

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



OBTENCIÓN DE HIDROGEL A PARTIR DE HIDROCOLOIDE DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*), PROTEÍNA DE LECHE Y LACTOBACILLUS

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
AGRICULTURA, BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TESISTA:
TARAZONA MATÍAS HELEN

ASESOR:
Dr. VILLANUEVA TIBURCIO JUAN EDSON

HUÁNUCO – PERÚ

(2023)

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



INFORME DE TESIS
OBTENCIÓN DE HIDROGEL A PARTIR DE HIDROCOLOIDE DE
CUSHURO (*Nostoc sphaericum*), PROTEÍNA DE LECHE Y
LACTOBACILLUS

PRESENTA
TARAZONA MATÍAS, Helen

ASESOR(ES) DE TESIS
Dr. VILLANUEVA TIBURCIO, Juan Edson

Tesis presentado como requisito para obtener el título de **Ingeniero Agroindustrial**, en la Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

HUÁNUCO – PERÚ
2023

DEDICATORIA

Con todo mi amor a Dios, mi madre, mis hermanas Yuly y Elena, Max, Maty y todos los seres a quienes los llevo en mi corazón.

AGRADECIMENTOS

A Dios, mis padres, hermanos, Max y Maty.

Agradecida con mi asesor Dr. Juan Villanueva Tiburcio por su apoyo y por todo el conocimiento compartido en cada etapa de la elaboración de mi tesis.

También, agradezco a todos los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial que me acompañaron en mi etapa académica, y que mediante sus conocimientos y profesionalismo se han convertido en una gran fuente de inspiración.

Finalmente, agradecer a la Universidad Hermilio Valdizán por el financiamiento otorgado para proyecto de tesis con Resolución N° 0212-2023-UNHEVAL-VRI.

PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS Y/O CIENTÍFICOS

1. XXI Congreso Nacional de Ingeniería Agroindustrial. Noviembre 7-11 de 2022.
Tema: Extracción asistida por microondas y ultrasonido de hidrocoloide de cushuro (*Nostoc sphaericum*).

RESUMEN

TARAZONA MATÍAS, Helen. **Obtención de hidrogel a partir de hidrocoloide de cushuro (*Nostoc sphaericum*), proteína de leche y lactobacillus**. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco-Perú. 2023.

En los últimos años se ha incrementado el interés en el desarrollo de hidrogeles debido a su aplicación encapsulante para la conservación de diversas materias benéficas; considerando también el estudio de fuentes naturales con valor nutricional para su elaboración. Por lo cual el objetivo principal de este estudio fue elaborar hidrogel a partir de hidrocoloide de cushuro, proteína de leche y lactobacillus. Para ello, se realizó la extracción de hidrocoloide y caracterización. Se elaboró 3 formulaciones de hidrogel a distintas proporciones de leche con inoculación de cultivo láctico, hidrocoloide de cushuro y gelatina, obteniendo mayor aceptabilidad sensorial la formulación 3 con puntaje de $4,31 \pm 0,79$ en textura y $4,15 \pm 0,78$ en apariencia general ($p \leq 0,05$); a la formulación elegida se realizó los análisis correspondientes, almacenadas en refrigeración y ambiente durante 30 días. En el recuento de hidrogel se obtuvo una constante ($p > 0,05$) de $8,22 \text{ Log UFC/g}$ a 5°C y una disminución polinómica ($p \leq 0,05$) a $21 \pm 1^\circ\text{C}$ hasta el día 30. De la misma manera, en el análisis fisicoquímico de las muestras en refrigeración el ácido láctico (%) y pH no presentan cambios significativos ($p > 0,05$) en comparación a los sólidos solubles que incrementa sus valores en ambas condiciones de almacenamiento. Por otro lado, se evidenció diferencia significativa ($p \leq 0,05$) en la fuerza Bloom y análisis de perfil de textura (dureza, masticabilidad, gomosidad, cohesividad) con el incremento de temperatura y tiempo. En conclusión, el hidrogel almacenado a condiciones de refrigeración inmoviliza a los lactobacillus prolongando su conservación, mantiene su calidad fisicoquímica y relativamente su textura.

Palabras clave: gel, microencapsulación, probiótico, *Nostoc sphaericum*

ABSTRACT

TARAZONA MATÍAS, Helen. **Obtaining hydrogel from cushuro (*Nostoc sphaericum*) hydrocolloid, milk protein and lactobacillus.** Thesis to obtain the Agroindustrial Engineer degree, Professional School of Agroindustrial Engineering, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco-Peru. **2023.**

In recent years, interest in the development of hydrogels has increased due to their encapsulating application for the conservation of various beneficial materials; also considering the study of natural sources with nutritional value for its preparation. Therefore, the main objective of this study was to prepare hydrogel from cushuro hydrocolloid, milk protein and lactobacillus. For this, hydrocolloid extraction and characterization were carried out 3 hydrogel formulations were prepared with different proportions of milk with inoculation of lactic lactic culture, cushuro hydrocolloid and gelatin, obtaining greater sensory acceptability for formulation 3 with a score of $4,31 \pm 0,79$ in texture and $4,15 \pm 0,78$ in general appearance ($p \leq 0,05$); the corresponding analyzes were carried out on the chosen formulation, stored in refrigeration and ambient for 30 days. In the hydrogel count, a constant ($p > 0,05$) of $8,22 \text{ Log UFC/g}$ was obtained at 5°C and a polynomial decrease ($p \leq 0,05$) at $21 \pm 1^\circ\text{C}$ until day 30. Likewise, in the physicochemical analysis of the refrigerated samples, lactic acid (%) and pH do not present significant changes ($p > 0,05$) in compared to the soluble solids, which increases their values in both storage conditions. On the other hand, a significant difference ($p \leq 0,05$) was evident in Bloom force and texture profile analysis (hardness, chewiness, gumminess, cohesiveness) with increasing temperature and time. In conclusion, the hydrogel stored under refrigeration conditions immobilizes the lactobacillus, prolonging its conservation maintaining its physicochemical quality and relatively its texture.

Keywords: gel, microencapsulation, probiotic, *Nostoc sphaericum*

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS Y/O CIENTÍFICOS.....	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Hidrogeles.....	3
2.1.1 Clasificación de hidrogeles.....	3
2.1.2 Técnicas de elaboración de hidrogel.....	4
2.1.3 Uso de hidrogeles en la industria	5
2.1.4 Mercado económico de los hidrogeles.....	6
2.2 Cushuro.....	6
2.3 Hidrocoloide	7
2.3.1 Clasificación de hidrocoloide.....	7
2.3.2 Importancia de los hidrocoloides.....	7
2.4 Proteína de leche	8
2.5 Probióticos	8
2.5.1 Bacterias ácido-lácticas.....	9
2.5.1.1 Clasificación de las bacterias ácido-lácticas	9
2.5.1.2 Lactobacillus	10

III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Materiales.....	11
3.2 Procesos	12
3.3 Métodos de análisis	15
3.3.1 Rendimiento y caracterización de hidrocoloide de cushuro	15
3.3.2 Evaluación sensorial	16
3.3.3 Evaluación del hidrogel	17
3.4 Diseño experimental y análisis estadístico.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1 Extracción y caracterización de hidrocoloide de cushuro.....	20
4.2 Determinación de la mejor formulación	22
4.2.1 Análisis sensorial del hidrogel.....	22
4.3 Evaluación de la viabilidad de lactobacillus, análisis fisicoquímicos y textura del hidrogel de mejor tratamiento.....	22
4.3.1 Evaluación de viabilidad de lactobacillus	23
4.3.2 Evaluación fisicoquímica.....	26
4.3.3 Evaluación de textura.....	27
V. CONCLUSIONES.....	32
VI. RECOMENDACIONES.....	33
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXOS	47
ANEXO 1 – Registro de tablas de ANVA de los resultados obtenidos en los experimentos.....	48
ANEXO 2 – Ficha de evaluación sensorial	53
ANEXO 3 – Figuras del procedimiento experimental	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Técnicas y proceso de microencapsulación	4
Tabla 2. Clasificación taxonómica de Nostoc	6
Tabla 3. Escala hedónica de clasificación de atributos sensoriales.....	17
Tabla 4. Resultados de la caracterización fisicoquímica	20
Tabla 5. Resultado de prueba sensorial afectiva por atributos de hidrogel a distintas formulaciones; F1: +PL leche con inoculación de cultivo, +++PH hidrocoloide de cushuro y +++PG gelatina; F2: ++PL leche con inoculación de cultivo, ++PH de hidrocoloide de cushuro y ++PG gelatina; F3: +++PL leche con inoculación de cultivo, +PH hidrocoloide de cushuro y +PG gelatina.	22
Tabla 6. Resultado del recuento de lactobacillus del mejor tratamiento de hidrogel y yogurt (control) durante 30 días a temperatura ambiente y refrigeración.....	23
Tabla 7. Resultados de evaluación fisicoquímica del hidrogel de mejor tratamiento a diferentes tiempos y temperaturas	26
Tabla 8. Resultados de análisis de textura del hidrogel y gelatina (control) almacenados a diferentes tiempos y temperaturas.....	28
Tabla 9. Continuación de la Tabla 8	29
Tabla 10. Cuadro de Análisis de Varianza del atributo de color	48
Tabla 11. Cuadro de Análisis de Varianza del atributo de sabor	48
Tabla 12. Cuadro de Análisis de Varianza del atributo de olor	48
Tabla 13. Cuadro de Análisis de Varianza del atributo de textura	48
Tabla 14. Cuadro del Análisis de Varianza del atributo de consistencia.....	49
Tabla 15. Cuadro del Análisis de Varianza del atributo de apariencia general	49
Tabla 16. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III sobre viabilidad del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas.....	49
Tabla 17. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III sobre acidez del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas.....	50
Tabla 18. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III sobre el pH del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas.....	50
Tabla 19. Cuadro del análisis de varianza sobre los sólidos solubles del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas.....	50

Tabla 20. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III de la fuerza Bloom de hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas	51
Tabla 21. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III de la prueba de dureza (ciclo 1) del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas	51
Tabla 22. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III de la prueba de masticabilidad del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas	51
Tabla 23. Cuadro de Análisis de Varianza de la prueba de gomosidad de hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas.....	52
Tabla 24. Cuadro de Análisis de Varianza Sc tipo III de la prueba de cohesividad de hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas	52
Tabla 25. Cuadro de Análisis de Varianza Sc tipo III de la prueba de adhesividad de hidrogel almacenada a diferentes tiempos y temperaturas	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso de microencapsulación mediante emulsión.....	5
Figura 2. Descripción de mecanismo de acción de bacterias probióticas.	9
Figura 3. Flujo del desarrollo experimental en la extracción de hidrocoloide	12
Figura 4. Flujograma de la elaboración de hidrogel con hidrocoloide de cushuro.	14
Figura 5. Cinética de crecimiento de lactobacillus en hidrogel en dos condiciones de almacenamiento en 30 días. LHR: Lactobacillus de hidrogel en refrigeración (Log UFC/g = cte), LHA: lactobacillus de hidrogel en ambiente y t: tiempo de almacenamiento.....	25
Figura 6. Ficha de evaluación sensorial de 3 formulaciones de hidrogel	53
Figura 7. Procedimientos para la extracción de hidrocoloide de cushuro. a). pesado de cushuro, b) licuado de cushuro y H ₂ O acidificada, c). tratamiento térmico, d). centrifugación, e). precipitación de hidrocoloide, f). secado, g). molienda de hidrocoloide, h). tamizado de hidrocoloide	54
Figura 8. Elaboración de hidrogel. a) pasteurización e inoculación de cepas de lactobacillus, c) hidratación del gel de hidrocoloide de cushuro, c) elaboración de las 3 formulaciones, d) incubación, e) almacenamiento de hidrogel del mejor tratamiento, f) hidrogel moldeado.....	55
Figura 9. Análisis del hidrogel. a) Análisis sensorial de las 3 formulaciones. b). Medición de textura del hidrogel, c). análisis fisicoquímico del hidrogel. d) análisis microbiológico del hidrogel para el recuento de lactobacillus	55

I. INTRODUCCIÓN

Los hidrogeles son redes poliméricas de cadena tridimensional. Su característica principal es la retención de líquidos por lo que presenta gran interés (Toribio, 2021). En el sector alimentario, se viene empleando como micro encapsulantes de bacterias benéficas, compuestos bioactivos y otras sustancias que pueden ser conservados o liberados de forma controlada.

Debido a su gran importancia, en los últimos años se ha incrementado investigaciones para el desarrollo de hidrogeles procedentes de fuentes naturales como gomas, proteínas, mucílagos, resinas y etc., con propiedades de gelificación, calidad textura, resistencia condiciones de almacenamiento y demás. Sin embargo, muchas de ellas preservan solo a corto tiempo la sustancia de interés y carecen de valor nutricional.

El cushuro es un alga de gran valor alimentario, alto contenido de proteína, carbohidratos y hierro. El hidrocoloide obtenido a partir de esta cianobacteria presenta entre sus características condiciones que podrían ser importantes como la formación de geles por lo que se viene aplicando en las industrias como aditivo mejorador textura (Corpus et al., 2021).

Las proteínas de leche se encuentran dispersa en dos grupos: micelas de caseínas (80% de la proteína total de leche) y suero de leche (18 - 20% del total de proteína) (Ayunta, 2018). Estos grupos de proteínas presentan propiedades funcionales como gelificación, absorción de agua, solubilidad y emulsificante que son características importantes para las formaciones de geles y redes más estables con otros grupos de proteína (Sgarbieri, 1996).

Los lactobacillus son bacterias probióticas que gran valor benéfico en la salud de las personas que lo consumen, principalmente para la mejora de la digestión y la flora intestinal (Ortiz, 2016). Debido a estas propiedades son incluidas en diversos productos alimentarios pero muchas veces presentan condiciones que dificultad su viabilidad por lo que es necesario el desarrollo de geles o micro encapsulantes que puedan controlar su estabilidad.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la importancia de la propiedad gelificante, el hidrogel elaborado a partir de hidrocoloide de cushuro y proteína de leche podría conservar los lactobacillus para mantener su calidad probiótica por más tiempo. Para ello, se planteó los siguientes objetivos:

Obtener hidrocoloide a partir de cushuro (*Nostoc sphaericum*).

Elaborar hidrogel con hidrocoloide de cushuro, proteína de leche y lactobacillus.

Evaluar la viabilidad de lactobacillus en hidrogel a diferentes tiempo y temperaturas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Hidrogeles

Las definiciones a cerca de los hidrogeles son muchas, coincidiendo en que los hidrogeles presentan en su estructura redes poliméricas tridimensionales de carácter hidrofílico, de modo que son afines en la absorción de agua a grandes cantidades o algún fluido sin la pérdida de sus estructuras (Zumaya, 2013). Estas redes se encuentran compuestas por homopolímeros o copolímeros (Ahmed, 2015; Mahinroosta et al., 2018). Su hidrofobicidad se caracteriza por la existencia de los hidrofílicos como grupos de amino, amida, hidroxilo y carboxilo, las cuales se encuentran distribuidas en las estructuras de las cadenas poliméricas que pueden ionizarse en presencia de agua, las moléculas en gran cantidad del agua al penetrar en los polímeros se producen en hinchamiento de consistencia blanda y elasticidad.

2.1.1 Clasificación de hidrogeles

Los hidrocoloides se clasifican en diversos grupos, según Mahinroosta et al. (2018) basada en su estructura física (amorfo, semicristalino, supermoléculas, agregados de hidrocoloide, enlaces de gel de hidrógenos); por su carga iónica (aniónicos, catiónicos, neutros, anfóteros); basado en su ruta de síntesis (homopolímero, copolímeros, multipolímeros); de acuerdo a su tamaño (macrogel, microgel, nanogel); basados en sus enlaces (químicos y físicos); basados en su características mecánicas y estructura de afinidad y fantasía.

Por su parte Li et al. (2021), clasifican a los hidrogeles de acuerdo a la fuente del polímero (hidrogeles naturales, hidrogeles sintéticos, hidrogeles híbridos); por su composición polimérica (homopolimétricos, copolimétricos, multipolimétricos); por su mecanismos de atrapamiento (físico, químico, enzimático y múltiple); por su configuración (amorfo, semicristalino, cristalino); por su anisotropía (hidrogeles homogéneos, no homogéneos y de estructura orientada); por su carga eléctrica (neutros, aniónicos y catiónicos, anfóteros y zwitterion); por sus funciones (hidrogeles inteligentes, hidrogeles de recubrimiento curativos, inyectables de fuerte adhesión, de alta resistencia, superabsorbentes e hidrogeles biónicos); de respuesta estimulante (hidrogeles convencionales, hidrogeles receptivos); de estímulos físicos y químicos.

Asimismo, Ahmed (2015) clasifica a los hidrogeles de acuerdo a su fuente de obtención siendo estos; neutros, híbridos o sintéticos. Los de origen natural tiene como base a los polímeros obtenidos directamente de polisacáridos y proteínas, mientras que los de origen híbrido o sintético son elaborados con polímeros industriales o artificiales; basados en su apariencia física (de apariencia de matriz, de filme o microesfera).

2.1.2 Técnicas de elaboración de hidrogel

Tabla 1. Técnicas y proceso de microencapsulación

Tipos	Procesos
Químicos	Coacervación: Se precipita soluciones coloidales en una fase líquida que constituye el coacervado (Madene et al., 2006).
	Cocrystalización: Se incorpora las sustancias en un concentrado poroso de sacarosa (Astolfi et al., 2005).
	Polimerización interfacial: Se produce polimerización de monómeros entre las fases de dos soluciones inmiscibles (Villena et al., 2009).
	Gelificación iónica: adición de CaCl ₂ en una emulsión; gelificación interna: liberación de CaCl ₂ de una matriz insoluble en solución de alginato (C ₆ H ₇ NaO ₆) _n (Villena et al., 2009).
	Incompatibilidad polimérica: Se encapsula materia sólida en una solución de dos polímeros incompatibles (Villena et al., 2009).
	Atrapamiento en liposoma: Se emplea para sustancias hidrosolubles (Schrooyen et al., 2001).
	Inclusión molecular: Interacción de sustancias donde una molécula de la una de estas se adhiere en la otra (Madene et al., 2006).
Físicos	Secado por aspersion: La sustancia de interés pasa por un proceso de evaporación mediante aire caliente obteniendo una materia sólida (Zuidam & Nedovic, 2009).
	Enfriamiento o congelamiento: La sustancia se congela a -50°C en vacío obteniéndose un producto sólido deshidratado (Madene et al., 2006).

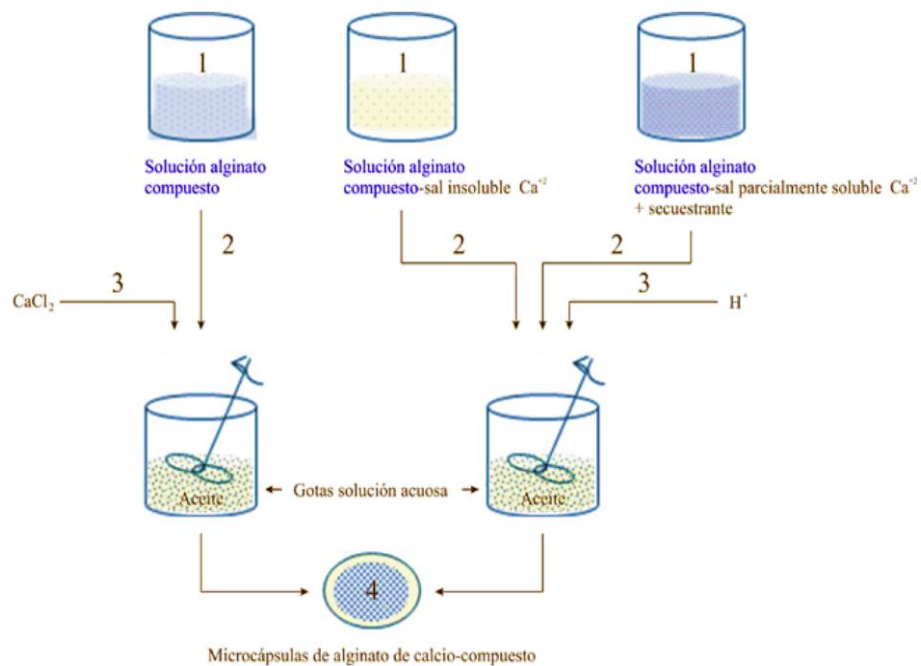


Figura 1. Proceso de microencapsulación mediante emulsión.
Fuente: Lupo et al. (2012).

2.1.3 Uso de hidrogeles en la industria

La importancia de hidrogeles en la agroindustria e industria de alimentos es debido a su biocompatibilidad baja toxicidad, características físico-mecánicas y comportamiento sustentable (Mohammad et al., 2015). Las gomas son un tipo aditivo alimentario esencial para preparar hidrogeles, entre las fuentes de gomas tenemos a goma Gatti, goma tragacanto, goma guar, pectinas (Liu et al., 2017), almidones (Koev et al., 2020; Larrea et al., 2019), gelatina, alginato obtenido a peces (Derkach et al., 2021), pulúlanos, glucanos, dextranos, gomas de semillas, goma karaya, exudados de árboles, almidones de tuberosas y metilcelulosa (Mohammadinejad et al., 2020; Saha et al., 2017). Como por ejemplo: para asegurar el sellado de empaques para capturar la humedad y prolongar la vida útil del producto (Klein & Poverenov, 2020), en la industria de bebidas (Nguyen et al., 2022; Sutehall et al., 2020), en quesos, algunas sopas, yogurt, productos cárnicos, capturar e inmovilizar las bacterias, encapsular principios activos, células y enzimas, así como hidrogeles comestibles nutraceúticos y edulcoradas (Gautam & Santhiya, 2019; Zhang et al., 2020).

2.1.4 Mercado económico de los hidrogeles

El crecimiento económico de productos a base de hidrogeles va en aumento en el mercado internacional. Diversos reportes muestran el crecimiento en ventas, por ejemplo ReportBuyer (2017) proyectó para el 2022 ventas de 22,3 billones de dólares y Mohite & Prasad (2020), reportaron en el 2019 ventas de hidrogeles de 22,1 billones de dólares y se proyecta que para el 2027 será de 31,4% billones de dólares con una tendencia anual de crecimiento de 6,75%.

2.2 Cushuro

Es una especie del género *Nostoc*. Lo describe como una cianobacteria y alga que está formado por colonias macroscópicas o microscópicas en forma esférica. Estas esferas presentan dos partes en su estructura: una capa externa dura, lisa y translúcida y la parte interna está compuesta por un núcleo de masa gelatinosa y cubierta por un líquido viscoso (Valderrama, 2012).

Se desarrolla en las alturas del ande peruano teniendo como hábitats ambientes con alta humedad como charcos, lagunas, etc (Ponce, 2014).

Dentro de su composición nutricional se encuentra alto valores de proteína (29 g), carbohidratos (46,9 g), agua (15,1 g) ceniza (8,5 g), calcio (147 mg) y hierro (83,6) en 100 g de cushuro (CENAN, 2017).

En la clasificación taxonómica del *Nostoc* según Mendoza (2021) se encuentra como:

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *Nostoc*

Taxonomía de <i>Nostoc sphaericum</i>	
Dominio	Bacteria
Reino	Monera
División	Cyanobacteria
Clase	Cyanophyceae
Orden	Nostocales
Familia	Nostocaceae
Género	<i>Nostoc</i>
Especie	<i>Nostoc sphaericum</i>

2.3 Hidrocoloide

Son polímeros con alto peso molecular, larga cadena en su estructura se encuentra presente grupos de hidroxilo, lo cual contribuye al comportamiento hidrofílico del hidrocoloide, incrementando su preferencia por las moléculas de agua. En este sentido, los polisacáridos en contacto con el agua se comportan de dos formas: retiene al agua y funciona como espesante o contribuye a una red tridimensional macroscópica dentro del cual se forma un sistema acuoso la cual funciona como gelificante (Li & Nie, 2016).

Se encuentra en gran cantidad en el mundo como parte de componentes funcionales de tejidos vegetales y animales. En la actualidad se conoce algunas fuentes con gran riqueza hidrocoloidal como los provenientes de algas y plantas, en esta última en semillas, frutos, tallos u hojas (Domínguez & Rodríguez, 2020; Mercado & Enrique, 2019; Quemener et al., 2000). De acuerdo con las diversas investigaciones se tiene al *Nostoc sphaericum*, *Fucellaria fastigiata*, *Aloe vera*, *Linum usitatissimum* etc.

2.3.1 Clasificación de hidrocoloide

De acuerdo con Jara & Mori (2021), los hidrocoloides se clasifican según el método de extracción en 3 categorías: hidrocoloides naturales obtenidos a partir de almidones, semillas, exudados de plantas y extractos de algas marinas, origen animal (caseína, albúmina y gelatina), subproducto vegetal (pectinas, arabinogalactano); hidrocoloides semisintéticos derivados de celosa (Metilcelulosa, carboximetilcelulosa, hidroxipropilcelulosa); almidones modificados (Hidroxipropil almidón, carboximetil almidón); geles de fermentación microbiana (gelano, microbiana, xantán), modificados químicamente (alginato, pectina metoxilada, propilenglicol); hidrocoloides sintéticos; polímeros de óxido de etileno (polyox); polímeros vinílicos (polivinilpirolidina) (PVP) y polivinilalcohol (PVA).

2.3.2 Importancia de los hidrocoloides

La utilidad de los hidrocoloides está fundamentada en base a sus propiedades funcionales, principalmente como estabilizantes, espesantes y gelificantes. Las cuales poseen diversas aplicaciones o funciones principalmente en la industria farmacéutica y alimentaria como revestimiento, encapsulantes, mejoradores y modificadores de textura, estabilizantes, emulsificantes,

espesantes y controladores de procesos de cristalización (Phillips & Williams, 2009; Vera, 2019).

2.4 Proteína de leche

Las proteínas principales de la leche son la caseína y proteínas de suero. Las micelas de la caseína se encuentran inestables las cuales se desestabilizan en contacto de enzimas o en medio acidificado a pH 4,6. Por otra parte, la proteína de suero de leche está compuesta por proteínas como la α -lactoglobulina (20%), β -lactoglobulina (60%), inmunoglobulina (3%), seroalbúmina (10%) y alto contenido de aminoácidos (leucina, cisteína, valina e isoleucina) las cuales son estables (Ayunta, 2018). Este tipo de proteína se caracteriza por la formulación de emulsiones estables que atrapan y retienen sustancias para ser encapsuladas (Hernández et al., 2016).

2.5 Probióticos

Según la sociedad y el desarrollo tecnológico, los consumidores de alimentos están conscientes de la necesidad de adquirir los alimentos que tengan propiedades benéficas y refuercen el sistema inmune en beneficio de la salud (Palsdottir, 2022; Song et al., 2012).

Los probióticos son grupos de microorganismos que ejercen efectos provechosos a la salud del consumidor, de ahí la promoción para su consumo. Se volvió popular desde hace aproximadamente dos décadas debido a los diferentes efectos benéficos publicados en reportes científicos, sin embargo, el desafío para la industria de alimentos continúa, debido a las diversas técnicas utilizadas para el desarrollo de productos con presencia de probióticos y su viabilidad (Terpou et al., 2019). Entre sus efectos benéficos, se reportan la reducción de ansiedad en personas (Noonan et al., 2020), retarda el desarrollo de cáncer, previene enfermedades alérgicas, mejora el sistema inmune de la persona (Aso et al., 1995; Nyanzi et al., 2021) merma los problemas para respirar, provocando por daños en el tracto respiratorio (Darbandi et al., 2021).

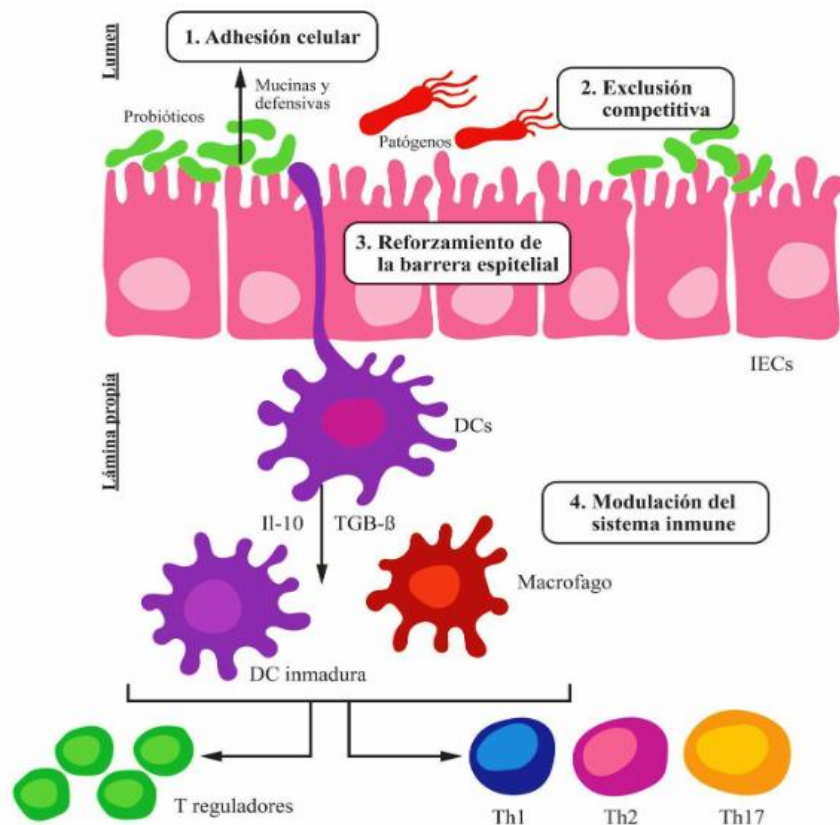


Figura 2. Descripción de mecanismo de acción de bacterias probióticas.
Fuente: Macedo & Vélez (2015)

2.5.1 Bacterias ácido-lácticas

Las bacterias de ácido láctico (LAB) conocidos como bacterias GRAS, presentan en común similares características morfológicas, metabólicas y fisiológicas, siendo coco o bacillus. Gram positivos, no móviles, anaerobias, catalasa-negativas, productoras de ácido láctico y fermentación mediante la degradación de carbohidratos. En el grupo de LAB, los géneros de mayor relevancia son: *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Aerococcus*, *Lactosphara*, *Pediococcus*, *Camobacterium*, *Milossosoccus*, *Globicatella*, *Dolosingranulum*, *Oenococcus*, *Altoiococcus*, *Weisella*, *Teragenocossus*, *Veganococcus* (Cedeño & Alejandra, 2020; Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la Biotecnología, 2014).

2.5.1.1 Clasificación de las bacterias ácido-lácticas

Son clasificados según el modo de fermentación en:

Homofermentativas, realiza sus reacciones bioquímicas de glucólisis mediante la ruta de Embden-Meyerhof produciendo dos moléculas de ácido

láctico de una molécula de glucosa (Almanza & Barrera, 1991; Saavedra, 2017). En la industria se encuentran bacterias productoras de ácido láctico como: *L. delbuckejii*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. casei*, *L. plantarum*, *L. helveticus*, *S. faecalis*, *S. lactis*, *S. thermophilus*, *S. cremoris* y *P. cerevisiae* (Ołdak et al., 2017; Rzepkowska et al., 2017).

Heterofermentativos, las bacterias obtienen pentosas a partir de hexosas por la vía 6 - fosfogluconatofosfoetolasa en la que se produce ácido láctico, acetato, etanol y CO_2 . En la industria estas producen compuestos como acetaldehído y diacetaldehído, los cuales actúan intensificando el sabor y aroma en los alimentos (Parra, 2010). Entre las bacterias están: *L. paracasei*, *L. caei*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. heuvelicus*, *L. fermentum*, *L. rhamnosus*, *L. fermentum*, *L. acidophilus*, *L. helveticus*, *L. zeae*, *L. hilgardii* y *Pichia kudriavzevii* (Rodríguez, 2020).

2.5.1.2 Lactobacillus

El género *Lactobacillus* presenta más de 200 especies, las cuales se pueden subdividir en al menos 24 grupos filogénicos (Salvetti et al., 2012; Sun et al., 2015; Zheng et al., 2020). Se dividen de acuerdo a sus características de fermentación en especies homofermentativas obligatorias, heterofermentativas facultativas y obligadas (Zheng et al., 2015). Los *Lactobacillus* son bacterias gram positivas exigentes, de acuerdo a su metabolismo estas se caracterizan por anaerobias su rango óptimo de crecimiento y proliferación se encuentra de 2°C a 53°C (Duar et al., 2017; Pot et al., 1994), además los *Lactobacillus* mediante su proceso de fosforilación a nivel de sustrato derivan energía metabólica, la cual refleja su adaptación a diferentes ambientes con condiciones ricas en nutrientes (Gänzle, 2015).

Entre las especies de *Lactobacillus* considerados como probióticos, tenemos a *L. acidophilus casei*, *L. crispatus*, *L. gasseri*, *L. gallinarum*, *L. johnsonii*, *L. paracasei*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. reuteri*, *L. amylovorus*, *L. brevis*, *L. casei*, *L. crispatus*, *L. delbrueckii spp*, *Bulgaricus*, *L. lactis sp*, *Cremoris*, *L. lactis spp*, *L. reuteru* (Kechagia et al., 2013; Nyanzi et al., 2021).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Materia prima

5 Kg de cushuro (*Nostoc sphaericum*) fresco, fue obtenido del mercado de abastos de la ciudad de Huánuco, provenientes de las alturas de Huaraz. Fueron trasladados cuidadosamente en bolsa de polietileno hacia el laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

3 litros de leche fresca fue adquirida de la granja de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Satech de cepas de lactobacillus (SACCO Lyofast, Italia) fue adquirido de la empresa comercial COVISA Productos Químicos Alimentarios y trasladado en un empaque con hielo hasta el congelador de la Planta de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias hasta su uso.

3.1.2 Materiales de laboratorio

Vasos precipitados de 100 mL y 1 litro, probetas de 10 mL, matraz de Erlenmeyer de 100 mL, micropipetas de 100 μ L y 1000 μ L, tubos de ensayo de 16 x 150 mm, tubos cónicos de 50 mL, tubos cónicos con faldón 50 mL, punteras de 1000 μ L y 100 μ L, placas de Petri de vidrio, gradilla para tubos de ensayo, papel kraft, papel de aluminio, algodón, hilo pabilo, papel film, baldes de 25 litros, tela de organza.

3.1.3 Reactivos

Ácido clorhídrico (HCl) al 2M, hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, rojo fenol, cloruro de sodio (NaCl), alcohol de 96°C comercial obtenido de la casa comercial Violeta Esmeralda Cespedes Pablo E.I.R.L.

3.2 Procesos

3.2.1 Extracción de hidrocoloide a partir de cushuro

Para la extracción de hidrocoloide a partir de cushuro se empleó como referencia el procedimiento descrito por Torres & Yupanqui (2018), teniendo en cuenta algunas modificaciones.

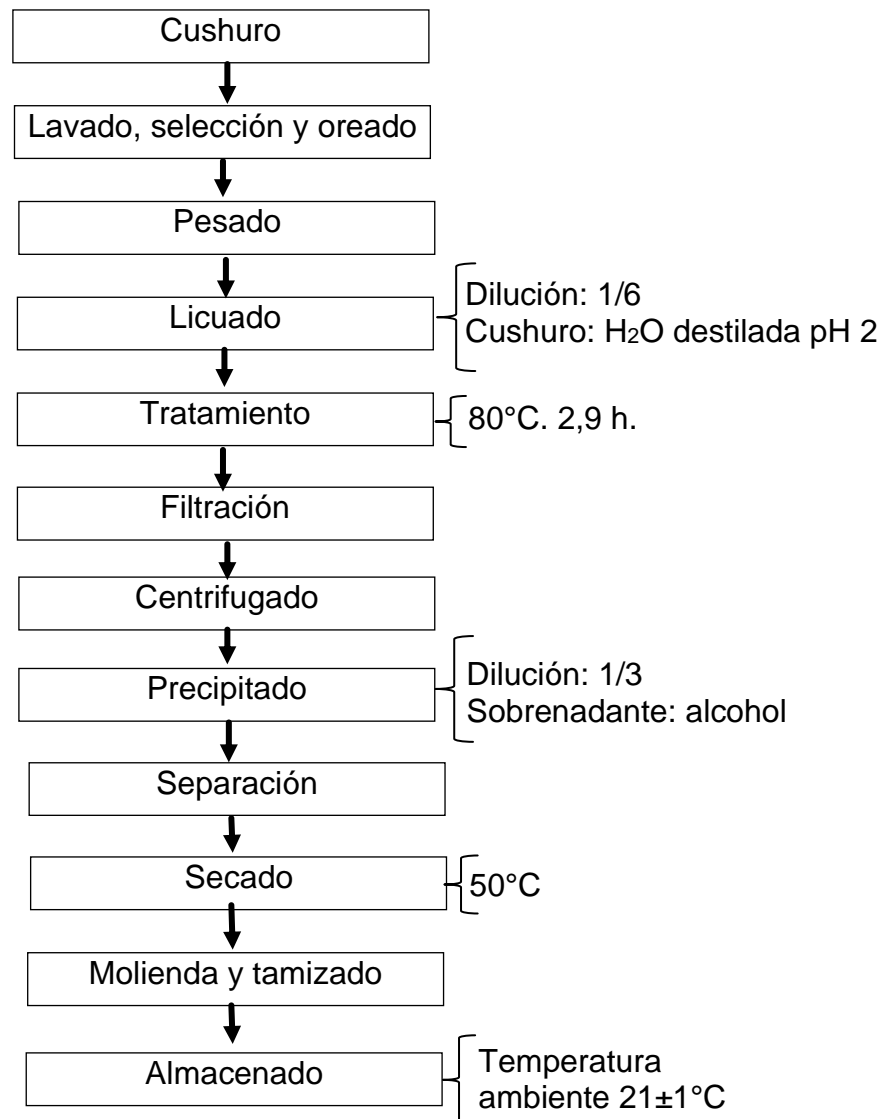


Figura 3. Flujo del desarrollo experimental en la extracción de hidrocoloide

El cushuro fresco se dividió en ½ Kg para su extracción de acuerdo con las condiciones del laboratorio. Inmediatamente de la obtención de esta materia prima se procedió a realizar la extracción, se realizó el lavado y descarte de partículas extrañas, se dejó orear por 30 min y se procedió a pesar para calcular el rendimiento, posteriormente se licuó añadiendo agua acidificada con pH 2 en

relación 1:6. El método de extracción convencional fue por baño maría (MEMMERT modelo WB7, Germany) tratamiento térmico por 2,9 h y 80°C, se filtró la muestra mediante una tela organza y lo obtenido se centrifugó en el equipo (Hettich™ Rotina, 380 R, Alemania) a 3000 rpm/10min en la cual se separó el precipitado y se guardó el sobrenadante para realizar el precipitado de hidrocoloide con alcohol frío de 96°C en dilución de 1:3, se dejó el reposo hasta que termine la reacción por 24 h, se retiró el hidrocoloide, se secó en la estufa (MMM Medcender™ Ecocell™, Germany), molió (Bosch TSM6A014R,), tamizó y almacenó en un tubo cónico con falda hermético hasta su uso.

3.3.2 Elaboración de hidrogel a partir de hidrocoloide de cushuro

Para la elaboración del hidrogel se tomó como referencia la metodología empleada por Slavador (1998) con algunas variantes.

El proceso de elaboración consta de tres etapas:

a. Etapa 1: Inoculación de cultivo en proteína de leche

La leche se filtró con ayuda de una tela de organza previamente esterilizado para retener partículas dudosas, luego se realizó la pasteurización a 75°C durante 15 min y se dejó enfriar hasta 45 °C evitando la formación de nata en la parte superior de la leche, se adicionó las cepas de lactobacillus (SACCO Lyofast, SACCO Sistem, Italia) según las recomendaciones del fabricante y se incubó en el equipo (MEMMERT UN55, Cimatec, Perú) a 45 °C durante 5 h.

b. Etapa 2: Preparación de gel del hidrocoloide de cushuro

El hidrocoloide de cushuro se esterilizó en la autoclave (J. P. Selecta Presoclave Plus, España) a 121°C/15 min para mantener inocuo la formulación, posteriormente se hidrató con H₂O esterilizada y se homogenizó en un agitador magnético con calentamiento a 80°C por 10 min para obtener el gel de 8% de concentración.

c. Etapa 3: Preparación de hidrogel

Se mezcló los ingredientes de acuerdo con la formulación de cada tratamiento a 45°C de forma manual durante 2 min aprox. y se vertió en envases adaptándose para sus análisis. Para el análisis sensorial se colocaron en moldes de gelatina. Para medir fuerza Bloom de textura, se acondicionaron envases de vidrio; análisis de perfil de textura, frascos de tubos cónicos con faldón y para viabilidad de lactobacillus bolsas de aluminio para envasado de alimentos.

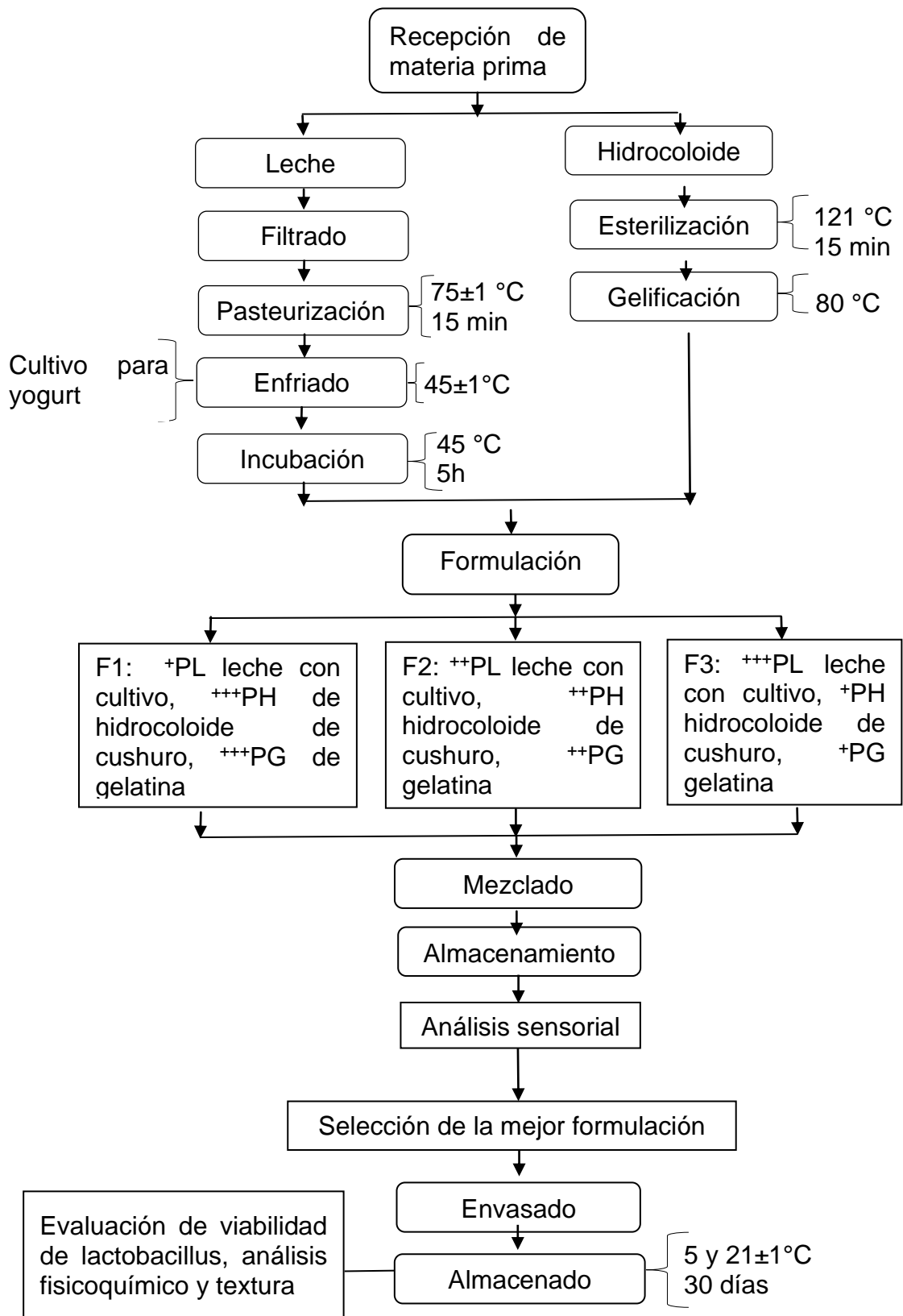


Figura 4. Flujograma de la elaboración de hidrogel con hidocoloide de cushuro.

Donde: PL: porcentaje de leche con cultivo, PH: porcentaje de hidocoloide y PG: porcentaje de gelatina. La cantidad de superíndices (+, ++, +++) indican mayor porcentaje de participación en la formulación.

3.3 Métodos de análisis

3.3.1 Rendimiento y caracterización de hidrocoloide de cushuro

a. Rendimiento de hidrocoloide

Se determinó mediante el método empleada por Owens et al. (1952), empleándose la **ecuación 1**:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{P2}{P1} \times 100 \quad (1)$$

Donde

P1: Peso de cushuro

P2: Peso del hidrocoloide

b. Caracterización de hidrocoloide

Humedad. Se determinó la humedad del hidrocoloide molido de cushuro utilizando el Analizador de Humedad (Termobalanza & D Mx-50, Japón).

Ceniza. Se determinó la ceniza mediante la incineración método 923.03 - 1923 (AOAC, 1923) en el horno mufla eléctrica (H.W Kessel, Select horn, Perú) a 550°C durante 8 h.

Peso equivalente (ecuación 2), contenido de metoxilo (MeO%) (ecuación 3), ácido anhidro galacturónico (%AGU) (ecuación 4) y grado de esterificación (%GE) (ecuación 5), mediante la metodología descrita por Owens et al. (1952) con algunas modificaciones, en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Peso equivalente} = \frac{\text{Peso de muestra (g)} \times 100}{\text{mL del álcali} \times \text{Normalidad del álcali}} \quad (2)$$

$$\text{MeO\%} = \frac{N \times \text{Vol. NaOH (mL)} \times 3.1}{\text{Peso de muestra (g)}} \quad (3)$$

$$\text{\%AAU} = \frac{176 \times 100}{z} \quad (4)$$

$$z = \frac{\text{Peso de muestra (mg)}}{\text{meq de álcali} + \text{meq de alcali para metoxilo}}$$

$$\text{\%GE} = \frac{176 \times \text{MeO\%} \times 100}{31 \times \text{AAU\%}} \quad (5)$$

c. Propiedades de hidrocoloide

Se realizó la capacidad de retención de agua (CRA) (**ecuación 6**), capacidad de absorción de agua (CAA) (**ecuación 7**) y capacidad de hinchamiento (CH) (**ecuación 8**) siguiendo la metodología de Valderrama (2012).

$$CRA = prh - prs \quad (6)$$

Donde:

prh: peso del residuo húmedo (g)

prs: peso del residuo seco (g)

$$CAA = psh - pi \quad (7)$$

Donde:

pi: peso inicial de muestra (g)

psh: peso del sedimento húmedo (g)

$$CH = \frac{V_1 - V_0}{pi} \times 100 \quad (8)$$

Donde:

V₀: volumen inicial ocupado por el hidrocoloide (mL)

V₁: volumen final ocupado por el hidrocoloide (mL)

pi: peso del hidrocoloide (g)

3.3.2 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó considerando el método efectivo con escala hedónica de 5 puntos para determinar la diferencia entre los atributos de las 3 formulaciones de hidrogel.

Se utilizó la metodología empelada por Gaytán & Solís (2019) con algunas modificaciones. Se realizó con la participación de 26 panelistas semientrenados, estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Asimismo, en la tabla 3 se muestra la calificación empleada.

Tabla 3. Escala hedónica de clasificación de atributos sensoriales

Atributos	Escala	Puntaje
Color, sabor, olor, textura, consistencia y apariencia general.	Me gusta mucho	5
	Me gusta moderadamente	4
	Indiferente (ni me gusta ni me disgusta)	3
	Me disgusta moderadamente	2
	Me disgusta mucho	1

Fuente: Gaytán & Solís (2019) con modificaciones

3.3.3 Evaluación del hidrogel

Viabilidad de lactobacillus

Para determinar la viabilidad del lactobacillus en muestras almacenadas a 5°C y 21±1°C durante 30 días, se empleó el procedimiento de recuento en placas empleadas por Rodríguez (2019) con algunas modificaciones adaptadas a las condiciones del laboratorio de microbiología. En la cual se utilizó 1 g de muestra en 9mL de Peptone wáter (HIMMEDIA M028-500G) realizando una preincubación para diluir la muestra sólida durante 2 h a 45°C, luego de las diluciones seriadas se sacó 0,1mL para la siembra superficial utilizando el medio de cultivo específico para lactobacillus MRS Agar (HIMEDIA Laboratories, MRS Agar GM641), todo en condiciones estériles. La incubación se realizó a 37°C durante 24 h en la incubadora (MMM Medcenter Einricgtungen 111 Ecoline, Alemania) y el recuento en el contador de colonias manual (SUNTEX contador de colonia 570, Reino Unido).

Análisis fisicoquímicos y textura

Se evaluó el ácido láctico, pH y sólidos solubles, fuerza Bloom y Análisis de Perfil de Textura (dureza, masticabilidad, gomosidad, cohesividad, adhesividad y elasticidad) en muestra de hidrogel almacenadas a temperatura de refrigeración (21±1 °C) y ambiente (5 °C) durante 30 días.

Ácido láctico (%), se empleó el procedimiento con el método potenciómetro empleado por Macedo & Vélez (2015) adaptado del método oficial de acidez titulable 947.05 AOAC (1947).

pH, por potenciometría digital (H. W Kessel S.A Metrohm 827 pH lab, Alemania).
Sólidos solubles, por refractómetro digital (Milwaukee Brix MA871, E.E.U.U) con el método 932.12 AOAC (1980).

Fuerza Bloom (g fuerza), se analizó mediante la metodología de Standard Testing Methods For Edible Gelatin de Gelatin Manufacturers Institute of America (2019).

Análisis de Perfil de Textura (TPA), incluye propiedades como dureza, masticabilidad, cohesividad, gomosidad, elasticidad y adhesividad. Para medir cada una de ellas se empleó los parámetros de Huang et al. (2007) y se utilizó el texturómetro Brookfield Engineering (Texture Analyzer CT3-25K, E.E.U.U) con sonda TA5 en muestras cilíndricas con dimensiones de 20 mm de longitud y 26 mm de altura, 40% de deformación (Pons & Fiszman, 1996), 1 mm/s de velocidad de prueba y 5f de fuerza de control.

3.4 Diseño experimental y análisis estadístico

3.4.1 Extracción de hidocoloide

El resultado obtenido del rendimiento y de los análisis en la caracterización del hidocoloide de cushuro fueron expresados como media y desviación estándar

3.4.2 Evaluación sensorial

Luego de la elaboración de hidrogel en diferentes formulación se realizó la evaluación sensorial con el fin de seleccionar la formulación de mayor aceptabilidad, en ese sentido los resultados de los atributos sensoriales se sometieron a la prueba Kruskal-Wallis, $n=26$, $p \leq 0,05$ (La Madrid & Cárcamo, 2022) y la comparación de formulación mediante la prueba Tukey ($\alpha = 5\%$) considerando la siguiente ecuación (Núñez, 2018):

$$K = \left[\frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1) \quad (9)$$

Donde:

N : total de resultados a evaluar

n_i : n° repeticiones de la formulación i

k : n° de formulación a comparar

R_i^2 : suma de rangos al cuadrado de la formulación i

3.4.3 Evaluación de viabilidad, fisicoquímico y textura

Para el análisis de viabilidad del lactobacillus, análisis fisicoquímicos y textura del hidrogel (mejor tratamiento) a diferentes tiempos (0,5,10, 15, 20, 25 y 30 días) y temperaturas (5 y 21°C) (Ordinola & Osorio, 2015) se utilizó el modelo matemático Diseño Multifactorial y prueba Tukey ($\alpha = 5\%$) con la siguiente ecuación:

$$A = \mu + Ti + \beta j + T\beta ij + \epsilon ij \quad (10)$$

Donde:

Y_{ij} : Log UFC/g de lactobacillus/Análisis fisicoquímicos (ácido láctico (%), pH y sólidos solubles) y textura (fuerza Bloom (g), análisis de perfil de textura)

μ : Media global o media general de los tratamientos

Ti : Efecto de tiempo de almacenamiento

βj : Efecto de la temperatura de almacenamiento

ϵ_{ij} : Error aleatorio

Los resultados estadísticos se interpretaron con ayuda del software estadístico InfoStat/L versión 2020 y para el diagrama de dispersión se utilizó el programa Microsoft Excel 360.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Extracción y caracterización de hidrocoloide de cushuro

Se obtuvo $1,14 \pm 0,15\%$ en el rendimiento de extracción de hidrocoloide de cushuro en base húmeda considerando los parámetros de 80°C , 2,9 h y pH 2. El resultado fue superior a lo obtenido por Torres & Yupanqui (2018) con $0,85 \pm 0,05\%$ donde realizó una dilución de 1:2 (cushuro:agua) con tratamiento térmico de 70°C durante 30 min y liofilizado para el secado de hidrocoloide, así como Cutipa (2022) que solo obtuvo 0,81% a partir de alga fresca. Esto se debe a las condiciones de extracción, con relación directa entre el rendimiento de extracción y el incremento a tiempo y temperatura del proceso, sin embargo, ante un incremento elevado de ambos se desnaturaliza el hidrocoloide y se pierde el rendimiento (Domínguez & Rodríguez, 2020b; Gallegos & Palomino, 2018; Rioja, 2019).

Tabla 4. Resultados de la caracterización fisicoquímica

	Análisis	Resultados
Fisicoquímicas	Humedad (%)	$11,05 \pm 0,09$
	Ceniza (%)	$2,33 \pm 0,06$
	Peso equivalente (mg/meq)	$62,5 \pm 8,7$
	Contenido de metoxilo (%ME)	$21,18 \pm 0,47$
	Anhidro galacturónico	$1\ 484,267 \pm 26,884$
	Grado de esterificación	$81,02 \pm 0,34$
Propiedades	Capacidad de hinchamiento (mL/g)	$7,44 \pm 0,19$
	Capacidad de absorción de agua (gH ₂ O/g)	$0,70 \pm 0,56$
	Capacidad de retención de agua (g H ₂ O/g)	$1,34 \pm 0,20$

Los resultados son por triplicado (n = 3), con promedio y desviación estándar.

En la Tabla 4 se muestra los resultados de los análisis físicos del hidrocoloide, lo cual es importante para evaluar su calidad. El resultado de humedad ($11,05 \pm 0,09\%$) es bajo, de acuerdo a lo recomendado en muestras de harinas de trigo que indica 15% como máximo según la Norma Técnica Peruana

205.041 (INACAL, 2022), lo que representan la estabilidad del hidrocoloide ante el desarrollo de hongos/mohos, sin embargo la ceniza del hidrocoloide de cushuro es superior al de los hidrocoloides obtenidos de otras fuentes como de: gomas de algarrobo entre 0,5 - 0,8% (Siccha & Lock, 1992), hidrocoloide de cáscara de maracuyá con 1,8 % (León & Riveros, 2014) y goma de semilla de tara 0,8% (Bastidas, 2013); teniendo en cuenta que durante la calcinación la materia orgánica se descompone y solo se obtiene restos de materia inorgánica representada como cenizas indicaría que representa un alto contenido mineral (Sigvas & Madeleyne, 2020) a diferencia de los otros hidrocoloides y gomas.

Por otro lado, el grado de esterificación (% GE) resulta superior al intervalo de 55 - 80% mencionado por Grünauer (2009) y 87,80% obtenido por Encarnación & Aguirre (2017), este último también obtuvo 17,05% de metoxilo en cáscara de zapote, ambos superiores en comparación con la pectina comercial que representa entre 69 - 75% en grado de esterificación y 7,6% en contenido de metoxilo, clasificándose de acuerdo con Pilnk & Vorgen (1971); Sakai et al. (1993) como hidrocoloides de alto metoxilo que forma geles en condiciones de pH bajas y con adición de azúcar.

Por otro lado, de acuerdo con las propiedades del hidrocoloide, Valderrama (2012) en su trabajo de caracterización funcional de hidrocoloide de cushuro obtuvo los siguientes resultados: Capacidad de retención de agua, 1,37 g H₂O/g; Capacidad de adsorción de agua, 0,9 g H₂O/g y Capacidad de hinchamiento, 9 mL H₂O/g, estos resultados son similares a los obtenidos en el presente trabajo. Sin embargo, estos valores son menores a los reportados por los autores sobre capacidad de retención de agua en hidrocoloide de linaza con 17,26 g H₂O/g (Rashid et al., 2019) y 9,32±0,7 g/g en mucílago de nopal acilado a pH 4 (Esteban, 2020), capacidad de hinchamiento de 89,7±11,1 mLH₂O/g de hidrocoloide de semillas de chan (Thompson, 2020). Estas propiedades influyen en la capacidad que tienen los hidrocoloides o fibras para formar geles viscosos y retener una solución líquida o lipídica, sin embargo, los valores bajos tienen relación con el pH bajo del hidrocoloide, pero pueden variar considerando otros factores como la temperatura que también influye en la capacidad de adsorción de agua e hinchamiento (Rozo, 2006).

4.2 Determinación de la mejor formulación

4.2.1 Análisis sensorial del hidrogel

En la Tabla 5 se muestra los resultados de la prueba sensorial afectiva con la participación de 26 panelistas semientrenados, en la cual se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto a los atributos de color, sabor, olor y consistencia, a diferencia de la textura y apariencia general. En consecuencia, resulta como mejor formulación la F3 por obtener mayor valoración en los atributos evaluados a diferencia de los otros.

Tabla 5. Resultado de prueba sensorial afectiva por atributos de hidrogel a distintas formulaciones; F1: +PL leche con inoculación de cultivo, +++PH hidrocoloide de cushuro y +++PG gelatina; F2: ++PL leche con inoculación de cultivo, ++PH de hidrocoloide de cushuro y ++PG gelatina; F3: +++PL leche con inoculación de cultivo, +PH hidrocoloide de cushuro y +PG gelatina.

Tratamiento	Color	Sabor	Olor	Textura	Consistencia	Apariencia general
F1	3,62±0,64 ^a	3,81±0,85 ^a	3,73±1,12 ^a	3,77±0,65^b	3,77±0,87 ^a	3,77±0,71^{ab}
F2	3,81±0,94 ^a	3,69±1,05 ^a	3,69±0,91 ^a	3,89±0,91^{ab}	3,85±0,78 ^a	3,58±0,76^b
F3	3,92±0,98 ^a	4,27±0,78 ^a	3,54±0,81 ^a	4,31±0,79^a	4,15±0,73 ^a	4,15±0,78^a

Los valores representan al promedio de cada tratamiento y su desviación estándar. Asimismo, los distintos tipos de letra indican la diferencia estadística significativa ($p < 0,05$), $n=26$.

Los atributos de sabor, olor, color y textura de un alimento tipo gelatina son de gran importancia, específicamente la textura (dureza) que es la característica principal que representa a la gelatina. Por lo que en la evaluación sensorial los panelistas deben tener mayor análisis en los atributos específicos (Ortega, 2012). En ese sentido, la mejor valoración de los panelistas en la escala de calificación fue respecto al atributo de textura, siendo uno de los indicadores para la selección de la mejor formulación.

4.3 Evaluación de la viabilidad de lactobacillus, análisis fisicoquímicos y textura del hidrogel de mejor tratamiento

La evaluación de viabilidad del hidrogel, análisis fisicoquímico y textura se realizó del F3 (mejor formulación) por un periodo de 30 días a 2 temperaturas de almacenamiento (5 y 21±1°C).

4.3.1 Evaluación de viabilidad de lactobacillus

Los resultados del conteo de lactobacillus de hidrogel se compararon con el control positivo (yogurt natural con cultivo), tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Resultado del recuento de lactobacillus del mejor tratamiento de hidrogel y yogurt (control) durante 30 días a temperatura ambiente y refrigeración.

Factores	Viabilidad de lactobacillus	
	Yogurt (control) Log (UFC/g)	Hidrogel Log (UFC/g)
Tiempo		
0 día	8,21±0,06 ^a	8,23±0,08 ^a
5 días	8,13±0,07 ^a	8,20±0,05 ^a
10 días	8,17±0,10 ^a	8,12±0,14 ^{ab}
15 días	7,94±0,10 ^b	7,96±0,29 ^{cb}
20 días	7,87±0,16 ^b	7,91±0,34 ^{dc}
25 días	7,7±0,23 ^c	7,80±0,48 ^d
30 días	7,07±0,48 ^d	7,24±1,07 ^e
Temperatura		
5 °C	8±0,25 ^a	8,22±0,01 ^a
21±1 °C	7,74±0,52 ^b	7,62±0,65 ^b
Tiempo x Temperatura		
T1 (0 días, 5 °C)	8,22±0,04 ^{ab}	8,22±0,01 ^a
T2 (5 días, 5 °C)	8,15±0,03 ^{abc}	8,22±0 ^a
T3 (10 días, 5 °C)	8,26±0,03 ^a	8,23±0,01 ^a
T4 (15 días, 5 °C)	8,01±0,09 ^{abcde}	8,22±0,01 ^a
T5 (20 días, 5 °C)	7,97±0,09 ^{bode}	8,22±0 ^a
T6 (25 días, 5 °C)	7,89±0,04 ^{cde}	8,22±0,19 ^a
T7 (30 días, 5 °C)	7,51±0,07 ^f	8,21±0,17 ^a
T8 (0 días, 21±1 °C)	8,19±0,07 ^{ab}	8,23±0,13 ^a
T9 (5 días, 21±1 °C)	8,12±0,11 ^{abcd}	8,18±0,13 ^a
T10 (10 días, 21±1 °C)	8,08±0,04 ^{abcd}	8±0,10 ^a
T11 (15 días, 21±1 °C)	7,87±0,06 ^{de}	7,70±0,12 ^b
T12 (20 días, 21±1 °C)	7,78±0,17 ^e	7,60±0,03 ^{bc}
T13 (25 días, 21±1 °C)	7,51±0,15 ^f	7,37±0,19 ^c
T14 (30 días, 21±1 °C)	6,63±0,06 ^g	6,27±0,17 ^d

Los valores representan el promedio de cada análisis y desviación estándar. Los diferentes superíndices indican la diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) y se lee en vertical. Los tratamientos T1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 indican condiciones de almacenamiento en días (0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30) y temperaturas (5 y 21±1°C).

En la Tabla 6 se muestra diferencia significativa de las unidades de colonias de lactobacillus en el hidrogel a 5°C y 21±1°C, así también en comparación con el control (yogurt). El lactobacillus a 5°C en el hidrogel se mantiene estable del 0 hasta el día 25, pero disminuye 0,12% al día 30, sin embargo, esta variación no representa diferencia estadísticamente significativa dentro del análisis hasta los 30 días ($p \leq 0,05$). A temperatura ambiente (21±1°C) la viabilidad del lactobacillus disminuye hasta 23,81%, mayor al control (19,05%), sin embargo se encuentran por encima de los 10^7 UFC/g hasta el día 25, lo cual es un requisito para el yogurt probiótico según la Norma Técnica Peruana 202.092;2004 (MINAGRI, 2007).

El recuento de lactobacillus obtenido desde el día 0 se encuentra bajo a lo reportado por Pérez (2010) en gelatina probiótica de pitaya, donde en su mejor tratamiento decrece 11,11% del contenido de *Lactobacillus casei* del día 0 al 20, manifestando la inestabilidad del gel, similar al trabajo de Garcés (2018) que indica una disminución de *Lactobacillus rhamnosus* ATCC (encapsulado en un recubrimiento de gelatina, proteína de suero, glicerina e inulina) en más de 2 Log UFC/g del 0 hasta el día 10. Por otro lado, Gonzalez et al. (2015) en su estudio de viabilidad de *Lactobacillus delbrueckii* micro encapsulado en gomas de galana y glicerol a mayor concentración logra obtener un incremento de 8,1% del día 1 a 15. La conservación de las bacterias encapsuladas está relacionada con la formación de la red protectora del gel y la estabilidad de las bacterias encapsuladas. Barreto et al. (2018) mencionan que las proteínas, específicamente el átomo de calcio de α -lactoglobulina de la leche liberado en la fermentación láctica favorece a la configuración de asociaciones iónicas intermoleculares con otras proteínas formando una matriz sinérgica estable que incluyendo otro material como hidrocólide de cushuro que representa alto valor proteico y con posibilidad tener capacidad prebiótico por la presencia de oligosacáridos en algunas especies del *Nostoc* y la gelatina, podrían dar lugar a la formación de un gel más estable y reforzado mediante enlaces intermoleculares.

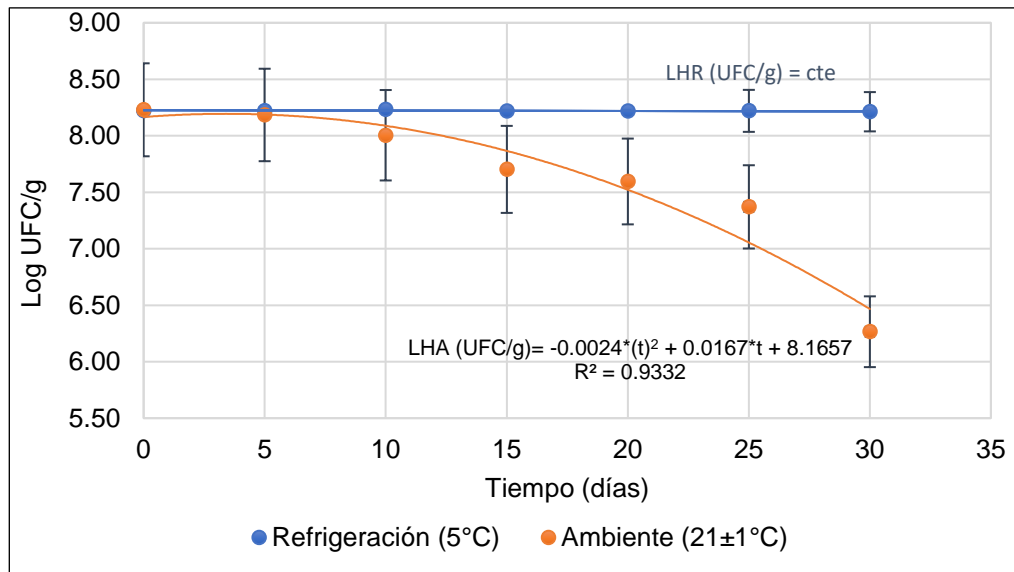


Figura 5. Cinética de crecimiento de lactobacillus en hidrogel en dos condiciones de almacenamiento en 30 días. LHR: Lactobacillus de hidrogel en refrigeración (Log UFC/g = cte), LHA: lactobacillus de hidrogel en ambiente y t: tiempo de almacenamiento.

En la Figura 6 se muestra la diferencia de colonias de lactobacillus entre las muestras de hidrogel almacenadas a temperatura de refrigeración y ambiente, mostrando inicialmente una estabilidad en ambas temperaturas hasta el día 5, y un descenso progresivo que se incrementa del día 25 al día 30 en muestras almacenadas en ambiente, que a diferencia de las refrigeradas presenta mayor estable. La ecuación de la viabilidad de lactobacillus en hidrogel se manifiesta mediante $LHA \text{ UFC/g} = -0,0024(t)^2 + 0,0167t + 8,1657$ ($21\pm 1^\circ\text{C}$) y $y=cte$ (5°C) lo cual se refleja en la cinética (Figura 6) y para la predicción del comportamiento bacteriano en más tiempo respecto a su condición de almacenamiento.

Quevedo & Milagros (2020) mencionan que al disminuir la temperatura de almacenamiento de un alimento que requieren refrigeración como la gelatina se disminuye la tasa de respiración y se estabiliza la capacidad de gelificación de la gelatina influyendo en su conservación a lo largo del tiempo, a diferencia de las almacenadas en temperatura ambiente donde la tasa de respiración del alimento se mantiene e incrementa, participando para la sinéresis de alimentos lácteos donde se mantiene la actividad metabólica del lactobacillus que inicialmente incrementa (Chávez et al., 2017) hidrolizando la caseína y liberando suero por lo

que da lugar al decrecimiento de lactobacillus encontrándose en un ambiente con alta acidez (Lucey et al., 1998; Núñez & Saavedra, 2019).

4.3.2 Evaluación fisicoquímica

Los resultados de ácido láctico (%), pH y sólidos solubles del hidrogel a diferentes tiempos y temperaturas se representa en la siguiente tabla:

Tabla 7. Resultados de evaluación fisicoquímica del hidrogel de mejor tratamiento a diferentes tiempos y temperaturas

Factores	Análisis fisicoquímico		
	Ácido láctico (%)	pH	Sólidos solubles
Tiempo			
0 días	0,66±0,01 ^d	4,45±0,03 ^a	8,63±0,18 ^a
5 días	0,70±0,04 ^{cd}	4,36±0,05 ^b	8,60±0,3 ^a
10 días	0,71±0,07 ^{bcd}	4,38±0,06 ^{ab}	8,53±0,22 ^a
15 días	0,73±0,07 ^{bc}	4,35±0,07 ^{bc}	8,65±0,38 ^a
20 días	0,75±0,09 ^{bc}	4,33±0,07 ^{bc}	8,62±0,5 ^a
25 días	0,77±0,1 ^b	4,32±0,09 ^{bc}	8,68±0,57 ^a
30 días	0,83±0,19 ^a	4,27±0,15 ^c	8,70±0,77 ^a
Temperatura			
5 °C	0,66±0,01 ^b	4,41±0,04 ^a	8,30±0,24 ^b
21±1 °C	0,81±0,11 ^a	4,29±0,09 ^b	8,96±0,30 ^a
Tiempo x Temperatura			
T1 (0 días, 5 °C)	0,65±0,01 ^d	4,45±0,03 ^a	8,60±0,27 ^{bcd}
T2 (5 días, 5 °C)	0,67±0 ^d	4,4±0,12 ^{abc}	8,53±0,29 ^{cde}
T3 (10 días, 5 °C)	0,65±0 ^d	4,43±0,03 ^{ab}	8,37±0,06 ^{def}
T4 (15 días, 5 °C)	0,67±0,01 ^d	4,4±0,03 ^{abc}	8,30±0 ^{def}
T5 (20 días, 5 °C)	0,67±0,01 ^d	4,4±0,01 ^{abc}	8,17±0,12 ^{ef}
T6 (25 días, 5 °C)	0,67±0 ^d	4,4±0 ^{abc}	8,17±0,12 ^{ef}
T7 (30 días, 5 °C)	0,67±0,02 ^d	4,38±0,08 ^{abcd}	8±0 ^f
T8 (0 días, 21±1 °C)	0,66±0,01 ^d	4,44±0,04 ^{ab}	8,67±0,06 ^{bcd}
T9 (5 días, 21±1 °C)	0,74±0,02 ^{cd}	4,31±0,03 ^{bcd}	8,67±0,35 ^{bcd}
T10 (10 días, 21±1 °C)	0,77±0,02 ^{bc}	4,32±0,03 ^{bcd}	8,7±0,17 ^{dcb}
T11 (15 días, 21±1 °C)	0,79±0 ^{bc}	4,29±0,01 ^{cde}	9±0 ^{abc}
T12 (20 días, 21±1 °C)	0,82±0,01 ^{bc}	4,26±0,01 ^{def}	9,07±0,06 ^{ab}
T13 (25 días, 21±1 °C)	0,87±0,01 ^b	4,24±0,01 ^{ef}	9,2±0 ^a
T14 (30 días, 21±1 °C)	0,99±0,11 ^a	4,16±0,12 ^f	9,4±0,1 ^a

Los valores representan el promedio y desviación estándar. Los diferentes superíndices indican la diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) y se lee en vertical. Los tratamientos T1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 indican condiciones de almacenamiento en días (0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30) y temperaturas (5 y 21±1°C).

En la Tabla 7 se muestra como resultado la diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) en los análisis fisicoquímicos del hidrogel en condiciones ambientales y refrigeración y almacenadas durante 30 días.

Los resultados de ácido láctico y pH en hidrogel refrigerado no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), teniendo resultados similares, a diferencia del hidrogel en ambiente que presenta mayor descenso de pH e incremento de ácido láctico y sólidos solubles. En condiciones de refrigeración (5°C) el ácido láctico del hidrogel se encuentra entre 0,650 - 6,71%, la cual se encuentra dentro del rango mínimo de 0,5% de la Norma Técnica Peruana 202.092.14 (MINAGRI, 2017) de igual manera el pH obtenido también es aceptable. En el trabajo de Saavedra (2020) respecto al análisis de yogurt con Bifidobacteria se evidenció un incremento de acidez (ácido láctico) de 0,8 - 1% y disminuyó el pH de 5,3 aprox. hasta 4,6 - 4,8 pH en el día 30. Ordinola & Osorio (2015) en la evaluación fisicoquímica de yogurt obtuvieron un incremento de 0,8% (semana 1) hasta entre 0,9 - 1% (semana 5) de ácido láctico en muestra de 4°C y 0,8 - 0,9% (semana 1) a 1 - 1,2% aprox. (%) en las almacenadas en ambiente y por lo mismo un incremento mayor en pH. El incremento de acidez y pH en la leche o productos lácteos se debe a la presencia de bacterias lácteas que produce de ácido láctico en medios con alto valor de carbohidrato hidrolizando los azúcares. Con la liberación de azúcares y aminoácidos en la hidrólisis de la proteína y la sinéresis presente en la matriz del hidrogel.

4.3.3 Evaluación de textura

En la Tabla 8 y 9 se observa los resultados de los análisis de textura de la mejor formulación de hidrogel teniendo como control negativo gelatina sin sabor, almacenados en las mismas condiciones de tiempo y temperatura.

Tabla 8. Resultados de análisis de textura del hidrogel y gelatina (control) almacenados a diferentes tiempos y temperaturas.

Factores	Análisis de textura											
	Fuerza Bloom (N)		Dureza (N)		Masticabilidad (mJ)		Gomosidad (N)		Adhesividad (mJ)		Cohesividad	
	Gelatina	Hidrogel	Gelatina	Hidrogel	Gelatina	Hidrogel	Gelatina	Hidrogel	Gelatina	Hidrogel	Gelatina	Hidrogel
Tiempo												
0 días	6,75±0,87 ^a	1,35±0,1 ^a	8,21±2,27 ^a	2,32±0,27 ^a	71,65±28,92 ^a	21,78±7,44 ^a	7,33±2,15 ^a	2,01±0,26 ^a	0,03±0,05 ^a	0,05±0,05 ^a	0,89±0,002 ^a	0,86±0,04 ^a
5 días	3,56±2,45 ^c	0,69±0,45 ^{bc}	5,29±3,72 ^{cd}	1,53±0,97 ^c	41,23±32,05 ^{ab}	9,73±7,44 ^b	4,8±3,34 ^b	1,23±0,98 ^{bc}	0,10±0,06 ^a	0,05±0,05 ^a	0,91±0,02 ^a	0,72±0,17 ^b
10 días	3,84±2,95 ^b	0,68±0,66 ^{bc}	5,29±4,09 ^{cd}	1,36±1,15 ^c	35,12±32,92 ^c	9,48±11,29 ^b	4,57±3,71 ^{bc}	1,01±1,07 ^c	0,10±0,06 ^a	0,20±0,24 ^a	0,81±0,1 ^b	0,48±0,38 ^c
15 días	3,26±3,57 ^d	0,64±0,64 ^{bc}	4,84±5,43 ^{cd}	1,42±1,56 ^c	34,68±38,07 ^c	11,73±14,45 ^{ab}	4,66±5,11 ^b	1,19±1,3 ^{bc}	0,02±0,04 ^a	0,03±0,05 ^a	0,42±0,05 ^c	0,42±0,46 ^{cd}
20 días	3,44±3,76 ^c	0,69±0,75 ^{bc}	5,73±6,28 ^{bc}	1,64±1,82 ^{bc}	39,02±42,76 ^{bc}	10,73±11,88 ^b	5,15±5,64 ^b	1,38±1,53 ^{bc}	0,03±0,05 ^a	0,08±0,16 ^a	0,45±0,49 ^c	0,42±0,46 ^{cd}
25 días	3,61±3,96 ^c	0,72±0,79 ^b	7,06±7,83 ^{ab}	1,94±2,14 ^{ab}	61,62±71,18 ^{ab}	14,33±16,09 ^{ab}	6,48±7,18 ^a	1,58±1,75 ^b	0,02±5,57 ^a	0,05±0,04 ^a	0,46±0,5 ^c	0,41±0,45 ^{cd}
30 días	3,31±3,63 ^d	0,62±0,67 ^c	3,94±4,33 ^d	1,30±1,42 ^c	26,17±28,72 ^c	7,63±8,61 ^b	3,42±3,75 ^c	1,05±1,18 ^c	0,03±0,05 ^a	0,03±0,05 ^a	0,43±0,47 ^c	0,36±0,39 ^d
Temperatura												
5 °C	6,50±0,48 ^a	1,27±0,12 ^a	9,55±2,65 ^a	2,81±0,6 ^a	72,26±26,54 ^a	20,95±6,72 ^a	8,64±2,47 ^a	2,36±0,49 ^a	0,06±0,05 ^a	0,08±0,09 ^a	0,88±0,03 ^a	0,83±0,06 ^a
21±1 °C	1,43±2,62 ^b	0,27±0,5 ^b	1,98±3,56 ^b	0,48±0,85 ^b	16,16±32,98 ^b	3,46±8,58 ^b	1,76±3,23 ^b	0,34±0,72 ^b	0,04±0,07 ^a	0,07±0,15 ^a	0,37±0,44 ^b	0,22±0,33 ^b

Los valores mostrados son el promedio y desviación estándar de los resultados. La variación de letras superíndices indican la diferencia estadística significativa ($p \leq 0,05$) y se lee en vertical. Los tratamientos T1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 son condiciones de almacenamiento en días (0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30) y temperaturas (5 y 21±1°C). Las unidades de medida se representan en N (newton) y mJ (milijulio).

Tabla 9. Continuación de la Tabla 8

Tiempo x Temperatura												
T1 (0 días, 5 °C)	5,97±0,05 ^d	1,26±0,01 ^{bc}	6,17±0,47 ^d	2,23±0,05 ^c	52,87±10,27 ^{bc}	22,67±5,88 ^a	5,38±0,45 ^e	2±0,06 ^c	0,03±0,06 ^a	0,03±0,06 ^{ab}	0,87±0,02 ^a	0,88±0,01 ^a
T2 (5 días, 5 °C)	5,79±0,17 ^d	1,10±0,02 ^d	8,66±0,54 ^{cd}	2,41±0,17 ^c	69,47±13,11 ^b	16,37±2,44 ^{abc}	7,84±0,31 ^{cd}	2,11±0,23 ^{bc}	0,10±0 ^a	0,03±0,06 ^{ab}	0,90±0,02 ^a	0,87±0,04 ^a
T3 (10 días, 5 °C)	6,54±0,13 ^{bc}	1,20±0,01 ^{cd}	8,90±1,56 ^{bc}	2,41±0,11 ^c	60,53±11,14 ^b	18,73±7,86 ^{ab}	7,84±1,37 ^{cd}	1,98±0,21 ^c	0,07±0,06 ^a	0,07±0,06 ^{ab}	0,88±0,01 ^a	0,82±0,05 ^{ab}
T4 (15 días, 5 °C)	6,52±0,09 ^c	1,29±0,02 ^{bc}	9,68±1,86 ^{bc}	2,85±0,09 ^{bc}	69,37±3,73 ^b	23,47±10,44 ^a	9,32±0,13 ^{bc}	2,38±0,06 ^{bc}	0,03±0,06 ^a	0,07±0,06 ^{ab}	0,84±0,04 ^a	0,84±0,05 ^{ab}
T5 (20 días, 5 °C)	6,87±0,09 ^b	1,38±0,03 ^{ab}	11,46±1,86 ^b	3,28±0,47 ^{ab}	78,03±2,11 ^b	21,47±2,68 ^a	10,29±0,28 ^b	2,76±0,38 ^{ab}	0,07±0,06 ^a	0,17±0,21 ^{ab}	0,90±0,01 ^a	0,84±0,02 ^{ab}
T6 (25 días, 5 °C)	7,22±0,19 ^a	1,43±0,14 ^a	14,12±1,91 ^a	3,88±0,43 ^a	123,23±35,71 ^a	28,67±5,59 ^a	12,96±1,69 ^a	3,17±0,35 ^a	0,03±0,06 ^a	0,10±0,1 ^{ab}	0,92±0,01 ^a	0,82±0 ^{ab}
T7 (30 días, 5 °C)	6,62±0,19 ^{bc}	1,23±0,05 ^{bc}	7,88±0,45 ^{cd}	2,60±0,12 ^c	52,33±3,01 ^{bc}	15,27±3,21 ^{abc}	6,83±0,38 ^{de}	2,10±0,44 ^{bc}	0,07±0,06 ^a	0,07±0,06 ^{ab}	0,87±0,01 ^a	0,72±0,03 ^b
T8 (0 días, 21±1 °C)	7,54±0,21 ^a	1,44±0,01 ^a	10,26±0,29 ^{bc}	2,41±0,39 ^c	90,43±30,46 ^{ab}	20,9±13,87 ^a	9,27±0,24 ^{bc}	2,02±0,41 ^c	0,03±0,06 ^a	0,07±0,06 ^{ab}	0,91±0,01 ^a	0,83±0,04 ^{ab}
T9 (5 días, 21±1 °C)	1,32±0,03 ^e	0,29±0,07 ^e	1,92±0,29 ^e	0,65±0,03 ^d	13±2,34 ^{cd}	3,1±0,66 ^{bc}	1,76±0,27 ^f	0,35±0,03 ^d	0,10±0,1 ^a	0,07±0,06 ^{ab}	0,92±0,03 ^a	0,56±0,04 ^c
T10 (10 días, 21±1 °C)	1,15±0,09 ^e	0,16±0,02 ^e	1,68±0,52 ^e	0,31±0,09 ^{de}	9,7±5,06 ^d	0,23±0,21 ^c	1,29±0,58 ^f	0,04±0,04 ^d	0,13±0,06 ^a	0,33±0,31 ^a	0,74±0,1 ^b	0,14±0,13 ^d
T11 (15 días, 21±1 °C)	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*
T12 (20 días, 21±1 °C)	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*
T13 (25 días, 21±1 °C)	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*
T14 (30 días, 21±1 °C)	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*	sd*

sd*: sin dato.

Los valores mostrados son el promedio y desviación estándar de los resultados. La variación de las letras de superíndices indica diferencia estadística significativa ($p \leq 0,05$) y se leen en vertical. T1, 2, 3 4, 5, 6, 7, 8, 9 10, 11, 12, 13 y 14 son condiciones de almacenamiento en días (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30) y temperaturas (5 y 21±1°C) . Las unidades de medida son N (newton) y mJ (milijulio),

Con respecto a la fuerza Bloom, dureza, masticabilidad y gomosidad del hidrogel y gelatina (control) a 5°C se muestra un incremento de los valores hasta el día 25, pero disminuye al día 30 incluso por debajo de la inicial (día 0) en algunos casos, donde la fuerza Bloom y dureza muestran la capacidad para mantener firme la estructura del hidrogel, en la gomosidad y masticabilidad se evidencia un requerimiento de mayor energía para la desintegración de hidrogel por efecto de la dureza durante los días. Además, se evidencia una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre el hidrogel y gelatina, e independientemente cada una de ellas durante el incremento de día, a diferencia de la cohesividad del hidrogel que disminuye significativamente ($p \leq 0,05$) indicando la pérdida de fuerza intermolecular y la segregación de fluidos considerablemente en el día 30, por el contrario, la adhesividad no presenta diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) indicando la capacidad para ser moldeable y por su baja adhesividad la facilidad para obtener distintas formas de hidrogel sin dificultad de separación (Bourne, 2002; Casas & Pardo, 2005).

Por otro lado, los resultados del hidrogel almacenado a temperatura ambiente solo presentan resultados de textura hasta el día 10, debido a la sinéresis que presentaron las muestras. Los resultados de fuerza Bloom, dureza, masticabilidad, gomosidad y cohesividad también presentan diferencias significativas entre el hidrogel y el control (gelatina) e independiente cada análisis hasta el día 30; a diferencia de adhesividad y elasticidad del hidrogel y gelatina que no se muestra diferencia significativa ($p > 0,05$).

Salvador (1998) desarrolló una gelatina con la adición de leche acidificada donde obtuvo una textura de 437,1 fuerza Bloom a 6,67% de gelatina en pH 4,8, mayor en comparación a 392,2 fuerza Bloom con pH 5,8 y 384,3 fuerza Bloom a pH 5,3, lo cual es un indicador para la fuerza Bloom obtenido ($128,67 \pm 1$) a 10% de gelatina con 4,45 pH del hidrogel en el día 0 (Tabla 7). Paz (2013) menciona que se incrementa la dureza en el gel en función a la acidez – pH o la adición de los acidulantes en la gelatina la cual puede actuar como conservante (Benavent, 2015). Este resultado tiene relación con los análisis de dureza y gomosidad, masticabilidad del hidrogel que incrementan en función al tiempo. Por otro lado, en los resultados de ATP de la gelatina analizados por el mismo autor indican que

no presenta diferencia significancia entre los tratamientos al disminuir el pH, alcanzando 3,79 N de dureza, 0,97 de elasticidad y 0,83 de cohesividad, estos resultados en comparación a la dureza (3,88 N), elasticidad (11,53) y cohesividad (0,88) del hidrogel a 5°C son relativamente similares pero mayor en comparación a los valores de 25 - 30 g fuerza de dureza requerido por la norma NTE INEN:1521 (INEN, 2005) para postres de gelatina, sin embargo no existe aún normativa en referente a textura para para hidrogeles alimentarios.

Por otra parte, la diferencia de los resultados obtenidos podría ser debido a las proporciones de leche y gelatina usadas en las formulaciones. Esto indica que ante el incremento de concentraciones de sólidos en la formulación se obtiene mayor firmeza del gel (fuerza Bloom) y mejor textura del alimento, lo cual en estado de refrigeración mantiene las propiedades de textura retardando la tasa de exudación (Rozas, 2015) a comparación de las almacenadas a temperatura ambiente donde por efecto del oxígeno, evaporación, humedad relativa (Madrid, 2017) y contaminación bacteriana (Rowe et al., 2009) se produce la descomposición del alimento y la hidrólisis que afecta en la dureza del gel teniendo un efecto de ablandamiento (Miano et al., 2014), incremento y estabilidad sin significancia de elasticidad y adhesividad del hidrogel hasta la sinéresis que interfiere totalmente en la pérdida de gel, por lo que solo se realizó los análisis de textura del hidrogel almacenado a $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ hasta los 10 días.

V. CONCLUSIONES

El máximo rendimiento ($1,14 \pm 0,15\%$) de hidrocoloide de cushuro se logró a 80°C , 2,9 h y pH 2, superando a los resultados reportados en la bibliografía, además posee buenas características intrínsecas destacando el grado de esterificación, ceniza y humedad.

Luego de elaborar los hidrogeles, la prueba afectiva de evaluación sensorial permitió la selección de la mejor formulación, donde F3 obtuvo mayor valoración ($p \leq 0,05$) frente a otras formulaciones en los atributos de textura y apariencia general. El F3 fue la formulación de mayor contenido de leche, bajas cantidades de hidrocoloide y gelatina los cuales influyeron en la preferencia de los panelistas por poseer menor dureza (textura).

Las condiciones de temperatura y tiempo de almacenamiento en el hidrogel influyeron significativamente en la viabilidad de lactobacillus; a 5°C por 30 días la viabilidad se mantuvo constante ($p > 0,05$), así como las características físicas y fisicoquímicas; a $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ a partir del décimo día la viabilidad de lactobacillus mostró reducción significativa ($p \leq 0,05$) adecuándose a un modelo matemático polinómico, en relación con los análisis de fisicoquímicos y de textura muestra una degradación rápida, pérdida de firmeza y sinéresis, lo que afectaría en la capacidad de conservación de lactobacillus.

VI. RECOMENDACIONES

Caracterizar fisicoquímicamente a los elementos (leche y gelatina) que componen la formulación.

Evaluar el valor nutricional del hidrogel.

Evaluar el efecto en los factores: tiempo, temperatura y pH de extracción en la solubilidad del hidrocoloide de cushuro.

Evaluar la influencia del método de extracción de hidrocoloide en la eficiencia de encapsulación del gel de cushuro

Usar diversas técnicas de microencapsulación de bacterias probióticas para la elaboración de hidrogel con hidrocoloide de cushuro

Evaluar diariamente la variación de acidez, pH y sólidos solubles en el hidrogel

Realizar el recuento microbiológico del hidrogel (mohos, levaduras y coliformes) periódicamente para garantizar la calidad del hidrogel

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, E. M. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of Advanced Research*, 6(2), 105-121. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>
- Almanza, F., & Barrera, E. (1991). *Tecnología de leches y derivados* (UNISUR). Unisur.
- AOAC. (1947). *Acidity of milk. Titrimetric method*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25528/7/ANEXO%205%20942.15.pdf>
- AOAC. (1923). *AOAC 923.03-1923, Ash of flour. Direct method: AOAC Official Method*. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1190
- AOAC. (1980). *Solids (soluble) in fruits and fruit products: Official Method*. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=538
- Aso, Y., Akaza, H., Kotake, T., Tsukamoto, T., Imai, K., Naito, S., & Group, and the B. S. (1995). Preventive Effect of a Lactobacillus casei Preparation on the Recurrence of Superficial Bladder Cancer in a Double-Blind Trial. *European Urology*, 27, 104-109. <https://doi.org/10.1159/000475138>
- Astolfi, Z., Souza, A. C., Reipert, É. C. D., & Telis, V. R. N. (2005). Encapsulação de suco de maracujá por co-cristalização com sacarose: Cinética de cristalização e propriedades físicas. *Food Science and Technology*, 25, 795-801. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400027>
- Ayunta, C. A. (2018). *Geles de proteínas de leche de cabra-carragenano: Aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales y nutricionales*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/83026>
- Barreto, M., Rocha da Costa, N., & García, E. E. (2018). *Interpolymeric Complexes Formed Between Whey Proteins and Biopolymers: Delivery Systems of Bioactive Ingredients—Santos—2018—Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety—Wiley Online Library*. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12350>
- Bastidas, R. M. (2013). *Extracción y caracterización de la goma de semilla de tara*

- (*caesalpinia spinosa*) provenientes de los distritos de Soraya y Vilcabamba, Apurímac. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/435>
- Benavent, M. del C. (2015). *Caracterización de gelatinas de sandía formuladas con edulcorantes no cariogénicos*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Elsevier.
- Casas, N. B., & Pardo, D. G. (2005). Análisis de perfil de textura y propiedades de relajación de geles de mezclas almidón de maíz ceroso entrecruzado-gelana. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 4(1), 107-121.
- Cedeño, R., & Alejandra, M. (2020). *Desarrollo de una bebida a partir de lactosuero dulce fermentado con lactobacillus bulgaricus y streptococcus thermophilus*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49683>
- Chávez, A., Arreguín, R., Cifuentes, J., & Rodríguez, E. (2017). ¿Cómo funcionan los microbios?. *Revista Ciencia*, 68(2). https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_2/PDF/FuncionamientoMicrobios.pdf
- Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la Biotecnología. (2014). *La biotecnología*. Argenbio. <https://www.argenbio.org/biotecnologia>
- Corpus, A., Alcantara, M., Celis-Teodoro, H., Echevarria, B., Paredes, J., & Paucar, L. M. (2021). Cushuro (*Nostoc sphaericum*): Hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales. *Agroindustrial Science*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.13>
- Cutipa, T. (2022). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) en el volumen y características organolépticas del pan francés. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5195>
- Darbandi, A., Asadi, A., Ghanavati, R., Afifirad, R., Emamie, A. D., Kakanj, M., & Talebi, M. (2021). The effect of probiotics on respiratory tract infection with special emphasis on COVID-19: Systemic review 2010–20. *International Journal of Infectious Diseases*, 105, 91-104. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.02.011>
- Derkach, S. R., Kolotova, D. S., Voron'ko, N. G., Obluchinskaya, E. D., & Malkin,

- A. Y. (2021). Rheological Properties of Fish Gelatin Modified with Sodium Alginate. *Polymers*, 13(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/polym13050743>
- Domínguez, J., & Rodriguez, G. (2020a). Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de hidrocoloides de hojas de Malva sylvestris. *Agroindustrial Science*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.08>
- Domínguez, J., & Rodriguez, G. (2020b). Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de hidrocoloides de hojas de Malva sylvestris. *Agroindustrial Science*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.08>
- Duar, R. M., Lin, X. B., Zheng, J., Martino, M. E., Grenier, T., Pérez-Muñoz, M. E., Leulier, F., Gänzle, M., & Walter, J. (2017). Lifestyles in transition: Evolution and natural history of the genus Lactobacillus. *FEMS Microbiology Reviews*, 41(Supp_1), S27-S48. <https://doi.org/10.1093/femsre/fux030>
- Encarnación, A. R., & Aguirre, J. (2017). Extracción y evaluación del comportamiento reológico del hidrocoloide obtenido de cascaras de zapote (*Matisia cordata*). *Universidad Nacional Hermilio Valdizán*. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4407>
- Esteban, A. (2020, noviembre). *Propiedades fisicoquímicas del mucílago de nopal químicamente modificado* [Tesis de Maestría]. Universidad Veracruzana. Instituto de Ciencias Básicas. Región Xalapa. <https://cdigital.uv.mx/>
- Gallegos, G. S., & Palomino, N. (2018). *Determinación del efecto de los factores de extracción en la obtención del mucílago deshidratado de semilla de chia, evaluación de sus Propiedades Funcionales y Reologicas*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6560>
- Gänzle, M. G. (2015). Lactic metabolism revisited: Metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage. *Current Opinion in Food Science*, 2, 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.03.001>
- Garcés, A. F. (2018). *Elaboración y evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche con Lactobacillus rhamnosus y aplicado en chocolates* [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8608>
- Gautam, M., & Santhiya, D. (2019). Pectin/PEG food grade hydrogel blend for the targeted oral co-delivery of nutrients. *Colloids and Surfaces A:*

- Physicochemical and Engineering Aspects*, 577, 637-644.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.06.027>
- Gaytán, J. J., & Solís, L. M. (2019). Desarrollo y evaluación sensorial se un postre de gelatina funcional del Fruto rojo de *Stenocereus queretaroensis* (F.A.C. Weber) Buxbaum. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/6/82.pdf>
- Gelatin Manufacturers Institute of America. (2019). *Standard Testing Methods For Edible Gelatin*. http://www.gelatin-gmia.com/uploads/1/1/8/4/118450438/gmia_oficial_methods_2019.pdf
- Gonzalez, R. E., Pérez, J. M., & Tarón, A. D. (2015). Efecto de *Lactobacillus delbrueckii* sobre las propiedades texturales de geles binarios de goma gelana. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2015.2109>
- Grünauer, C. C. (2009). *Influencia del Secado Sobre la Captación de Agua de Pectina Extraída a partir del Citrus x Aurantifolia Swingle* [bachelorThesis]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7789>
- Hernández, C. de J., Iliana, A., Ventura, J. M., Belmares, R. E., Contreras, J. C., Álvarez, G. M., & Hernández, J. L. M.-. (2016). La microencapsulación de bioactivos para su aplicación en la industria. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 12-19.
- Huang, M., Kennedy, J. F., Li, B., Xu, X., & Xie, B. J. (2007). Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan, and glucomannan: A texture profile analysis study. *Carbohydrate Polymers*, 69(3), 411-418. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.12.025>
- INACAL. (2022). *NTP 205.041:2022 Título:CEREALES Y PRODUCTOS DERIVADOS. HARINAS. Determinación del contenido de grasa. 2ª Edición*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1574027/Aprueban%2033%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20Peruanas%20en%20su%20versi%C3%B3n%202016.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2005). *NTE INEN 1521: Postre de gelatina. Requisitos*. <http://archive.org/details/ec.nte.1521.2005>
- Jara, Á. E., & Mori, J. E. (2021). Efecto de hidrocoloides obtenidos del maracuyá (*passiflora edulis*), en las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde. *Repositorio Institucional - UNS*.

<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3683>

- Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N., & Fakiri, E. M. (2013). Health Benefits of Probiotics: A Review. *ISRN Nutrition*, 2013, e481651. <https://doi.org/10.5402/2013/481651>
- Klein, M., & Poverenov, E. (2020). Natural biopolymer-based hydrogels for use in food and agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(6), 2337-2347. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10274>
- Koev, T. T., Muñoz, J. C., Iuga, D., Khimyak, Y. Z., & Warren, F. J. (2020). Structural heterogeneities in starch hydrogels. *Carbohydrate Polymers*, 249, 116834. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116834>
- La Madrid, A. B., & Cárcamo, G. A. (2022). *Aceptabilidad y valor nutritivo de la gelatina blanca con colageno casero, fécula de maíz (zea mays) y maracuyá (passiflora edulis)*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7393>
- Larrea, D., Tabilo, G., & Ferrari, G. (2019). Potato Starch Hydrogels Produced by High Hydrostatic Pressure (HHP): A First Approach. *Polymers*, 11(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/polym11101673>
- León, D. C., & Riveros, J. D. (2014). Extracción y caracterización química de las pectinas de las cáscaras del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*, Var *Flavicarpa degener*), Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) y tumbo serrano (*Passiflora mollísima* H.B.K. Bailey). *Repositorio institucional – UNAC*. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3606>
- Li, J., Jia, X., & Yin, L. (2021). Hydrogel: Diversity of Structures and Applications in Food Science. *Food Reviews International*, 37(3), 313-372. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1858313>
- Li, J., & Nie, S. (2016). The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*, 53, 46-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.035>
- Liu, H. M., Zhu, C. Y., & Xie, A. J. (2017). Food Gum based Hydrogel Polymers. *MOJ Food Processing & Technology*, 4(6). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2017.04.00112>
- Lucey, J. A., Tamehana, M., Singh, H., & Munro, P. A. (1998). A comparison of the formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gels

- made with a bacterial culture or glucono- δ -lactone. *Food Research International*, 31(2), 147-155. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00075-1)
- Lupo, B., Gonzales, C., & Maestro, A. (2012). Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista Venezolanas de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 130-151.
- Macedo, R. C., & Vélez, J. F. (2015). Propiedades Fisicoquímicas y de Flujo de un Yogur Asentado Enriquecido con Microcápsulas que Contienen Ácidos Grasos Omega 3. *Información tecnológica*, 26(5), 87-96. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500012>
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(1), 1-21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>
- Madrid, O. L. (2017). *Efecto de diferentes humedades relativas y tipos de plastificantes en el proceso de secado de cápsulas blandas de gelatina*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59232>
- Mahinroosta, M., Jomeh, Z., Allahverdi, A., & Shakoory, Z. (2018). Hydrogels as intelligent materials: A brief review of synthesis, properties and applications. *Materials Today Chemistry*, 8, 42-55. <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2018.02.004>
- Mendoza, J. E. (2021). ¿Conoces a las cianobacterias Nostoc? *Bioagrocencias*, 14(2), Article 2. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/BAC/article/view/3922>
- Mercado, P., & Enrique, D. (2019). *Estudio de las propiedades emulsionantes del mucílago de la semilla de tamarindo*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2903586>
- Miano, A., Rojas, C., & Barraza, G. (2014). Influencia de la temperatura y tiempo de extracción en la fuerza de gel y rendimiento de gelatina obtenida a partir de piel de tollo (*Mustelus mento*). *Scientia Agropecuaria*, 5(3), 140-147. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.03.04>
- MINAGRI. (2007). *Leches fermentadas, requisistos* (Norma Técnica Peruana PNA 16 007:2007). <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/normatividad->

- lacteos/Normas_Andinas/PNA_Leches_Fermentadas_16007.pdf
- MINAGRI. (2017). *Decreto Supremo que aprueba el reglamento de la leche y productos lacteos*.
http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/DS_7_2017_MINAGRI.pdf
- Mohammad, S., Ghasem, S. B., & Ghasem, B. (2015). Non-isothermal dehydration kinetic study of a new swollen biopolymer silver nanocomposite hydrogel. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 121(3), 1383-1391.
<https://doi.org/10.1007/s10973-015-4639-4>
- Mohammadinejad, R., Kumar, A., Ranjbar, M., Ashrafizadeh, M., Han, S. S., Khang, G., & Roveimiab, Z. (2020). Recent Advances in Natural Gum-Based Biomaterials for Tissue Engineering and Regenerative Medicine: A Review. *Polymers*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/polym12010176>
- Mohite, S., & Prasad, E. (2020). *Hydrogel Market Size, Share | Industry Analysis & Forecast, 2027*. Allied Market Research.
<https://www.alliedmarketresearch.com/hydrogel-market>
- Nguyen, Q., Nguyen, T., Nguyen, T., & Nguyen, N. (2022). Encapsulation of roselle anthocyanins in blank alginate beads by adsorption and control of anthocyanin release in beverage by coatings with different molecular weight chitosan. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(4), e16438.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.16438>
- Noonan, S., Zaveri, M., Macaninch, E., & Martyn, K. (2020). Food & mood: A review of supplementary prebiotic and probiotic interventions in the treatment of anxiety and depression in adults. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 3(2), 351-362. <https://doi.org/10.1136/bmjnp-2019-000053>
- Núñez, C. L. M., & Saavedra, C. N. (2019). Efecto de la carragenina y sacarosa en la capacidad de retención de agua y sinéresis de yogur. *Anales Científicos*, 80(1), Article 1. <https://doi.org/10.21704/ac.v80i1.1395>
- Núñez, C. A. (2018). Análisis de varianza no paramétrica: Un punto de vista a favor para utilizarla. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 4(3), Article 3.
- Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M. (2021). Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 1-19.
<https://doi.org/10.3168/jds.2020-19116>
- Óldak, A., Zielińska, D., Rzepkowska, A., & Kołożyn-Krajewska, D. (2017).

- Comparison of Antibacterial Activity of *Lactobacillus plantarum* Strains Isolated from Two Different Kinds of Regional Cheeses from Poland: Oscypek and Korycinski Cheese. *BioMed Research International*, 2017, e6820369. <https://doi.org/10.1155/2017/6820369>
- Ordinola, E. Y., & Osorio, L. O. (2015). Viabilidad de las bacterias lácticas *Streptococcus Salivarius Ssp Thermophilus* y *Lactobacillus Delbrueckii Ssp Bulgaricus* durante el almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración de cuatro marcas de yogures comerciales”. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.26495/icti.v2i2.263>
- Ortega, A. (2012). *Desarrollo de un método analítico para la cuantificación de dureza de gel en postres* [Universidad de Carabobo]. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/826/aortega.pdf?sequence=4>
- Ortiz, J. (2016). *Lactobacillus spp. Como aditivo sobre parámetros productivos en cuy (cavia porcellus)*. *Universidad Ricardo Palma*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/913>
- Owens, H. S., McCready, R. M., Shepherd, A. D., Schultz, T. H., Pippen, E. L., Swenson, H. A., Miers, J. C., Erlandsen, R. F., & Maclay, W. D. (1952). *Methods used at Western Regional Research Laboratory for extraction and analysis of pectic materials*. Bureau of Agricultural and Industrial Chemistry, Agricultural Research Administration, U.S. Dept. of Agriculture.
- Palsdottir, H. (2022, enero 5). *11 Probiotic Foods That Are Super Healthy*. Healthline. <https://www.healthline.com/nutrition/11-super-healthy-probiotic-foods>
- Parra, R. A. (2010). Review. bacterias ácido lácticas: Papel funcional en los alimentos. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), Article 1.
- Paz, C. V. (2013). *Análisis teórico-práctico en la interface quitosano/hueso mediante monolitos compactos y porosos*. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/4841
- Pérez, M. C. L. (2010). *Estudio de la viabilidad de Lactobacillus casei Shirota en una gelatina de pitaya (Stenocereus griseus H.)* [Thesis]. <http://www.repositoriodigital.ipn.mx//handle/123456789/8891>

- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2009). *Handbook of Hydrocolloids*. Elsevier.
- Pilnk, W., & Vorgen, G. J. (1971). *Pectic Substances and other Uronides: The Biochemistry of Fruits and Their Products*. Academic Press.
- Ponce, E. (2014). Nostoc: A different food and their presence in the precordillera of Arica. *Idesia (Arica)*, 32(2), 119-121. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200015>
- Pons, M., & Fiszman, S. m. (1996). Instrumental Texture Profile Analysis with Particular Reference to Gelled Systems. *Journal of Texture Studies*, 27(6), 597-624. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1996.tb00996.x>
- Pot, B., Ludwig, W., Kersters, K., & Schleifer, K.-H. (1994). Taxonomy of Lactic Acid Bacteria. En L. De Vuyst & E. J. Vandamme (Eds.), *Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria: Microbiology, Genetics and Applications* (pp. 13-90). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2668-1_2
- Quemener, B., Marot, C., Mouillet, L., Da Riz, V., & Diris, J. (2000). Quantitative analysis of hydrocolloids in food systems by methanolysis coupled to reverse HPLC. Part 2. Pectins, alginates and xanthan. *Food Hydrocolloids*, 14(1), 19-28. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(99\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(99)00041-7)
- Quevedo, Z., & Milagros, G. (2020). Propiedades térmicas de los alimentos – balance de Masay otras variables en la industria fruticola – factores que influyen en la evaluación sensorial de los alimentos. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3261050>
- Rashid, F., Ahmed, Z., Hussain, S., Huang, J.-Y., & Ahmad, A. (2019). Linum usitatissimum L. seeds: Flax gum extraction, physicochemical and functional characterization. *Carbohydrate Polymers*, 215, 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.03.054>
- ReportBuyer. (2017). *The Global Market For Hydrogels Totaled \$15.6 Billion In 2016*. <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-global-market-for-hydrogels-totaled-156-billion-in-2016-300556271.html>
- Rioja, J. M. (2019). *Influencia del pH en el rendimiento de extracción de carragenanos en macroalgas Rhodophytas de la playa de Chérrepe de la región Lambayeque*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5184>
- Rodríguez, M. A. (2020). *Desarrollo de una bebida a partir de lactosuero dulce*

- fermentado con lactobacillus bulgaricus y streptococcus thermophilus.*
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49683>
- Rodríguez, D. M. (2019). *Validación de una metodología para la cuantificación de un microorganismo probiótico (Lactobacillus acidophilus La3) en yogur.*
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/11259>
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (2009). *Handbook of Pharmaceutical Excipients.* Pharmaceutical Press.
- Rozas, V. (2015). *Efecto de la adición de albúmina de huevo en las propiedades tecnológicas de salchichas tipo frankfurt durante su almacenamiento a 4°C* [Universidad Nacional Agraria La Molina].
https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1824/Q04_R69_T%20BAN%20UNALM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rozo, G. (2006). *Extracción y caracterización de Kappa carragenina a partir de Hypnea musciformis* [Pontificia Universidad Javeriana].
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/56299/CARRAGENINA.pdf?sequence=1>
- Rzepkowska, A., Zielińska, D., Ołdak, A., & Kołożyn-Krajewska, D. (2017). Organic whey as a source of Lactobacillus strains with selected technological and antimicrobial properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(9), 1983-1994. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13471>
- Saavedra, S. (2017). Producción de ácido láctico a partir de Lactobacillus sp aislado de frutos de la Región Loreto. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos.* <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16831>
- Saavedra, G. M. (2020). Determinación de la viabilidad de bifidobacterium spp. Microencapsulado presente en un yogurt griego probiótico. *Repositorio Institucional* - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62205>
- Saha, A., Tyagi, S., Gupta, R. K., & Tyagi, Y. K. (2017). Natural gums of plant origin as edible coatings for food industry applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 37(8), 959-973.
<https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1286449>
- Sakai, T., Sakamoto, T., Hallaert, J., & Vandamme, E. J. (1993). Pectin, Pectinase, and Protopectinase: Production, Properties, and Applications. En S. Neidleman & A. I. Laskin (Eds.), *Advances in Applied Microbiology*

- (Vol. 39, pp. 213-294). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(08\)70597-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)70597-5)
- Salvador, A. (1998). *Efecto de la adición de gelatina sobre el comportamiento reológico en sistemas lácteos*. <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/38109/AIU607190.pdf?sequence=1>
- Salvetti, E., Torriani, S., & Felis, G. E. (2012). The Genus *Lactobacillus*: A Taxonomic Update. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 4(4), 217-226. <https://doi.org/10.1007/s12602-012-9117-8>
- Schrooyen, P. M. M., Meer, R. van der, & Kruif, C. G. D. (2001). Microencapsulation: Its application in nutrition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 60(4), 475-479. <https://doi.org/10.1079/PNS2001112>
- Sgarbieri, V. C. (1996). Proteínas em alimentos protéicos: Propriedades, degradações e modificações. En *Proteínas em alimentos protéicos: Propriedades, degradações e modificações* (pp. 517-517). <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1073330>
- Siccha, A., & Lock, O. (1992). Hidrocoloides. *Revista de Química; Vol. 6, Núm. 2 (1992)*. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/100665>
- Siguas, M., & Madeleyne, B. (2020). Refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3261134>
- Song, D., Ibrahim, S., & Hayek, S. (2012). Recent Application of Probiotics in Food and Agricultural Science. En E. Rigobelo (Ed.), *Probiotics*. InTech. <https://doi.org/10.5772/50121>
- Sun, Z., Harris, H. M. B., McCann, A., Guo, C., Argimón, S., Zhang, W., Yang, X., Jeffery, I. B., Cooney, J. C., Kagawa, T. F., Liu, W., Song, Y., Salvetti, E., Wrobel, A., Rasinkangas, P., Parkhill, J., Rea, M. C., O'Sullivan, O., Ritari, J., ... O'Toole, P. W. (2015). Expanding the biotechnology potential of lactobacilli through comparative genomics of 213 strains and associated genera. *Nature Communications*, 6(1), 8322. <https://doi.org/10.1038/ncomms9322>
- Sutehall, S., Galloway, S. D. R., Bosch, A., & Pitsiladis, Y. (2020). Addition of an Alginate Hydrogel to a Carbohydrate Beverage Enhances Gastric

- Emptying. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(8), 1785-1792.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002301>
- Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L. A., & Kopsahelis, N. (2019). Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies Towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value. *Nutrients*, 11(7), Article 7.
<https://doi.org/10.3390/nu11071591>
- Thompson, E. (2020). Extracción y caracterización reológica y funcional del hidrocoloide de las semillas del chan (*Hyptis suaveolens*). *Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica*.
<https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/82168>
- Toribio, D. (2021). *Hidrogeles basados en polisacáridos para aplicaciones biomédicas*. <https://doi.org/10/54031>
- Torres, A. J., & Yupanqui, C. I. (2018). Comportamiento reológico del hidrocoloide proveniente del cushuro (n. Conmune y iv. Sphaerieum) obtenido por liofilización y aire caliente. *Repositorio Institucional - UNS*.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3340096>
- Valderrama, J. (2012a). *Extracción y caracterización funcional del hidrocoloide obtenido a partir del alga Nostoc SP (proveniente de la laguna Huascacocha)*. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/465>
- Valderrama, J. (2012b). *Extracción y caracterización funcional del hidrocoloide obtenido a partir del alga Nostoc SP (proveniente de la laguna Huascacocha)*. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/465>
- Vera, N. C. (2019). *Estudio comparativo de las propiedades físicas de distintos hidrocoloides en un sistema de digestión in vitro*.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/172800>
- Villena, M. M., Hernández, M. M., Lara, V. G., & Martínez, M. R. (2009). Técnicas de microencapsulación: Una propuesta para microencapsular probióticos. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 50(1), Article 1.
- Zhang, H., Zhang, F., & Yuan, R. (2020). Chapter 13—Applications of natural polymer-based hydrogels in the food industry. En Y. Chen (Ed.), *Hydrogels Based on Natural Polymers* (pp. 357-410). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816421-1.00015-X>
- Zheng, J., Ruan, L., Sun, M., & Gänzle, M. (2015). A Genomic View of Lactobacilli

and *Pediococci* Demonstrates that Phylogeny Matches Ecology and Physiology. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(20), 7233-7243.
<https://doi.org/10.1128/AEM.02116-15>

Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B., Mattarelli, P., O'Toole, P. W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G. E., Gänzle, M. G., & Lebeer, S. (2020, abril 15). *A taxonomic note on the genus Lactobacillus: Description of 23 novel genera, emended description of the genus Lactobacillus Beijerinck 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae.* ERA.
<https://doi.org/10.7939/r3-egnz-m294>

Zuidam, N. J., & Nedovic, V. (2009). *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing.* Springer Science & Business Media.

Zumaya, R. (2013). *Liberación controlada de fármacos a partir de hidrogeles de paam y derivados de celulosa.*
<http://200.188.131.162:8080/jspui/handle/123456789/138>

ANEXOS

ANEXO 1 – Registro de tablas de ANVA de los resultados obtenidos en los experimentos

Análisis de varianza de prueba Kruskal-Wallis de resultados de análisis sensorial de distintas formulaciones de hidrogel

Tabla 10. Cuadro de Análisis de Varianza del atributo de color

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E	Promedio o rangos	gl	H	p-valor
Color	T1	26	3,62	0,64	34,88	2	1,66	0,3905
	T2	26	3,83	0,94	41,13			
	T3	26	3,92	0,98	42,48			

Tabla 11. Cuadro de Análisis de Varianza del atributo de sabor

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E	Promedio rango	gl	H	p-valor
Sabor	T1	26	3,69	1,05	35,44	2	5	0,0631
	T2	26	3,69	1,05	35,44			
	T3	26	4,27	0,78	47,62			

Tabla 12. Cuadro de Análisis de Varianza del atributo de olor

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E	Promedio rango	gl	H	p-valor
Olor	T1	26	3,54	0,9	40,58	2	0,09	0,9506
	T2	26	3,54	0,81	38,96			
	T3	26	3,54	0,81	38,96			

Tabla 13. Cuadro de Análisis de Varianza del atributo de textura

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E	Promedio rango	gl	H	p-valor
Textura	T1	26	3,77	0,65	33,06	2	5,87	0,0358
	T2	26	3,88	0,91	37,54			
	T3	26	4,31	0,79	47,90			

Tabla 14. Cuadro del Análisis de Varianza del atributo de consistencia

Variables	Tratamiento	N	Medias	D.E	Promedio rango	gl	H	p-valor
Consistencia	T1	26	3,73	0,87	35,13	2	0,87	0,1756
	T2	26	3,85	0,78	37,73			
	T3	26	4,15	0,73	45,63			

Tabla 15. Cuadro del Análisis de Varianza del atributo de apariencia general

Variables	Tratamiento	N	Medias	D.E	Promedio rangos	gl	H	p-valor
Apariencia general	T1	26	3,77	0,71	37,38	2	5,78	0,0359
	T2	26	3,58	0,76	33,23			
	T3	26	4,15	0,78	47,88			

Análisis de varianza del efecto de tiempo y temperatura en la viabilidad de lactobacillus

Tabla 16. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III sobre viabilidad del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12	13	0,92	115,62	<0,0001
Tiempo	4,17	1	0,69	87,00	<0,0001
Temperatura	3,77	6	3,77	472,49	<0,0001
Tiempo*Temperatura	4,06	6	0,68	84,77	<0,0001
Error	0,22	28	0,01		
Total	12,23	41			

Análisis de varianza del efecto de tiempo y temperatura en los análisis fisicoquímicos del hidrogel

Tabla 17. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III sobre acidez del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	13	0,03	30,75	<0,0001
Tiempo	0,11	6	0,02	17,39	<0,0001
Temperatura	0,22	1	0,22	210,82	<0,0001
Tiempo*Temperatura	0,09	6	0,01	14,09	<0,0001
Error	0,03	28	1E-03		
Total	0,44	41			

Tabla 18. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III sobre el pH del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,29	13	0,02	12,00	<0,0001
Temperatura	0,15	1	0,15	79,52	<0,0001
Tiempo	0,11	6	0,02	9,58	<0,0001
Temperatura*Tiempo	0,04	6	0,01	3,17	0,0168
Error	0,05	28	1.9E.03		
Total	0,34	41			

Tabla 19. Cuadro del análisis de varianza sobre los sólidos solubles del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,8	13	0,52	20,74	<0,0001
Temperatura	4,47	1	4,47	177,07	<0,0001
Tiempo	0,11	6	0,02	0,74	0,6251
Temperatura*Tiempo	2,22	6	0,37	14,68	<0,0001
Error	0,71	28	0,03		
Total	7,51	41			

Análisis de varianza del efecto de tiempo y temperatura en el análisis de textura

Tabla 20. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III de la fuerza Bloom de hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	394,76	13	30,37	2191,63	<0,0001
Tiempo	53,17	6	8,86	639,6	<0,0001
Temperatura	258,76	1	258,76	18675,71	<0,0001
Tiempo*Temperatura	82,83	6	13,80	996,31	<0,0001
Error	0,39	28	0,01		
Total	395,15	41			

Tabla 21. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III de la prueba de dureza (ciclo 1) del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	77,15	13	5,93	132,64	<0,0001
Tiempo	4,85	6	0,81	18,06	<0,0001
Temperatura	56,81	1	56,81	1269,80	<0,0001
Tiempo*Temperatura	15,49	6	2,58	57,68	<0,0001
Error	1,25	28	0,04		
Total	78,40	41			

Tabla 22. Cuadro de Análisis de Varianza SC tipo III de la prueba de masticabilidad del hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4680,07	13	360,01	11,13	<0,0001
Tiempo	798,48	6	133,08	4,11	0,0044
Temperatura	3210,38	1	3210,38	99,24	<0,0001
Tiempo*Temperatura	671,21	6	111,87	3,46	0,0110
Error	905,75	28	32,35		
Total	5585,82	41			

Tabla 23. Cuadro de Análisis de Varianza de la prueba de gomosidad de hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56,29	13	4,33	83,46	<0,0001
Tiempo	4,42	6	0,74	14,20	<0,0001
Temperatura	42,54	1	42,54	819,99	<0,0001
Tiempo*Temperatura	9,33	6	1,56	29,97	<0,0001
Error	1,45	28	0,05		
Total	57,74	41			

Tabla 24. Cuadro de Análisis de Varianza Sc tipo III de la prueba de cohesividad de hidrogel almacenado a diferentes tiempos y temperaturas

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,02	13	0,46	237,36	<0,0001
Tiempo	1,28	6	0,21	109,37	<0,0001
Temperatura	3,88	1	3,88	1991,12	<0,0001
Tiempo*Temperatura	0,85	6	0,14	73,05	<0,0001
Error	0,05	28	1,9E-03		
Total	6,07	41			

Tabla 25. Cuadro de Análisis de Varianza Sc tipo III de la prueba de adhesividad de hidrogel almacenada a diferentes tiempos y temperaturas

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,31	13	0,02	1,94	0,0697
Tiempo	0,13	6	0,02	1,73	0,1519
Temperatura	9,5E-04	1	9,5E-04	0,08	0,7815
Tiempo*Temperatura	0,18	6	0,03	2,46	0,0491
Error	0,34	28	0,01		
Total	0,65	41			

ANEXO 2 – Ficha de evaluación sensorial



	UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL													
FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL														
Elaboración de hidrogel alimentario														
Nombre y apellidos:.....														
Género: Hombre <input type="checkbox"/> Mujer <input type="checkbox"/>		Edad:.....												
Fecha:.....		Hora:.....												
Indicación: Por favor, probar cada una de las tres muestras y calificar con un puntaje del 1 al 5 de acuerdo con la siguiente escala de calificación:														
<table border="1"><thead><tr><th>ESCALA</th><th>PUNTAJE</th></tr></thead><tbody><tr><td>Me gusta mucho</td><td>5</td></tr><tr><td>Me gusta moderadamente</td><td>4</td></tr><tr><td>Indiferente (ni gusta ni disgusta)</td><td>3</td></tr><tr><td>Me disgusta moderadamente</td><td>2</td></tr><tr><td>Me disgusta mucho</td><td>1</td></tr></tbody></table>			ESCALA	PUNTAJE	Me gusta mucho	5	Me gusta moderadamente	4	Indiferente (ni gusta ni disgusta)	3	Me disgusta moderadamente	2	Me disgusta mucho	1
ESCALA	PUNTAJE													
Me gusta mucho	5													
Me gusta moderadamente	4													
Indiferente (ni gusta ni disgusta)	3													
Me disgusta moderadamente	2													
Me disgusta mucho	1													
ATRIBUTOS O CARACTERÍSTICAS	TRATAMIENTOS													
	A	B	C											
Color														
Sabor														
Olor														
Textura														
Consistencia														
Apariencia general														
Observaciones: <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>														

Figura 6. Ficha de evaluación sensorial de 3 formulaciones de hidrogel

ANEXO 3 – Figuras del procedimiento experimental

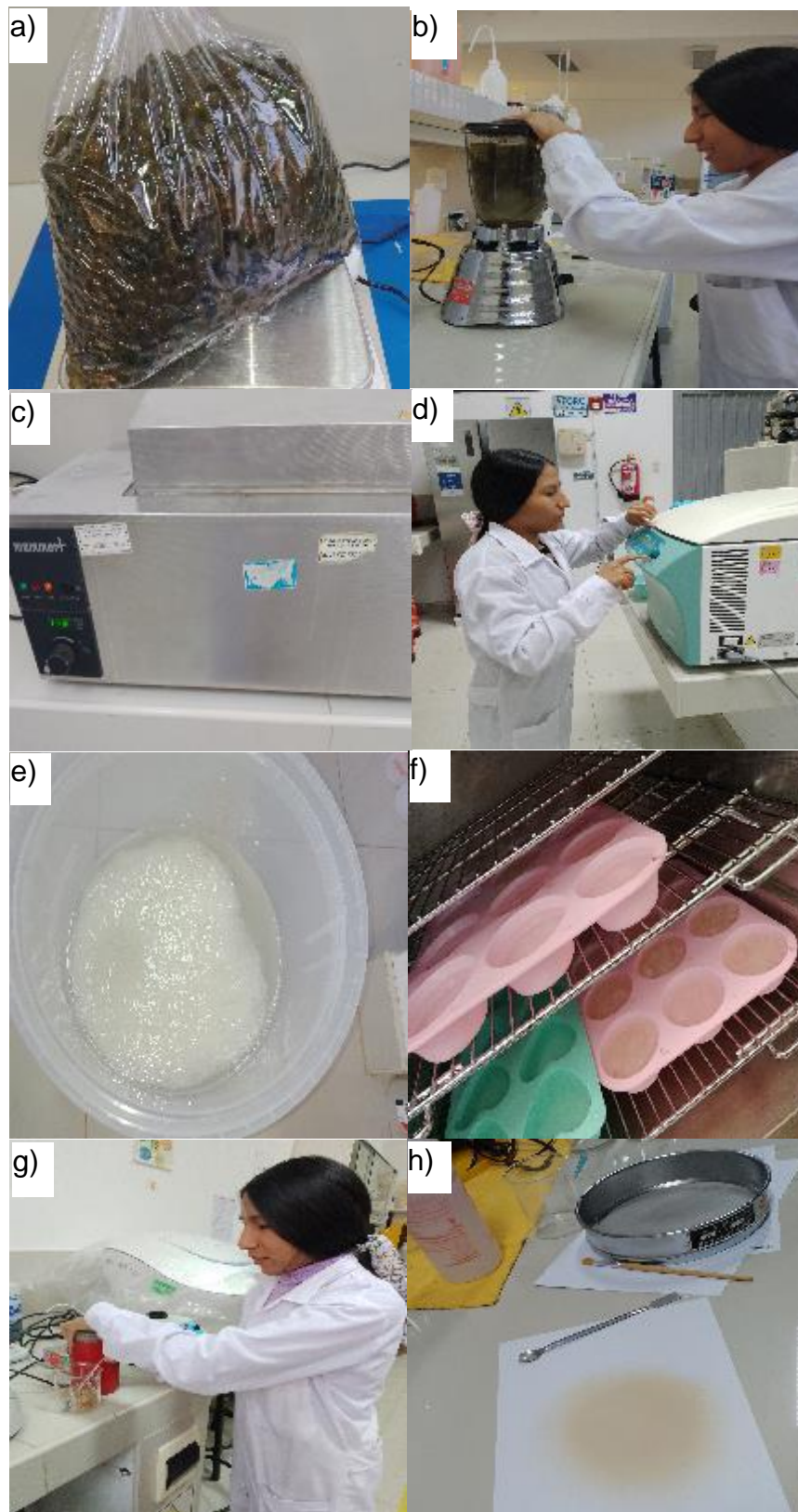


Figura 7. Procedimientos para la extracción de hidrocoloide de cushuro. a). pesado de cushuro, b) licuado de cushuro y H₂O acidificada, c). tratamiento térmico, d). centrifugación, e). precipitación de hidrocoloide, f). secado, g). molienda de hidrocoloide, h). tamizado de hidrocoloide



Figura 8. Elaboración de hidrogel. a) pasteurización e inoculación de cepas de lactobacillus, c) hidratación del gel de hidrocoloide de cushuro, c) elaboración de las 3 formulaciones, d) incubación, e) almacenamiento de hidrogel del mejor tratamiento, f) hidrogel moldeado.



Figura 9. Análisis del hidrogel. a) Análisis sensorial de las 3 formulaciones. b). Medición de textura del hidrogel, c). análisis fisicoquímico del hidrogel. d) análisis microbiológico del hidrogel para el recuento de lactobacillus

CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 96 SOFTWARE
ANTIPLAGIO TURNITIN-FCA-UNHEVAL

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias, emite la presente constancia de Similitud, aplicando el Software TURNITIN, la cual reporta un 08% de similitud, correspondiente a la interesada, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial:

HELEN TARAZONA MATÍAS

De la Tesis:

OBTENCIÓN DE HIDROGEL A PARTIR DE HIDROCOLOIDE DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*), PROTEÍNA DE LECHE Y LACTOBACILLUS.


Considerando como asesor(a) al Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio.

DECLARANDO APTO

Se expide la presente, para los trámites pertinentes.

Pillco Marca, 15 de diciembre de 2023.




Dr. Roger Estacio Laguna.
Director de la Unidad de Investigación
Facultad de Ciencias Agrarias
UNHEVAL

NOMBRE DEL TRABAJO

**OBTENCIÓN DE HIDROGEL A PARTIR DE
HIDROCOLOIDE DE CUSHURO (Nostoc s
phaericum), PROTEÍNA DE LECHE Y LAC
TOBACILLUS**

AUTOR

HELEN TARAZONA MATÍAS

RECuento DE PALABRAS

16330 Words

RECuento DE CARACTERES

89237 Characters

RECuento DE PÁGINAS

67 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

963.4KB

FECHA DE ENTREGA

Dec 15, 2023 4:21 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 15, 2023 4:23 PM GMT-5

● **8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado



Dr. Roger Estacio Laguna
Director de la Unidad de Investigación
Facultad Ciencias Agrarias



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
HUÁNUCO - PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

En la ciudad de Huánuco a los 29 días del mes de diciembre del 2023, siendo las 9:30 de acuerdo al Reglamento de Grado Académico y Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias, se reunieron en el salón de 3^{er} año de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias los miembros integrantes del Jurado de tesis designados con **RESOLUCIÓN N° 778-2023-UNHEVAL/FCA-D, del 19 de diciembre del 2023**, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada: **“OBTENCIÓN DE HIDROGEL A PARTIR DE HIDROCOLIDE DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) PROTEÍNA DE LECHE Y LACTOBACILLUS”**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial: **Helen TARAZONA MATÍAS**, bajo el asesoramiento del Dr. Juan Edson VILLANUEVA TIBURCIO.

El Jurado de tesis está integrado por los siguientes docentes:

Dr. Rubén Max Rojas Portal	Presidente
Dr. Roger Estacio laguna	Secretario
Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay	Vocal
Mg. Mg. Josué Zevallos García	Accesitario 01
Dr. Ángel David Natividad Bardales	Accesitario 02

Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: Aprobado por Unanimidad con el cuantitativo de 19 y cualitativo de Excelente, quedando el sustentante Apto para que se le expida el **TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 10:40 horas.

Huánuco, 29 de diciembre del 2023

Dr. Rubén Max Rojas Portal
Presidente del Jurado de Tesis

Dr. Roger Estacio laguna
Secretario del Jurado de Tesis

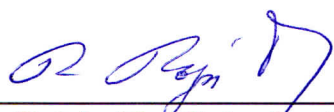
Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay
Vocal del Jurado de Tesis

- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy Bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado

OBSERVACIONES:

No hay observaciones

Huánuco, 29 de diciembre del 2023



Dr. Rubén Max Rojas Portal
Presidente del Jurado de Tesis



Dr. Roger Estacio laguna
Secretario del Jurado de Tesis



Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay
Vocal del Jurado de Tesis

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

Huánuco, ____ de ____ del 2023 __

Dr. Rubén Max Rojas Portal
Presidente del Jurado de Tesis

Dr. Roger Estacio laguna
Secretario del Jurado de Tesis

Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay
Vocal del Jurado de Tesis

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	<input checked="" type="checkbox"/>	Segunda Especialidad		Posgrado:		Maestría		Doctorado
----------	-------------------------------------	----------------------	--	-----------	--	----------	--	-----------

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Carrera Profesional	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Grado que otorga	-----
Título que otorga	INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	-----
Nombre del programa	-----
Título que Otorga	-----

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Nombre del Programa de estudio	-----
Grado que otorga	-----

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	TARAZONA MATÍAS HELEN							
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	944061856
Nro. de Documento:	75137567					Correo Electrónico:	helen.tarazona@unheval.pe	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	
Apellidos y Nombres:	VILLANUEVA TIBURCIO JUAN EDSON			
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>
Nro. de Documento:	40040333			
ORCID ID:	https://orcid.org/0000-0002-1541-7525			

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	ROJAS PORTAL RUBÉN MAX
Secretario:	ESTACIO LAGUNA ROGER
Vocal:	MUÑOZ GARAY SERGIO GRIMALDO
Vocal:	
Accesitario	ZEVALLOS GARCÍA JOSUÉ
Accesitario	NATIVIDAD BARDALES ÁNGEL DAVID

5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
OBTENCIÓN DE HIDROGEL A PARTIR DE HIDROCOLOIDE DE CUSHURO (<i>Nostoc sphaericum</i>), PROTEÍNA DE LECHE Y LACTOBACILLUS
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.


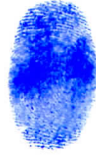
6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)		2023	
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo	Tesis Formato Patente de Invención
	Trabajo de Investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos
	Trabajo Académico	Otros (especifique modalidad)	
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	GEL	PROBIÓTICO	NOSTOC
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	Condición Cerrada (*)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Con Periodo de Embargo (*)	Fecha de Fin de Embargo:	
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):			SI X NO
Información de la Agencia Patrocinadora:	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN – UNHEVAL CON RESOLUCIÓN N° 0212-2023-UNHEVAL-VRI		

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	TARAZONA MATÍAS HELEN	Huella Digital
DNI:	75137567	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 15/01/2024		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.