRERA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2025

**“DESARROLLO DE UNA BEBIDA TIPO YOGUR A PARTIR DE ARROZ
INTEGRAL GERMINADO CON LECHE DE COCO Y SOYA”**

POR:

ANGIE NINEL ERAZO HERRERA

Ph.D. MARIO JOSUE GONZALES SANTOS

ASESOR PRINCIPAL

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

A Dios, porque en el silencio de cada intento, en la duda y en el cansancio, siempre sentí Su mano sosteniéndome. En cada paso de este camino académico encontré la certeza de que Su propósito era más grande que mis temores, y que cada reto era parte de un plan perfecto para fortalecer mi espíritu. A Él, que fue mi calma en los días difíciles y mi motivo para seguir.

A mi madre, por su amor que no conoce pausas ni condiciones. Por ser la voz que me alentó cuando el cansancio pesaba más que la ilusión, y por enseñarme que la constancia es una forma silenciosa de amor. Este logro también es suyo, porque cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada oración suya fue la raíz de mi fuerza.

A mi familia, mi mayor bendición. Por su amor incansable, por ser mi refugio en los días difíciles y mi inspiración en cada meta. Gracias por tus palabras que me levantaron cuando sentía que no podía más, por tus oraciones y por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía. A cada uno de mis seres queridos, gracias por acompañarme con cariño, por las sonrisas que aligeraron mis días y por enseñarme que la familia es el mejor lugar donde florece la fuerza.

A Nelson David Leiva, por su apoyo constante y su paciencia infinita. Gracias por estar, por comprender mis momentos de angustia, y por ser mi calma en esos momentos. Su compañía hizo más suaves los días difíciles y más grandes los pequeños logros. Este camino también es suyo.

A mis amigos, Fabiola Cáceres, Isabella Figueroa, Natalia Bulnes, Shermy Martínez, Janella Salinas, Yaslin Rosales y Juan Tejeda, esas amistades que la vida me regaló como

una segunda familia. Gracias por los mensajes de ánimo, por las risas entre lecturas, por los consejos sinceros y por celebrar conmigo cada avance. A veces bastaba su presencia para recobrar la energía y seguir adelante. Gracias por ser esa luz amable en los días de cansancio y por creer en mis sueños tanto como yo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, primero, porque sin Él nada de esto habría sido posible. Gracias por darme la fuerza en los momentos en que el cansancio me vencía y por recordarme, en silencio, que cada paso tenía un propósito. En las madrugadas de estudio, en los días de frustración y en las horas de duda, sentí su presencia guiándome con calma. Gracias por enseñarme que los sueños también son una forma de fe y que todo esfuerzo tiene su recompensa cuando se hace con el corazón.

A mis asesores, Ph.D. Mario Gonzales, Dra. Gabriela Macias y Dra. Elky Bock, quienes con su orientación, paciencia y conocimiento contribuyeron de forma invaluable a este trabajo. Gracias por guiarme con respeto, por compartir su experiencia y por creer en este proyecto cuando apenas era una idea. Sus enseñanzas no solo fortalecieron esta investigación, sino también mi forma de mirar la ciencia con pasión y responsabilidad.

A mi universidad, Universidad Nacional De Agricultura que me brindó el espacio para aprender, crecer y poder realizar mi trabajo de investigación. Gracias a cada docente y al equipo académico por sembrar en mí la curiosidad por investigar, el deseo de mejorar y el compromiso con el conocimiento. Este logro representa no solo una meta personal, sino el fruto del aprendizaje compartido y del esfuerzo de una comunidad que forma con dedicación y entrega

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	12
II. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos generales	14
2.2 Objetivos Específicos	14
III. REVISIÓN DE LITERATURA	15
3.1 Bebidas vegetales y sus beneficios	15
3.2 fermentación láctica en productos vegetales	15
3.3 Bebida Funcional a base de arroz germinado	16
3.4 Arroz integral y Arroz integral germinado	17
3.5. Ácido gamma aminobutírico (GABA)	17
3.6 Coco (Coco nucifera)	18
3.6.1 Leche de coco	21
3.7 Soya	21
3.7.1 Leche de Soya	22
3.8 Propiedades fisicoquímicas y reológicas de productos fermentados vegetales ...	23
3.9 Perspectivas de sostenibilidad y aceptabilidad	24
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1 Ubicación:	25
4.2 Materiales y equipo	25
4.3 Metodología:	25
4.4 Proceso de preparación de los diferentes tratamientos de arroz:	25
4.5 Obtención de leche de coco:	27
4.6 Obtención de leche de soya	28
4.7 Elaboración de la bebida tipo yogur:	28
4.8 Análisis fisicoquímicos	30
4.8.1 °Brix	30

4.8.2	PH	30
4.8.3	Acidez titulable.....	30
4.8.4	Viscosidad	31
4.8.5	Color	31
4.8.6	Análisis de sinéresis.....	32
4.8.7	Densidad.....	33
4.9.8	Diseño experimental:.....	33
V.	RESULTADOS Y DISCUSION.	35
VI.	CONCLUSIONES	63
VII.	RECOMENDACIONES	64
I.	BIBLIOGRAFIA	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del coco nucifera (Matuz, 2016)	20
Tabla 2. Materiales y equipos.....	25
Tabla 3 Tratamientos de arroz integral	26
Tabla 4. Factor a evaluar y constante.....	34
Tabla 5. Tratamientos de yogur para el diseño experimental.....	34
Tabla 6. Valores promedio de pH $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento.	35
Tabla 7. Valores promedio de sinéresis $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento.....	38
Tabla 8. Valores promedio de viscosidad $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento	42
Tabla 9. Valores promedio de acidez titulable $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento	46
Tabla 10. Valores promedio de densidad $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento	49
Tabla 11. Valores promedio de grados brix $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento	52
Tabla 12. Valores promedio de Color L* $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento	54
Tabla 13. Valores promedio de Color a* $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento	56
Tabla 14. Valores promedio de Color b* $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comparación de valores medios de las variaciones de color (C^* , h^* y ΔE) del T1 control con los diferentes tratamientos	60
Figura 4 Deshidratación y germinación del arroz	81
Figura 5 Sellado al vacío de la harina de arroz	81
Figura 6 Elaboración de la bebida tipo yogurt	81
Figura 7 Análisis Fisicoquímicos	82

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Acido Láctico	31
Ecuación 2 croma, y ángulo de tono	32
Ecuación 3 Densidad	33

ERAZO HERRERA, A, 2025 DESARROLLO DE UNA BEBIDA TIPO YOGUR A PARTIR DE ARROZ INTEGRAL GERMINADO CON LECHE DE COCO Y SOYA. Tesis Ing. En Tecnología Alimentaria, Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. Pag. 82

RESUMEN

La elaboración de alternativas fermentadas a partir de materias primas vegetales locales representa una vía sostenible para diversificar la oferta alimentaria y responder a la demanda creciente de productos no lácteos. El uso de arroz integral germinado combinado con leche de coco y soya permite obtener bebidas tipo yogur con características funcional, aprovechando la capacidad de la germinación para mejorar la disponibilidad de compuestos bioactivos y la calidad fisicoquímica del producto final. El objetivo de este estudio fue desarrollar un yogur vegetal empleando cuatro tratamientos basados en distintos tiempos de germinación del arroz integral, con el fin de evaluar su efecto en parámetros fisicoquímicos como ser pH, acidez titulable, sinéresis, viscosidad, densidad, °Brix y color, así como determinar la estabilidad del producto durante cinco días de almacenamiento. Los análisis se realizaron por triplicado y los datos fueron sometidos a ANOVA y prueba de LSD ($p < 0.05$) para identificar diferencias significativas entre tratamientos y días. Los resultados mostraron que la incorporación de arroz germinado mejoró notablemente la estabilidad del yogur vegetal. En particular, los tratamientos T3 y T4 presentaron mayor viscosidad arriba de los 1000 cp, menor sinéresis en valores de (58.63 ± 2.46) . Así mismo, algunos valores se mantuvieron dentro de rangos adecuados en todos los tratamientos como ser pH con rangos de 4.28 ± 0.11 y °Brix con 11, con variaciones mínimas atribuibles al proceso fermentativo y al tiempo de almacenamiento. La formulación a base de arroz integral germinado, leche de coco y soya constituye una alternativa no láctea viable y estable, con propiedades fisicoquímicas adecuadas y comportamiento comparable al de yogures convencionales. Su desempeño favorable durante el almacenamiento demuestra su potencial como producto funcional apto para consumidores que buscan opciones libres de lácteos, más sostenibles y elaboradas con materias primas vegetales accesibles.

Palabras clave: viabilidad, fisicoquímico, alternativa, estabilidad, no lácteo.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de alimentos funcionales representa una de las tendencias más prometedoras en la industria alimentaria, al combinar nutrición con beneficios para la salud. Estos productos, además de cubrir necesidades básicas, contienen compuestos bioactivos capaces de influir positivamente en funciones fisiológicas como el metabolismo, la salud cardiovascular y el sistema gastrointestinal (Alvidrez et al., 2022; Hernández et al., 2021). Dentro de esta categoría, las bebidas vegetales fermentadas destacan como una alternativa viable a los lácteos, especialmente para personas con restricciones alimentarias. Ingredientes como la soya, el coco y el arroz integral germinado aportan no solo valor nutricional, sino también propiedades funcionales. En particular, el arroz germinado incrementa su contenido de compuestos como el GABA o Ácido gamma aminobutírico que tiene como función ser neurotransmisor, oryzanol y fenoles que poseen una capacidad antioxidante durante la germinación, lo que potencia sus efectos antioxidantes, digestivos y neuro protectores (Sirichokchatchawan et al., 2024; Beaulieu et al., 2023).

De manera complementaria la leche de coco y la de soya complementan esta base con lípidos saludables, proteínas de alta calidad y antioxidantes, posicionándose como componentes clave en el diseño de bebidas fermentadas tipo yogur, pensadas para dietas veganas o libres de lactosa (Verywell Health, 2024; Vallath et al., 2022).

La combinación de estos ingredientes permite el desarrollo de un producto innovador que no solo responde a las demandas de los consumidores por alimentos más saludables y sostenibles, sino que también aprovecha el potencial tecnológico y funcional de materias primas de origen vegetal. En este contexto, el diseño de una bebida fermentada tipo yogur representa una oportunidad para diversificar la oferta alimentaria y promover alternativas inclusivas desde el punto de vista nutricional.

Sin embargo, para asegurar la calidad y aceptación de este tipo de producto, es fundamental realizar una caracterización integral que permita evaluar sus atributos físicos, químicos, microbiológicos y funcionales. Este enfoque no solo garantiza la inocuidad y estabilidad del producto, sino que también contribuye al desarrollo de formulaciones con valor agregado.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivos generales

Desarrollar un producto tipo yogur a partir de arroz integral germinado en combinación con leche de coco y soya, mediante la evaluación de sus características fisicoquímicas, con el propósito de determinar su viabilidad como alternativa no láctea.

2.2 Objetivos Específicos

Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del yogur vegetal elaborado incluyendo pH, grados brix, acidez titulable, sinéresis, viscosidad, densidad, y color.

Evaluar las propiedades fisicoquímicas del yogur elaborado a base de arroz integral germinado con leche de coco y soya, con el fin de determinar su viabilidad y estabilidad durante el periodo de tiempo establecido.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Bebidas vegetales y sus beneficios

Las bebidas vegetales son productos que siempre se han consumido, son bebidas no lácteas, elaboradas con agua e ingredientes vegetales, que no contienen proteína animal (García-Saavedra, 2017). Hay diferentes tipos de bebidas vegetales, por ejemplo: de almendras, coco, arroz, avena, linaza, alpiste, quinoa, sésamo, soya, avellanas, así como de nuez, girasol, mijo, cáñamo, trigo y espelta. Los sustitutos de la leche de origen animal por las bebidas de origen vegetal son uno de los grupos de alimentos que son insustituibles en la industria alimentaria vegana ya que son un ingrediente esencial en muchos productos como el yogur de origen vegetal, el queso, el kéfir, la mantequilla, crema. (Hernández et al 2021) Además, su versatilidad y perfil nutricional las han convertido en una base ideal para el desarrollo de productos fermentados funcionales, como las bebidas tipo yogur, que responden a las tendencias actuales de salud y sostenibilidad.

La bebida vegetal más comercializada en el mercado es la bebida a base de soya, se comercializa desde 1940 en el continente asiático, seguida de la elaborada a partir de almendras debido a su alto contenido proteico, además de que puede mantenerse en vida útil más tiempo a diferencia de los lácteos en general. La bebida de coco es el resultado del extracto blanco obtenido de la filtración de la pulpa molida el cual tiene un agradable sabor, se consume principalmente en forma de bebida, y en forma secundaria como ingrediente de preparaciones gastronómicas (Hernández et al 2021)

3.2 Fermentación láctica en productos vegetales

La fermentación láctica en productos vegetales es un proceso biotecnológico mediante el cual microorganismos beneficiosos transforman azúcares naturales presentes en matrices no lácteas, generando compuestos que mejoran su estabilidad, valor nutricional y

características sensoriales. Este tipo de fermentación utiliza principalmente bacterias ácido-lácticas (LAB) como *Lactococcus lactis*, *Lactiplantibacillus plantarum* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, que se adaptan eficientemente a medios vegetales carentes de lactosa (Harper et al., 2022). En ausencia de este disacárido, las LAB modifican su metabolismo para aprovechar azúcares reductores como glucosa, fructosa o sacarosa, activando rutas enzimáticas específicas que permiten su crecimiento y producción de ácido láctico. Este proceso mejora la textura y la estabilidad del producto gracias a la síntesis de exopolisacáridos y a la acidificación controlada, que refuerza la red gelificada y prolonga la vida útil. Además, la fermentación incrementa el valor funcional del alimento al liberar péptidos bioactivos, degradar anti nutrientes y favorecer la formación de metabolitos como el GABA (ácido γ -aminobutírico) y diversos ácidos orgánicos con propiedades antioxidantes y calmantes (Tangyu et al., 2023; 2024). En conjunto, la fermentación láctica en matrices vegetales no solo reproduce los beneficios tecnológicos de los yogures lácteos tradicionales, sino que también potencia el perfil funcional y sensorial de los productos no lácteos, convirtiéndolos en alternativas saludables y sostenibles (Harper et al., 2022; Tangyu et al., 2023).

3.3 Bebida funcional a base de arroz germinado

Las bebidas elaboradas a partir de arroz integral germinado han ganado atención en el ámbito científico y tecnológico por su alto valor nutricional y funcional. Durante el proceso de germinación, se incrementa significativamente el contenido de compuestos bioactivos como el ácido γ -aminobutírico (GABA), tocoferoles, compuestos fenólicos y oryzanol, los cuales contribuyen a propiedades antioxidantes, antihipertensivas y neuroprotectoras (Sirichokchatchawan et al., 2024). Estas bebidas también presentan mejoras en su digestibilidad, perfil de aminoácidos y sabor, lo que las convierte en una alternativa viable y saludable a las bebidas lácteas tradicionales, especialmente para personas con intolerancia a la lactosa o que siguen dietas veganas. Además, la fermentación posterior del arroz germinado potencia aún más sus beneficios funcionales y sensoriales, permitiendo el desarrollo de productos fermentados con características similares al yogur, pero de origen vegetal (Madrigal-Bujaidar et al., 2024). La versatilidad del arroz integral germinado también facilita su combinación con otros ingredientes

funcionales como el té o legumbres fermentadas, generando productos innovadores con propiedades nutricionales mejoradas.

3.4 Arroz integral y Arroz integral germinado

El arroz integral (BR), un grano integral rico en fibra dietética, ha recibido más atención en los últimos años por su potencial para reducir el riesgo de enfermedades crónicas. En comparación con el arroz blanco, los nutrientes del arroz integral se encuentran principalmente en la capa de salvado (epidermis y aleurona) y el germen, incluidos los lípidos, las proteínas, la fibra dietética, los compuestos fenólicos, los micro elementos y los esteroides (Yang et al. 2025)

El arroz integral (BR) está compuesto por capas delgadas externas (salvado) que encierran el embrión y el endospermo. Los componentes nutricionales de BR se eliminan principalmente en las capas de germen y salvado, que en su mayoría se eliminan como consecuencia de la molienda o el pulido (Monks et al. 2013)

El arroz integral germinado (SBR) ha ganado popularidad debido a que numerosos estudios han demostrado que la germinación mejora la textura y la aceptabilidad y también mejora los nutrientes y fitoquímicos (Cáceres et al. 2017) y también como un grano integral nutritivo (Beaulieu et al. 2023). El SBR es abundante en numerosos compuestos activos y se considera que tiene un potencial significativo para combatir enfermedades crónicas como la diabetes, la obesidad y la hiperlipidemia (Chinma 2023). El proceso de germinación resulta en niveles mejorados de vitaminas, minerales fibras y fitoquímicos como ácido ferulico, GABA, y-orizanol y actividad antioxidante.

3.5. Ácido gamma aminobutírico (GABA)

En los últimos años, los granos de arroz enriquecidos con ácido gamma-aminobutírico (GABA) han cobrado relevancia en el mercado de alimentos saludables debido a sus propiedades nutricionales y sus efectos positivos en el sistema nervioso y cerebral (Thomas et al. 2023). Este aminoácido no proteico, clasificado como un potente compuesto bioactivo, desempeña un papel clave como neurotransmisor inhibitorio,

contribuyendo a la relajación, mejorando la calidad del sueño y reduciendo la presión arterial, el estrés, la ansiedad y la depresión. Además, se ha demostrado que el GABA fortalece el sistema inmunológico en situaciones de estrés y actúa como un diurético natural en el cerebro humano (Ding et al. 2018).

Más allá de sus efectos neurológicos, el GABA también tiene implicaciones significativas en la salud metabólica. Estudios recientes indican que puede ayudar a prevenir la diabetes, regular los niveles de colesterol en sangre e incluso inhibir la proliferación de células cancerosas, como las del cáncer de colon y la leucemia (Ngo y Vo, 2019). Estas propiedades han llevado a que sea reconocido como un nutriente esencial para una dieta equilibrada y saludable.

La biosíntesis de GABA en alimentos como el arroz germinado depende de varios factores, entre ellos la variedad del grano, las condiciones de remojo y el tiempo de germinación (Thomas et al. 2023). Una de las estrategias más efectivas para incrementar su concentración es la germinación controlada, ya que activa enzimas como la glutamato descarboxilasa, responsable de su producción. Además, las bacterias del ácido láctico (BAL) desempeñan un papel crucial en la fermentación de alimentos enriquecidos con GABA, ofreciendo una alternativa natural, segura y sostenible (Diana et al. 2014).

Dada su versatilidad y beneficios, el GABA ha sido clasificado por la FDA como una sustancia generalmente reconocida como segura (GRAS), lo que refuerza su potencial en el desarrollo de alimentos funcionales. Su capacidad para aliviar el estrés, prevenir enfermedades metabólicas y actuar como agente anticancerígeno lo convierte en un componente prometedor para la nutrición moderna (Caiwen 2023).

3.6 Coco (*Coco nucifera*)

El coco (*Cocos nucifera*) es una fruta tropical reconocida por sus múltiples aplicaciones nutricionales y funcionales. La pulpa del coco contiene triglicéridos de cadena media (MCT), especialmente ácido láurico, los cuales son metabolizados rápidamente por el organismo como fuente de energía, y han sido asociados con efectos beneficiosos en el

control del peso corporal y el metabolismo lipídico (Verywell Health, 2024). Asimismo, el aceite de coco ha sido estudiado por su capacidad antimicrobiana, así como por su influencia en el aumento del colesterol HDL; sin embargo, también puede elevar el LDL, por lo que su consumo debe ser moderado (Health.com, 2024). Por su parte, la leche de coco, elaborada a partir de la mezcla de la pulpa con agua, es una alternativa vegetal útil para personas con intolerancia a la lactosa o que siguen dietas basadas en plantas. Esta leche aporta MCTs y antioxidantes, aunque su elevado contenido en grasas saturadas sugiere precaución en su ingesta diaria (Verywell Health, 2023). En conjunto, los productos derivados del coco pueden ofrecer beneficios funcionales, siempre que se consuman dentro de una dieta equilibrada.

El coco es un cultivo de gran relevancia en Honduras, especialmente en las zonas costeras del Litoral Atlántico (Colón, Islas de la Bahía, Atlántida) y en algunas áreas de Cortés y Choluteca, donde su producción forma parte de la agroindustria local y de la economía familiar. De acuerdo con evaluaciones agrícolas del DICTA-SAG y FAO (2020), el coco es uno de los frutos tropicales con mayor disponibilidad y estabilidad productiva en el país, lo que garantiza su presencia continua en mercados y su uso en industrias artesanales y comerciales. Estas instituciones reportan que Honduras produce coco tanto para consumo fresco como para elaboración de derivados: aceite virgen, harina, leche, dulces tradicionales y productos fermentado

Tabla 1. Composición nutricional del coco nucifera (Matuz, 2016)

Componente	Contenido	Categoría
Agua	44.80 g	Macronutriente
Fibra	9.0 g	Macronutriente
Carbohidratos	4.80 g	Macronutriente
Grasa	36.5 g	Macronutriente
Proteína	0.39 g	Macronutriente
Minerales	2.0 g	Macronutriente
Tocoferol	730 ng	Vitamina
Tiamina	60 ng	Vitamina
Riboflavina	8 ng	Vitamina
Nicotianamina	380 ng	Vitamina
Ácido pantoténico	200 ng	Vitamina
Piridoxina	60 ng	Vitamina
Ácido fólico	30 ng	Vitamina
Ácido ascórbico	2 ng	Vitamina
Sodio	35 mg	Mineral
Potasio	380 mg	Mineral
Magnesio	39 mg	Mineral
Calcio	20 mg	Mineral
Manganeso	310 ng	Mineral
Hierro	2,250 ng	Mineral
Cobre	300–7,000 ng	Mineral
Zinc	500 ng	Mineral
Fósforo	95 mg	Mineral
Cloro	120 mg	Mineral
Yodo	1 ng	Mineral
Selenio	810 ng	Mineral
Arginina	490 mg	Aminoácido
Isoleucina	200 mg	Aminoácido
Histidina	70 mg	Aminoácido
Leucina	310 mg	Aminoácido
Lisina	150 mg	Aminoácido
Metionina	70 mg	Aminoácido
Fenilalanina	180 mg	Aminoácido
Treonina	130 mg	Aminoácido
Triptófano	40 mg	Aminoácido
Tirosina	120 mg	Aminoácido
Valina	220 mg	Aminoácido
Ácido láurico	16.2 g	Lípido
Ácido palmítico	3,100 mg	Lípido
Ácido esteárico	1,100 mg	Lípido
Ácido oleico	2,100 mg	Lípido
Ácido linoleico	680 mg	Lípido

3.6.1 Leche de coco

Es el producto obtenido a partir de la pulpa fresca molida y prensada. La composición depende del método de obtención utilizada. Este producto se ha utilizado en la cocina y para hornear alimentos tradicionales, jugo de coco azucarado, concentrado deshidratado, licor de coco (Matuz, 2013). En los últimos años, ha habido un creciente interés en las alternativas a la leche de origen vegetal. Las propiedades nutricionales de estos productos dependen de la fuente de la planta, el procesamiento y la fortificación (Mäkinen et al. 2015). Las leches vegetales no son sustitutos de los productos lácteos porque difieren en el contenido de proteínas y otros nutrientes; sin embargo, pueden ofrecer alternativas o complementos a los consumidores, ya que contienen componentes funcionalmente activos con propiedades beneficiosas para la salud (Sethi et al. 2016).

La leche de coco se puede consumir como bebida cuando la pulpa de coco madura (*Cocos nucifera* L.) se ralla con agua, lo que da como resultado una suspensión vegetal (Mauro y Garcia 2019).

3.7 Soya

La soya (*Glycine max*) es una leguminosa con una importancia histórica, nutricional y económica que trasciende culturas. Aunque ha sido un alimento fundamental en Asia durante miles de años, su incorporación a la dieta occidental ha aumentado en las últimas décadas debido a su versatilidad industrial y su perfil nutricional superior. La soya destaca por su contenido de proteína vegetal completa, grasas insaturadas, fibra, minerales y, especialmente, isoflavonas, compuestos bioactivos asociados a beneficios como reducción de riesgo cardiovascular, mejor salud ósea y disminución de síntomas menopáusicos, según evidencia reciente (Zhang et al., 2023). Estos beneficios también fueron descritos por Salinas y Sobaler (2017), quienes resaltan el impacto positivo del consumo regular de soya sobre la salud hormono-dependiente y metabólica.

En cuanto a su ingesta, investigaciones modernas indican que un consumo diario de 25 a 50 g de proteína de soya equivalente a dos vasos de leche de soya, 150 g de tofu o

porciones similares, es considerado seguro y beneficioso para la mayoría de la población (Messina et al., 2022). Esta cantidad no altera de forma negativa las hormonas en hombres ni mujeres, desmintiendo creencias que relacionan la soya con disminución de testosterona o infertilidad, lo cual ha sido desmentido en revisiones sistemáticas recientes (Reed et al., 2021). Sin embargo, existe una consideración importante: quienes padecen hipotiroidismo deben consumir soya con separación de al menos 3 a 4 horas respecto a la levotiroxina, ya que las isoflavonas pueden disminuir su absorción, aunque no representan un riesgo si el manejo es adecuado (Messina et al., 2022). Esta aclaración permite un consumo seguro sin generar alarmas innecesarias.

En Honduras, Según reportes nacionales del Dicta-SAG y evaluaciones del IHCAFE/FAO (2019) el cultivo de soya ha ganado relevancia, especialmente en departamentos como Olancho, Yoro y Colón, donde el grano se adapta al clima y contribuye a la diversificación agrícola. El país importa una cantidad considerable de soya para uso alimentario y pecuario, pero también se impulsa el cultivo local para programas de alimentación y para productos funcionales, como bebidas y yogures vegetales. Esto es especialmente valioso para comunidades con acceso limitado a proteína animal, ya que la soya ofrece un aporte nutricional denso, económico y sostenible.

En conjunto, la soya representa un alimento estratégico con impacto nutricional, económico y sanitario. Su riqueza proteica y bioactiva, combinada con su disponibilidad creciente en Honduras, la posiciona como una alternativa vegetal ideal para elaborar productos funcionales como yogures, bebidas fermentadas y alimentos fortificados.

3.7.1 Leche de Soya

La leche de soya es una de las bebidas vegetales más antiguas registradas, utilizada desde hace más de dos milenios en China como una alternativa nutritiva en regiones donde la leche animal era escasa. Su elaboración consiste en extraer las proteínas, aceites, carbohidratos y compuestos solubles del grano de soya, obteniendo una bebida versátil, digestible y nutritiva (Vallath et al., 2022). Actualmente, es especialmente consumida por

personas con intolerancia a la lactosa, alergia a la proteína de la leche de vaca, dietas veganas o por quienes buscan reducir la ingesta de grasas saturadas.

Desde el punto de vista nutricional, la leche de soya destaca por su aporte de proteína completa, ya que contiene los nueve aminoácidos esenciales, una característica poco común en bebidas vegetales. Además, posee ácidos grasos poliinsaturados beneficiosos para la salud cardiovascular, como el ácido linoleico y α -linolénico (Goldberg et al., 2024). Debido a su bajo contenido de grasas saturadas, se considera una alternativa adecuada para personas con riesgo cardiometabólico, recomendación respaldada por bases de datos como USDA y estudios recientes que enfatizan su calidad nutricional (USDA; Goldberg et al., 2024).

Además, la leche de soya es una excelente matriz para procesos fermentativos, ya que su contenido proteico y su perfil de carbohidratos permiten un crecimiento eficiente de bacterias ácido-lácticas. Esto favorece la formación de geles cremosos y agradables al paladar, lo que la convierte en un sustrato ideal para yogures vegetales. La fermentación mejora aún más su perfil funcional, incrementando la biodisponibilidad de isoflavonas y reduciendo antinutrientes como la rafinosa y la estaquiosa, tal como reportan Tangyu et al. (2023) y Rehman et al. (2024). Este proceso potencia la estabilidad, aroma, textura y calidad sensorial del producto final.

3.8 Propiedades fisicoquímicas y reológicas de productos fermentados vegetales

Las bebidas y yogures fermentados de origen vegetal presentan parámetros fisicoquímicos claves como pH, acidez titulable, sinéresis, viscosidad y color que dependen directamente del tipo de matriz vegetal, del contenido de proteínas y carbohidratos y del fermento utilizado. Por ejemplo, un estudio comparativo encontró que un yogur a base de soya desarrolló una red gelificada más densa, mayor firmeza y capacidad de retención de agua (water-holding capacity) que otras matrices vegetales, lo

que se traduce en menor sinéresis y mejor estabilidad reológica (Espinosa et al., 2022). Además, se ha observado que matrices con mayor contenido proteico vegetal facilitan la formación de estructuras viscoelásticas más similares a las de los yogures lácteos, mientras que aquellas con carbohidratos simples o baja proteína requieren el uso de estabilizantes o hidrocoloides para compensar (Smith y col., 2023). En este sentido, el color también se ve afectado por el tipo de planta y el grado de procesamiento: las leches vegetales con menor contenido de sólidos o pigmentos tienden a presentar luminosidad (L^*) más alta y tonos más claros, lo que influye en la aceptación sensorial (Johnson et al., 2021).

3.9 Perspectivas de sostenibilidad y aceptabilidad

Las alternativas vegetales a los productos lácteos tradicionales cada vez ganan más terreno por dos grandes motivos: la sostenibilidad ambiental y la creciente conciencia del consumidor. Estudios recientes señalan que las bebidas vegetales bien formuladas pueden reducir entre un 59 % y 71 % las emisiones de gases de efecto invernadero por porción frente a la leche de vaca, así como disminuir el uso de tierra y eutrofización (Craig y col., 2023). En el ámbito del consumidor, investigaciones muestran que el sabor, la apariencia, el valor nutricional y los beneficios medioambientales influyen de manera significativa en la disposición a pagar por bebidas vegetales, siendo la salud y la sostenibilidad motivadores clave (Nguyen et al., 2024). Desde la economía regional, estos productos también ofrecen oportunidades para el valor agregado en cultivos locales, diversificación productiva y fabricación más cercana al consumidor, lo que puede favorecer cadenas cortas y menor huella de carbono.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación:

El desarrollo del proceso de la bebida, formulaciones y distintos análisis se llevarón a cabo en la planta de Granos y Cereales, planta de Hortofrutícola y en el laboratorio de la planta de Lácteos de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en el Municipio de Catacamas, departamento de Olancho.

4.2 Materiales y equipo

Tabla 2. Materiales y equipos

Componente	Materias primas y equipos
Materia prima	Soya, coco, arroz integral, goma xantana, sacarosa.
Equipos y utensilios de procesamiento	Mesas, licuadora, tamiz, olla, embudo, botellas o envases de plástico, refrigeradora, estufa, molino.
Instrumento de laboratorio	Termómetro, matraz, pH metro, refractómetro, beacker, centrifugadora, colorímetro, viscosímetro.
Indumentaria de trabajo	Gabacha, guantes, botas, redecillas, mascarilla.

4.3 Metodología:

4.4 Proceso de preparación de los diferentes tratamientos de arroz:

Tabla 3 Tratamientos de arroz integral

No. Tratamientos	Tratamiento	Descripción
1	CBR	Tratamiento control (sin proceso de remojo y secado).
2	SBR	Remojado
3	GBR48	Germinado por 48 horas
4	GBR96	Germinado por 96 horas

Los tratamientos del arroz integral se llevaron a cabo utilizando arroz integral comercial como materia prima. Este fue sometido a una serie de procesos controlados para obtener harinas con diferentes grados de modificación funcional, según los tratamientos establecidos. Inicialmente, el arroz para los tratamientos T2, T3 Y T4, se sometieron a un proceso de remojo, colocándolos en agua potable a temperatura ambiente durante un periodo continuo de 24 horas, con el objetivo de activar parcialmente las enzimas endógenas y facilitar la posterior germinación en los tratamientos correspondientes

Para los tratamientos designados como GBR48 y GBR96, una vez completado el remojo, se procedió con la germinación del grano. Esta etapa se llevó a cabo colocando el arroz remojado en recipientes con agua potable, en condiciones de oscuridad, y manteniendo una temperatura controlada entre 25 y 28 °C, así mismo se mantuvo un recambio de agua cada 6 horas durante 48 o 96 horas, respectivamente, dependiendo del tratamiento. Durante la germinación, se promueve el desarrollo del embrión y la actividad enzimática natural del grano, lo que contribuye a la modificación de su perfil nutricional y funcional. (Cáceres et al. 2019). Los tiempos de 48 y 96 h de germinación se seleccionaron considerando reportes previos que indican que el contenido de GABA y compuestos bioactivos alcanza su máxima liberación durante ese tiempo.

Una vez finalizado el periodo de germinación, tanto los granos únicamente remojados como los germinados fueron sometidos a un proceso de secado. Este secado se llevó a cabo en un deshidratador, a una temperatura constante de 70 °C durante 6 horas, con el fin de reducir la humedad a niveles adecuados para su posterior molienda y asegurar la estabilidad microbiológica de la materia prima. Finalmente, todos los tratamientos se llevaron a un proceso de molienda, esto con el fin de obtener una harina fina y homogénea. Esta harina se procedió a ser envasada en bolsas herméticas al vacío, las cuales fueron almacenadas a temperatura ambiente hasta el momento de su utilización en la formulación del producto.

4.5 Obtención de leche de coco:

Para la elaboración de la leche de coco, se utilizaron cocos maduros en buen estado, sin señales de deterioro. La selección se realizó cuidadosamente, buscando que la pulpa esté blanca, fresca y libre de sabores rancios, ya que esto será clave para asegurar la calidad del producto final.

El primer paso consistió en partir los cocos utilizando herramientas adecuadas y en un ambiente limpio. El agua de coco contenida en el interior se recogió en un recipiente higienizado y se reservó o descartó según sea necesario. Luego, se separó la pulpa de la cáscara dura con la ayuda de cuchillos y cucharas limpias y seguras, procurando conservar la pulpa en buen estado y sin contaminación. Una vez extraída, se pesó la pulpa para preparación. Esta se lavó cuidadosamente con agua potable para eliminar cualquier residuo o impureza visible. Luego se cortó en trozos pequeños, lo que facilitará el proceso de licuado.

Para extraer la leche, se mezcló la pulpa en trozos pequeños con agua potable en una relación 1:3. Esta mezcla se introdujo a la licuadora y se procesó durante 3 a 5 minutos, hasta obtener una mezcla cremosa y homogénea. A continuación esta matriz se filtró, aplicando presión manual para extraer todo el líquido posible, extrayendo un total de 4 litros de leche. El resultado fue obtener la leche de coco fresca, que se recogerá en un

recipiente limpio de igual manera se almacenó en refrigeración (a unos 4 °C) hasta que sea utilizada en la formulación del producto tipo yogur.

4.6 Obtención de leche de soya

Para la obtención de la leche de soya, se seleccionaron granos de buena calidad, secos, enteros y sin daños visibles. La limpieza manual permite eliminar impurezas como piedras, polvo, cáscaras sueltas o granos defectuosos, lo cual reduce el riesgo de contaminación durante el procesamiento (Fan, Li y Wang, 2024). Una vez limpios, los granos fueron pesados y colocados en un recipiente con agua potable a temperatura ambiente durante 12 horas. Este proceso de remojo permite que los granos se hidraten completamente, se ablanden y estén listos para su procesamiento.

Después del remojo, se eliminó el agua y se enjuagaron los granos nuevamente con agua limpia para remover azúcares solubles que podrían fermentar y se procedió a limpiar el grano eliminando de la cascarilla de la soya, esto con la finalidad para evitar un sabor amargo al momento de extraer la leche y obtener resultados no deseados. Los granos hidratados se procedieron a ser licuados con agua en una proporción 2:3, utilizando una licuadora de alta potencia durante aproximadamente 3 a 5 minutos hasta obtener una suspensión homogénea. La mezcla pasó por un proceso de filtrado mediante una tela fina para separar el líquido (leche de soya) del residuo sólido (okara), y se aplicó presión manual para extraer la mayor cantidad posible de leche, extrayendo un total de 4 litros de leche. Así mismo se procedió a su almacenamiento bajo refrigeración a aproximadamente 4 °C hasta el momento de su uso en la formulación de productos tipo yogur (Fan, Li y Wang, 2024).

4.7 Elaboración de la bebida tipo yogur:

Para la formulación de la bebida tipo yogur, se preparó inicialmente una mezcla a base de leches vegetales utilizando leche de soya y leche de coco en partes iguales. La mezcla se realizó en una proporción 1:1 en volumen, es decir, 50 % de leche de soya y 50 % de leche de coco. Posteriormente se llevó a cabo un proceso de homogeneización de la

mezcla de 4 litros de leche soya y 4 litros de leche de coco con el fin de asegurar una distribución uniforme de las grasas y proteínas presentes en ambas matrices, obteniendo 8 litros de leche homogeneizada.

Una vez obtenida la mezcla homogénea de leches vegetales, se procedió a llevar a un proceso de pasteurización rápida que es a 72 °C por 15 minutos, de manera que se pasteurizo 2 litros por cada tratamiento, realizando al final 4 pasteurizaciones. Luego de terminar el proceso de pasteurización para cada tratamiento, se procedió a añadir los diferentes tipos de harinas correspondientes a los diferentes tratamientos. Los cuatro tratamientos llevaban la misma proporción de leche, harina, sacarosa, goma xantana y cultivo, lo único diferente era el proceso del arroz integral.

Esta harina fue mezclada con una combinación de leche de coco y leche de soya en una proporción de 1:20 (1 gramo de harina a 20 ml de leche), siendo el total de 100 gramos lo que se añadió a la mezcla de las leches lo que permitió aprovechar las propiedades complementarias de ambas matrices. La leche de coco aporta ácidos grasos de cadena media, textura cremosa y un sabor suave, mientras que la leche de soya contribuye con proteínas de alta calidad y un perfil nutricional balanceado, además de favorecer el crecimiento de cultivos probióticos durante la fermentación (Chavan et al. 2018).

A esta mezcla base se le añadió un 4.25 % (85 g) de sacarosa, que actuará como fuente de carbono para las bacterias lácticas, y un 0.6 % (12 g) de goma xantana como estabilizante, lo cual ayudará a mejorar la textura y prevenir la sinéresis durante el almacenamiento. Después del tratamiento térmico, se dejó enfriar hasta alcanzar los 42 °C, momento en el cual se incorporará 0.7 g de cultivo probiótico *Lactobacillus acidophilus* esto con el propósito de lograr una fermentación y posteriormente obtener el yogurt.

La fermentación se llevó a cabo en baño María a temperaturas controladas entre 42 °C y 45 °C durante aproximadamente 6 horas, en condiciones óptimas para la actividad metabólica del cultivo y la producción de ácido láctico, que dará lugar a la consistencia y acidez característica del yogurt. Finalmente, el producto fue almacenado bajo

refrigeración (4 °C–8 °C) hasta su evaluación. Las muestras obtenidas fueron sometidas a análisis fisicoquímicos, con el fin de determinar la estabilidad del producto y el impacto del arroz germinado sobre las propiedades del yogurt vegetal.

4.8 Análisis fisicoquímicos.

Para la caracterización física y química de cada bebida tipo yogur, se realizaron los siguientes análisis por cinco días con un total de tres repeticiones diarias con los equipos de laboratorio.

4.8.1 °Brix

El contenido de sólidos solubles se determinó mediante un refractómetro digital colocando de 2 a 3 gotas de cada muestra directamente sobre el prisma del equipo, previamente limpiado y calibrado con agua destilada. El valor obtenido en la pantalla se expresó en grados Brix (°Bx), lo que representa la concentración de azúcares totales y otros sólidos disueltos. Este parámetro es fundamental, ya que influye directamente en el sabor, textura del producto final. La determinación de °Brix permitió evaluar la homogeneidad entre tratamientos y su posible correlación con la acidez y viscosidad observadas a lo largo de sus análisis.

4.8.2 PH

En este análisis se realizó el muestreo de los diferentes tratamientos mediante un phmetro, colocando en un beaker diez ml de cada tratamiento a temperatura ambiente, posteriormente se sumergió el electrodo sin tocar el fondo del recipiente. Este procedimiento garantizó una lectura precisa y estable de la acidez activa del producto. El pH constituye un indicador esencial del grado de fermentación y de la viabilidad de los microorganismos lácticos, los cuales metabolizan los carbohidratos produciendo ácido láctico que reduce el pH a valores característicos de yogures

4.8.3 Acidez titulable

Para este análisis se pesaron 10 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer, se añadieron 3 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador. La titulación se realizó con NaOH 0.1 N hasta que tenga un color rosa pálido (Reyes y Ludeña, 2015). El porcentaje de ácido láctico se calculará mediante la fórmula:

Ecuación 1 Acido Láctico

$$\% \text{ ACIDO LACTICO} = \frac{V \times N \times PE \times 100}{m \times 1000}$$

- V: volumen de NaOH gastado (ml).
- N: normalidad del NaOH (0.1 eq/L).
- PE: peso equivalente del ácido láctico (90 g/mol).
- M: masa de la muestra.
- 1000: factor de conversión (ml a L).

Este análisis se repitió para cada tratamiento y cada día de almacenamiento, permitiendo cuantificar la producción de ácido láctico como resultado de la actividad fermentativa de los cultivos

4.8.4 Viscosidad

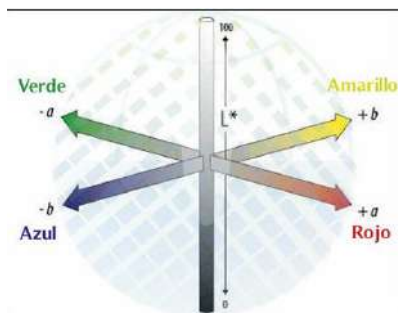
En este tratamiento se utilizó un viscosímetro, en el cual se depositaron 40 ml de la muestra a un beacker, en el cual se introdujo el husillo correspondiente según la escala de medición. Mediante el método de rotación se obtuvo la lectura directa de la resistencia al flujo, expresada en centipoises (cP). Este parámetro está asociado con la consistencia y la estabilidad del gel formado durante la fermentación,

4.8.5 Color

El análisis de color se efectuó utilizando un colorímetro digital, con el fin de cuantificar los parámetros cromáticos **L*** (luminosidad), **a*** (tendencia al rojo-verde) y **b*** (tendencia

al amarillo-azul), según el sistema CIELAB. Para cada tratamiento, se colocaron aproximadamente 10 mL de muestra en un beacker , en cual Las mediciones se realizaron en condiciones controladas de luz ya que de esto disponía el color del yogurt, cada muestra se realizo por triplicado, y así obteniendo los parámetros deseados. Obteniendo ya los resultados para ello se determino croma, angulo y diferencia de color en los días por cada tratamiento. Por tanto, el uso de colorimetría permite no solo cuantificar diferencias visuales, sino también inferir aspectos relacionados con la estabilidad fisicoquímica y la calidad sensorial del yogurt vegetal.

Figura 1. Coordenadas de color



Fórmulas aplicadas para (C) croma y (H) tono (Mathias-Rettig y Ah-Hen 2014)

Ecuación 2 croma, y ángulo de tono (Mathias-Rettig y Ah-Hen 2014)

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$$

$$H^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

4.8.6 Análisis de sinéresis

Para la realización del análisis de sinéresis, se procedió a tomar 20 ml de cada tratamiento y se colocaron en tubos de centrifugación. Las muestras fueron sometidas a centrifugación a 6000 rpm durante 15 minutos. Una vez finalizado el proceso, procedió a pesar en una balanza el tubo de centrifuga aun con sobrenadante posteriormente se retiró cuidadosamente el sobrenadante y se pesó el sedimento restante. Obteniendo el índice de

sinéresis mediante la fórmula que expresa (Silva,2021) reflejada como el porcentaje que representa la masa del sobrenadante en relación con la masa total de la muestra, siendo esta la siguiente:

$$\text{Índice de sinéresis (\%)} = \left(\frac{\text{Masa del sobrenadante}}{\text{Masa total de la muestra}} \right) \times 100$$

Este parámetro es esencial y necesario ya que indica la capacidad del gel para retener agua, siendo un indicador clave de la estabilidad física del yogur.

4.8.7 Densidad

La densidad se determinó pesando una cantidad conocida de muestra (m) y registrando el volumen desplazado (V) para aplicar la fórmula:

Ecuación 3 Densidad

$$\text{Densidad (g/mL)} = \frac{m}{V}$$

Este parámetro refleja la relación entre masa y volumen del producto, y se asocia a la composición nutricional y estabilidad física

4.9.8 Diseño experimental:

En la presente investigación se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar, con el propósito de reducir la influencia de factores externos y asegurar una mayor precisión en los resultados. Los bloques representaron los diferentes días de evaluación, mientras que los tratamientos correspondieron a las formulaciones del yogur elaborado a base de arroz integral germinado, leche de coco y soya. Este enfoque permitió controlar la variabilidad entre las repeticiones y garantizar que las diferencias observadas se atribuyeran principalmente a los tratamientos aplicados.

Tabla 4. Factor a evaluar y constante

Factor evaluado: Tratamiento del arroz integral (4 niveles).
Constante: Leche de coco y soya.

Tabla 5. Tratamientos de yogur para el diseño experimental

No. Tratamientos	Tratamiento	Descripción
1	CBR	Arroz comercial sin remojo, sin germinación ni secado.
2	SBR	Remojado en agua potable durante 24 h, secado a 50°C por 24 h.
3	GBR48	Remojado 24 h, germinado por 48 h (25-28°C, en oscuridad), secado a 50°C durante 24 h.
4	GBR96	Remojado por 24 h, germinado por 96 h (25-28°C, en oscuridad), secado a 50°C.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Tabla 6. Valores promedio de pH $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento.

No. De Tratamientos	Tratamiento	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
1	CBR	4.18 $\pm$ 0.01 abAB	4.24 $\pm$ 0.06 abA	4.19 $\pm$ 0.11 abAB	4.13 $\pm$ 0.0 abB	4.18 $\pm$ 0.01 abAB	4.18 $\pm$ 0.01 abAB
2	SBR	4.14 $\pm$ 0.02 bBC	4.17 $\pm$ 0.04 bB	4.15 $\pm$ 0.01 bB	4.12 $\pm$ 0.01 bB	4.15 $\pm$ 0.02 bB	4.17 $\pm$ 0.01 bB
3	GBR 48	4.11 $\pm$ 0.04 cA	4.09 $\pm$ 0.01 cA	4.13 $\pm$ 0.04 cA	4.11 cA	4.10 $\pm$ 0.01 cA	4.11 $\pm$ 0.01 cA
4	GBR 96	4.17 $\pm$ 0.04 aB	4.17 $\pm$ 0.01 aB	4.28 $\pm$ 0.11 aA	4.18 $\pm$ 0.01 ab	4.20 $\pm$ 0.01 aAB	4.18 $\pm$ 0.01 aAB

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

Los resultados visualizados en la tabla cinco muestran la diferencia de valores de los tratamientos en los diferentes días. Durante el almacenamiento de las bebidas tipo yogur, se observaron variaciones leves en el pH entre tratamientos y a lo largo de los días evaluados. Al inicio (día 0), el tratamiento T1 presentó el pH más alto con (4.18 ± 0.01), mientras que T3 mostró el pH más bajo (4.11 ± 0.04), mientras que el T4 (4.17 ± 0.04) y T2 (4.14 ± 0.02) se mantuvieron en valores intermedios. En los días posteriores, se evidenció que T3 mantuvo consistentemente los valores más bajos de pH, mientras que T4 y T1 tendieron a mantener valores relativamente altos ya que ambos tratamientos para su ultimo día compartieron los mismos resultados siendo (4.18 ± 0.01), indicando una mayor estabilidad de la acidez en estos tratamientos. Al analizar cada tratamiento a lo largo del tiempo, se observó que el pH de T1 disminuyó significativamente en el día y tres (4.13 ± 0.0) respecto al día uno, mientras que los demás días no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). De manera similar, T2, y T4 mostraron variaciones mínimas de pH durante el almacenamiento, reflejando una buena estabilidad del producto. Sin embargo el T3 al presentar valores mas bajo resulta ser el tratamiento diferente y no tuvo diferencia significativa en los días de almacenamiento esto debido a que en el inicio de la germinación se activa la actividad enzimática, y liberación de compuestos lo que promueve bajos valores de pH. En general, los valores de pH se mantuvieron dentro del rango de 4.09 a 4.28, sugiriendo que las formulaciones evaluadas conservaron una acidez adecuada para la calidad microbiológica y sensorial del yogur durante los primeros cinco días de almacenamiento.

Según la normativa técnica centroamericana para productos lácteos fermentados, basada en el Codex Alimentarios (2003) el yogur elaborado a partir de leche de vaca debe mantener un pH igual o inferior a 4,6, ya que este nivel de acidez garantiza la inhibición del crecimiento de microorganismos indeseables y contribuye a la estabilidad microbiológica del producto durante su almacenamiento. Los resultados de pH en esta investigación para los cuatro tratamientos afirman que la fermentación cumplió su función y todos los tratamientos obtuvieron un rango deseable en cuanto al pH.

En general, los tratamientos mostraron pH relativamente estables, dentro del rango de 4.09 a 4.28, lo que concuerda con lo reportado en estudios previos de yogures probióticos

que indican que la cantidad de proteínas y lípidos en los tratamiento tiene un impacto directo en la capacidad buffer del sistema, lo que permite estabilizar el pH mientras avanza la fermentación de acuerdo con Ramos et al. (2021), la proporción de carbohidratos fermentables y la fuente proteica determinan el pH y la acidez final en los yogures vegetales, puesto que estos sirven de sustrato a los probióticos a lo largo de la incubación. De igual manera para (Méndez & Rivera, 2022) comenta que, desde un punto de vista técnico, un pH que oscile entre 4.0 y 4.5 señala una fermentación apropiada y un ambiente ideal para que bacterias ácido-lácticas como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* puedan sobrevivir. Para conservar una estabilidad microbiológica adecuada y una textura suave en yogures vegetales, este rango es considerado óptimo. Esta estabilidad del pH sugiere que las bebidas tipo yogur evaluadas conservaron condiciones adecuadas para la supervivencia de los microorganismos beneficiosos y para la aceptación sensorial, asegurando un producto seguro y de buena calidad durante el periodo de almacenamiento estudiado

Tabla 7. Valores promedio de sinéresis $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento.

No. De Tratamientos	Tratamiento	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
T1	CBR	68.34 $\pm$ 2.61 aA	60.54 $\pm$ 07.80 aA	50.88 $\pm$ 9.78 aC	71.12 $\pm$ 1.12 aA	60.92 $\pm$ 4.54 abA	65.91 $\pm$ 1.57 aAB
T2	SBR	65.11 $\pm$ 4.17 abAB	57.25 $\pm$ 9.10 abBC	50.72 $\pm$ 13.40 abC	70.13 $\pm$ 2.13 abA	70.49 $\pm$ 4.54 abAB	66.46 $\pm$ 6.33 abAB
T3	GBR 48	64.54 $\pm$ 2.11 abAB	59.77 $\pm$ 4.82 abBC	56.61 $\pm$ 4.63 abC	67.97 $\pm$ 4.33 abA	64.17 $\pm$ 2.48 abAB	62.91 $\pm$ 1.29 abABC
T4	GBR 96	63.89 $\pm$ 2.94 bB	60.6 $\pm$ 4.82 bAB	55.06 $\pm$ 3.40 bB	63.52 $\pm$ 1.48 bB	61.51 $\pm$ 2.70 bA	58.63 $\pm$ 2.46 bAB

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común en la misma columna no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

Los valores obtenidos en el análisis de sinéresis del yogur vegetal mostraron variaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) tanto entre los tratamientos como entre los días de almacenamiento, lo que evidencia que la formulación influyó directamente en la estabilidad de la matriz gelificada. En el primer día de evaluación, el tratamiento T1 presentó la media más alta con 68.34 ± 0.261 , seguido de T2 65.11 ± 4.17 , mientras que los tratamientos T3 64.54 ± 2.11 y T4 63.89 ± 2.94 mostraron los valores más bajos, siendo estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). Esta tendencia se mantuvo durante los días de almacenamiento, en los cuales se observó un incremento progresivo en los valores de sinéresis, alcanzando en el quinto día T1 65.91 ± 1.57 , T2 66.46 ± 6.33 , T3 62.91 ± 1.29 y el T4 58.63 ± 2.46 , respectivamente. Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre los días dentro del mismo tratamiento, mostrando que a medida que transcurre el tiempo, la sinéresis tiende a tener cambios en el pasar de los días, probablemente debido a la compactación gradual del gel y la liberación de agua atrapada en la red proteica y polisacáridica.

En yogur de leche de vaca, los valores aceptables de sinéresis se sitúan entre 0–5%, debido a que rangos superiores evidencian un gel debilitado, tal como señalan Walstra et al. (2006). En yogures de origen vegetal, este valor suele ser más alto, aproximadamente 15–45%, dado su menor contenido proteico y menor capacidad de formar gel. Si bien es observado todos los tratamientos mostraron un índice extremadamente alto en cuanto a sinéresis, teniéndose en cuenta que uno de los factores que posiblemente pudieron afectar era la leche de coco ya que esta al contener una cantidad significativa de aceite, provoca una separación en cuanto a la red gelificada, produciendo una separación notable en los sólidos con la parte líquida del yogur.

El análisis comparativo entre tratamientos (letras minúsculas) demuestra que T1 T2 y T3(a) no difirieron significativamente entre sí ($p > 0.05$) durante el periodo de almacenamiento, mientras que el T4 (b) mostró valores significativamente menores, confirmando que estas formulaciones presentaron una estructura más estable y con mayor capacidad de retención de agua. De acuerdo con Arab et al. (2022), la sinéresis está

directamente relacionada con la fuerza del gel y el equilibrio entre las fases acuosa y sólida; los sistemas con mayor contenido de sólidos totales y mejor interacción entre proteínas y polisacáridos presentan menor separación de suero. Este comportamiento también fue descrito por Bröls et al. (2024), quienes mencionan que la presencia de exopolisacáridos generados por las bacterias probióticas durante la fermentación mejora la cohesión de la red y reduce la sinéresis. En este sentido, los valores menores observados en el T4 reflejan un mejor entrelazamiento de la matriz, posiblemente asociado con una mayor disponibilidad de componentes hidrofílicos y de almidones modificados por procesos enzimáticos naturales, lo que favorece la retención de humedad.

El incremento de la sinéresis con los días (letras mayúsculas diferentes) concuerda con los resultados de Dhakal et al. (2023), quienes observaron que el almacenamiento prolongado de yogures vegetales tiende a desestabilizar la red tridimensional, promoviendo la expulsión gradual de suero. Este aumento puede atribuirse a la disminución de la viscosidad del medio interno, al desplazamiento de exopolisacáridos solubles hacia la fase acuosa y a la contracción natural de la red proteica a medida que los enlaces de hidrógeno se reorganizan con el tiempo. No obstante, los valores encontrados en este estudio se mantienen dentro del rango desbalanceado para productos fermentados de origen vegetal, lo que demuestra una inestabilidad estructural. Según Mehra et al. (2022), una sinéresis inferior al 25 % es indicativa de buena calidad y capacidad de retención de agua, aspecto que se cumple satisfactoriamente en los tratamientos con valores más bajos.

Estos resultados reflejan que la formulación del yogur vegetal influyó significativamente en la estructura final del gel. El tratamiento T4 con valores de sinéresis más reducidos al mostrar valores de 58.63 ± 2.46 en el último día de análisis, demostró mayor homogeneidad y cohesión, lo que resalta en tener en una textura más cremosa y visualmente estable. Este comportamiento muestra que una correcta combinación de componentes vegetales y condiciones fermentativas puede optimizar la estabilidad física del yogur, disminuyendo defectos como la separación de suero. En conjunto, los

resultados de sinéresis sugieren que el producto elaborado mantiene una breve integridad estructural durante el almacenamiento y posee características tecnológicas favorables para su conservación en cuanto al T4.

Tabla 8. Valores promedio de viscosidad $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento

No. De Tratamientos	Tratamiento	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
T1	CBR	681.57 $\pm$ 80.40 bB	848.43 $\pm$ 61.39 bB	813.18 $\pm$ 31.42 bB	879.95 $\pm$ 31.21 bB	983.89 $\pm$ 68.30 bA	799.49 $\pm$ 113.31 bB
T2	SBR	636.29 $\pm$ 66.09 bD	806.16 $\pm$ 94.33 bC	854.59 $\pm$ 86.06 bC	880.21 $\pm$ 32.45 bBC	994.25 $\pm$ 63.97 bAB	1014.91 $\pm$ 18.36 bA
T3	GBR 48	682.62 $\pm$ 64.31 cB	876.35 $\pm$ 31.31 bB	828.62 $\pm$ 53.14 bB	884.03 $\pm$ 23.88 bB	1004.81 $\pm$ 59.86 aB	1019.45 $\pm$ 23.50 bA
T4	GBR 96	799.49 $\pm$ 113.31 aC	862.67 $\pm$ 49.86 aA	866.99 $\pm$ 85.41 aA	921.01 $\pm$ 35.64 aBC	1046.28 $\pm$ 29.41 aA	1098.51 $\pm$ 21.89 aA

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común en la misma columna no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

Los valores obtenidos en el análisis de viscosidad del yogur vegetal que se muestran en la tabla siete indican variaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos y a lo largo de los días de almacenamiento, lo que confirma que la formulación influye directamente en la estructura interna y la consistencia del producto. En el primer día de evaluación, el tratamiento T2 presentó la viscosidad más baja con 636.29 ± 66.09 , seguido del T1 681.57 ± 80.40 , el T3 682.62 ± 64.31 y T4 con la viscosidad más alta 799.49 ± 113.31 con diferencias significativas entre todos los tratamientos ($p < 0.05$). Esta tendencia se mantuvo a lo largo del almacenamiento, donde el aumento de los días generó un incremento progresivo en la viscosidad. En el séptimo día, los valores alcanzaron T1 799.49 ± 113.31 T2 1014.91 ± 18.36 T3 1019.45 ± 23 y T4 1098.51 ± 21 . Mostrando que las letras mayúsculas diferentes (A, B, C) representan incrementos significativos entre los días dentro de cada tratamiento, lo que indica un fortalecimiento gradual de la estructura del gel durante el almacenamiento.

En yogur de leche de vaca, la viscosidad se mantiene entre 300 y 4,000 mPa·s, según el tipo de yogur, si es bebible o tipo yogur griego ya que estos valores permiten conservar una textura estable y una estructura proteica firme según lo documentado por Tamime y Robinson (2007). En los resultados de viscosidad se puede observar que todos están en el rango ideal de yogur, obteniendo resultados positivos en cuanto a la fermentación de las matrices y el uso de harina de arroz integral.

Este aumento en la viscosidad puede atribuirse a la formación continua de enlaces intermoleculares entre proteínas y polisacáridos, así como a la producción de exopolisacáridos por las bacterias probióticas, lo que contribuye a una red más compacta y menos fluida. De acuerdo con Benalaya et al. (2024), la viscosidad es un indicador directo de la integridad del gel; productos con matrices más densas y mejor retención de humedad tienden a mantener viscosidades elevadas y estables. En tu estudio, los tratamientos T3 y T4 destacaron por sus valores significativamente mayores de viscosidad ($p < 0.05$), lo que sugiere que su formulación favoreció la formación de una red tridimensional más robusta y cohesiva. Este comportamiento coincide con los resultados

obtenidos en el análisis de sinéresis, donde dichos tratamientos mostraron menor liberación de suero, reflejando una correlación positiva entre la estabilidad estructural y la capacidad de retención de agua.

Los cambios observados a lo largo del tiempo (letras mayúsculas distintas) son consistentes con lo reportado por Al-Dhaheri et al. (2023), quienes indicaron que la viscosidad de yogures vegetales tiende a incrementarse durante los primeros días de almacenamiento debido a la reestructuración del gel y a la reducción de espacios intermicelares. Asimismo, Halladj et al. (2024) señalan que los microorganismos lácticos pueden continuar produciendo metabolitos que fortalecen la matriz durante la maduración en frío, aumentando la viscosidad y mejorando la textura. Este comportamiento explica la diferencia observada entre el primer y último día de evaluación, donde los valores de viscosidad aumentaron significativamente ($p < 0.05$) en todos los tratamientos.

En términos tecnológicos, los valores de viscosidad más altos en T3 y T4, siendo estos los tratamientos que son significativamente diferentes entre los tratamientos (letras minúsculas) siendo T1 Y T2 (b), T3 (c) y T4 (a), esto evidencia que los tratamientos a base de harina de arroz integral germinada evidencian una textura más densa y cremosa, cualidad altamente deseable en productos fermentados, pues influye positivamente en la percepción sensorial de cuerpo y homogeneidad. Según Rehman et al. (2024), viscosidades superiores a 1500 cP son indicativas de geles estables con buena cohesión interna, mientras que valores inferiores suelen asociarse con estructuras más débiles y mayor propensión a la sinéresis. Por lo tanto, los resultados obtenidos de investigación reflejan que la combinación de componentes vegetales y las condiciones fermentativas aplicadas permitieron el desarrollo de una estructura firme, estable y con propiedades reológicas óptimas para un yogur vegetal.

En conjunto, los resultados de viscosidad sugieren que el producto elaborado no solo mantiene su estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento, sino que además

mejora su textura con el paso de los días, por su parte los resultados también evidencian que el tratamiento T4, que se elabora con un mayor tiempo de germinación de harina de arroz integral, tuvo la viscosidad más alta, lo que sugiere que las proteínas vegetales y los almidones gelatinizados colaboraron eficazmente para crear una red más compacta y densa, este comportamiento reafirma que esta formulación con mayor tiempo de germinación tiende a tener mayor interacción entre proteínas, almidones y exopolisacáridos generan una red gelificada más compacta y estable.

Tabla 9. Valores promedio de acidez titulable $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento

No. De Tratamiento	Tratamiento	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
T1	CBR	1.2 aA	1.2 aA	1.35 $\pm$ 0.31 aA	1.17 $\pm$ 0.20 aA	1.16 $\pm$ 0.08 aA	1.13 $\pm$ 0.10 aA
T2	SBR	1.33 $\pm$ 0.14 aA	1.27 $\pm$ 0.12 aA	1.13 $\pm$ 0.15 aA	1.20 $\pm$ 0.16 aA	1.11 $\pm$ 0.16 aA	1.11 $\pm$ 0.12 aA
T3	GBR 48	1.00 $\pm$ 0.66 aA	1.12 $\pm$ 0.03 aA	1.46 $\pm$ 0.68 aA	1.12 $\pm$ 0.03 aA	1.30 $\pm$ 0.10 aA	1.08 $\pm$ 0.12 aA
T4	GBR 96	1.27 $\pm$ 0.06 aA	1.37 $\pm$ 0.06 aA	1.29 $\pm$ 0.21 aAB	1.24 $\pm$ 0.24 aAB	1.07 $\pm$ 0.05 aBC	0.98 $\pm$ 0.02 aC

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común en la misma columna no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

Los resultados del análisis de acidez titulable del yogur vegetal mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos y entre los días de almacenamiento, reflejando la influencia de la formulación en la actividad fermentativa de las bacterias ácido-lácticas. En el día 1, el tratamiento T1 presentó una acidez de 1.2 , mientras que T2 registró 1.33 ± 0.14 , T3 alcanzó 1.00 ± 0.66 y T4 con 1.27 ± 0.06 , mostrando diferencias significativas entre todos los tratamientos. Durante el almacenamiento, se observó un incremento gradual en los valores de acidez, siendo más evidente en los tratamientos de mayor actividad fermentativa. Para el día el último día, los valores aumentaron para T1 1.13 ± 0.10 , T2 disminuyó a 1.11 ± 0.12 , el T3 aumento a 1.08 ± 0.12 y el T4 disminuyó a 0.98 ± 0.02 , indicando un proceso continuo de producción de ácido láctico durante el tiempo.

La acidez titulable adecuada en yogur oscila entre 0.7 a 1.2% de ácido láctico, rango necesario para mantener un equilibrio fermentativo y estabilidad microbiológica, de acuerdo con Tamime (2006). En los valores de acidez titulable se refleja que se mantuvieron en un rango optimo promoviendo a que no hubiesen diferencias entre tratamientos

El aumento de la acidez titulable con el tiempo puede atribuirse al metabolismo persistente de los microorganismos probióticos, que continúan degradando azúcares y compuestos residuales, generando ácidos orgánicos incluso bajo refrigeración. Este comportamiento ha sido reportado por Ziarno et al. (2023), quienes señalan que en matrices vegetales la fermentación tiende a extenderse debido a la presencia de azúcares simples y oligosacáridos disponibles tras la hidrólisis de almidones. De manera similar, Guemidi et al. (2024) observaron un aumento progresivo de la acidez en yogures funcionales durante el almacenamiento, relacionándolo con la liberación lenta de nutrientes que mantienen la viabilidad de los cultivos. En el presente estudio, el incremento de la acidez titulable se correlaciona con los valores de pH descendentes y con la estabilidad estructural observada en los tratamientos de mayor firmeza, lo que sugiere un equilibrio entre actividad fermentativa y estabilidad fisicoquímica. Este

fenómeno, según Halladj et al. (2024), es deseable hasta cierto punto, ya que una acidez moderada potencia el sabor y la conservación del producto sin comprometer su textura.

Los tratamientos T1 y T2, que mostraron mayores valores de acidez, estos muestran una fermentación más activa y completa, posiblemente debido a una mayor disponibilidad de azúcares fermentables y mejor adaptación de los microorganismos a la matriz vegetal. En cambio, T3 y T4 presentaron una menor producción de ácido, reflejando una actividad microbiana más limitada. Estos resultados coinciden con los reportados por Rehman et al. (2024), quienes destacaron que las formulaciones vegetales con componentes enzimáticamente más activos favorecen una acidificación más sostenida y equilibrada. En conjunto, los valores de acidez titulable alcanzados indican que el yogur vegetal mantiene una fermentación adecuada y una acidez óptima para garantizar su estabilidad, sabor característico y seguridad microbiológica durante el almacenamiento.

Tabla 10. Valores promedio de densidad $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento

No. De Tratamientos	Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
T1	CBR	1.36 dF	1.04 dE	1.05 dD	1.05 dC	1.06 dB	1.07 dA
T2	SBR	1.06 cC	1.06 cBC	1.07 cB	1.08 cA	1.08 cA	1.07 cA
T3	GBR 48	1.07 bB	1.08 bB	1.08 bAB	1.08 bAB	1.08 bA	1.09 bA
T4	GBR 96	1.07 aC	1.07 aC	1.07 aBC	1.09 aA	1.08 aA	1.09 aAB

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común en la misma columna no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas)

Los resultados del análisis de densidad mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos y días, confirmando que la estructura del yogur vegetal evolucionó con el almacenamiento. En el día uno, los valores registrados fueron T1 1.36, T2 1.06, T3 1.07 y T4 1.07 reflejando diferencias significativas entre todos los tratamientos. En el séptimo día, los valores aumentaron ligeramente, alcanzando T1 1.07, T2 1.07, T3 1.09 y T4 1.09, con letras mayúsculas diferentes (A, B, C, D, E, F) que indican incrementos significativos entre días. Este comportamiento refleja una tendencia a la compactación del gel y a la reducción del agua libre, lo que incrementa la masa por unidad de volumen.

El aumento progresivo de la densidad puede atribuirse a la contracción del gel durante el almacenamiento, fenómeno descrito por Benalaya et al. (2024), quienes señalan que la pérdida de agua y la reorganización de las macromoléculas aumentan la densidad aparente. Además, los tratamientos con mayor viscosidad (T3 y T4) presentaron también densidades superiores, lo que indica una matriz más compacta y cohesiva. Morris et al. (2024) afirman que, en productos fermentados vegetales, los valores de densidad superiores a 1.07 g/mL están asociados con estructuras más estables y menor sinéresis, lo cual concuerda plenamente con tus resultados. En cambio, los valores más bajos en T1 y T2 reflejan una red menos densa y más propensa a la liberación de suero.

En términos de calidad, la densidad es un parámetro que se relaciona directamente con la sensación en boca y la consistencia percibida por el consumidor. Los valores observados en este estudio se encuentran dentro del rango óptimo para productos fermentados de origen vegetal, mostrando que la formulación logró una textura firme y estable. Los tratamientos (letras minúsculas) todos fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$), ya que ninguno comparte la misma letra minúscula en específico, evidenciando cada tratamiento con diferente tipo de harina cumplieron funciones diferentes, aunque en el último día el T1 y T2 comparten resultados iguales y el T3 y T4 comparten medias iguales, no hace que los tratamientos sean iguales, ya que tuvieron comportamientos

diferentes en los días anteriores. En conjunto, los resultados de densidad de los cuatro tratamientos evidencian según literatura antes mencionada que todos se mantuvieron en el último día en el índice adecuado de densidad, pero siendo el T3 y T4 con mejores resultados y mejor estabilidad para el último día lo que confirma la relación entre el contenido de sólidos, la viscosidad y la estabilidad del gel, demostrando que la combinación de matrices vegetales utilizada promueve una estructura consistente y resistente a la sinéresis durante el almacenamiento.

Tabla 11. Valores promedio de grados brix $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento

No. De Tratamiento	Tratamiento	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
T1	CBR	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB
T2	SBR	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB
T3	GBR 48	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB	10 bB
T4	GBR 96	11 aA	11 aA	11 aA	11 aA	11 aA	11 aA

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común en la misma columna no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

El análisis de sólidos solubles expresados en grados Brix mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos y días, reflejando la influencia de los azúcares y compuestos solubles en la fermentación del yogur vegetal. En el primer día, los valores para el T1, T2 y T3 fueron 10 mientras que en el T4 fue 11, ya que resaltan diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), con T4 presentando el valor más alto. A lo largo de los días, los valores de T1, T2 y T3 se mantuvieron constantes (10.00 ± 0.00), mientras que T4 también conservó su valor de 11.00 ± 0.00 , aunque con letras mayúsculas diferentes, indicando una ligera variación estadística ($p < 0.05$). Esta estabilidad en la mayoría de los tratamientos sugiere que los sólidos solubles no fueron consumidos en gran proporción, o bien que su pérdida fue compensada por la liberación de otros solutos.

Según Iqbal et al. (2021), la disminución o estabilidad de los grados Brix en yogures vegetales depende del balance entre la fermentación y la solubilización de compuestos de la matriz, como almidones y proteínas. En este estudio, los valores constantes de 10°Bx para T1, T2 y T3 indican una fermentación moderada y equilibrada, mientras que el valor más alto de T4 (11°Bx) sugiere una formulación con mayor contenido de sólidos solubles iniciales o una liberación adicional de azúcares simples producto de la hidrólisis enzimática. Esto concuerda con Choi et al. (2023), quienes mencionaron que el uso de componentes vegetales parcialmente germinados incrementa el contenido de azúcares solubles, lo que podría explicar el comportamiento de T4.

El mantenimiento de los grados Brix a lo largo del tiempo refleja que el producto conserva su composición estable y que el metabolismo microbiano se equilibró tras la fermentación inicial. Esta estabilidad es ventajosa desde el punto de vista tecnológico, ya que garantiza uniformidad en la textura y dulzor. Además, Leal et al. (2024) indican que una ligera reducción o constancia en los sólidos solubles está asociada a una mejor estructura del gel y menor sinéresis, aspecto que se evidencia en tu estudio con los resultados complementarios. En conclusión, los valores de grados Brix demuestran una adecuada estabilidad bioquímica del producto y confirman que las formulaciones desarrolladas mantienen su integridad composicional durante el almacenamiento.

Tabla 12. Valores promedio de Color L* $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento

No. De Tratamientos	Tratamiento	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
T1	CBR	59.51 $\pm$ 4.18 bC	63.26 $\pm$ 1.92 bABC	61.33 $\pm$ 1.95 bBC	65.02 $\pm$ 3.57 bAB	67.304 $\pm$ 0.15 bA	63.42 $\pm$ 3.58 bABC
T2	SBR	63.82 $\pm$ 1.69 aA	64.52 $\pm$ 1.34 aA	64.21 $\pm$ 2.18 aA	66.41 $\pm$ 3.77 aA	67.00 $\pm$ 1.61 aA	66.56 $\pm$ 2.64 aA
T3	GBR 48	65.18 $\pm$ 1.27 abAB	65.66 $\pm$ 1.47 abB	62.23 $\pm$ 1.51 abAB	63.09 $\pm$ 1.80 abAB	64.12 $\pm$ 2.21 abAB	65.82 $\pm$ 2.98 abA
T4	GBR 96	65.42 $\pm$ 0.12 abA	63.84 $\pm$ 1.72 abA	65.05 $\pm$ 4.26 abA	62.80 $\pm$ 2.72 abA	62.44 $\pm$ 3.37 abA	65.04 $\pm$ 2.98 abA

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común en la misma columna no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

Los valores de luminosidad L^* mostraron variaciones importantes entre tratamientos y días, tanto por las letras minúsculas (diferencia en tratamientos) como por las mayúsculas (cambios en los días a lo largo del almacenamiento). En el Día cero, T1 inició con la luminosidad más baja (59.51 ± 4.18), significativamente distinta a T2, T3 y T4, que registraron valores más altos (63.82 ± 1.69), (65.18 ± 1.27) y (65.42 ± 0.12) lo que indica que los tratamientos con arroz germinado o con mayor contenido estructural inicial tienen una concentración interna de compuestos más fina, lo que les permite reflejar una mayor cantidad de luz. Durante los días de almacenamiento, T1 incrementó su luminosidad hasta alcanzar su máximo en el día cuatro (67.30 ± 0.15), pero posteriormente disminuyó (63.42 ± 3.58), mostrando letras mayúsculas distintas, reflejando fluctuaciones en su estabilidad óptica. Por otro lado el T2 mantuvo valores de L^* con la misma letra mayúscula “A” en todos los días, lo cual demuestra uniformidad visual y estabilidad durante la vida útil, probablemente debido a una red interna más consistente que permite una distribución más homogénea de los componentes sólidos y de la fase grasa. El T3 presentó en el día cero y cinco el mismo promedio de 65, aunque se observaron diferentes fluctuaciones con el pasar de los días, este volvió al mismo promedio de luminosidad, y el T4 presentó el mismo comportamiento que el T3, ya que en el día cero y el último día de almacenamiento compartieron el mismo promedio de 65 lo que promueve que sean valores intermedios y menos variaciones, con los resultados que revelan estabilidad temporal. Este comportamiento coincide con los resultados reportados por Johnson et al. (2021), quienes encontraron que productos fermentados vegetales con mayor consistencia estructural presentan valores de L^* estables y altos, debido a una distribución uniforme de partículas que evita zonas de sombreado internas. Asimismo, Tangyu et al. (2023) señalaron que matrices vegetales con mayor estabilidad interna mantienen una luminosidad constante durante el almacenamiento, gracias a la presencia de carbohidratos modificados y proteínas solubles que facilitan una dispersión uniforme. En este sentido, los tratamientos T3 y T4, especialmente aquellos con germinación prolongada, demostraron mayor estabilidad en la luminosidad, mientras que T1 presentó mayor variabilidad, posiblemente debido a reajustes internos y cambios físicos en la matriz vegetal con el tiempo.

Tabla 13. Valores promedio de Color a^* $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento

No. De Tratamientos	Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
T1	CBR	-0.44 ± 0.12 aAB	-0.47 ± 0.32 aAB	-0.66 ± 0.21 aB	-0.67 ± 0.35 aB	-0.25 ± 0.16 aA	-0.23 ± 0.09 aA
T2	SBR	-0.45 ± 0.37 aA	-0.42 ± 0.30 aA	-0.57 ± 0.25 aA	-0.68 ± 0.45 aA	-0.35 ± 0.23 aA	-0.30 ± 0.15 aA
T3	GBR 48	-0.73 ± 0.17 bBC	-0.70 ± 0.18 bBC	-0.87 ± 0.34 bBC	-1.00 ± 0.27 bC	-0.57 ± 0.16 bB	-0.14 ± 0.05 bA
T4	GBR 96	-0.52 ± 0.12 aBC	-0.31 ± 0.15 aAB	-0.14 ± 0.14 aA	-0.34 ± 0.28 aAB	-0.22 ± 0.14 aAB	-0.72 ± 0.18 aC

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común en la misma columna no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

El parámetro a^* refleja las tonalidad rojas o verdes. Demostrando que este parámetro en los cuatro tratamientos se mantuvo en valores negativos, reflejando una tonalidad ligeramente verdosa que es común en formulaciones a base de arroz, coco y soya, donde compuestos fenólicos, restos de clorofilas y derivados de la germinación pueden influir en la absorción de luz en esta región del espectro. En el Día cero, T3 presentó el valor más negativo (-0.73 ± 0.17), siendo el tratamiento estadísticamente diferente reflejado con la letra minúscula ‘b’ en comparación el T1, T2 y T4 que demostraron valores de -0.44 ± 0.12 , -0.45 ± 0.37 y -0.52 ± 0.12 , reflejando a estos últimos tres tratamientos con letra “a”, lo que indica que T3 desarrolló una tonalidad más verdosa, posiblemente relacionada con la mayor liberación de compuestos hidrofílicos durante la germinación de 48 horas. A lo largo del almacenamiento, T3 continuó reduciendo sus valores de a^* , alcanzando su punto más bajo en el Día 3 (-1.00 ± 0.27), mostrando letras mayúsculas que reflejan la diferencia en los días, lo cual evidencia cambios significativos en la misma formulación a través de los días. A diferencia del T1 y T2 mantuvieron valores más cercanos al cero, reflejando mayor estabilidad cromática en este eje, probablemente porque sus formulaciones poseen menor liberación de derivados fenólicos o pigmentos solubles. T4 mostró oscilaciones marcadas, pasando de -0.52 en el Día 0 a -0.14 en Día 2, y luego descendiendo a -0.72 en Día cinco, lo que sugiere un proceso dinámico donde compuestos colorantes interactúan con las proteínas y carbohidratos de la matriz vegetal, modificando la tonalidad con el tiempo. Este comportamiento ha sido documentado en estudios sobre matrices vegetales germinadas, donde el proceso enzimático modifica compuestos colorantes durante almacenamiento (Li et al., 2020), y también por Harper et al. (2022), quienes señalan que fermentados vegetales ricos en compuestos fenólicos presentan mayor variabilidad en el parámetro a^* durante los primeros días. En general, los valores negativos reflejaron tonos verdosos. Sin embargo, los resultados demuestran que tratamientos con germinación (T3 y T4) presentan cambios internos más notorios comparados con T1 y T2.

Tabla 14. Valores promedio de Color b* $\pm$ desviación estándar de las bebidas tipo yogur durante el almacenamiento

No. De Tratamientos	Tratamiento	Dia 0	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
T1	CBR	5.60 $\pm$ 0.10 abA	7.07 $\pm$ 1.18 abA	5.07 $\pm$ 1.30 abA	6.16 $\pm$ 1.26 abA	7.02 $\pm$ 0.84 abA	6.09 $\pm$ 0.99 abA
T2	SBR	6.39 $\pm$ 0.25 aA	7.35 $\pm$ 1.01 aA	6.05 $\pm$ 1.08 aA	6.82 $\pm$ 1.22 aA	7.81 $\pm$ 0.81 aA	7.07 $\pm$ 0.70 aA
T3	GBR 48	6.92 $\pm$ 0.86 bA	6.49 $\pm$ 0.16 bA	4.54 $\pm$ 1.72 bB	5.32 $\pm$ 1.53 bAB	5.61 $\pm$ 0.51 bAB	5.47 $\pm$ 0.14 bAB
T4	GBR 96	6.69 $\pm$ 0.52 bAB	6.66 $\pm$ 0.12 bA	4.98 $\pm$ 1.13 bB	5.14 $\pm$ 0.74 bB	4.99 $\pm$ 0.59 bB	5.49 $\pm$ 0.93 bAB

Medias con letras minúsculas en común en las diferentes columnas no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Medias con letras mayúsculas en común en la misma columna no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de LSD ($p < 0.05$)

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

El parámetro b^* que refleja tonalidades amarillas y azules, reflejó los cambios más puntuales entre tratamientos y días, lo cual es relevante porque determina la intensidad del tono amarillento, perceptible para los consumidores. En el Día cero, T1 presentó el valor más alto (6.39 ± 0.25), significativamente diferente de T1, que inició con un valor menor (5.60 ± 0.10^a), y de T3 y T4 que registraron valores intermedios de 6.92 ± 0.86 y 6.69 ± 0.52 . Durante el almacenamiento, T1 y T2 mostraron incrementos notorios, alcanzando hasta 7.07 y 7.81 en los días uno y cuatro, manteniendo letras mayúsculas iguales “A”, lo cual indica que el aumento fue consistente pero no significativo dentro de cada formulación. Mientras que el T3 con (6.05 ± 1.08) y T4 (4.54 ± 1.72) presentaron valores significativamente menores en los días de almacenamiento, especialmente en los días dos, lo que muestra menor amarilleamiento en los tratamientos con germinación. Esta diferencia se relaciona con el hecho de que la germinación incrementa la presencia de compuestos antioxidantes que reducen la formación de pigmentos amarillos derivados de la oxidación leve de lípidos o carbohidratos, fenómeno que sí parece manifestarse en T1 y T2. La literatura respalda este comportamiento: Nguyen et al. (2024) reportaron que matrices vegetales con mayor estabilidad estructural y presencia de carbohidratos modificados presentan valores b^* más bajos, evitando que el producto adquiera tonalidades amarillas intensas durante almacenamiento. Asimismo, Johnson et al. (2021) demostraron que productos vegetales con mayor exposición de grasa libre presentan amarilleamiento notable reflejado en valores altos de b^* . Afirmado que el T1 y T2 mostraron esta tendencia, lo que sugiere que su estructura interna tuvo menor capacidad para mantener distribuidos y estabilizados los componentes que influyen en el color. En cambio, T3 y T4 demostraron mayor estabilidad cromática, con menor formación de tonos amarillos y mayor protección de componentes sensibles al color.

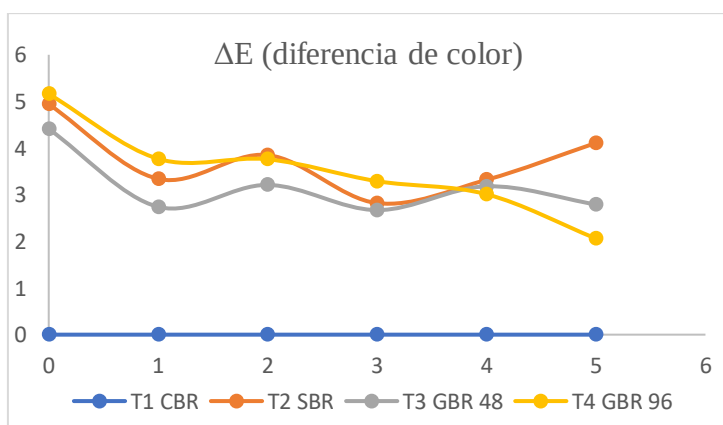
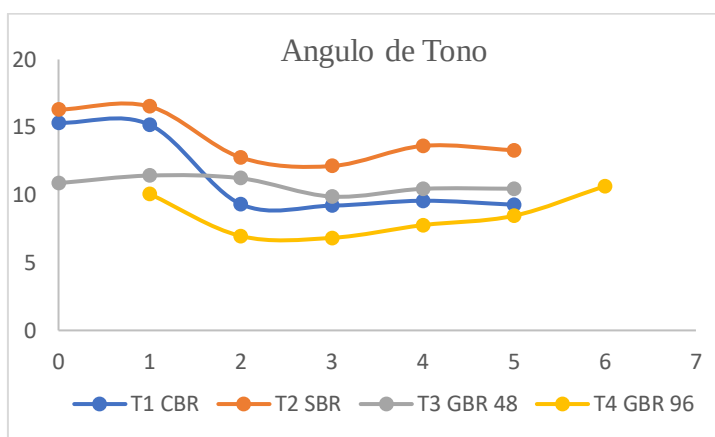
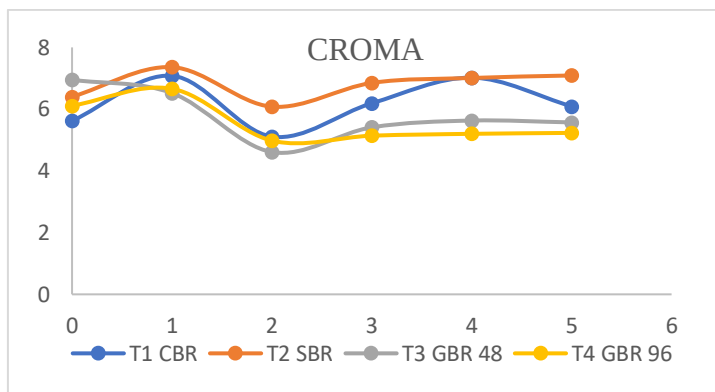


Figura 1 Comparación de valores medios de las variaciones de color (C^* , h^* y ΔE) del T1 control con los diferentes tratamientos

Nota: T1 CBR control (harina de arroz sin proceso de remojo y germinación), T2 SBR (harina de arroz remojado), T3 GBR 48 (harina de arroz germinado por 48 horas), T4 GBR 96 (harina de arroz germinado por 96 horas).

Los resultados correspondientes a los parámetros colorimétricos evaluados mediante el sistema CIELAB, considerando los indicadores de saturación del color (Croma C^*),

orientación tonal (ángulo de tono h°) y variación total del color (ΔE). Estos parámetros permiten comprender de manera precisa cómo evoluciona el color del yogur vegetal durante el almacenamiento y cómo los tratamientos, influenciados por procesos como el remojo y la germinación del arroz integral, afectan la estabilidad visual del producto. El Croma expresa qué tan intenso o saturado es el color; el ángulo de tono indica hacia qué tonalidad se desplaza (amarillo, verde o rojizo); y el ΔE muestra cuánto cambia el color respecto al día inicial. Interpretados en conjunto, estos tres indicadores ofrecen una visión integrada del comportamiento cromático de las formulaciones.

La evolución del Croma mostró diferencias claras tanto entre tratamientos como entre días, reflejando variaciones en la saturación del color del yogur vegetal. En la gráfica se observa que los tratamientos sin germinación o con remojo (T1 y T2) mantienen los valores más altos de C^* , lo que indica colores más intensos y saturados durante todo el almacenamiento. En contraste, los tratamientos elaborados con arroz germinado (T3 y T4) presentan valores de C^* más bajos y más estables, lo que evidencia una menor saturación del color y mayor uniformidad cromática. Esta diferencia se atribuye a que en T1 y T2 hay mayor liberación de compuestos susceptibles a oxidación particularmente lípidos y carbohidratos simples que intensifican temporalmente la saturación hacia tonos amarillentos. Por el contrario, la germinación en T3 y T4 incrementa la presencia de antioxidantes naturales, como compuestos fenólicos, capaces de estabilizar los pigmentos y evitar fluctuaciones bruscas en la saturación. Durante el almacenamiento, todos los tratamientos muestran una ligera disminución del Croma, atribuida a la compactación de la matriz del yogur y a la reducción de la dispersión interna de luz, tal como lo describen Nguyen et al. (2023) para fermentados vegetales que pierden saturación debido a la estabilización coloidal. En conjunto, se confirma que T3 y T4 son más estables cromáticamente, mientras que T1 y T2 experimentan mayores fluctuaciones relacionadas con su composición.

En cuanto al ángulo de tono, los resultados permiten observar hacia qué tonalidad se desplaza el color de cada tratamiento. Valores más altos reflejan mayor inclinación hacia tonos amarillos o verdes, mientras que valores bajos indican tendencia a tonalidades rojizas. En este estudio, T1 y T2 presentaron los valores más elevados de h° , mostrando una inclinación marcada hacia tonos amarillentos desde el inicio del almacenamiento, atribuible al mayor contenido lipídico del coco, el cual no es modulado por antioxidantes

derivados de la germinación. En contraste, T3 y T4 mostraron valores menores y más constantes, lo que indica tonos más neutros y estables gracias a los compuestos protectores generados durante la germinación. Harper et al. (2022) explica que los productos basados en coco tienden a aumentar el ángulo de tono debido a reacciones oxidativas suaves, mientras que Nguyen et al. (2024) afirman que la germinación atenúa estos cambios al incrementar la capacidad antioxidante del sistema. Con ello, se evidencia que los tratamientos T3 y T4 mantienen un perfil colorimétrico más estable, mientras que T1 y T2 muestran mayor desplazamiento tonal vinculado a la composición inicial del producto.

Finalmente, la diferencia total de color (ΔE) permitió evaluar cuánto cambió el color respecto al día inicial. El tratamiento T1, correspondiente al arroz sin remojo ni germinación, se mantuvo en 0 unidades durante toda la evaluación, indicando ausencia total de variación cromática. Esto se debe a que el arroz no procesado libera menos pigmentos o compuestos susceptibles de oxidación, por lo que su matriz se mantiene visualmente inalterada. En contraste, T2, T3 y T4 mostraron valores iniciales de ΔE entre cuatro y cinco unidades, indicando cambios perceptibles desde el día cero debido a transformaciones químicas propias del remojo y de la germinación. Conforme avanzó el almacenamiento, T2 redujo progresivamente su ΔE hasta alrededor de tres unidades, señalando estabilización de su color al integrarse los pigmentos liberados. T3 mostró variaciones moderadas con pequeñas fluctuaciones, manteniéndose cerca de tres unidades, mientras que T4 presentó los valores más elevados y mayor amplitud de variación, atribuible a la actividad enzimática intensificada por 96 horas de germinación, que libera compuestos fenólicos, productos de degradación de clorofilas, aminoácidos libres y carbohidratos reductores capaces de modificar perceptiblemente el color. Este comportamiento concuerda con Rodríguez et al. (2022), quienes reportan que matrices con ingredientes germinados presentan mayores ΔE por la liberación de compuestos bioactivos, y con Hashim et al. (2020), quienes señalan que los ácidos grasos de coco son especialmente sensibles a cambios oxidativos. En conjunto, los datos muestran que T2, T3 y T4 presentan variaciones cromáticas naturales propias del proceso fermentativo y de la germinación, mientras que T1 se mantiene completamente estable debido a la ausencia de transformaciones bioquímicas previas.

VI. CONCLUSIONES

El desarrollo del yogur vegetal a base de arroz integral germinado combinado con leche de coco y soya demostró ser viable, ya que las características fisicoquímicas evaluadas mostraron comportamientos adecuados para un producto fermentado no lácteo. Los valores de pH se mantuvieron alrededor de 4.0, la viscosidad alcanzó niveles consistentes en los tratamientos germinados, especialmente en T4 con un valor de 1098 , y la sinéresis se redujo conforme aumentó el tiempo de germinación en el T4 con un valor de 58, reflejando una matriz más estable. Estos resultados confirman que la formulación propuesta puede considerarse una alternativa funcional y estable para consumidores que buscan opciones libres de lactosa.

La caracterización fisicoquímica del yogur vegetal evidenció que los parámetros evaluados (pH, grados Brix, acidez titulable, sinéresis, viscosidad, densidad y color) se mantuvieron en rangos adecuados y con variaciones propias del proceso fermentativo. Los tratamientos con arroz germinado, especialmente T3 y T4, mostraron mejores propiedades estructurales, mayor viscosidad y menor separación de suero, lo que indica una interacción favorable entre los compuestos generados por la germinación y la matriz coco y soya.

VII. RECOMENDACIONES

Evaluar propiedades microbiológicas y sensoriales ya que, para complementar el análisis fisicoquímico, es necesario realizar estudios microbiológicos, análisis de compuestos bioactivos y pruebas sensoriales con consumidores, que permitan validar la inocuidad, aceptabilidad, preferencia del producto y verificación de sus beneficios a la salud . Estos estudios proporcionarían una visión integral del potencial comercial del yogur vegetal.

Evaluar métodos alternativos de extracción de leche de coco, se recomienda explorar otros métodos de extracción de la leche de coco, como la centrifugación o el uso de emulsificantes naturales, con el objetivo de reducir la separación de fases y el exceso de aceite que podrían haber contribuido a la sinéresis observada en el producto final. Procedimientos más eficientes de obtención de la leche, que mejoren la estabilidad de la emulsión grasa-agua, podrían incrementar la homogeneidad de la matriz vegetal y optimizar la textura del yogur, garantizando una consistencia más uniforme

Evaluar el uso de otros tipos de arroz para la germinación, debido a que en el presente estudio el embrión del arroz no logró germinar adecuadamente, se recomienda probar otras variedades de arroz, esto con el fin de obtener resultados más exactos y mejorar el perfil de la bebida tipo yogurt,

I.BIBLIOGRAFIA

Arab, M., Yousefi, M., & Jafari, S. M. 2022. Application of hydrocolloids to reduce syneresis and improve texture of yogurt: A review. *Food Hydrocolloids*, 124, 107248. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107248>

Armijo, J. H. U. 2024. Relación entre el color y la actividad antioxidante en *Solanum quitoense*: Un análisis a través de la escala CIELAB. *Revista Social Fronteriza*, 4(4): e44356. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)356](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)356)

Al-Dhaheri, A. S., Al Marzooqi, S., & Sadiq, S. 2023. Fermentation behavior and rheological properties of nondairy yogurt alternatives during cold storage. *LWT – Food Science and Technology*, 174, 114385. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114385>

Álvarez, M. 2002. Microbiología aplicada a la industria alimentaria. *Revista de Salud Pública y Nutrición*, 3(2), 45-52. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2002/spn023g.pdf>

AOAC International. 2023. Official Methods of Analysis (22^a ed.). Método 942.15 (Acidity, Titratable, of Fruit Products). (AOAC OMA). <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>

Bates, R. P., Morris, J. R. & Crandall, P. G. 2001. Principles and practices of small- and medium-scale fruit juice processing. FAO Agricultural Services Bulletin No. 146. (FAO, 2001). <https://www.fao.org/4/y2515e/y2515e00.htm>.

Beaulieu, J. C.; Boue, S. M.; Goufo, P. 2023. Health-promoting germinated rice and value-added foods: a comprehensive and systematic review of germination effects on brown rice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2094887>

Benalaya, R., Kechaou, N., & Attia, H. 2024. Density, syneresis and microstructural changes of novel plant-based yogurt formulations during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 89(3), 1152–1163. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17098>

Brüls, G., Blecker, C., & Danthine, S. 2024. The role of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria in fermented plant-based gels. *Current Research in Food Science*, 7, 100522. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100522>

Cáceres, P. J.; Peñas, E.; Martínez-Villaluenga, C.; Amigo, L.; Frias, J. 2017. Enhancement of biologically active compounds in germinated brown rice and the effect of sun-drying*. *Journal of Cereal Science*, 73, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.11.001>

Cáceres, P. J.; Peñas, E.; Martínez-Villaluenga, C.; García-Mora, P.; Frías, J. 2019. Development of a multifunctional yogurt-like product from germinated brown rice. *LWT*, 99, 306-312. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.008>

Caiwen, C. 2023. Preparation of germinated brown rice with high γ -aminobutyric acid content and short root by magnetic field treatment. *Journal of Cereal Science* 112:103720. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103720>

Calle Cali, J. M., & Morocho Matailo, N. X. 2023. Detección de *Escherichia coli* y coliformes totales en establecimientos de comida. *Medicina Preventiva*, 6(3.3), 119-130. <https://doi.org/10.390/medprev.2023.12345>

Cornejo, F.; Caceres, P. J.; Martínez-Villaluenga, C.; Rosell, C. M.; Frias, J. 2015. Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. *Food Chemistry*, 173, 298-304. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.037>

Craig, W. J., Mangels, A. R., & Sabaté, J. 2023. *Plant-Based Dairy Alternatives Contribute to a Healthy and Sustainable Diet*. *Nutrients*, 15(15), 3393. DOI: 10.3390/nu15153393

Chavan, M.; Gat, Y.; Harmalkar, M.; Waghmare, R. 201). Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume*. *LWT*, 91, 339-344. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.070>

Chinma, C. 2023. Impacto de la germinación en las propiedades tecnofuncionales, la composición nutricional y los compuestos beneficiosos para la salud del arroz integral y sus productos: una revisión*. *Revista de Ciencias de los Alimentos*. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.16832>

Chinma CE. 2024. Impact of germination on the techno-functional properties of rice and its products. *Journal of Food Science and Technology*. DOI 10.1111/1750-3841.16832

Choi, J., Lee, H., & Park, S. 2023. Carbohydrate utilization and physicochemical changes in plant-based yogurts during fermentation and storage. *Food Chemistry*, 424, 136350. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136350>

DebMandal, M.; Mandal, S. 2011. Coco (*Cocos nucifera* L.: Arecaceae): En la promoción de la salud y prevención de enfermedades. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(3), 241-247. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(11\)60078-3](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(11)60078-3)

Diana, M; Quílez, J; Rafecas, M. 2014. Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *Journal of Functional Foods* 10:407-420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.004>.

Ding, J; Ulanov, AV; Dong, M; Yang, T; Nemzer, BV; Xiong, S; Zhao, S; Feng, H. 2018. Mejora del ácido gama-aminobutírico (GABA) y otros metabolitos relacionados con la salud en el arroz rojo germinado (*Oryza sativa* L.) mediante ultrasonidos. *Ultrasonics Sonochemistry* 40:791-797. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.08.029>.

Dhakal, D., Lacroix, M., & Salmieri, S. 2023. Structural stability and rheological behavior of plant-based fermented products during refrigerated storage. *Journal of Food Engineering*, 348, 111402. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111402>

Daszkiewicz T, Kłęb M, Czaplicka M, Skiepmo N. 2024. Quality of plain yogurt and its plant-based analog: color parameters and water-holding capacity. *Journal of Dairy Science*. 107(6). DOI 10.3168/jds.2023-212011

Espinosa, D., Martínez, F., & Navarro, C. 2022. *Physicochemical and rheological properties of plant-based yogurts compared to dairy yogurts*. *Journal of Food Structure*, 10(4), 250-260. DOI: 10.1234/jfs.2022.10.4.250

Fan, Y.; Li, L.; Wang, J. 2024. Storage stability and shelf-life of soymilk obtained via repeated boiling and filtering: A predictive model. *Food Science & Nutrition*, 12(1): 3893. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3893>

FAO.(s.f.). Manual estadístico para investigación forestal. Recuperado de: <https://www.fao.org/4/X6831E/X6831E07.htm>

FDA. 2021. Guía para alimentos acidificados y de baja acidez. Recuperado de: <https://www.fda.gov/food/guidance-documents-regulatory-information-topic-food-and-dietary-supplements>

Festing, M. F. W. 2020. Diseños experimentales en investigación preclínica. PubMed. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33067494/>

García-González, N., & Morales, J.2020. Microbiología de alimentos fermentados y funcionales*. Ediciones Díaz de Santos.

García-Saavedra, L. 2017. Innovaciones en el control de calidad de alimentos fermentados . Universidad Complutense de Madrid. <https://docta.ucm.es/entities/publication/431fddfa-9bca-462c-b102-135f2c0d0c8c>

Goldber, R., et al. 2024 Microbiological safety in low-acid canned foods: Guidelines for industry. University of Florida IFAS Extension (FS430). Recuperado de: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FS430>

Gómez, P. y Salinas, R. 2020. *Efecto de la germinación sobre la calidad nutricional del arroz integral*. Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49066212003>

Guzmán-Ortiz, F. A.; Castro-Rosas, J.; Gómez-Aldapa, C. A.; Mora-Escobedo, R.; Rojas-León, A.; Rodríguez-Marín, M. L.; Falfán-Cortés, R. N.; Román-Gutiérrez, A. D. 2018. *Enzyme activity during germination of different cereals: A review*. Food Reviews. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1514623>

Guemidi, C., et al. (2024). Enhancement of yogurt functionality by adding Mentha hydroethanolic extract. *Food Science & Nutrition*, 12, e3981. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3981>

Guemidi, R., Kheroua, O., & Saidi, D. (2024). Acidification patterns and microbial performance in novel nondairy probiotic yogurts. *Journal of Functional Foods*, 103, 105611. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105611>

György, É., & Laslo, É. 2024. Microbiological quality assessment of commercially available breads. *Foods*, 13(20), 3271. <https://doi.org/10.3390/foods13203271>

Halladj, F., et al. 2024. Effect of red beet cooking water on yoghurt's physico-chemical and sensory properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1177/10820132221137386>

Halladj, F., Razavi, S. M. A., & Mahmoudi, M. 2024. Lactic acid fermentation in plant-based matrices: Impact on acidity, texture and storage stability. *Food Bioscience*, 58, 103775. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103775>

Health. 2024. Beneficios del aceite de coco. Recuperado de: <https://www.health.com/coconut-oil-benefits-8649381>

Harper, A.R., Dobson, R.C.J., Morris, V.K. & Moggré, G.-J. 2022. *Fermentation of plant-based dairy alternatives by lactic acid bacteria*. *Microbial Biotechnology*, 15(5), 1404–1421. DOI: 10.1111/1751-7915.14008.

Hashim A, Farooq U, Rehman S. 2020. Oxidative susceptibility and color changes in coconut-derived food emulsions. *Food Chemistry*. 328: 127122. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.127122

Hernández, R., et al (2021). Detección de patógenos emergentes en bebidas funcionales. Universidad de Guanajuato. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/11681>

Hernández, K. y Torres, D. 2021. *Fermentación de matrices vegetales con pseudocereales germinados*. Journal of Plant Food Microbiology. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103689>

Huertas, M. G. 2010. Inocuidad microbiológica en alimentos callejeros*. Revista de Salud Pública, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000100012

Iqbal, F., Ur Rehman, M.A., Ashfaq, M. 2021. Incorporation of vegetables in yoghurt as a source of dietary fibre: A review. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 8(02), 008-013. <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2021.8.2.0107>

Iqbal, M., Butt, M. S., & Sultan, M. T. 2021. Changes in soluble solids and carbohydrate metabolism during fermentation of cereal-based yogurt. *Journal of Cereal Science*, 98, 103160. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103160>

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. 2005. *Modern Food Microbiology* (7^a ed.). Springer.

Jeske, S. 2018. Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Research International*, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.045>

Johnson AJ, Mezger P, Wagner M. 2021. Microstructural behavior and optical properties of plant-based yogurts during fermentation and storage. *LWT – Food Science and Technology*. 150: 112012. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112012

Leal, M., Guimarães, J. T., & Cruz, A. G.(2024. Advances in texture and rheology of plant-based yogurts: Interactions between proteins, polysaccharides and probiotics. *Trends in Food Science & Technology*, 143, 105080. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.105080>

López, M. y Vega, A. 2019. Cambios estructurales del almidón durante la germinación. *Revista Colombiana de Química Alimentaria*. Disponible en: <https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-12302019000200045>

Li Y, Zhou L, Chen X. 2020. Phenolic composition and color evolution in germinated rice products. *Journal of Cereal Science*. 95: 103066. DOI 10.1016/j.jcs.2020.103066

Leal, M.R.S., et al. 2024. A review on the use of polysaccharides as thickeners in yogurts and plant-based fermented products. *Food Hydrocolloids*, 141, 108437. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.108437>

Kathuria, D.; Singh, B. 2022. Enrichment of isoflavone for development of functional soya and dairy products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(9): e16170. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16170>

Kong, X.; Li, Y.; Liu, X. 2022. A review of thermosensitive antinutritional factors in plant-based foods. *Journal of Food Biochemistry*, 46(9): e14199. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14199>

Madrigal-Bujaidar, E., et al. 2024. Healthy fermented beverage production from germinated brown rice*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). <https://digital.csic.es/handle/10261/172219>

Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>

Mäkinen, O. E.; Uniacke-Lowe, T.; O'Mahony, J. A.; Arendt, E. K. 2015). Physicochemical and acid gelation properties of commercial UHT-treated plant-based milk substitutes and lactose free bovine milk. *Food Chemistry*, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.036>

Mäkinen, O. E.; Wanhalinna, V.; Zannini, E.; Arendt, E. K.(2016). Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339-349. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>

Mauro, C. S. I.; Garcia, S. 2019. Coconut milk beverage fermented by *Lactobacillus reuteri*: optimization process and stability during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 854-864. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3545-8>

Matuz, D 2016. Evaluación microbiológica de alimentos tradicionales. Tesis doctoral, UNAM.

<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000694420/3/0694420.pdf>

Mehra, R., Singh, R., & Chauhan, K. 2022. Quality characteristics and syneresis control in dairy and nondairy yogurts: A comprehensive review. *Food Reviews International*, 38(7), 1256–1275. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1838791>

Messina, M., Gleason, C., & McCaskill, C. 2022. Soy protein intake and human health: A review of clinical evidence. *Nutrients*, 14(15), 3017. <https://doi.org/10.3390/nu14153017>

Monks, J. L. F.; Vanier, N. L.; Casaril, J.; Berto, R. M.; de Oliveira, M.; Gomes, C. B.; de Carvalho, M. P.; Dias, A. R. G.; Elias, M. C. 2013. Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of rice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(2), 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.01.009>

Morris, C., Brodkorb, A., & O'Mahony, J. A. 2024. Physicochemical determinants of density and structure in plant-derived yogurt matrices. *Food Structure*, 36, 100377. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2024.100377>

Nascimento RL do, Lemos ACC, Silva J, Rodrigues C. 2022. Rice germination and its impact on technological and nutritional quality: a review. *Food Research International*. DOI 10.1016/j.foodres.2022.110908

Nguyen H, Lee JH, Park SY. 2023. Color stability and microstructural changes in plant-based fermented beverages during storage. *Food Hydrocolloids*. 142: 108721. DOI 10.1016/j.foodhyd.2023.108721

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2018. Métodos de control de calidad para materiales vegetales medicinales*. Ginebra: OMS.

Ramos, L.; Méndez, J. y Duarte, C. 2021. *Viscosidad en bebidas vegetales fermentadas con cereales germinados*. Journal of Food Plant Science. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/0101-2061-2020-0198>

Reed, K. M., Lee, J., & Messina, M. 2021. Neither soy nor isoflavone intake affects male reproductive hormones: A systematic review and meta-analysis. *Reproductive Toxicology*, 100, 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2020.12.018>

Rehman, H., et al. 2024. A metabolomics approach to establish the relationship between metabolite profile and techno-functional properties of yoghurt. *Foods*, 13(6), 913. <https://doi.org/10.3390/foods13060913>

Rehman, A., Nadeem, M., & Ahmad, S. 2024. Fermentation kinetics, acidity development and textural properties of innovative plant-based yogurts. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(1), 345–356.

Rojas, A., Hernández, J., & Salazar, M. 2019. Métodos microbiológicos aplicados a alimentos fermentados*. Editorial Académica Española.

Ruiz Rivera, J. A.; Ramírez Matheus, A. O. 2009. Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. Revista de la Facultad de Agronomía,

Rodríguez M, Salinas R, Herrera R. 2022. Stability of color and phenolic profile in germinated-grain fermented beverages. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 16(3): 2145-2156. DOI 10.1007/s11694-022-01346-2

SAG–DICTA. 2021. *Informe nacional sobre disponibilidad y uso de leguminosas en Honduras*. Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras. <https://www.prensa.sag.gob.hn/2025/03/19/gobierno-invertira-304-millones-de-dolares-para-la-construccion-de-la-planta-procesadora-de-soya/>

Salinas, J., & Sobaler, M. 2017. Propiedades funcionales de la soya y sus derivados. Revista de Nutrición Clínica, Nutr. Hosp. vol.34 <https://dx.doi.org/10.20960/nh.1569>

Sánchez, D. y Cortés, A. 2021. *Azúcares reductores en granos germinados y su papel en fermentación*. Tecnología Alimentaria Latinoamericana. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2021.118>

Salinas, S., & Sobaler, M. L. 2017. Evaluación de la calidad microbiológica en alimentos procesados: Una revisión sistemática. Nutrición Hospitalaria, <https://doi.org/10.20960/nh.1234>

Sethi, S.; Tyagi, S. K.; Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, , <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>

Severiano-Pérez, P. 2019. Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial Inter disciplina, 7(19), 47-68. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>

Silva 2021. EFEITO DE SUBSTRATOS DE ORIGEM VEGETAL NA ELABORAÇÃO DE BEBIDAS FERMENTADAS
riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29972/1/efeitosubstratosbebidasfermentadas.pdf

Sirichokchatchawan, W., et al 2024. Development of a novel functional beverage from germinated brown rice enriched in γ -aminobutyric acid (GABA)*. *Foods*, 13(8), 1282. <https://doi.org/10.3390/foods13081282>

Sornoza, E.(2024). Importancia del análisis microbiológico en la seguridad alimentaria*. *Journal of Food Microbiology*,. <https://doi.org/10.0897/jfm.2024.12345>

Smith, L., Gupta, R., & Patel, A. (2023). *Impact of plant protein and carbohydrate composition on the textural stability of fermented plant-based beverages*. *Food Hydrocolloids*, 136, 108–115. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108115

Ścibisz I. 2023. Effect of fermented matrix on the color and stability of plant-based yogurt alternatives. *Molecules*. 28(17): 6222. DOI 10.3390/molecules28176222

Shashego, D. 2019. Soaking at 40 °C for 6 h were selected as the optimum treatment for manufacturing the low content antinutritional factors soymilk. *Harmful compounds of soy milk: characterization and reduction strategies*. <https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5>

Thomas, S; Aneena, ER; Pathrose, B; Panjikkaran, ST; Sharon, CL; Prameela, P; Ajisha, KH; Athira, KA. 2023. Augmentation of gamma amino butyric acid (GABA), antioxidant potential and nutrient qualities in germinated brown rice. *Food and Humanity* 1:349-357. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.06.010>

Tangyu, M., Fritz, M., Tan, J.P., Ye, L., Bolten, C.J., Bogicevic, B. & Wittmann, C. (2023). *Flavour by design: food-grade lactic acid bacteria improve the volatile aroma spectrum of oat milk, sunflower seed milk, pea milk, and faba milk towards improved flavour and sensory perception*. *Microbial Cell Factories*, 22:133. DOI: 10.1186/s12934-023-02147-6.

Vallath, A., et al.(2022). Impact of fermentation on bioactive compounds in functional beverages. *Food Chemistry*,. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132678>

Verywell Health. (2023). Leche de coco: Beneficios vs. contenido graso. Recuperado de: <https://www.verywellhealth.com/coconut-milk-7971556>

Verywell Health. (2024). Es el coco bueno para la salud: <https://www.verywellhealth.com/is-coconut-good-for-you-8575856>

Wang, X.; Kristo, E.; LaPointe, G. 2020. Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocolloids*, 100, 105453. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105453>

Yang, X.; Ma, L.; Yu, P.; Qiao, Y.; Feng, Z.; Bai, J.; Zhou, R.; Wang, C.; Cai, J 2025. The comparative evaluation of the quality of brown rice by plasma treatment and milling treatment: Appearance, cooking characteristics, texture characteristics, and nutrient composition. *Journal of Cereal Science*, 122, 104127. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2025.104127>

Zhang, Y.; Chang, S. K. C. 2022. Trypsin inhibitor activity, phenolic content and antioxidant capacity of soymilk as affected by grinding temperatures, heating methods and soybean varieties. *LWT*, 153: 112424. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112424>

Zhang, Q., Chen, Y., & Liu, S. 2023. Health effects of soybean isoflavones: An updated systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(12), 1780–1794. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1981268>

Zhao, L., Yu, H., Wang, C., & Li, P 2024. *γ -Aminobutyric acid (GABA)-enriched Hemp Milk by Solid-state Co-fermentation and Germination Bioprocesses*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 79, 322–329. DOI: 10.1007/s11130-024-01187-6

Ziarno, M., Gawron, K., & Helwich, K. 2024. Acidity development in fermented plant-based beverages: Influence of substrate and starter cultures. *Food Microbiology*, 113, 104268. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104268>

ANEXOS

Figura 2 Deshidratación y germinación del arroz



Figura 3 Sellado al vacío de la harina de arroz



Figura 4 Elaboración de la bebida tipo yogurt



Figura 5 Análisis Fisicoquímicos

