

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



**Microencapsulación de la sangre bovina por el método de  
gelificación iónica y su aplicación en la fortificación de  
queso fresco**

PRESENTADO POR:

**Bach. MARLENY QUICAÑO HUAMAN**

**Bach. JULIO CESAR MORENO CASAVILCA**

ASESOR

**Dr. Juan Carlos, PONCE RAMÍREZ**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

A mis padres, Alejandro Quicaño y Maximiliana Huamán que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles, a mi hija mi motor y motivo para nunca rendirme en el estudio y poder llegar a ser un ejemplo para ella.

Y sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí, a mi amor, a mis hermanos, mis sobrinos, mis suegros, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

Marleny

A mis padres, Juliana Casavilca y Juan Moreno, a mis hermanos por su gran apoyo, a mi amor, a mi hija que me da la fuerza para continuar día a día y seguir demostrado ante todas las adversidades que se me presentaron que si se puede lograr lo deseado.

Julio César

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro creador, protector y amigo, Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de la carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y mantener mis objetivos orientados a sus designios.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, la facultad de ingeniería Química y Metalurgia, la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por darme la oportunidad de formarme y crecer profesionalmente, por el apoyo de su equipo humano que lo respalda, ambiente y material de investigación que han hecho posible la realización de este proyecto.

A mi asesor Dr. Juan Carlos Ponce Ramírez, por su confianza, apoyo, dedicación, paciencia; por haber compartido sus conocimientos y sobre todo su amistad.

## RESUMEN

La ingesta inadecuada de micronutrientes en la dieta diaria es un problema de salud común, especialmente en localidades de pobreza y pobreza extrema, identificando al hierro como el micronutriente más deficiente en el consumo de una dieta diaria (FAO-OMS, 2017), desconociéndose nuevas innovaciones para aplicarlos en alimentos. Ante este problema se propone como objetivo: Microencapsular sangre de bovino por el método de gelificación iónica para su aplicación en la fortificación de queso fresco.

En la metodología experimental se propuso caracterizar químico proximal y físico química la sangre bovina, asimismo se micro encapsuló la sangre bovina por el método de gelificación iónica para minimizar la solubilidad e higroscopicidad, las cuales se aplicaron en queso fresco y se evaluó la vida útil a temperatura ambiente (13-18°C) y refrigeración (4-5°C).

En los resultados se determinó 80% de humedad, 16,4% de proteínas, 6,64 mg/100g de hierro, así como un pH de 7.33 en sangre bovina, siendo valores adecuados de calidad. En la microencapsulación de la sangre bovina se determinó el mínimo valor de 3.10% de solubilidad (X1: 30% Maltodextrina, X2: 2% Alginato sódico y X3: 1% de Cloruro de calcio). En higroscopicidad se determinó el mínimo valor de 4,33% (X1: 25% Maltodextrina, X2: 1,50% Alginato sódico y X3: 1,49% de Cloruro de calcio). En la fortificación del queso fresco el tratamiento T1 alcanzo 19,20 mg Fe/100 g de queso fresco fortificado; en aceptabilidad el tratamiento T1 alcanzó el mayor promedio de 4,39 en la escala hedónica, resultando los tratamientos T0, T1 y T2 estadísticamente iguales, no influyendo las microcápsulas en la aceptabilidad. Además, se estimó el tiempo de vida útil del queso fresco fortificado optimo después de 15 días de almacenamiento a temperatura ambiente 13 - 18°C, reportando <10 UFC/g para mohos y levaduras, >1100 NMP/g para coliformes totales no cumpliendo la Resolución Ministerial N°591-2008, a temperatura de refrigeración 4° - 5°C se reportó < 10 UFC/g para mohos y levaduras, <100 NMP/g para coliformes totales, cumpliendo la Resolución Ministerial N°591-2008 para queso fresco.

Finalmente se concluye que micro encapsular sangre de bovino por el método de gelificación iónica permite aplicarlo en la fortificación de queso fresco, alcanzando buena concentración de hierro biodisponible y aceptabilidad.

**Palaba claves:** Queso fresco, microencapsulación, sangre bovina.

## ABSTRACT

The deficient consumption of micronutrients in the daily diet is a frequent health problem, especially in localities of poverty and extreme poverty, identifying iron as the most deficient micronutrient in the consumption of a daily diet (FAO-WHO, 2017), unknown new innovations to apply them in food. Faced with this problem, the objective is to: Microencapsulate bovine blood by the ionic gelation method for its application in the fortification of fresh cheese.

In the experimental methodology, it was proposed to characterize bovine blood by proximal chemistry and physical chemistry, likewise, bovine blood was microencapsulated by the ionic gelation method to minimize solubility and hygroscopicity, which were applied to fresh cheese and the useful life was evaluated at room temperature (13-18°C) and refrigeration (4-5°C).

In the results, 80% humidity, 16.4% protein, 6.64 mg/100g of iron were determined, as well as a pH of 7.33 in bovine blood, being adequate quality values. In the microencapsulation of bovine blood, the minimum value of 3.10% solubility was determined (X1: 30% Maltodextrin, X2: 2% sodium alginate and X3: 1% calcium chloride). In hygroscopicity, the minimum value of 4.33% was determined (X1: 25% Maltodextrin, X2: 1.50% sodium alginate and X3: 1.49% calcium chloride). In the fortification of fresh cheese, treatment T1 reached 19.20 mg Fe/100 g of fortified fresh cheese; In acceptability, the T1 treatment reached the highest average of 4.39 on the hedonic scale, resulting in the T0, T1 and T2 treatments being statistically equal, with the microcapsules not influencing acceptability. In addition, the shelf life of the optimal fortified fresh cheese was estimated after 15 days of storage at room temperature 13 - 18°C, reporting <10 CFU/g for molds and yeasts, >1100 MPN/g for total coliforms not complying Ministerial Resolution No. 591-2008, at a refrigeration temperature of 4° - 5°C, reported <10 UFC/g for molds and yeasts, <100 NMP/g for total coliforms, complying with Ministerial Resolution No. 591-2008 for fresh cheese.

Finally, it is concluded that microencapsulating bovine blood by the ionic gelation method allows it to be applied in the fortification of fresh cheese, reaching a good concentration of bioavailable iron and acceptability.

**Key words:** Fresh cheese, microencapsulation, bovine blood.

## INDICE

### Contenido

<b>DEDICATORIA</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>INDICE</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: MARCO TEORICO</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes de la investigación .....	3
1.2. Sangre de bovino.....	6
1.2.1. Composición nutricional de la sangre bovina .....	7
1.2.2. Recolección de la sangre .....	8
1.2.3. Anticoagulantes en el tratamiento de la sangre .....	10
1.2.4. Necesidad de hierro en la dieta humana .....	13
1.2.5. Usos de la sangre.....	14
1.3. Microencapsulación.....	15
1.3.1. Gelificación iónica.....	19
1.3.2. Encapsulantes.....	20
1.3.3. Microencapsulación del hierro .....	23
1.3.4. Razones para encapsular hierro.....	23
1.4. Fortificación .....	25
1.4.1. Principios para la fortificación .....	27
1.4.2. Vehículos alimenticios en la fortificación .....	28
<b>CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS</b>	<b>32</b>
2.1. Lugar de ejecución .....	32
2.2. Materia prima .....	32
2.3. Insumos.....	32
2.4. Materiales .....	32
2.5. Equipos .....	33
2.6. Reactivos .....	34
2.7. Población y muestra .....	34
2.7.1. Población .....	34
2.7.2. Muestra .....	34
<b>2.8. HIPOTESIS</b> .....	<b>34</b>
2.8.1. Hipótesis principal.....	34
2.8.2. Hipótesis secundarias .....	35

<b>2.9. VARIABLES E INDICADORES</b> .....	<b>35</b>
2.9.1. Variable dependiente .....	35
2.9.2. Variable Independiente: .....	35
2.10. Metodología experimental .....	36
2.10.1. Composición químico proximal de la sangre .....	36
2.10.2. Optimización de la microencapsulación de la sangre bovina .....	37
2.10.3. Fortificación del queso fresco.....	40
2.10.4. Análisis químico proximal del queso fresco .....	43
2.10.5. Análisis físico químico del queso fresco .....	44
2.10.6. Análisis microbiológico del queso fresco .....	44
2.11. Diseño estadístico de la investigación .....	44
2.12. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	46
2.13. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	47
<b>CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>48</b>
3.1. Análisis químico proximal de la sangre bovina.....	48
3.2. Obtención de las microcápsulas de sangre bovina por MSB .....	49
3.2.1. Variable respuesta solubilidad .....	49
3.2.2. Variable respuesta higroscopicidad .....	53
3.3. Fortificación del queso fresco con MSB .....	57
3.3.1. Evaluación del contenido de hierro hemólico .....	57
3.3.2. Evaluación de la aceptabilidad .....	60
3.4. Análisis químico proximal y físico químico del queso fresco .....	62
3.5. Análisis de evaluación de vida útil.....	64
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>69</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>70</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Composición química aproximada de sangre (g/100 g porción comestible).	8
<b>Tabla 2</b> Escala sensorial de aceptabilidad para el queso fresco.	42
<b>Tabla 3</b> Niveles de las variables del proceso – Diseño Box-Behnken.	45
<b>Tabla 4</b> Diseño de Box-behnken para el análisis de superficie con tres puntos centrales.	45
<b>Tabla 5</b> Composición químico proximal de la sangre bovina en 100 g	48
<b>Tabla 6</b> Composición físico químicas de la sangre bovina.	49
<b>Tabla 7</b> Porcentaje de solubilidad según los tratamientos.	50
<b>Tabla 8</b> ANVA para la minimización de la solubilidad de las microcápsulas de sangre bovina.	51
<b>Tabla 9</b> Valores óptimos para la minimización del % de solubilidad de las microcápsulas de sangre bovina.	53
<b>Tabla 10</b> Porcentaje de higroscopicidad según los tratamientos.	54
<b>Tabla 11</b> ANVA de la higroscopicidad - microcápsulas de sangre bovina.	55
<b>Tabla 12</b> Valores óptimos para la higroscopicidad de las microcápsulas de sangre bovina.	57
<b>Tabla 13</b> Contenido de hierro hemólico en queso fresco (mg/100 g).	57
<b>Tabla 14</b> Análisis de varianza para la fortificación de queso fresco.	59
<b>Tabla 15</b> Prueba de ordenamiento de tuckey con un nivel de confianza del 95%.	59
<b>Tabla 16</b> Análisis de varianza de la aceptabilidad en queso fresco fortificado.	61
<b>Tabla 17</b> Prueba de Tuckey para el atributo aceptabilidad.	62
<b>Tabla 18</b> Composición químico proximal del queso fresco fortificado.	62
<b>Tabla 19</b> Composición físico química del queso fresco fortificado.	63
<b>Tabla 20</b> Análisis microbiológico del queso fresco fortificado a 13-18°C.	65
<b>Tabla 21</b> Análisis microbiológico del queso fresco fortificado a 4-5°C.	65



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Sangre de bovino.....	6
<b>Figura 2</b> Tecnología de la microencapsulación.....	16
<b>Figura 3</b> Liberación del principio activo de las microcápsulas. ....	18
<b>Figura 4</b> Morfología de diferentes tipos de microcápsulas. ....	19
<b>Figura 5</b> Principales razones para encapsular el hierro.....	25
<b>Figura 6</b> Diseño experimental de la investigación. ....	36
<b>Figura 7</b> Flujograma del proceso de la microencapsulación de la sangre bovina.....	37
<b>Figura 8</b> Flujograma de fortificación del queso fresco.....	41
<b>Figura 9</b> Superficie de respuesta de la solubilidad. ....	51
<b>Figura 10</b> Diagrama de Pareto estandarizada para solubilidad. ....	52
<b>Figura 11</b> Superficie de respuesta de la higroscopicidad. ....	55
<b>Figura 12</b> Efecto de los factores sobre la higroscopicidad de las microcápsulas de sangre bovina. ....	56
<b>Figura 13</b> Grafica de intervalos de respuestas vs. tratamientos.....	58
<b>Figura 14</b> Evaluación sensorial de la aceptabilidad del queso fresco fortificado con MSB.....	60
<b>Figura 15</b> Variación de la acidez y el pH en los tratamientos optimizados. ....	64

## INTRODUCCIÓN

El hierro es un micronutriente cuya homeostasis está registrada en gran medida por la absorción intestinal de hierro, por lo que es trascendental una dieta rica en este mineral; sin embargo, existe una gran población que por razones económicas y de hábitos de consumo no realiza un consumo eficiente de micronutrientes, principalmente el hierro.

En la región de Ayacucho existe muchos recursos que se puede aprovechar para suplir esta deficiencia, sin embargo, el hierro hemólico que contiene la sangre de bovino es la más eficiente para su bioadsorción en el organismo humano, pero por su apariencia y sabor a veces no es considerado como una buena opción de consumo.

Ante ello actualmente existe muchas tecnologías como la microencapsulación que nos puede permitir mejorar su consumo, por lo que se identificó el siguiente problema: ¿Sera posible la Microencapsulación de sangre de bovino por el método de gelificación iónica y aplicarlo en la fortificación de queso fresco?

Pero existen estrategias en todo el mundo que pueden apoyar a mejorar la calidad de vida de los individuos y prevenir el aumento de la anemia y otras enfermedades ante este problema. Las estrategias incluyen la fortificación de alimentos y la microencapsulación, por lo que el proyecto de investigación propone microencapsular la sangre de bovino para mejorar su estabilidad y aplicarlo en la fortificación del queso fresco como vehículo para mejorar la biodisponibilidad del hierro en personas con consumo deficiente de micronutrientes.

## **Formulación del problema**

### **a) Problema general:**

¿Será posible la Microencapsulación de sangre de bovino por el método de gelificación iónica y aplicarlo en la fortificación de queso?

### **b) Problemas específicos:**

¿Cuál es la composición químico proximal y características físico química de la sangre bovina?

¿La optimización de la microencapsulación de la sangre bovina permitirá mejorar su solubilidad e higroscopicidad?

¿La fortificación del queso fresco con sangre de bovino microencapsulada mejorara el contenido de hierro y su aceptabilidad?

## **Formulación de objetivos**

### **Objetivo general**

Microencapsular sangre de bovino por el método de gelificación iónica para su aplicación en la fortificación de queso fresco.

### **Objetivos específicos**

- a) Evaluar la composición químico proximal y las características físicas químicas en la sangre bovina.
- b) Optimizar la microencapsulación de la sangre bovina por el método de gelificación iónica para mejorar la estabilidad en solubilidad e higroscopicidad.
- c) Evaluar la fortificación del queso fresco con sangre de bovino microencapsulada a través del contenido de hierro y su aceptabilidad

## CAPITULO I: MARCO TEORICO

### 1.1. Antecedentes de la investigación

Aroca & Proaño, (2020), en su investigación manifiesta que: “La ingesta insuficiente de oligoelementos en la dieta diaria puede provocar enfermedades no transmisibles a medio y largo plazo. No obstante, existen estrategias como la fortificación y microencapsulación de alimentos. En esta investigación se encapsuló aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Sacha inchi) en micropartículas de pectina mediante el método de gelificación iónica. Las cuales se le añadió sangre bovina en cuatro concentraciones acuosas (4, 6, 8 y 10%). De estas cuatro concentraciones se prosiguió a elegir al tratamiento de mayor contenido de proteína para ser expuesta a condiciones gastrointestinales in vitro.

Seguidamente ser liofilizada, y con ello formular tres niveles de fortificación (5,10 y 15%), además de un producto sin fortificar (0%) para luego ser añadida a galletas. Las galletas fortificadas fueron analizadas de acuerdo a su composición centesimal, análisis microbiológico y evaluación de atributos sensoriales. Respecto a la composición centesimal, el contenido de hierro fue mayor en las galletas fortificadas con 5, 10 y 15% (11.55 mg/100 g, 12.35 mg/100 g, 12.59 mg/100g, respectivamente) que la galleta sin fortificar 6.17 mg/100g. Y según la diferencia en el contenido de micropartículas utilizadas, el nivel de fortificación 5% influye positivamente en el perfil sensorial del producto. En cuanto al sabor fue mayor en ser agradable. Y aumenta la sensación de crocantes de las mismas. Además, se encontró diferencia significativa (valor  $p=0,001$ ) entre los tratamientos de galletas con nivel de fortificación de 0, 5, 10 y 15%. Por lo tanto, el uso de micropartículas de pectina recubiertas con sangre bovino en los alimentos puede ser utilizado con fines alimentarios y ser considerado como una estrategia adicional para los programas sociales de apoyo alimentario”.

Nieto, (2019), en su investigación planteo como “objetivo la formulación de una sopa instantánea con alto contenido nutricional a base de harina de sangre de vacuno encapsulada. Se contó con sangre de vacunos del camal Frigorífico. Se preparó las verduras deshidratadas junto con otros ingredientes y se realizó la mezcla para elaborar los tratamientos de la sopa instantánea. El análisis fisicoquímico de la sangre de vacuno presentó 83,71% humedad; 15,01% proteínas; 0,74% cenizas; 0,2% grasa; 63,2 kcal/100g energía total; 0,038 % de hierro; y el encapsulada de harina de sangre de vacuno tuvo en base húmeda: 5,77% humedad; 71,68% proteínas; 0,22% extracto etéreo; 12,6% cenizas; 9,73% extracto no nitrogenado y de 0,16% hierro; Los tratamientos en la formulación de las sopas instantáneas fueron T1:5% de harina de sangre de vacuno encapsulado y 0% de zanahoria; T2:2,5% de harina de sangre de vacuno encapsulado y 2,5% de zanahoria; T3:0% de harina de sangre de vacuno encapsulado y 5% de zanahoria; según el análisis fisicoquímico de la sopa instantánea se obtuvo que el tratamiento T2 es el más adecuado en cuanto a su valor nutritivo, presentando 7,25% de humedad; 12,19% proteína; 1,9% grasa cruda; 0,68 % fibra cruda; 13,81% cenizas; 64,84% carbohidratos; 0,35% acidez; 13,71% hierro y 322,59 Kcal/100g energía total, y en el caso de la apreciación general organoléptica donde se trabajó con una escala hedónica de 1 al 5, donde arrojó un valor de 4,16”.

Villamil, y otros, (2020), en su investigación, manifiestan que “el grupo de la leche y sus derivados ha sido ampliamente estudiado, debido a su alta calidad nutricional y sus potenciales beneficios en salud, contribuyendo así a la modulación y prevención de enfermedades no transmisibles (ENT). Además, son productos de gran aceptación por la población mundial y poseen una alta versatilidad tecnológica. Por lo anterior, se buscó establecer un marco de referencia en torno a la investigación en el desarrollo de alimentos funcionales derivados de la matriz láctea. En la actualidad, los principales compuestos bioactivos adicionados en el desarrollo de derivados lácteos funcionales son prebióticos, probióticos, fibra, antioxidantes y ácidos grasos insaturados

y la principal estrategia tecnológica empleada para su adición es la encapsulación, debido a que promueve la retención de nutrientes en la matriz láctea, su estabilidad y biodisponibilidad en el organismo, potenciando los beneficios en salud de los mismos. Se ha visto que los beneficios en salud de los lácteos funcionales se centran en la mejora de biomarcadores de salud cardio-metabólica, regulación del apetito y la saciedad y modulación del microbiota intestinal, dependiendo del compuesto adicionado. En conclusión, el desarrollo de productos lácteos funcionales hoy en día se constituye como una tendencia mundial de exploración científica, que ha evolucionado debido a su versatilidad como vehículo de compuestos bioactivos con potenciales efectos benéficos en la salud de los individuos y de las poblaciones, sin embargo, es necesario realizar más estudios que respalden los beneficios en salud de estos alimentos sobre diferentes enfermedades”.

Villacresis, (2023), en su investigación tuvo como “objetivo general de este trabajo de investigación fue efectuar la optimización de una mezcla alimenticia fortificada con hierro orgánico microencapsulado por el método de Box-Behnken. La metodología de la optimización de la mezcla se desarrolló en las siguientes etapas, primero se realizó la obtención del hierro orgánico microencapsulado, como segundo paso se hizo la optimización de la mezcla alimenticia mediante sus variables X1 (camote al 50% – 70%), X2 (maracuyá al 10% – 20%) y X3 (hierro orgánico microencapsulado al 0,5% - 2%) por el método de Box-Behnken que nos formuló 15 tratamientos y las variables respuesta fueron el contenido de hierro biodisponible y la aceptabilidad que fue realizada mediante la calificación en una escala hedónica a 30 niños.

El valor óptimo para la formulación de la mezcla alimenticia alcanzó un promedio de 4,29 en la escala hedónica y del cual se obtuvo el tratamiento óptimo que fue (61,54% de camote; 13,79% de zumo de maracuyá y 2% de hierro microencapsulado); la mezcla óptima fue sometida al análisis químico proximal y fisicoquímico, teniendo como resultado: proteínas 5,70%, grasas 1,10%, humedad 83,90%, ceniza 2,10 %, fibra cruda 2,80%, carbohidratos 7,20%, pH 4,1, acidez (ac. cítrico) 3,58% , sólidos solubles 13,90

°Brix, en cuanto a los resultados de evaluación del tiempo de vida útil posterior a los 24 días mediante el recuento de mohos y levaduras fueron: < 10 UFC/g para mohos y < 10 UFC/g para levaduras, en la muestra a temperatura de refrigeración (4°C) y < 10 UFC/g para mohos y < 10 UFC/g para levaduras a temperatura ambiente (22 a 24°C) .Estos valores se encuentran dentro de los parámetros reportados (100 – 200 UFC/g) para recuento de mohos y levaduras en la Norma Técnica Colombiana (1997) , por lo que podemos afirmar que el producto puede ser lanzado a un mercado nacional e incluso internacional”.

## 1.2. Sangre de bovino

La sangre es un líquido viscoso que consiste en una suspensión de componentes formados (glóbulos blancos, glóbulos rojos y plaquetas) en un medio coloidal (plasma). La sangre es opaca porque contiene una gran cantidad de células y, por lo tanto, hemoglobina transportada por los glóbulos rojos (Farreras, 1992).

La sangre es el líquido rojo de la sangre de los animales. Es un producto obtenido tras el sacrificio del ganado vacuno y ha sido preprocesado para el consumo humano. (Beltrán & Perdomo, 2007).

### Figura 1

*Sangre de bovino.*



**Nota:** tomado de (UMAMI, 2023).

La sangre es un líquido opaco, rojo y viscoso porque contiene células como glóbulos blancos, plaquetas y glóbulos rojos. El color rojo de la sangre proviene de los átomos de hierro.

La sangre está compuesta proteínas (18%), aminoácidos esenciales (lisina, leucina y triptófano) y, lo más importante, es un germen de hierro hemo, lo que la convierte en un subproducto importante y deseable en la fortificación de alimentos (Nontol, 2016; Galarza & CAIRO, 2013).

### **1.2.1. Composición nutricional de la sangre bovina**

La sangre bovina es una fuente rica en proteínas y hierro hemo, que tiene un alto valor biológico debido a su alta capacidad de absorción en el intestino humano (Contexto-ganadero, 2019).

La sangre consiste en plasma, un componente rico en proteínas que contiene componentes celulares suspendidos como glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas. Los glóbulos rojos tienen forma de disco, no nucleados y flexibles. Estas células sanguíneas contienen un pigmento sanguíneo llamado hemoglobina. Los glóbulos blancos son células con núcleo, pero sin membrana ni color, y son mucho más pequeños que los glóbulos rojos. Además de las sales sanguíneas (fosfato de potasio, cloruro de sodio y pequeñas cantidades de calcio, magnesio y sales de hierro), el plasma también contiene una gran cantidad de proteínas, como albúmina, diversas globulinas y

Por su valor nutricional intrínseco, la comunidad científica no es ajena a su uso en diversos campos de investigación como el farmacéutico, la biomedicina, la industria de los alimentos y en especial en los centros médicos donde es muy recomendable (Mullen et al. 2015). La industria alimentaria pone gran énfasis en el uso de sangre bovina en su forma natural (sangrecita) o en productos procesados industrialmente (alimentos enriquecidos) para aumentar su valor nutricional cuando el ser humano la



consume en la dieta (Mullen, Álvares, Pojié, Hadnadev, & Papageorgiou, 2015; Ofori & Hsieh, 2012).

La sangre total se compone de 80% a 82% de agua, 18% a 20% de sólidos totales y 13% a 15% de proteínas (incluidos los sólidos totales) (Ortiz, 2022).

El cuerpo absorbe sólo el 10% del hierro de nuestra dieta. Esto significa que si consumimos 10-20 mg de hierro, nuestro cuerpo sólo podrá obtener 1-2 mg de este mineral. El 75% se utiliza para la producción de hemoglobina, entre el 10% y el 20% se acumula en el hígado y el corazón, y entre el 5% y el 15% se utiliza para otras funciones corporales. El hierro no absorbido se excreta en la orina, las heces y el sudor (Documet-Petrik, 2015).

Los compuestos nitrogenados de bajo peso molecular presentes en la sangre son especialmente urea, seguida de aminoácidos, ácido úrico, creatina y creatinina (Belitz & Grosch, 1997).

En la tabla 1 se detalla la composición química de la sangre resaltando un mayor porcentaje de agua y proteínas.

**Tabla 1**

*Composición química proximal de la sangre (g/100 g porción comestible).*

<b>Componentes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>
Energía	Kj	335.000
Agua	g	80.500
Proteína*	g	17.300
Grasas	g	0.130
Carbohidratos	g	0.065

**Nota:** Tomado de (Belitz & Grosch, 1997).

\* 1,2 g de globulinas, 2,3 g de albúminas y 13,8 g de hemoglobinas

### **1.2.2. Recolección de la sangre**

Según Ortiz, (2022), la recolección de sangre adecuada requiere cuidar todos los aspectos de la vaca, comenzando por su salud, la cual se debe asegurar a través de

controles veterinarios y pasos previos al sacrificio, los explicaré con el mayor detalle posible:

- a) Es importante prestar atención a todas las partes del proceso para avalar una calidad óptima de la sangre para la nutrición humana y animal y evitar la contaminación física, biológica y química.
- b) Antes y después del aturdimiento, las canales deben higienizar con agua a presión a temperatura ambiente o fría para eliminar cualquier suciedad que pueda comprometer la seguridad de la sangre recolectada. Después de aturdir el cadáver con una pistola de gas a una presión de 170 a 180 libras, debe levantarse inmediatamente por el riesgo de coágulos de sangre.
- c) La carne se debe cortar con un cuchillo de acero inoxidable, cortar de 15 a 30 cm de piel desde el esternón hasta la mandíbula, evitando cortar el cuello y la vena yugular, luego utiliza un cuchillo chupa sangre con la punta en una bolsa de citrato de sodio o tripolifosfato de sodio. La solución anticoagulante se debe inyectar en el esternón de la vena cava anterior con un cuchillo hueco de acero inoxidable, asimismo se debe realizar el mismo procedimiento en el cerdo para abrir la piel, pero con una longitud más corta, de 8 a 10 cm. Esterilice siempre los cuchillos afilados y los cuchillos perforadores con agua caliente a 85°C.
- d) El tiempo promedio de recolección de sangre después de la punción es de 2-3 minutos, aquí es importante asegurarse de que el animal tenga suficiente espacio para moverse después de la punción para recolectar la sangre previamente calculada y evitar aglomeraciones después de la punción. El tiempo de sangrado depende del tamaño de la canal, cuanto mayor sea el tamaño de la canal, mayor será el tiempo de sangrado y el tiempo de colgado. El uso de bolsas recolectoras aumenta la tasa de recolección de sangre, aunque más del 90% de la sangre se recolecta en el primer minuto después del sangrado.

- e) La sangre puede congelarse o no antes de la separación. El enfriamiento es necesario si el proceso de separación no es temporal; la separación en caliente es posible si la separación se hace en el matadero y el tiempo de espera es de al menos 3 horas, evitando así el tiempo de espera de 16 a 18 horas para alcanzar una temperatura baja de 4 a 5°C.

### **1.2.3. Anticoagulantes en el tratamiento de la sangre**

En el aprovechamiento de la sangre una de los problemas es el proceso de coagulación. Después de sangrar a un animal, la sangre coagula en un plazo de 3 a 10 minutos, dependiendo de la temperatura ambiente, ya que la trombina convierte el fibrinógeno soluble de la sangre en fibrina insoluble. En la sangre circulante de animales vivos no se produce coagulación debido a la presencia de anticoagulantes naturales (Paredes, Díaz, Gonzales, & Rendueles de la Vega, 2003).

Los anticoagulantes son compuestos químicos que previenen o retardan la coagulación de la sangre y proporcionan un tratamiento adicional de separación de sangre y análisis de muestras (Muñoz-Fernández, 2015).

Los anticoagulantes son sustratos que poseen la misma finalidad de evitar la formación de coágulos de fibrina, pero tienen un mecanismo de acción diferente. Existen sustancias que prescinden los iones de calcio del medio, como el citrato de sodio o el oxalato de sodio, o utilizan EDTA como quelante de calcio.

Asimismo existen anticoagulantes naturales que inhabilitan la conversión de protrombina en trombina, como la heparina, que se vende como sal de sodio, disuelta o de calcio. Otros métodos para inhibir la coagulación sanguínea se basan en la separación de la fibrina producida en forma filamentosa del fibrinógeno disuelto en ella. Esta abstención se logra agitando vigorosamente la sangre inmediatamente después de

la recolección y eliminando la fibrina adherida al agitador, aunque este proceso suele dañar los glóbulos rojos (Paredes, Díaz, Gonzales, & Rendueles de la Vega, 2003).

Las principales propiedades de los anticoagulantes son:

- No cambie el tamaño de los glóbulos rojos.
- Sin hemólisis.
- Evite la agregación plaquetaria tanto como sea posible.
- No cambia la morfología de los glóbulos blancos.
- Guardar muestras.

Los anticoagulantes más utilizados al recolectar muestras de sangre para varios análisis y métodos de laboratorio son los siguientes:

**a) EDTA (Ácido etilen diamino tetra acético - $C_{10}H_{16}N_2O_8$ )**

Libre, disponible como disódico ( $Na_2EDTA$ ), dipotásico o tripotásico ( $K_2EDTA$  -  $K_3EDTA$ ), funciona para quelar el calcio ( $Ca_2$ ). Al inmovilizarlo, bloquea la activación de la trombina (protrombina), conversión de fibrinógeno en fibrina, evitando así la formación de coágulos sanguíneos. Las sales de potasio son más solubles en la sangre que las sales de sodio. En relación a la contraste entre  $K_2EDTA$  y  $K_3EDTA$ , es tan baja en relación a los valores alcanzados en diferentes biomasas que se considera que su uso ambiguo no cambiaría en nada los resultados (Paredes, Díaz, Gonzales, & Rendueles de la Vega, 2003).

El EDTA es un anticoagulante que suministra muestras útiles para varios análisis de laboratorio, exámenes bioquímicos, biología molecular (ADN, ARN, microARN...), proteómica, etc. Asimismo, se maneja en estudios cuantitativos de células sanguíneas, incl. Hemogramas y estudios morfológicos (hemogramas) y estudios inmunohematológicos (grupos sanguíneos, ensayos de semejanza, etc.). Entonces, si no sabes qué tipo de derivado estás recibiendo cuando te haces un análisis de sangre. (plasma, células mononucleares de sangre periférica (PMBC), ADN...) o qué tipo de test

se manejará, se pide que recoge la muestra con Ácido etilen diamino tetra acético. Generalmente, cuando se almacenan los componentes sanguíneos a 4°C, el EDTA puede garantizar el almacenamiento de los componentes sanguíneos durante 24 horas, pero la temperatura de almacenamiento de la sangre con EDTA también varía según los componentes sanguíneos obtenidos (Paredes, Díaz, Gonzales, & Rendueles de la Vega, 2003).

#### **b) Heparina**

La heparina es una mezcla de glicosaminoglicanos con un número variable de residuos que les confieren una carga negativa. Lo encontramos como sal de sodio, potasio, amonio o litio. Inhibe la activación de la protrombina a trombina y así previene la formación de fibrina a partir del fibrinógeno. La heparina de litio se usa frecuentemente en pruebas bioquímicas para obtener PBMC y capturar células, y la heparina de sodio se usa para el recuento de células. Además, la heparina es un anticoagulante que se utiliza en los gases sanguíneos. Al igual que con las muestras con EDTA, la sangre heparinizada debe procesarse lo antes posible para la recolección de plasma, preferiblemente dentro de las 3 horas si se almacena a temperatura ambiente (Paredes, Díaz, Gonzales, & Rendueles de la Vega, 2003).

#### **c) Citrato trisódico (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>Na<sub>3</sub>)**

Actúa impidiendo la ionización del calcio y evitando así la coagulación. La proporción es 1 parte de solución acuosa al 3,8 o 3,2% por 9 partes de sangre completa. El citrato es el anticoagulante de elección cuando se recolecta plasma para pruebas de coagulación y plaquetas para pruebas de función plaquetaria. El tiempo máximo entre la extracción de sangre y su procesamiento depende del destino de la muestra. Generalmente, la sangre citratada almacenada a temperatura ambiente debe

procesarse lo antes posible. Para el análisis de coagulación no debe exceder las 4 horas (Paredes, Díaz, Gonzales, & Rendueles de la Vega, 2003).

#### **1.2.4. Necesidad de hierro en la dieta humana**

El hierro es esencial en las vías de los nutrientes para varias funciones, como el transporte de oxígeno, la proliferación celular, la inmunidad, la síntesis de ADN, la producción de energía y más. Los adultos tienen 3-4 gramos de hierro en su cuerpo y lo obtienen a través de los alimentos, la dieta habitual para los occidentales es de 7 mg por cada 1000 calorías; sin embargo, solo se absorben 1-2 mg por día (Durán, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017).

Hay dos tipos de hierro en la dieta humana típica:

##### **a. Hierro hemo**

El hierro hemo proviene de la carne, las vísceras y los alimentos con sangre que contienen mioglobina y hemoglobina (Durán, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017).

Gómez & Sarasti, (2023), concuerdan en que tratar de obtener hierro en la sangre a partir de sangre de vaca procesada es algo bueno, porque el cuerpo absorbe fácilmente el elemento en 25%, pero la tasa de absorción de hierro inorgánico es solo 5%.

##### **b. Hierro no hemo.**

El hierro no hemo, es obtenido de fuentes alimenticias como los cereales, lácteos, legumbres y verduras se encuentran en alimentos como las sales de hierro ( $\text{Fe}^{+3}$ ) o ferrosa ( $\text{Fe}^{+2}$ ), tiene una baja tasa de absorción del 2% al 7% (Contexto-ganadero, 2019; Durán, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017).

Los compuestos de hierro no hemo comúnmente utilizados son: sulfato ferroso, gluconato ferroso, lactato ferroso, citrato de amonio ferroso, fumarato ferroso, succinato ferroso, sacarosa ferrosa y EDTA ferroso (Durán, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017).

#### **1.2.5. Usos de la sangre**

A lo largo de la historia, el uso de la sangre en diversas culturas culinarias del mundo no es nada nuevo, ha sido cocinada de forma perfecta y normal, por ejemplo en países sudamericanos como Chile, Brasil, Ecuador y países como China, Tíbet, Portugal, etc. (El comercio, 2018).

Según Ortiz, (2022), el uso de subproductos de sangre animal como fuente potencial de nutrición humana fue ampliamente discutido en una reciente reunión de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para aliviar la escasez global de alimentos ricos en proteínas.

El “aprovechamiento del grupo hemo como fuente de hierro nutricional se presenta como una alternativa integral par frente a la deficiencia de este micronutriente en la población mundial, según lo reportan organizaciones internacionales como FAO, OMS, UNICEF, el Instituto Nacional de Salud y el ICBF” (Contexto-ganadero, 2019).

El hecho de que, al separar la sangre, el plasma resultante se incorpore inofensivamente a las salchichas cocidas, mientras que la hemoglobina (que tiene más sólidos que la sangre entera) se seque por aspersion, supone un importante ahorro para el proceso. Esta hemoglobina es competitiva y puede utilizarse como fuente de proteínas para una dieta equilibrada, como fertilizante natural para diversos cultivos y como potenciador en los alimentos (Ortiz, 2022).

El uso de la sangre tiene implicaciones económicas muy importantes, ya que sus proteínas son un nutriente importante para el consumo humano y animal, lo que la hace

económicamente viable como una importante fuente de ingresos para los mataderos, pero esto debe entenderse. Factores que inciden en la calidad y el costo, debido a que existe una alta demanda en el mercado regional, solo se necesita combinar 2 factores básicos y generales: calidad y precio (Ortiz, 2022).

El plasma tiene muchos usos como:

- La gente lo utiliza como ingrediente en la producción de carne.
- Productos molidos y encurtidos (hamburguesas, salchichas y embutidos).
- Productos emulsionados (mortadela, embutidos, jamón, embutidos, etc.).
- Prensados y platos de carne (jamón, filete, rosbif, pavo y pollo relleno).
- Mejorando sus propiedades funcionales en la industria de la panadería.

### **1.3. Microencapsulación**

La microencapsulación es un proceso en el que se introducen determinadas sustancias bioactivas (perfumes, fragancias, colorantes, fármacos, vitaminas, aceites esenciales, etc.) en una matriz o sistema de pared con el fin de controlar su liberación, protegerlas de procesos como oxidación, evaporación, degradación térmica o migración en alimentos (Palzer, 2009).

La microencapsulación permite conseguir matrices capaces de proteger y mantener la estabilidad de sustancias biológicamente activas en condiciones adversas. El principio de la microencapsulación es la encapsulación de sustancias activas (vitaminas, perfumes, aceites) para proteger sus componentes de las permutaciones ambientales.

El material activo es la fase interna, el material que la recubre se llama pared y los dos materiales no reaccionan entre sí (Pedroza, 2002; Rengifo & Torres, 2018).

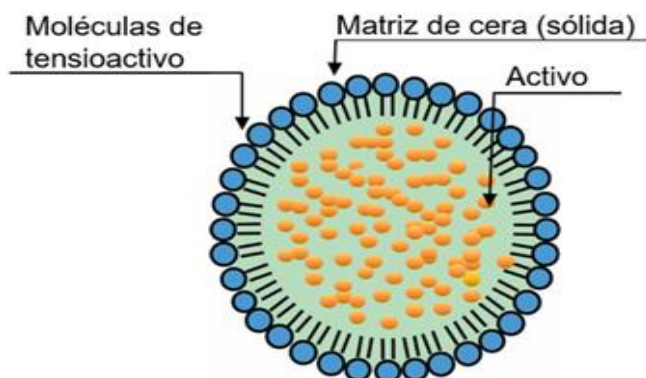
El proceso de microencapsulación implica encapsular materiales sólidos, líquidos o gaseosos mediante la aplicación de capas delgadas llamadas paredes a



partículas del tamaño de una micra, lo que da como resultado una membrana semipermeable (un polímero delgado y fuerte que rodea y contiene el material de interés). Consta de microcápsulas conocidas como núcleo internuclear o activo. Estas microcápsulas liberan su contenido a un ritmo controlado bajo ciertas condiciones, mientras protegen los compuestos encapsulados de la luz y el oxígeno, logrando así la función de preservar las propiedades biológicas o fisicoquímicas. Las sustancias que se pueden microencapsular incluyen vitaminas, minerales, colorantes, prebióticos, probióticos, saborizantes, antioxidantes, aceites esenciales y enzimas (Parzanese, 2013).

## Figura 2

*Tecnología de la microencapsulación.*



**Nota:** Tomado de (LAURENTIA-TECHNOLOGIES, 2023)

El método de microencapsulación más manejado es el secado por aspersión porque es idóneo de convertir soluciones, emulsiones, suspensiones o dispersiones líquidas en productos completamente secos y estables. Este tipo de secado es muy manejado en la industria alimentaria porque es un método eficaz para encapsular varios materiales (Lozano, 2009).

El método se basa en pulverizar la solución a secar en forma de gotas muy finas en una corriente de aire caliente (normalmente aire). Las partículas que forman una

geometría esférica aparecen como esferas huecas con diámetros entre 20  $\mu\text{m}$  y 200  $\mu\text{m}$ . La temperatura del aire caliente entrante varía de 100 a 200 C.

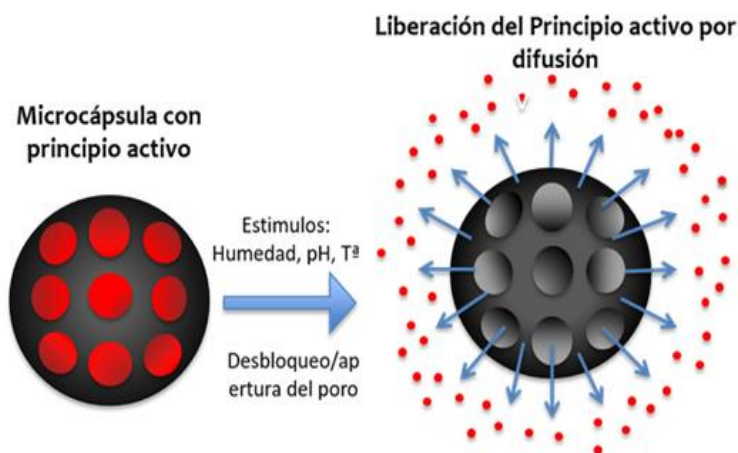
A pesar de la temperatura relativamente alta, debido al corto tiempo de secado (fracción de segundo), las gotas pulverizadas solo se calientan hasta los 40 °C, lo que previene la degradación del producto porque el calor se elimina por evaporación del disolvente a pesar del aire caliente. Este método se puede usar en operaciones de recubrimiento tanto sólidas como líquidas porque cuando el solvente se evapora, el material de recubrimiento cubre las partículas que pueden usarse para enmascarar olores y sabores (López, 2010).

Estas microcápsulas tienen entre 0,5 y 5  $\mu\text{m}$  de diámetro y proporcionan una barrera que aísla y protege los compuestos activos del ambiente externo. Además, las microcápsulas brindan una liberación controlada de ingredientes activos en condiciones específicas que satisfacen necesidades específicas (LAURENTIA-TECHNOLOGIES, 2023).

La velocidad de liberación del principio activo se puede ajustar controlando el grosor de la cubierta, el tamaño de los poros y otros parámetros. Además, se pueden diseñar microcápsulas para que el principio activo se libere sólo bajo determinadas condiciones o estímulos, incluyendo una segunda cubierta que se disuelva bajo dichos estímulos (LAURENTIA-TECHNOLOGIES, 2023).

### Figura 3

*Liberación del principio activo de las microcápsulas.*



**Nota:** Tomado de (LAURENTIA-TECHNOLOGIES, 2023)

Según Vehring, (2008), existen diferentes tipos de microcápsulas más complejas, que se pueden clasificar según su estructura:

#### **a) Sistema reservorio o capsular**

El material activo está contenido en un depósito, que puede ser de naturaleza líquida o sólida, rodeado por una película delgada. La Figura 3 muestra el caso donde la partícula está intacta por dentro (Figura 3a) o parcialmente hueca por dentro, formando una microcápsula hueca (Figura 3b).

#### **b) Sistema matricial**

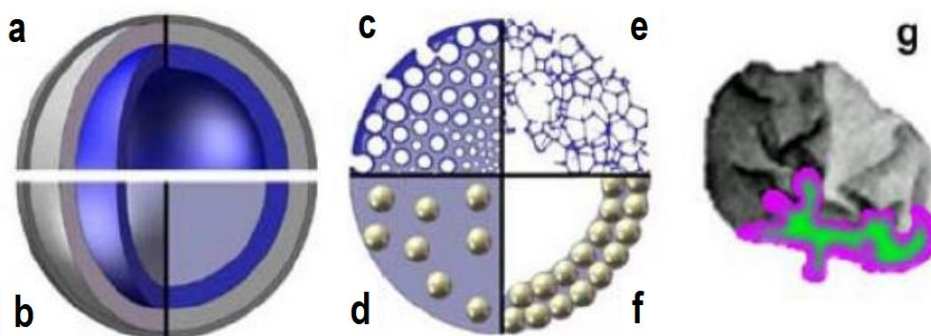
Los ingredientes activos están altamente dispersos en la matriz polimérica. Podemos utilizar estructuras en forma de espuma, donde el material activo se divide en microcápsulas y el recubrimiento permanece intacto (Fig. 3c) o en una estructura abierta en forma de red (Fig. 3e).

Asimismo, podemos encontrar microcápsulas cuyo sustrato está distribuido en el interior de la matriz, de forma de esferas llenas (Figura 2d) y periféricas (Figura 2f).

Un ejemplo de microcápsulas 2D es el uso de nanopartículas como materiales activos. La forma de las microcápsulas puede ser esférica o irregular (Fig.3g).

#### Figura 4

*Morfología de diferentes tipos de microcápsulas.*



**Nota:** Tomado de (Vehring, 2008).

Dependiendo de las propiedades fisicoquímicas del compuesto activo, la estructura de las paredes y la técnica de microencapsulación utilizada, se pueden obtener disímiles tipos de partículas, tal como se describió anteriormente.

##### 1.3.1. Gelificación iónica

La gelificación iónica es un método que proporciona un entorno de trabajo sencillo y de bajo coste. Durante este proceso, las moléculas de biopolímero interactúan con los iones de calcio (Rengifo y Torres 2018). Con el tiempo, estos iones endurecen el gel mediante una reacción química. En este método, el ingrediente activo encapsulado se suspende en una solución acuosa (solución de polisacárido), que luego se añade gota a gota a una solución acuosa de  $\text{CaCl}_2$  agitada. Cuando esto sucede, el compuesto comienza a gelificarse, formando una membrana o recubrimiento de polisacárido insoluble en agua, pero permeable (Rengifo & Torres, 2018; Lopez & Villalta, 2009).

### **1.3.2. Encapsulantes**

En este contexto, Silva, Stringheta, Teofilo, & Nolasco, (2013), manifiestan que la encapsulación es un proceso alternativo que aumenta la estabilidad de los compuestos susceptibles y los protege de condiciones ambientales adversas. Aunque se pueden usar diferentes tipos de encapsulantes, se deben considerar algunas características, incluida su capacidad de formación de película, biodegradabilidad, tolerancia gastrointestinal, viscosidad, contenido de sólidos, higroscopicidad y costo.

Los materiales de pared más comunes utilizados para la encapsulación de jugos de frutas y extractos de frutas son:

#### **a. La maltodextrina**

La maltodextrina es un polímero de glucosa obtenido a partir del almidón de maíz natural mediante hidrólisis ácida o hidrólisis enzimática. Productos de hidrólisis parcial de almidón para producir polímeros de D-glucosa, corrientemente clasificado por su nivel de hidrólisis indicado en equivalentes de glucosa (DE). La maltodextrina tiene un sabor neutro, color blanco, inodoro, fácil de digerir y bien tolerado por el cuerpo humano (Wrolstad, 2012). Tiene diversas propiedades físicas, químicas y funcionales, y es uno de los aditivos más manipulados en la industria alimentaria (Medina, 2013).

Las “maltodextrinas son compuestos solubles en agua que protegen los ingredientes encapsulados de la oxidación, tienen baja viscosidad, diferentes pesos moleculares y diferentes densidades de pared para materiales sensibles” (Ersus & Yurdagel, 2007). Estos “polisacáridos consisten en unidades de  $\beta$ -D-glucosa conectadas principalmente por enlaces glucosídicos (1-4) y generalmente se clasifican por su equivalente en glucosa (DE). La glucosa en la maltodextrina determina su poder reductor y es inversamente proporcional a su peso molecular. Se utiliza principalmente para materiales difíciles de secar, como jugos de frutas, especias y edulcorantes, para

reducir la viscosidad y los problemas de torta durante el almacenamiento, mejorando así la estabilidad del producto” (García, González, Ochoa, & Medrano, 2004).

En “microencapsulación, la maltodextrina es un buen compromiso entre costo y eficacia; tiene una baja viscosidad con una alta proporción de sólidos, está disponible en una variedad de pesos moleculares, es inodoro, incoloro y forma un polvo que fluye libremente. No afecta el sabor original, por lo que es muy utilizado en la industria alimentaria” (García, González, Ochoa, & Medrano, 2004).

#### ***b. La goma arábica (GA).***

La “goma arábica se utiliza principalmente debido a su alta solubilidad en agua, baja viscosidad y propiedades emulsionantes. Sin embargo, a pesar del buen desempeño, los encapsulantes pueden tener dificultades para exhibir todas las propiedades deseadas. Por lo tanto, el uso de mezclas de materiales de pared es una alternativa para aumentar aún más la eficiencia del proceso de encapsulación” (Cano-Chauca, Stringheta, Ramos, & Vidal, 2005; Tonon, Brabet, Pallet, Bratt, & Hubinger, 2009).

Es un polisacárido complejo con una estructura muy ramificada, cuyo esqueleto está formado por unidades de D-galactopiranosas, capaces de formar emulsiones estables en un amplio rango de pH (Reyes, 2010).

La goma arábica, un polímero natural biodegradable, se ha utilizado como matriz para encapsular enzimas como la endoglucanasa producida por las bacterias de *Thermomonospora*. En comparación con la enzima libre, la temperatura óptima (50-55 °C) para la endoglucanasa cambia, el valor del pH y la estabilidad aumentan significativamente, además protege la actividad de la enzima en presencia de agentes de limpieza y prolonga su vida útil (Madene, Scher, & Desobry, 2006).

La goma arábica se puede utilizar con otros agentes encapsulantes como la goma xantana y la maltodextrina, así como con almidón modificado y maltodextrina. La

combinación de goma arábiga con estos agentes (maltodextrina y almidón modificado) proporciona una mejor eficiencia y estabilidad de encapsulación (Maisuthisakul & Gordon, 2012).

### ***c. La goma de guar***

La goma de guar parcialmente hidrolizada (PHGG) y la povidona (PD) son encapsulantes potenciales, aunque no se han realizado muchas investigaciones sobre la encapsulación de alimentos. PHGG es insípido, incoloro, inodoro, de baja viscosidad y fácilmente soluble en agua.

### ***d. Los alginatos***

El alginato es un hidrocoloide que posee estas propiedades junto con propiedades gelificantes, estabilizantes y espesantes, lo que lo hace de gran interés en la industria alimentaria.

El “alginato se describe como un polisacárido lineal poliiónico hidrófilo procedente de algas marinas con una estructura que consta de dos monómeros, ácido  $\alpha$ -L-gulurónico (G) y ácido  $\beta$ -D-manurónico (M), que se distribuyen en secciones constituyendo homopolímeros tipo G-bloques (-GGG-), M-bloques (-MMM-) o heteropolímeros donde los bloques M y G se alternan (-MGMG-)” (Reddy-K & Reddy-P, 2010).

Los “alginatos se utilizan debido a sus muchas ventajas en términos de su versatilidad en aplicaciones industriales y de consumo. El efecto prebiótico de los alginatos de bajo peso molecular, los beneficios de la ingesta diaria de fibra para reducir los niveles de azúcar y colesterol en sangre y la capacidad de prolongar la vida útil del producto” (Imeson, 2010).

Estas ventajas del alginato y las últimas tendencias tecnológicas se integran en la tecnología de microencapsulación, y el producto final puede proteger el compuesto encapsulado de factores adversos como el calor y la humedad, mejorando así su

estabilidad y biodisponibilidad. En este sentido, las microcápsulas pueden utilizarse como medio para enmascarar o conservar sustancias de sabor y aroma actuando como aislantes.

### **1.3.3. Microencapsulación del hierro**

La tecnología de encapsulación de hierro, que es un proceso de microencapsulación en el que diferentes compuestos de hierro están protegidos por diferentes materiales de pared (matriz), produce partículas de diferentes tamaños (desde nanómetros hasta milímetros) por diferentes métodos. Por ello, se han preparado diversas formas de hierro encapsulado, que han demostrado ser eficaces in vitro, pero también con resultados prometedores in vivo en el alivio de la anemia provocada por la anemia.

En el caso de las micropartículas de hierro, esto es bueno, ya que permite controlar su excreción, lo que reduce el número de dosis repetidas por vía oral como suplemento y puede excretarse en el duodeno. Para la encapsulación de hierro, seleccione un material de barrera adecuado con una eficacia superior al 50 % para respaldar el estado gástrico y utilícelo como suplemento oral si es necesario. Uno de los polímeros más fuertes es el alginato de sodio, un polisacárido natural derivado de las algas pardas que se usa para fabricar micropartículas y cápsulas (Nazzaro, 2012).

### **1.3.4. Razones para encapsular hierro**

Durán, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, (2017), indican que hay varias razones para encapsular a este micronutriente:

- a. Aumenta la biodisponibilidad del hierro no hemo protegiendo los compuestos de hierro de factores ambientales adversos y previniendo la fuga de compuestos de hierro a través del tracto gastrointestinal, ya que varios

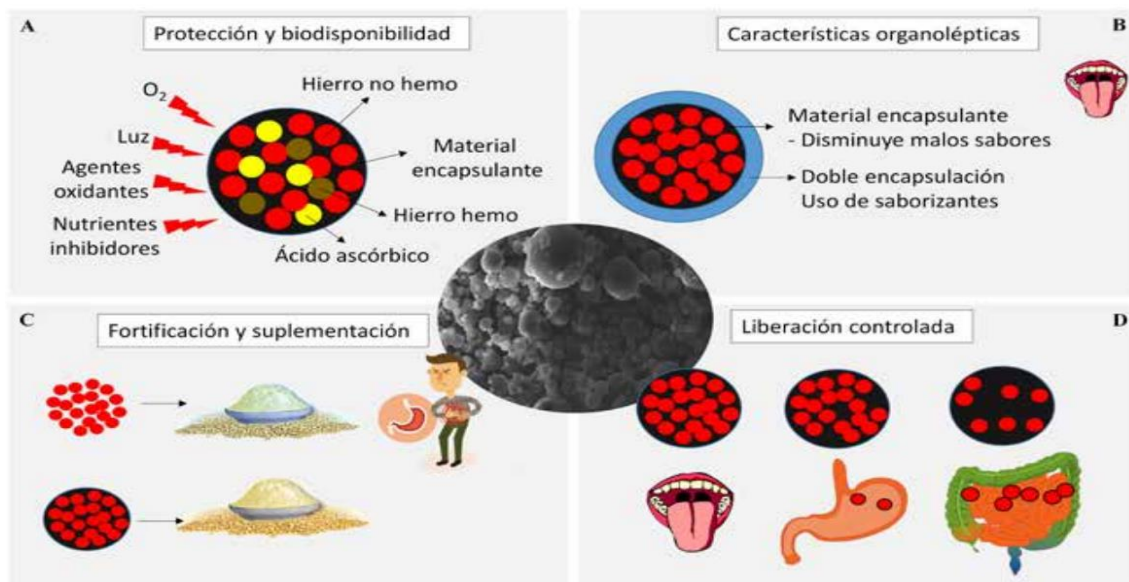


factores luminosos pueden reducir su absorción (fibras, taninos, polifenoles, otros minerales como Ca, Cu y Zn, etc.).

- b. Enmascara el sabor metálico del hierro (hemo y no hemo) cuando se incluye en los alimentos, ya que el material encapsulante impide el contacto directo entre el hierro y los receptores gustativos, realizando una función de barrera. Incluso los materiales nucleares de muy mal sabor, como el hierro, se pueden proporcionar con encapsulaciones dobles o múltiples utilizando diferentes materiales de encapsulación, que pueden contener aromatizantes.
- c. Reduce la decoloración de los alimentos inducida por el hierro. Muchos compuestos de hierro utilizados para la fortificación son de color marrón oscuro (fumarato ferroso, glóbulos rojos en aerosol, bisglicinato férrico, etc.), que alteran el alimento original. Al igual que en el caso de la leche fortificada con hierro, la leche sin hierro encapsulado mostró cambios de color y sabor en el análisis sensorial. Además, el hierro puede provocar reacciones de decoloración como partículas grises o verdes provocadas por la fijación del sulfato ferroso.
- d. Reduce la precipitación en el estómago. Para ello, se debe elegir algún tipo de material de relleno que constituya partículas de hierro que independicen el mínimo contenido gástrico, como el alginato de sodio, que resiste las condiciones ácidas del estómago, y este compuesto se propaga lentamente hacia el duodeno y la posición de condición de hierro de la condición y posición de hierro en la condición de las condiciones de condición de hierro, y el material se distribuye lentamente y se coloca en la condición de la condición de hierro y la posición de las condiciones de condición de hierro, y el material y se absorbe. Esto se llama liberación controlada.

## Figura 5

Principales razones para encapsular el hierro.



**Nota:** Tomado de (Durán, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017).

### 1.4. Fortificación

Según Latham, (2002), la fortificación se refiere a la añadidura de uno o más nutrientes a los alimentos para corregir la calidad del consumidor, corrientemente con el objetivo de minimizar o controlar las carencias de nutrientes.

El enriquecimiento de los alimentos es uno de las formas más eficientes a largo plazo para luchar o prevenir las deficiencias de micronutrientes (Latham, 2002).

Los primordiales factores a tener en cuenta a la hora de elegir un fortificante o compuesto de hierro con el que queremos enriquecer los alimentos son los siguientes:

- No cambia el carácter sensorial del vehículo: primariamente su sabor, color y textura (Latham, 2002).
- Estabilidad: El hierro es un elemento muy reactivo. Este mineral es altamente oxidante y, en las condiciones adecuadas de alta humedad y temperatura, puede reaccionar con el portador, volviéndolo inestable, tiene una vida útil corta y eventualmente puede volverse rancio (Zagaceta, 2012).

Aunque los alimentos enriquecidos y los alimentos fortificados son alimentos con nutrientes agregados, se agregan para diferentes propósitos, que es una de las diferencias entre ellos.

La fortificación se define como el aditamento de uno o más nutrientes a los alimentos para mejorar la calidad del alimento, universalmente con el fin de minimizar o vigilar las deficiencias de nutrientes. Esta estrategia se puede manejar en países o colectividades donde las deficiencias nutricionales son problemáticas o están en riesgo (FAO, 2023).

La fortificación es el aditamento voluntario de más nutrimentos a los alimentos que su contenido natural para satisfacer las necesidades nutricionales especiales de las personas sanas y agregar valor a los alimentos vendidos. Los alimentos fortificados son productos que se han complementado significativamente con nutrientes esenciales (proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales) en la dieta humana natural. Estos alimentos deben contener del 20 al 100 % de la cantidad diaria recomendada para adultos y niños mayores de 4 años y deben figurar en la etiqueta del envase (INFOALIMENTOS, 2023).

La suplementación con hierro oral y el enriquecimiento con hierro en la dieta son las estrategias más utilizadas para la prevención y/o el tratamiento de la anemia, y aunque estos enfoques están muy concurrenciosos, no han sido tan efectivos como se esperaba para reducir la incidencia de la anemia. Tienen algunos inconvenientes que hacen que los receptores no completen el tratamiento y/o dejen de consumir alimentos fortificados (Durán, Villalobos, Churio, Pizarro, & Valenzuela, 2017). Entre las principales tenemos:

- 1) Cambios negativos en las propiedades sensoriales de los alimentos enriquecidos con hierro,
- 2) Trastornos gastrointestinales,
- 3) Debido

- 4) Efectos reducidos en la elevación de la hemoglobina debido al hierro no hemo con baja biodisponibilidad,
- 5) Simplemente olvidarse de tomar suplementos y alimentos fortificados.

El hierro es el micronutriente más difícil de agregar a los alimentos porque los compuestos de hierro con mejor biodisponibilidad suelen ser los que interactúan más fuertemente con los ingredientes de los alimentos y causan cambios sensoriales indeseables como sabor metálico, fuerza y cambio de color (FAO-OMS, 2017).

#### **1.4.1. Principios para la fortificación**

Según (FAO, 2023), las siguientes son algunos escenarios, comedimientos y principios que se emplean a las personas que pretenden fortificar uno o más alimentos para perfeccionar su valor nutricional. Son principalmente adecuados para el enriquecimiento como estrategia para abordar las deficiencias de micronutrientes.

##### ***a. Deficiencias de micronutrientes en las poblaciones***

Los datos nutricionales, clínicos o bioquímicos deben demostrar que una proporción significativa de la población tiene en algún momento deficiencia de un nutriente en particular cuando consume su dieta normal, o está en riesgo.

##### ***b. Consumo generalizado de alimentos enriquecidos entre los grupos de población vulnerables***

Los alimentos enriquecidos deben ser consumidos por una población que tiene deficiencia de nutrientes enriquecidos. Peor aún, la escasez sólo ocurre entre los más pobres, que rara vez compran alimentos enriquecidos. Por lo tanto, la fortificación con productos más caros o menos costosos durante la lactancia puede no ayudar a los niños

pobres que tienen la mayor prevalencia de ojo seco, por ejemplo, si los padres no pueden permitirse esos alimentos.

**c. *Idoneidad general de alimentos y nutrientes.***

La adición de nutrientes al pienso no debería causar problemas sensoriales graves. El producto debe mezclarse completamente y el proceso de mezclado no debe causar reacciones químicas indeseables, sabor desagradable o cambios de color u olor, o cualquier otra propiedad inaceptable.

**d. *Factibilidad técnica.***

Para cumplir con las condiciones anteriores, debe ser técnicamente posible agregar este nutriente al alimento.

#### **1.4.2. Vehículos alimenticios en la fortificación**

Los alimentos fortificados con hierro se circunscriben en cereales, sal, azúcar, leche, especias y café. A pesar de su potencial, una restricción importante de la fortificación de alimentos es las permutaciones indeseables de color y sabor de los alimentos debido a la oxidación del hierro.

La elección del alimento como portador de compuestos de hierro es tan importante como la elección de la forma de hierro utilizada en el programa de fortificación. Por su composición, el alimento debe optimizar la biodisponibilidad del hierro añadido sin aumentar la oxidación de grasas y los cambios de color y sabor provocados por la adición de compuestos ricos en hierro (Haro & Martínez-Graciá, 2005).

Los principales alimentos utilizados como fortificantes son: sal, harina de cereales (trigo, maíz y avena, etc.), azúcar, arroz, leche y derivados lácteos como el queso y el yogur, saborizantes, condimentos, algunos de los cuales se utilizan en los programas de fortificación obligatoria (Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011).

### **a. Leche fortificada**

La “tecnología de fortificación de la leche es muy natural. Todas las vitaminas y minerales que se pueden añadir a la leche están disponibles en forma de polvo. Las vitaminas liposolubles están disponibles en forma líquida. Para añadirlos a la leche es necesario elaborar una premezcla, que es una mezcla homogénea de la cantidad deseada de sustancias concentradas (vitaminas y minerales) y una pequeña cantidad de pienso a concentrar” ([www.es.scribd.com](http://www.es.scribd.com).)

Al añadir premezclas a productos lácteos, los micronutrientes deben homogeneizarse apropiadamente en el producto final (Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011).

Las investigaciones ejecutadas para atribuir propiedades “funcionales a la leche y sus derivados se pueden dividir en productos lácteos ricos en ácidos grasos, probióticos y prebióticos, proteínas y péptidos bioactivos, así como vitaminas y minerales. Actualmente, algunos países (Brasil, Guatemala, Honduras, Malasia, México, Filipinas, Estados Unidos, Venezuela, etc.) Las vitaminas A, C, D y E, el hierro y el calcio se utilizan con mayor frecuencia para enriquecer la leche líquida” (Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011).

La leche entera en polvo y la fórmula infantil se pueden fortificar con éxito o tomar directamente con sulfato ferroso (junto con ácido ascórbico para mejorar la absorción). Por ejemplo, las fórmulas infantiles en Chile están fortificadas con ácido ascórbico (700 mg/kg) y hierro (100 mg de sulfato ferroso/kg). Se ha descubierto que las preparaciones de soya requieren el uso de sulfato ferroso encapsulado en maltodextrina para evitar una decoloración no deseada (oscurecimiento). El sulfato ferroso o muchos otros compuestos de hierro solubles no deben usarse para fortificar la leche entera y otros productos lácteos para consumo directo porque pueden causar ranciedad y sensaciones desagradables. Generalmente, para este fin se han utilizado mejor el citrato férrico amónico, el ferrobisglicinato y el pirofosfato férrico micronizado. Los compuestos de hierro se añaden mejor después de que la leche se haya homogeneizado y la grasa se

haya incorporado a las micelas, esto ayuda a prevenir la oxidación. El bisglicinato ferroso se utiliza ampliamente en Brasil e Italia para enriquecer la leche entera y los productos lácteos; En Japón, se añade pirofosfato de hierro micronizado a los productos lácteos (FAO-OMS, 2017).

#### **b. Yogurt fortificado**

Los informes sobre estudios de fortificación del yogur son heterogéneos. La fortificación se ha centrado principalmente en la adición de prebióticos y probióticos, aunque algunos estudios también han informado sobre la fortificación con minerales y vitaminas.

El yogur natural desnatado con sabor a frambuesa está enriquecido con diversas formas comerciales de vitaminas A y C en condiciones reales de producción con pH, acidez y propiedades organolépticas mínimas. Durante su almacenamiento por seis semanas a 3 °C, el contenido de ambas vitaminas en los yogures fortificados disminuyó gradualmente, pero aumentó en 10 000 UI de vitamina A y 300 mg de vitamina C por cada 227 g de yogur natural o yogur saborizado entregado al menos el 100 % del valor diario recomendado de EE.UU. (Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011).

Hekmat & McMahon, (1997), en su investigación enriquecieron el yogur con hierro y utilizaron *Lactobacillus delbrueckii* ssp., *L. Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* como cultivos iniciadores. Reportaron que el recuento en el yogur descremado fortificado con hierro fue de  $7,0 \times 10^8$  ufc/mL después de un día de almacenamiento, similar al del yogur natural. También informaron que la cuenta fue eliminada después de 30 días de almacenamiento. No encontraron ningún aumento en la oxidación química. El panel de consumidores no encontró diferencias en apariencia, textura, sabor o calidad general entre el yogur saborizado y el natural.

#### **c. Quesos fortificados**

El queso es un alimento de lenta asimilación funcional. La industria mundial del queso ha crecido un 3% en los últimos años. Los dos mayores centros de producción y

consumo son la UE y los EE.UU. con un consumo anual per cápita de 17 y 14 kg respectivamente.

Si el consumo continúa aumentando, el queso puede ser un medio interesante para fortalecer los nutrientes esenciales. Se han realizado varios estudios para enriquecer quesos (blanquecino, mozzarella, cheddar, edam) con minerales (hierro, calcio, magnesio) y vitaminas (A, C, D). Los compuestos utilizados en estos preparados son ácido ascórbico (vitamina C), caseinato férrico y citrato férrico (II), citrato de hierro (III) y amonio, cloruro de hierro (III), cloruro de hierro (III), cloruro de magnesio, complejo de proteína de suero de hierro, polifosfato de proteína de suero de hierro, gluconato ferroso, hierro electrolítico, palmitato (vitamina A), sulfato ferroso. Cada estudio arrojó resultados interesantes dependiendo del tipo de queso, proceso y condiciones técnicas (Ramírez-Navas & Stouvenel, 2011).

En su investigación indicaron que el tratamiento térmico durante la producción de queso es un factor importante que afecta la retención de hierro en las matrices proteicas. Además, informaron que 100 g de queso fortificado con citrato férrico y amónico proporcionaban un tercio de la ingesta diaria recomendada de hierro para mujeres adultas.

Zhang & Mahoney, (1991), demostraron que se pueden añadir complejo de proteína de suero, hierro-polifosfato, complejo de hierro-caseína y cloruro férrico al queso Cheddar (40-50 mg de hierro/kg de queso) sin afectar la calidad del producto final.

Jackson & Lee, (1992), mencionaron que las propiedades organolépticas del queso Havarti fortificado eran óptimas cuando el hierro utilizado estaba microencapsulado en microcápsulas recubiertas de estearina.



## **CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS**

### **2.1. Lugar de ejecución**

La investigación, se ejecutó en el Centro Experimental de Jugos y Conservas- Área de Lácteos, en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, en el laboratorio de Control de Calidad de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, así como en la Planta de lácteos de la Asociación de Ganaderos y Productores Lácteos Musuq Alpachaka y en el laboratorio CERTILAB. La investigación tuvo una duración de 10 meses, iniciándose el 25 julio del 2022 y culminando el 24 de mayo del 2023.

### **2.2. Materia prima**

La leche fresca, se recolectó en la localidad de Alpachaka del establo de la familia Quicaño, perteneciente al distrito de Chiara.

La sangre de bovino se recolecto del camal de Quicapata del distrito de Carmen Alto.

### **2.3. Insumos**

Dentro de los insumos empleados tenemos los siguientes:

- Cloruro de sodio comercial.
- Cloruro de calcio
- Cuajo.

### **2.4. Materiales**

Dentro de los materiales empleados tenemos los siguientes:

- Vaso de precipitado 100mL y de 250 mL
- Pipeta graduada de 1,5 y 10 mL
- Tubos de ensayo de 10 y 20 mL

- Probeta graduada de 100 y 250 mL
- Fiola de laboratorio de 25,50 y 100 mL
- Placas Petri de laboratorio
- Embudo de vidrio
- Termómetro digital con sonda de 30 cm
- Papel filtro Whatman grado 40
- Jeringa descartable 20 mL C/A 21G x1 ½
- Cinta adhesiva
- Termómetro infrarrojo de -50 a 550°C, GM550E
- Moldes de queso de 0.5 y 1 kg.

## **2.5. Equipos**

- Balanza de precisión marca OHAUS cap. 500 g
- Mini secador por aspersión BUCHI B-290
- Digestor de proteína hornillas Marca SELECTA
- Agitador magnético con calentamiento Marca TECNAL
- Secador de laboratorio marca Maqorito
- Mufla digital BIONET S.A
- Estufa marca MEMMERT
- Centrífuga de laboratorio marca JANETZKI T30
- Refrigeradora marca Samsung.
- Equipo Micro KJELDAHL Marca LABCONCO
- Prensa quesera.
- Tina quesera
- Equipo extractor SOXHLET de laboratorio

## 2.6. Reactivos

- Citrato de sodio dihidrato  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Maltodextrina  $\text{C}_{6n}\text{H}_{(10n+2)}\text{O}_{(5n+1)}$
- Alginato de sodio  $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6\text{Na})_n$
- Cloruro cálcico  $\text{CaCl}_2$
- Cloruro de sodio  $\text{NaCl}$
- Ácido Sulfúrico 98%
- $\text{NaOH}$ , solución 35%
- Ácido bórico, solución al 4%
- $\text{HCl}$  0,31 N
- Alcohol amílico

## 2.7. Población y muestra

### 2.7.1. Población

Como población se considerará toda la producción semanal de queso fresco de la localidad de Alpachaca.

### 2.7.2. Muestra

Como muestra, se considerará la producción de queso fresco fortificado con sangre de bovino microencapsulada.

## 2.8. HIPOTESIS

### 2.8.1. Hipótesis principal

HS: La microencapsulación de sangre de bovino por el método de gelificación iónica permite fortificar el queso fresco.

## **2.8.2. Hipótesis secundarias**

HS1: Es posible determinar la composición química y las características físicas químicas en la sangre bovina microencapsulada

HS2: La optimización de la microencapsulación de sangre bovina por el método de gelificación iónica mejora su estabilidad en solubilidad e higroscopicidad

HS3: El queso fresco fortificado con sangre bovina microencapsulada mejora el contenido de hierro y su aceptabilidad.

## **2.9. VARIABLES E INDICADORES**

### **2.9.1. Variable dependiente**

Y1 = Estabilidad de la MSB

#### **Indicadores:**

Y1 = Solubilidad

Y1= Higroscopicidad

### **2.9.2. Variable Independiente:**

X1= [Maltodextrina]

X2= [Alginato de sodio]

X3= [Cloruro de calcio]

#### **Indicadores:**

X1 = 25-35% P/V.

X2 = 1.5-2.5% P/V.

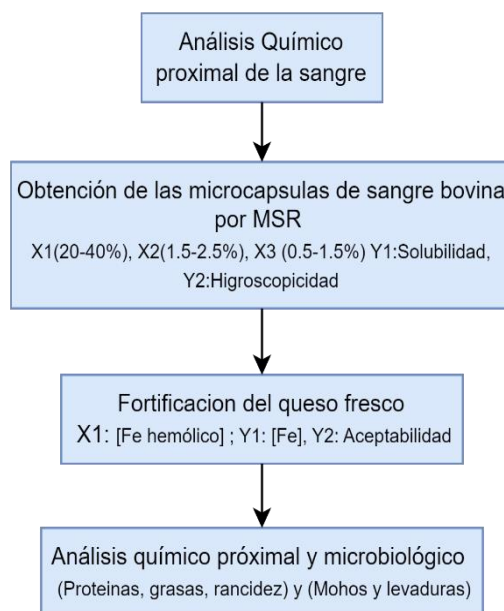
X3 = 0.5-1.5%). P/V

## 2.10. Metodología experimental

La metodología experimental que se realizó en la investigación se observa en la figura 6.

**Figura 6**

*Diseño experimental de la investigación.*



### 2.10.1. Composición químico proximal de la sangre

El “análisis químico proximal de la sangre de bovino se realizó, según los métodos descritos por la (AOAC., 2007), que se detalla a continuación:

- Proteínas: Método AOAC 935.39C-Semimicrokjeldahl
- Grasas: Método AOAC 33.2.27- Soxlet
- Humedad: AOAC 930.15, 2000-Método de la Estufa
- Ceniza: Método AOAC 935.39B
- Carbohidratos: Por diferencia”.

Se “realizó el análisis físico químico de la sangre bovina, utilizando la siguiente metodología (AOAC., 2007):

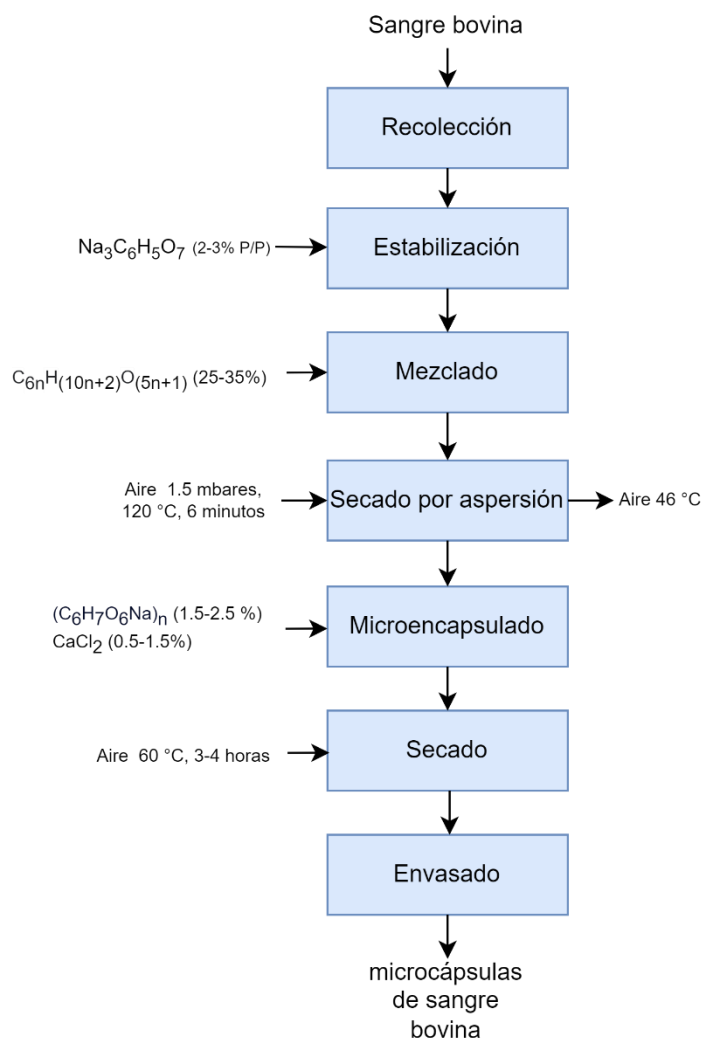
- pH: Método AOAC 981.12”.

## 2.10.2. Optimización de la microencapsulación de la sangre bovina

Para la obtención de sangre bovina microencapsulada se realizó el siguiente procedimiento de acuerdo a la figura 7.

**Figura 7**

*Flujograma del proceso de la microencapsulación de la sangre bovina.*



De acuerdo a la figura 7, se realizó las siguientes operaciones:

- Recolección:** La sangre se recolectó en el matadero de Quicapata, el proceso previo al beneficio consistió, primero sensibilizar a la vaca golpeando para que el animal no se lastime durante el sacrificio y cuando la vaca cae después de los

golpes, es levantado con un garfio y transportado por un riel, en ese momento corta la vena yugular de la res para recolectar la sangre (Beltrán & Perdomo, 2007)

- b) **Estabilización:** La sangre se recogió en 2 recipientes de vidrio estériles de 500 mL llenos de solución de citrato de sodio al 2% ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ), posteriormente, las muestras recolectadas se llevaron a el área de pesaje, donde se pesaron con la finalidad de tener la cantidad necesaria para utilizarlo en los ensayos, finalmente se enfriaron a 4 °C (Beltrán & Perdomo, 2007).
- c) **Mezclado:** se desarrolló mezclando las proporciones de maltodextrina, de acuerdo a la figura 7. La mezcla es sometida a una homogenización de los componentes antes de ser sometido a la siguiente operación.
- d) **Secado por aspersión:** Se realizó el secado por aspersión de la mezcla en una cámara de vidrio, con aire caliente generado por un calentador de 3000 watts a una presión de 1.5 mbares, con una temperatura de entrada 120°C, un tiempo de 6 minutos y una temperatura de salida de 46°C (Almeyda, Carcamo, Cueva, & Mariño, 2019). La sangre por atomización se concentra hasta un contenido de sólidos del 28% y se pasa por un atomizador hasta obtener un producto en polvo con un contenido de sólidos del 94-96% (Madrid, 1999).
- e) **Microencapsulado:** La solución atomizada es mezclada con el alginato de sodio en la proporción (1.5-2.5%), la nueva mezcla obtenida es microencapsulada en solución de cloruro cálcico (0.5-1.5%).
- f) **Secado:** Las microcápsulas de sangre bovina, son deshidratadas en un secador de cabina a una temperatura de 60°C y con flujo de aire caliente para reducir la humedad de las microcápsulas hasta un 7% (Almeyda, Carcamo, Cueva, & Mariño, 2019).

- g) **Envasado:** El envasado se realizó en bolsas plásticas kraft cierre hermético Zip. Las microcápsulas de harina de sangre bovina salieron con una humedad de 7% y se almacenó a temperatura ambiente que esta entre (20°C y 24 °C) dependiendo del clima (Almeyda, Carcamo, Cueva, & Mariño, 2019).

Para elegir el tratamiento optimizado, se realizó las siguientes pruebas:

**a. Prueba de solubilidad**

Según (Serna, Torres, & Ayala, 2014), el “procedimiento para la prueba de solubilidad es:

- Pesar 1 g de las microcápsulas de sangre bovina.
- Mezclar con 10 mL de agua destilada.
- Centrifugar a 3000 rpm por 7 minutos y se tomó el sobrenadante.
- Pesar las placas vacías (P0).
- Pesar el sobrenadante en las placas (P1) y determinar el peso del sobrenadante húmedo por diferencia de pesos (P1- P0).
- Llevar las muestras a la estufa por 1 hora a una temperatura de 105°C. y pesar la muestra seca. (P2).
- Determinar el peso del sobrenadante seco (P2 – P0).
- La solubilidad es calculada mediante la siguiente relación”:

$$\% \text{ Solubilidad en agua} = \frac{\text{peso del sobrenadante seco}}{\text{peso de la muestra humeda}} * 100$$

**b. Prueba de higroscopicidad**

La prueba de higroscopicidad para establecer la calidad de las microcápsulas se realizó de acuerdo procedimiento recomendado por (Jarrín, 2021), “que consiste en:



- Pesó los platillos de aluminio vacíos, (P0).
- Se pesó 0,5 g de las microcápsulas en los platillos de aluminio acondicionadas para el procedimiento.
- En un envase cilíndrico de vidrio de 200 mL mezclar NaCl con agua destilada (100 mL), hasta obtener una solución salina saturada.
- Colocamos los platillos de aluminio en los envases cilíndricos de vidrios, que cumplirán la función de un desecador con una humedad relativa de 75,09%.
- Se dejó las muestras por 7 días, y luego pesamos (P1).
- Se determinará el peso saturado de la muestra luego de los 7 días, (P1-P0).
- La higroscopicidad es determinada por la siguiente relación”:

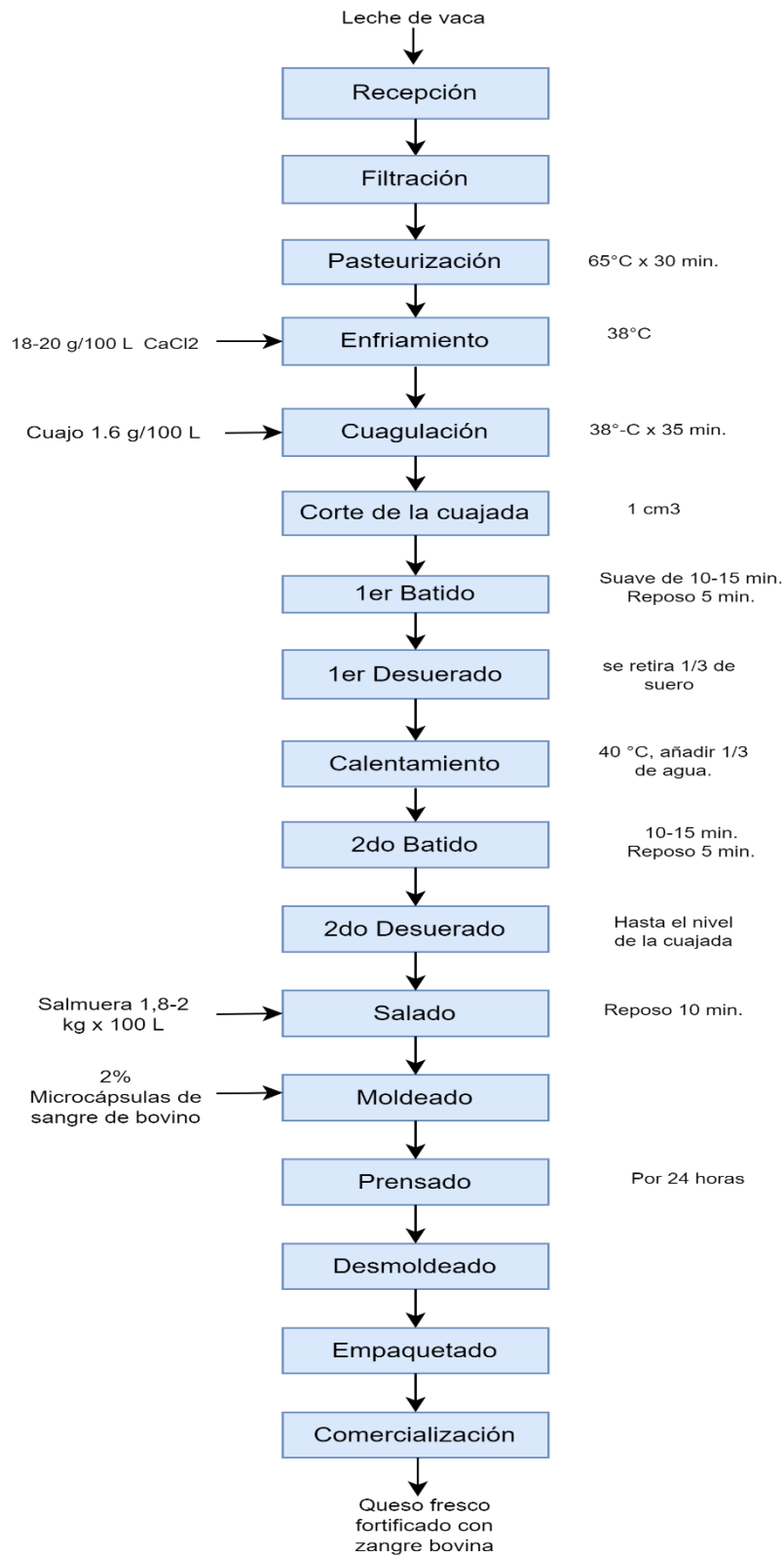
$$\% \text{ Higroscopicidad} = \frac{\text{peso saturado} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100$$

### **2.10.3. Fortificación del queso fresco**

La fortificación de alimentos se refiere a la adición de micronutrientes a los alimentos procesados (OMS-FAO, 2017, pág. 12), por lo que se fortificará el queso fresco según el flujograma de la figura 8.

**Figura 8**

*Flujograma de fortificación del queso fresco.*



El queso fresco fortificado será sometido a las siguientes evaluaciones:

**a) Evaluación sensorial del queso fresco fortificado**

Se evaluará la aceptabilidad sensorial del queso fresco fortificado optimizado en presencia de testigos y los miembros de la comisión recibirán una tarjeta de evaluación; cuyo objetivo es establecer diferencias significativas entre las muestras de elaboración de queso fresco enriquecido, permitiendo seleccionar la mejor elaboración que resulte atractiva para los consumidores, centrándose en las características de aceptabilidad. Se utilizará una escala hedónica de cinco puntos (Ver tabla 2), el primer punto indica la escala muy desagradable y el punto cinco indica la escala muy agradable. Para esta prueba se empleara de 18 panelistas semi entrenados con características similares de ser habituales consumidores.

**Tabla 2**

*Escala sensorial de aceptabilidad para el queso fresco.*

<b>Escala hedónica</b>	<b>Valor</b>
Muy agradable	5
Agradable	4
Indiferente	3
Desagradable	2
Muy desagradable	1

**b) Evaluación del contenido de hierro hemólico en queso fresco fortificado**

Se emplea el método espectrofotométrico de luz visible (Gonzales & Hernández, 2012), empleando la siguiente marcha analítica:

- Elaborar una solución "Madre" de 1000 ppm de Fe
- Elaborar una solución "Estándar" de 10 ppm de Fe a partir de la solución "Madre" agregar 2 gotas de HCl concentrado y llevar a volumen.
- Transferir y aforar a 500 mL
- Tomar alícuotas de la solución "Estándar", y agregar 1 mL de hidroxilamina y dejarlo en reposo por un tiempo de 5 min.

- Añadir 10 mL de solución tampón de acetato, 1 mL de O-fenantrolina, llevar a volumen y dejar de reposar por un tiempo de 5 min.
- Leer la absorbancia a 510 nm y generar la curva patrón.
- Tomar la muestra en estudio y calcinar a 550 °C.
- Disolver los residuos con HCl concentrado y evaporar hasta sequedad.
- Transferir y aforar a 100 mL.
- Tomar alícuotas, agregar hidroxilamina, mezclar y dejar reposar.
- Agregar tampón acetato, O- fenantrolina, llevar a volumen y dejar reposar.
- Leer la absorbancia a 510 nm y determinar concentración.

Fórmula para comprobar la concentración de hierro (Fe):

$$Fe \left( \frac{mg}{100 g} \right) = \frac{C \cdot FD \cdot 10}{M_m}$$

Dónde:

C = Concentración de hierro en la muestra (en ppm).

FD = Factor de dilución.

Mm= Masa de la muestra (en gramos).

#### **2.10.4. Análisis químico proximal del queso fresco**

Se realizó los siguientes análisis al queso fresco fortificado, utilizando la metodología (AOAC., 2007):

- Análisis de Proteínas: a través del método FAO 14/7
- Análisis de Grasas: a través del Método FAO 14/7
- Análisis de Humedad: a través del FAO 14/7
- Análisis de Ceniza: a través del método FAO 14/7
- Análisis de Carbohidratos: Por diferencia

### **2.10.5. Análisis físico químico del queso fresco**

Se utilizaron los siguientes métodos para el análisis fisicoquímico de una mezcla óptima de alimentos (AOAC, 2007 & NTP, 1977).

- Acidez: Método 920.43 (2005)
- pH: Método (AOAC 981.12)
- Hierro: Método espectrofotométrico de luz visible (Gonzales & Hernández, 2012).

### **2.10.6. Análisis microbiológico del queso fresco**

La vida útil del mejor queso fresco enriquecido se analizó evaluando la vida útil después de 15 días de almacenamiento en refrigerador (4°C) y a temperatura ambiente (22 - 24°C), donde se evaluaron mohos, levaduras y bacterias coliformes, el cual fue realizado por el laboratorio BIOTEKNIA SAC. El parámetro microbiológico, se efectuó de acuerdo a la siguiente metodología.

- Mohos (UFC/g) según el procedimiento (ICMSF, 2000).
- Levaduras (UFC/g) según el procedimiento (ICMSF, 2000).
- Coliforme (NMP/g) según el procedimiento (ICMSF, 2000).

### **2.11. Diseño estadístico de la investigación**

El diseño de investigación utilizado fue el método de Box-Behnken que fue implementado para optimar la formulación del microencapsulado de la sangre de bovino de tres factores con tres niveles, que comprende el factorial  $2^2$  compuesto por 3 (tres) repeticiones del punto central el cual estudio el efecto de los factores experimentales o variables independientes donde se evaluara los factores: (A) Conc. de maltodextrina (B) Conc. de alginato de sodio y (C) Conc. de cloruro cálcico.

Los valores de las variables independientes codificadas y no codificadas se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3***Niveles de las variables del proceso – Diseño Box-Behnken.*

Factores	Niveles sin codificar		
	-	0	+
Conc. Maltodextrina A (%)	25.0	30.0	35.0
Conc. Alginato sódico B (%)	1.5	2.0	2.5
Conc. Cloruro cálcico (%)	0.5	1.0	1.5

La variable de respuesta fue estabilidad del micro encapsulado (E). Los tratamientos del diseño se muestran en la tabla 4, el cual proyectó un total de 15 experimentos.

**Tabla 4***Diseño de Box-behnken para el análisis de superficie con tres puntos centrales.*

<b>A</b> <b>(%)</b>	<b>B</b> <b>(%)</b>	<b>C</b> <b>(%)</b>	<b>A</b> <b>(%)</b>	<b>B</b> <b>(%)</b>	<b>C</b> <b>(%)</b>
1	0	-1	30.0	2.0	1.0
0	-1	1	25.0	1.5	1.0
-1	-1	0	35.0	1.5	1.0
1	1	0	25.0	2.5	1.0
0	-1	-1	35.0	2.5	1.0
1	-1	0	25.0	2.0	0.5
0	1	1	35.0	2.0	0.5
-1	0	0	30.0	2.0	1.0
-1	1	0	25.0	2.0	1.5
0	1	-1	35.0	2.0	1.5
-1	0	-1	30.0	1.5	0.5
1	0	1	30.0	2.5	0.5
0	0	1	30.0	1.5	1.5
0	0	1	30.0	2.5	1.5
0	0	1	30.0	2.0	1.0

El modelo propuesto se describe ajustando los valores experimentales en el siguiente modelo polinómica de segundo orden (Ecuación 1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 \dots\dots\dots(1)$$

Se considere sólo la influencia de factores significativos ( $p < 0,05$ ).

Y : Variable respuesta experimental

(Y1: solubilidad, Y2: Higroscopicidad)

X: Variables independientes

(X1=[Maltodextrina] (%), X2 =[Alginato sódico] (%), X3 =[Cloruro cálcico](%).

B0: Razón o valor de la respuesta ajustada en el punto central.

Bi: Coeficientes de regresión cuadrático y

Bij: Coeficientes de regresión de las interacciones.

El modelo empleado es el polinómico de segundo orden mediante regresión lineal múltiple. El diseño experimental y los valores de respuesta analizados se muestran en la Tabla 4.

Valores absolutos alto del coeficiente Bi indican una contribución significativa de la variable Xi a la predicción de Yn; siendo el efecto inverso para valores pequeño de Bi.

## 2.12. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el estudio químico proximal; se emplearán las técnicas y protocolos de análisis establecidas según la (AOAC, 2007) y que se detallan en el acápite 2.10.1.

En el desarrollo experimental se aplicará la observación y la experimentación de los tratamientos.

En el reporte de los resultados se empleará la revisión documental, para efectuar el análisis de contenido y aplicarlo en la discusión de los resultados.

### **2.13. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Al terminar el desarrollo de la parte experimental, y teniendo los datos no tabulados del estudio, se procederá a procesar los datos obtenidos en relación al problema e investigación a solucionar, los objetivos y la hipótesis planteada, así como optimizar las variables en estudio en la microencapsulación de la sangre de bovino, y ver la influencia de los tratamientos en la producción de queso fortificado con sangre de bovino microencapsulada. Para lograr nuestro objetivo se someterá la data a un proceso de tabulación de datos, elaboración de gráficos, así como a un Análisis de variancia tanto del proceso de microencapsulación y de la fortificación del queso fresco, con el fin de ver su significancia al 0,05% de error, así como a una prueba de ordenamiento estadístico a través de Tuckey. Para efectivizar este proceso se empleará softwares estadísticos como el SPSS v.23, y el Minitab v.16.



## CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 3.1. Análisis químico proximal de la sangre bovina

La composición de la sangre de bovino procedente del camal de Quicapata perteneciente al distrito de Carmen Alto presenta la siguiente composición químico proximal.

**Tabla 5**

*Composición químico proximal de la sangre bovina en 100 g*

Componentes	Unidades	Valores	Desv.estandard
Humedad	g	80.566	± 0.20274
Proteína	g	16.465	± 0.17428
Cenizas	g	0.839	± 0.00021
Grasa	g	0.114	± 0.00003
Carbohidratos	g	0.071	± 0.00000
Hierro total	mg	6.645	± 0.00311

De la tabla 5, podemos afirmar que el contenido de humedad (80.56 g), carbohidratos (0.071 g) y hierro (6.645 mg), resultaron superiores a los valores de humedad (80.5 g), carbohidratos (0.06 g) y hierro (6.60 mg) reportados por (FUNIBER, 2021); sin embargo el contenido de proteínas (16,465 g) resulto inferior a los (17,3 g) reportado por (Beltrán & Perdomo, 2007) y a los (18,50 g) reportado por (FUNIBER, 2021).

La variabilidad del contenido de proteína en la sangre bovina depende de muchos factores tales como sexo, edad, alimentación, raza del ganado bovino (Beltrán & Perdomo, 2007). Asimismo, el contenido de hierro si bien reporta un buen resultado, es importante mencionar que resulta inferior en comparación con el contenido de hierro de otros animales como el pollo (18,91 mg) reportado por (Flores, Rodas, & Herrera, 2020).

En cuanto al resultado del análisis físico químico de la sangre de bovino utilizada en la investigación, sus resultados obtenidos en promedio de tres repeticiones se pueden apreciar en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Composición físico químicas de la sangre bovina.*

<b>Componentes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>	<b>Desv. Standar</b>
pH		7.334	± 0.00169

Del reporte de la tabla 6, podemos mencionar que el pH (7,33) reportado en este estudio, resulto superior al pH (7,2) mencionado por (Beltrán & Perdomo, 2007). Valores inferiores de pH en sangre son indicadores de algunas enfermedades del animal, tales como mastitis, acidosis metabólica, cetosis, timpanismo, entre otras, tal como lo indica (Baquero-Parrado, 2008).

### **3.2. Obtención de las microcápsulas de sangre bovina por MSB**

#### **3.2.1. Variable respuesta solubilidad**

Los valores de solubilidad en sangre bovina microencapsulada obtenidos, según el tratamiento, se ajustaron a una superficie de respuesta de segundo orden característica del método de Box-Behnken, que permite obtener ecuaciones polinómicas de segundo orden correspondientes a los tres factores estudiados: % de Maltodextrina (Factor X1), % de Alginato sódico (Factor X2) y % de Cloruro cálcico (Factor X3).

Los resultados obtenidos de los tratamientos de optimización generados en la metodología de Box-Behnken, se aprecian en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Porcentaje de solubilidad según los tratamientos.*

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Solubilidad</b>
<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
30.0	2.0	1.0	3.10
25.0	1.5	1.0	3.95
35.0	1.5	1.0	4.00
25.0	2.5	1.0	3.65
35.0	2.5	1.0	3.78
25.0	2.0	0.5	4.05
35.0	2.0	0.5	4.18
30.0	2.0	1.0	3.10
25.0	2.0	1.5	3.48
35.0	2.0	1.5	3.50
30.0	1.5	0.5	3.70
30.0	2.5	0.5	3.45
30.0	1.5	1.5	3.18
30.0	2.5	1.5	3.40
30.0	2.0	1.0	3.10

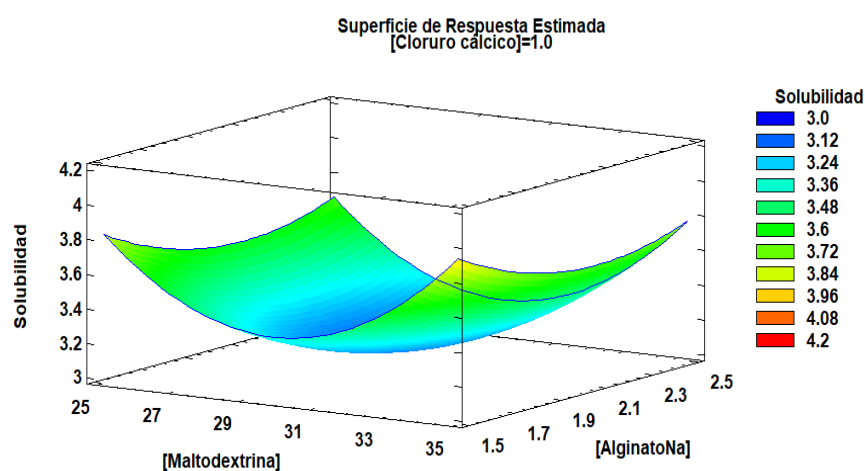
En la figura 9 el diagrama de superficie de respuesta en función de las variables % de Maltodextrina (Factor X1: 30,0 % de maltodextrina), % de Alginato sódico (Factor X2: 2,0 % de alginato cálcico) y % de Cloruro cálcico (Factor X3: 1,0 de cloruro cálcico), nos muestra que es posible alcanzar el menor valor de solubilidad 3,1 %.

Este resultado se debe a que alginato resulta más eficiente a pH entre 5 a 10, y en el caso de la sangre este tiene pH 7.3 lo que potencializa su mejor efecto encapsulante; sin embargo, su fuerza iónica decrece levemente con la presencia de sales con cationes monovalentes (Lupo, 2020), este comportamiento influyo en el incremento de la solubilidad en presencia de cloruro cálcico, incrementando la solubilidad de las microcápsulas de sangre de bovino, cuando la concentración fue mayor a 2% de cloruro cálcico. El cloruro calcio juega un papel importante al ser el dador del ion Na<sup>+</sup> que es

necesario para formar el complejo alginato calcico (Sánchez-Navarro, Pérez-Limiñana, Arán-Ais, & Orgilés-Barceló, 2015)

**Figura 9**

*Superficie de respuesta de la solubilidad.*



En la tabla se observa el ANOVA del grado de significancia de las variables en estudio.

**Tabla 8**

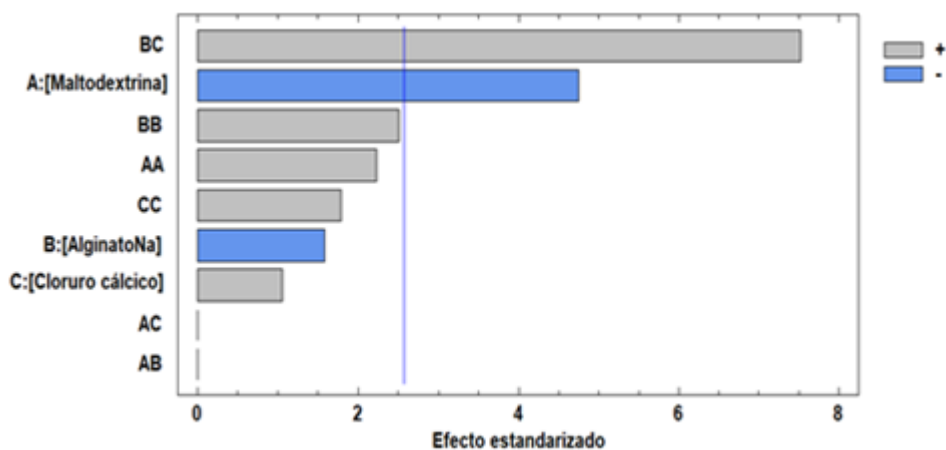
*ANVA para la minimización de la solubilidad de las microcápsulas de sangre bovina.*

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:[Maltodextrina]	0.2211	1	0.2211	241.65	0.00000
B:[AlginatoNa]	0.0021	1	0.0021	2.31	0.18910
C:[CaCl]	0.0200	1	0.0200	21.86	0.00550
AA	0.6436	1	0.6436	703.38	0.06320
AB	0.0000	1	0.0000	0.00	1.00000
AC	0.0000	1	0.0000	0.03	0.87520
BB	0.0006	1	0.0006	0.63	0.46320
BC	0.0042	1	0.0042	4.62	0.00440
CC	0.0008	1	0.0008	0.91	0.38440
Error total	0.0046	5	0.0009		
Total (corr.)	0.9102	14			

En el ANOVA de la tabla 8, se analizó la variabilidad de los resultados del % de solubilidad (%So), con respecto a los factores independientes en estudio (% de Maltodextrina, % de Alginato sódico, % de Cloruro cálcico), observándose que en este caso, 2 efectos (% Maltodextrina y BC ), tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%, estos resultados nos indican que influyen en la solubilidad de la microcápsulas de sangre bovina. De acuerdo al R – cuadrado indica que el modelo alcanza un 94.87% de la variabilidad de la solubilidad.

**Figura 10**

*Diagrama de Pareto estandarizada para solubilidad.*



En la figura 10, se observan los efectos que ejercen los factores analizados sobre el % de solubilidad de las microcápsulas de sangre bovina, determinándose que el factor A (% Maltodextrina) y BC afecta en forma muy acentuada, siendo el factor BC el que más efecto positivo genera en evitar la solubilidad de las microcápsulas de sangre bovina, mientras que el factor A (% Maltodextrina) influye de manera negativa en evitar la solubilidad de las microcápsulas de sangre bovina.

La ecuación polinomial codificado de superficie de respuesta del % de solubilidad de la sangre bovina (%So), sigue el siguiente modelo ajustado:

$$\%So = 26.95 - 1.25[\%Maltodex]_1 - 3.55 [AlginatoNa]_2 - 2.65[CaCl_2]_3 - 0.021[\%Maltodex]^2 + 0.7[AlginatoNa]^2 + 0.6[AlginatoNa]^2[CaCl_2] + 0.5[CaCl_2]^2$$

Esta ecuación determina con precisión la combinación de variables para lograr la respuesta óptima, lo que da como resultado la respuesta óptima para el porcentaje de solubilidad como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Valores óptimos para la minimización del % de solubilidad de las microcápsulas de sangre bovina.*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
[Maltodextrina]	25.00	35.00	30.00
[AlginatoNa]	1.50	2.50	2.00
[Cloruro cálcico]	0.50	1.50	1.00

De acuerdo a los resultados obtenidos la microcápsula de sangre bovina debe contar con 30% de maltodextrina, 2,00% de alginato sódico y 1.0% de Cloruro calcio, para obtener el valor óptimo del % de solubilidad, alcanzando este un 3.12%

### **3.2.2. Variable respuesta higroscopicidad**

La figura 11 presenta el Diagrama de Superficie de Respuesta en función de las variables (% de Maltodextrina, % de Alginato sódico, % de Cloruro cálcico), determinándose que es posible alcanzar el menor valor de higroscopicidad 4,33%, para valores de 30% de maltodextrina, 2,00% de alginato sódico y 1.0% de Cloruro calcio.

**Tabla 10**

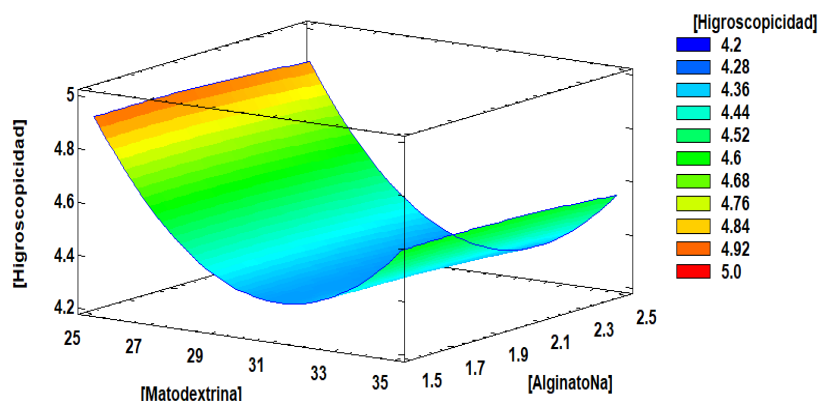
*Porcentaje de higroscopicidad según los tratamientos.*

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Higroscopicidad</b>
<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
30.0	2.0	1.0	4.33
25.0	1.5	1.0	4.90
35.0	1.5	1.0	4.57
25.0	2.5	1.0	4.90
35.0	2.5	1.0	4.57
25.0	2.0	0.5	4.83
35.0	2.0	0.5	4.50
30.0	2.0	1.0	4.33
25.0	2.0	1.5	4.97
35.0	2.0	1.5	4.63
30.0	1.5	0.5	4.27
30.0	2.5	0.5	4.27
30.0	1.5	1.5	4.40
30.0	2.5	1.5	4.27
30.0	2.0	1.0	4.33

Este hecho puede atribuirse que la maltodextrina forma emulsiones, sin embargo, tiene la propiedad de incrementar la solubilidad en las soluciones que integra, en función al mayor o menor contenido de valor de dextrosa equivalente (DE) (Plantbasedfoods, 2023). Este fundamento concuerda con el comportamiento de la figura 11.

**Figura 11**

*Superficie de respuesta de la higroscopicidad.*



En la tabla 11, se observa el ANOVA del grado de significancia de las variables en estudio en relación a la higroscopicidad de las microcápsulas de sangre de bovina.

**Tabla 11**

*ANVA de la higroscopicidad - microcápsulas de sangre bovina.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:[Maltodextrina]	0.2211	1	0.2211	241.65	0.00000
B:[AlginatoNa]	0.0021	1	0.0021	2.31	0.18910
C:[CaCl]	0.0200	1	0.0200	21.86	0.00550
AA	0.6436	1	0.6436	703.38	0.00000
AB	0.0000	1	0.0000	0.00	1.00000
AC	0.0000	1	0.0000	0.03	0.87520
BB	0.0006	1	0.0006	0.63	0.46320
BC	0.0042	1	0.0042	4.62	0.08440
CC	0.0008	1	0.0008	0.91	0.38440
Error total	0.0046	5	0.0009		
Total (corr.)	0.9102	14			

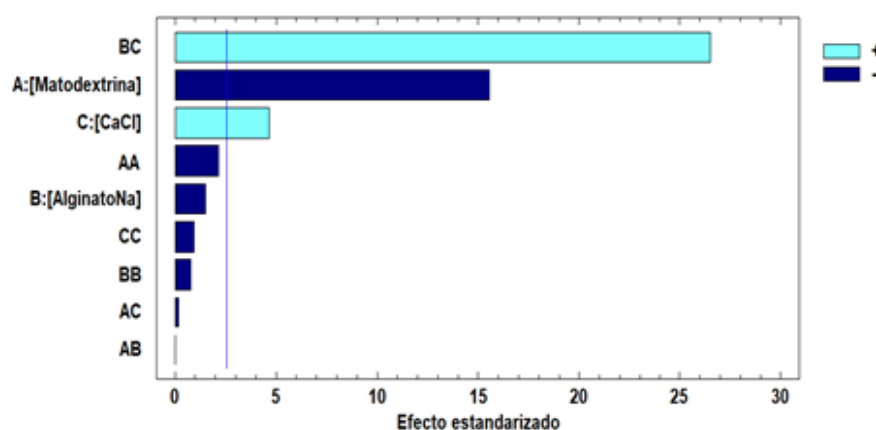
En el ANOVA de la tabla 11, se examinó la variabilidad de los resultados de la higroscopicidad (%Hi), en relación a los factores independientes en estudio (% de Maltodextrina, % de Alginato sódico, % de Cloruro cálcico), determinándose que (A) (% Maltodextrina) y (AA) (% Cuadrático de maltodextrina) tienen valores p inferiores a 0.05, estos efectos nos indican que son significativamente diferentes de cero al 95% del nivel



de confianza, por lo tanto, influyen en el % higroscopicidad. De acuerdo al R-cuadrado indica que el modelo alcanza un 99.49% de la variabilidad del % de higroscopicidad de las microcápsulas de sangre bovina.

**Figura 12**

*Efecto de los factores sobre la higroscopicidad de las microcápsulas de sangre bovina.*



En las figuras 12, se aprecian los efectos que ejercitan los factores analizados sobre la higroscopicidad de las microcápsulas de sangre bovina, determinándose que el factor A (% Maltodextrina) afecta en forma negativa y muy acentuada la higroscopicidad de las microcápsulas, es decir incrementa la higroscopicidad, mientras que el factor BC (% Alginato y  $\text{CaCl}_2$ ) afectan de forma positiva la higroscopicidad, su influencia es muy considerable en las microcápsulas de sangre bovina.

La ecuación polinomial codificado de superficie de respuesta de la higroscopicidad, sigue el siguiente modelo ajustado:

$$[\text{Hig}] = 19.77 - 1.03[\text{Maltodextrina}]_1 + 0.30 [\text{AlginatoNa}]^2 + 0.51[\text{CaCl}_3] + 0.017 [\text{Maltodextrina}]^2 - 0.001[\text{Maltodextrina}][\text{CaCl}_2]^2 - 0.05 [\text{AlginatoNa}]^2 - 0.138 [\text{AlginatoNa}]^2[\text{CaCl}_2]^3 - 0.06[\text{CaCl}_2]^2$$

Esta ecuación establece con precisión la combinación de variables que da la respuesta óptima y por tanto el porcentaje de absorción de humedad, como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Valores óptimos para la higroscopicidad de las microcápsulas de sangre bovina.*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
[Maltodextrina]	25.00	35.00	25.00
[AlginatoNa]	1.50	2.50	1.50
[Cloruro cálcico]	0.50	1.50	1.49

En la tabla 12 se muestra los resultados optimizados, las microcápsulas de sangre bovina deben contener un 25% de maltodextrina, 1.50% de alginato sódico y 1.50% de cloruro cálcico, para lograr el valor óptimo de higroscopicidad, logrando esta un valor de 4.98%, valores menores o mayores de maltodextrina generan una mayor higroscopicidad en las microcápsulas de sangre bovina.

### **3.3. Fortificación del queso fresco con MSB**

#### **3.3.1. Evaluación del contenido de hierro hemólico**

Luego de tener los tratamientos optimizados tanto en solubilidad e higroscopicidad en las microcápsulas de sangre bovina, estas se utilizaron en la fortificación del queso fresco, cuya variable respuesta fue concentración de hierro hemólico [Fe-He], obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 13**

*Contenido de hierro hemólico en queso fresco (mg/100 g).*

<b>Tratamientos</b>	<b>[Fe Hemo]</b>	<b>Desv.Standard</b>
T0 (0% MSB)	0.507	0.00217
T1 (2% MSBS)	19.208	0.11743
T2 (2% MSBH)	16.465	0.17428

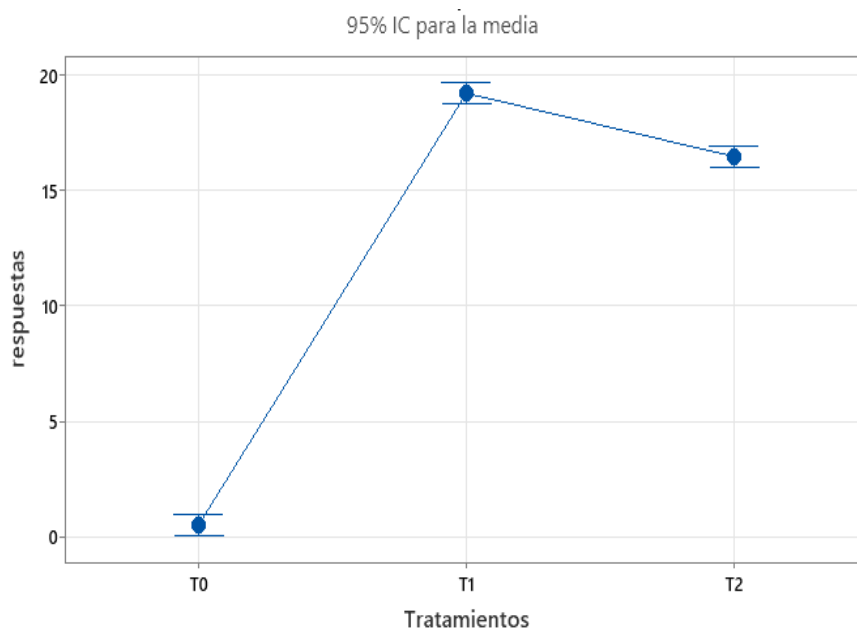
Los resultados de la tabla 13 indican que el tratamiento T1(19.208 mg) logro el mayor contenido de Hierro hemólico en 100 gramos de queso fresco, en comparación con el tratamiento T2 (16,465 mg).

Este resultado se basa en que el tratamiento T1 las microcápsulas de sangre de bovino contienen 2% de alginato sódico y 1% de cloruro cálcico, en comparación al menor contenido de encapsulante del tratamiento T2, que tiene 1.5% de alginato sódico y 1,49% de cloruro cálcico. Este comportamiento se basa en lo indicado por (Lupo, 2020), quien indica que las microcápsulas al contener mayor contenido de encapsulantes como el Alginato sódico en presencia de sales como el cloruro cálcico, se genera una mayor fuerza iónica, lo que le permite contraerse más atrapando mayor cantidad de hierro hemólico.

De la figura 13, se puede afirmar que el tratamiento T1 alcanzo un rango de dispersión en función a la media de 0.417, mientras que el tratamiento T2 alcanzo el valor de dispersión de 0.323.

### Figura 13

*Grafica de intervalos de respuestas vs. tratamientos.*



Para determinar el grado de variabilidad de los tratamientos en estudio, los resultados fueron sometidos a una ANVA de un solo factor con tres repeticiones, los resultados se observan en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Análisis de varianza para la fortificación de queso fresco.*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamientos	2	611.947	305.973	3123.4	0.000
Error	6	0.588	0.098		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>612.534</b>			

En la tabla 14, se observa que hay diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ), siendo necesario someterlos a la prueba de ordenamiento de tuckey, cuyos resultados se observan en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Prueba de ordenamiento de tuckey con un nivel de confianza del 95%.*

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T1	3	19.208	A
T2	3	16.465	B
T0	3	0.5067	C

**Nota.** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De acuerdo a los resultados reportados en la tabla 15, se puede afirmar que el tratamiento T1(19.208 mg) resulto el mejor en cuanto al contenido de hierro hemólico, resultando diferente estadísticamente al tratamiento T2(16.465 mg).

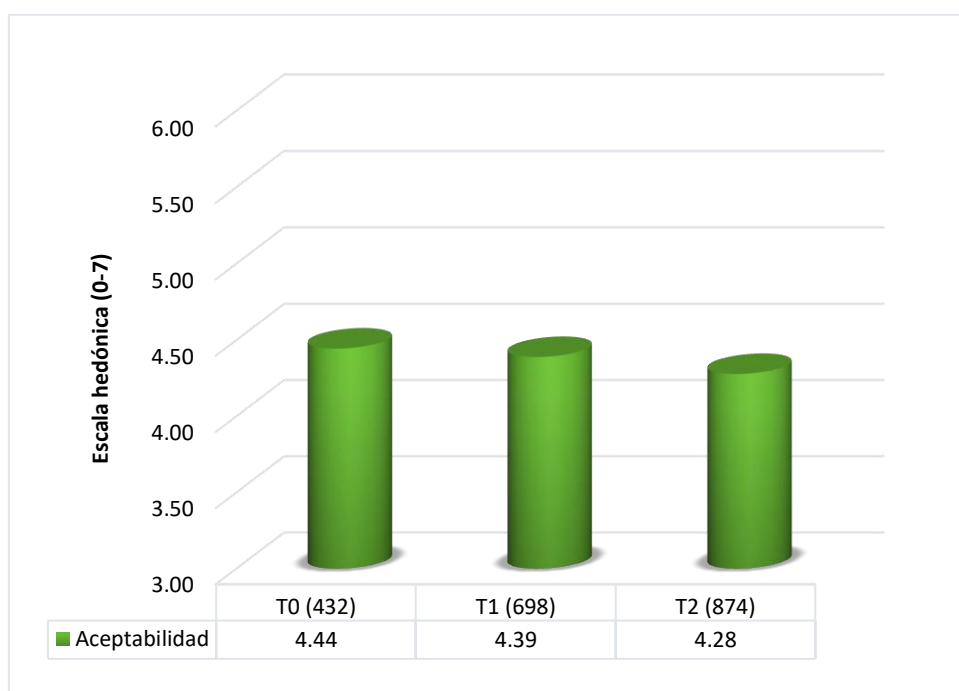
### 3.3.2. Evaluación de la aceptabilidad

Para el análisis sensorial de la aceptabilidad se utilizó un grupo de 18 panelistas semi entrenados elegidas al azar, con rango de edades entre 20 y 30 años

En la evaluación del atributo “Aceptabilidad” del queso fortificado con microcápsulas de sangre bovina, los resultados obtenidos se muestran en el anexo 3, y en la figura 14.

**Figura 14**

*Evaluación sensorial de la aceptabilidad del queso fresco fortificado con MSB.*



De acuerdo a la figura 14 los valores obtenidos fluctuaron entre 4,28 y 4,44 puntos, resultando como mejor tratamiento el T0 (Testigo), seguido del tratamiento T1(698) (30% Maltodextrina, 2% Alginato sódico y 1,0% de cloruro cálcico) con un promedio de 4,39 puntos, acorde al proceder de los tratamientos optimizados.

Con estos resultados podemos afirmar que a medida que se incrementa el porcentaje de alginato sódico este factor influye en la aceptabilidad del queso fortificado con microcápsulas de sangre bovina, esto se fundamenta en que el encapsulante alginato sódico al encapsular a la sangre bovina este enmascara el sabor metálico propio del

hierro hemólico sin encapsular, tal como lo mencionan (Lupo, 2020; Ersus & Yurdagel, 2007).

Los valores obtenidos en la evaluación sensorial de la aceptabilidad fueron sometido al análisis de variancia y la prueba F, en ella se determinó que no hay diferencias significativas a nivel de tratamientos (productos) en el queso fresco fortificado con microcápsulas de sangre bovina, tal como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Análisis de varianza de la aceptabilidad en queso fresco fortificado.*

<b>Factor de Variabilidad</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig.</b>
Panelistas (r-1)	47	3.96	0.231	0.93	NS
Tratamientos (t-1)	2	0.69	0.130	0.52	NS
Error Experimental (r-1)*(t-1)	34	8.407	0.247		
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>12.593</b>			

De acuerdo a los resultados derivados podemos afirmar que no existe diferencias significativas entre panelistas, así como entre tratamientos, es decir los tratamientos evaluados son estadísticamente iguales, por lo cual no es necesario someterlos a una prueba de ordenamiento de medias de tuckey.

Sin embargo, con los resultados de la tabla 16, se procedió a realizar la prueba de ordenamiento de Tuckey  $\alpha = 0.05$ , cuyos resultados obtenidos se observan en la tabla 17, en ella se muestra que entre los panelistas no existe diferencia significativa, resultandos iguales estadísticamente, sin embargo, el tratamiento que alcanzo la mejor media es el T0(4,44), seguido del tratamiento T1(4,39) y el T2 (4,28), no diferenciándose estadísticamente a un nivel del 0,05%.

Los valores promedio alcanzados en la evaluación fueron entre 4 y 5 que corresponde según escala hedónica de evaluación entre “Agradable” y “Muy agradable”.

**Tabla 17***Prueba de Tuckey para el atributo aceptabilidad.*

Ord.	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T0(432)	4.44	a
1	T1(698)	4.39	a
2	T2(874)	4.28	a b

Al emplear la prueba de comparación de Tuckey al atributo aceptabilidad se determinó que los tratamientos T0, T1 y T2 son estadísticamente iguales con una ( $P \leq 0,05$ ), siendo el más aceptable el tratamiento T0(Testigo) por tener el mayor promedio (4,44 y un calificativo proporcionado por los panelistas (Agradable), seguido del tratamiento T1(4,39), cuya muestra presento un color blanco característico a queso con pequeños puntos en su superficie, mientras que el tratamiento T2(4,28) presentó un color a queso característico con puntuaciones rojas en su superficie propias de la sangre de bovino.

### 3.4. Análisis químico proximal y físico químico del queso fresco

Las características químico proximal del queso fresco fortificado reportados, se exponen en la tabla 18.

**Tabla 18***Composición químico proximal del queso fresco fortificado.*

Nutriente	Unid	T0 (Testigo)	T1	T2
Agua	g	47.080 ± 0.089	46.747 ± 0.558	46.980 ± 0.170
Hidratos de carbono	g	2.377 ± 0.032	2.449 ± 0.011	2.430 ± 0.026
Proteínas	g	20.021 ± 0.264	20.532 ± 0.105	20.321 ± 0.102
Grasa total	g	25.720 ± 0.204	26.120 ± 0.496	25.853 ± 0.055
Ceniza	g	3.217 ± 0.004	3.337 ± 0.021	3.307 ± 0.016

Acorde a los resultados de la tabla 18, podemos referenciar que el contenido de humedad alcanzado del tratamiento T1(46,75%) y T2(46,98%) es inferior al tratamiento T0(47,08%); estos valores resultaron superiores al 46,05% reportado por (Sulca, 2019), e inferior al 52,19% reportado por (Pulido, Pinzón, & Tarazona, 2018); lo cual puede ser reflejado por efecto del tiempo de prensado durante el proceso de elaboración del queso. En cuanto al contenido de grasa el tratamiento T1(26,12%), alcanzo el mayor valor en relación al tratamiento T0 y T1, sin embargo, estos valores fueron superiores al 25,64% reportado por (Sulca, 2019), a al 21,13% reportado por (Pulido, Pinzón, & Tarazona, 2018). Sin embargo, los valores reportados en la tabla 18 cumple con la NTP N° 202-195 de Leche y sus derivados en contenido de proteínas ( $\geq 40\%$ ) y a humedad ( $\geq 46\%$ ) (INDECOPI, 2004).

En cuanto a contenido de proteínas el tratamiento T1 alcanzó el máximo valor de 20,53%, superior a 20,43% alcanzado por (Sulca, 2019) he inferior al 20,81% reportado por (Pulido, Pinzón, & Tarazona, 2018). En cuanto al contenido de hidratos de carbono el tratamiento T1 alcanzo el máximo valor de (2,45%) y el contenido de cenizas (3,34%), estos resultaron inferiores a los reportados por (Pulido, Pinzón, & Tarazona, 2018).

**Tabla 19**

*Composición físico química del queso fresco fortificado.*

<b>Nutriente</b>	<b>Unid</b>	<b>T0 (Testigo)</b>	<b>T1(30% E1400, 2% E401 y 1,0% E509</b>	<b>T2 (25% E1400, 1,5% E401 y 1,49% E509</b>
Acidez	°Dornic	19.560 ± 0.2078	19.080 ± 0.360	19.320 ± 0.208
pH		6.210 ± 0.0320	6.347 ± 0.036	6.307 ± 0.047
Hierro	mg/100 g	0.505 ± 0.0046	19.208 ± 0.109	16.465 ± 0.040

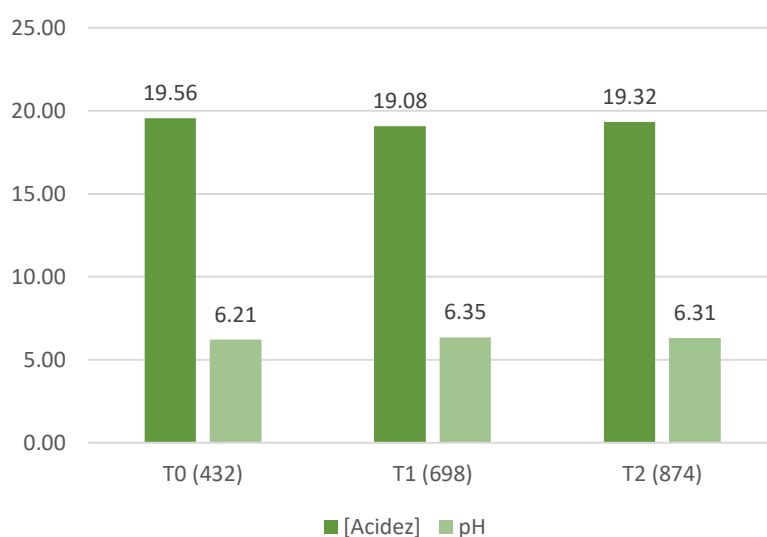
Los resultados alcanzados en la tabla 19, la mayor acidez lo alcanzo el tratamiento T0 (19.56 °D) y la menor acidez lo alcanzo el tratamiento T1(19.08°D),



siendo los tres resultados inferiores a los 19,70 °D reportados por (Guzmán, Mayorga, & Mejía, 2015). En el pH el tratamiento T1 reporto el valor más alto de 6,35, siendo superior al resultado de 6,27 obtenido por (Guzmán, Mayorga, & Mejía, 2015), pero resultado inferior al pH de 6,41 reportado por (Sulca, 2019). El pH o acidez de la leche va disminuyendo a lo largo de la producción de queso, concordando que a mayor acidez menor pH, tal como lo indica (Campos-Salas, Jiménez-Hernández, Gómez Leyva, & Cruz-Cansino, 2019).

**Figura 15**

*Variación de la acidez y el pH en los tratamientos optimizados.*



### 3.5. Análisis de evaluación de vida útil

Al queso fresco fortificado con microcápsulas de sangre bovino que resulto con mayor contenido de hierro hemólico y que alcanzo la mayor aceptabilidad, fue el tratamiento T1(432) (30% Maltodextrina, 2% Alginato sódico y 1,0% de cloruro cálcico), al realizar la evaluación de la vida útil del queso fresco fortificado con microcápsulas de sangre bovino se le sometió a un análisis microbiológico; en ella se le evaluó la cantidad de mohos, levaduras y coliformes presentes en la muestra luego de un periodo de

estudio de 15 días, para estudiar si los valores están dentro de lo establecido por la Resolución Ministerial N°591-2008.

Los resultados del análisis microbiológico a temperatura ambiente se observa en la tabla 20, el cual fue construido en base al ANEXO 12 del reporte del laboratorio BIOTEKNIA,

**Tabla 20**

*Análisis microbiológico del queso fresco fortificado a 13-18°C.*

Parámetros	Unid.	Temp. Ambiente (13-18°C)		
		0 días	7 días	15 días
Numeración de Mohos	UFC/g	< 10	< 10	14x10 <sup>2</sup>
Numeración de Levaduras	UFC/g	< 10	< 10	19x10 <sup>2</sup>
Coliformes	NMP/g	100	460	>1100

Para el caso de temperatura ambiente (13-18 °C) el resultado para el recuento de mohos fue 14x10<sup>2</sup> UFC/g y para el recuento de levaduras 19x10<sup>2</sup> UFC/g, estos valores se hallan por arriba de los valores mínimo y máximo (100 UFC/g - 200 UFC/g) para quesos frescos, determinado por la Resolución Ministerial N°591-2008 MINSA. En el caso de coliformes a los 15 días exceden los límites permisibles determinado por la Resolución Ministerial N°591-2008.

La tabla 21, reporta los resultados de análisis microbiológicos del recuento de mohos y levaduras (UFC/g) y coliformes, luego de 15 días a temperatura de refrigeración, con el objetivo de establecer el tiempo de vida útil.

**Tabla 21**

*Análisis microbiológico del queso fresco fortificado a 4-5°C.*

Parámetros	Unid.	Temp. Refrigeración (4-5°C)		
		0 días	7 días	15 días
Numeración de Mohos	UFC/g	< 10	< 10	11 x 10
Numeración de Levaduras	UFC/g	< 10	< 10	15 x 10
Coliformes	NMP/g	100	100	100

La concentración de mohos a temperatura de refrigeración (4°C) fue de  $<11 \times 10$  UFC/g y para el recuento de levaduras fue  $< 15 \times 10$  UFC/g, estos valores están dentro de los límites recomendados por la Resolución Ministerial N°591-2008, lo cual señala que el proceso de elaboración del queso fresco fortificado fue realizado con las medidas adecuada inocuidad e higiene.

En el caso de coliformes a los 15 días no exceden los límites permisibles establecido por la Resolución Ministerial N°591-2008, por lo que se recomendaría almacenarlo en temperaturas de refrigeración para garantizar la vida útil del queso fresco fortificado con microcápsulas de sangre bovina.

Los resultados de la Tabla 21 confirman que el alimento fresco enriquecido con microencapsulaciones de sangre bovina tiene una vida útil de 15 días después del proceso de fabricación envasado al vacío, al almacenarlo en condiciones de almacenamiento de 4-5°C), el valor mostrado es inferior al permitido, lo que mejora la confiabilidad del consumo de queso fresco fortificado con microcápsulas de sangre de bovino, pero al ser un producto alimenticio con un alto porcentaje de humedad, se recomienda conservarlo en el frigorífico después de apertura.

Considerando estos resultados, podemos estar seguros de que el queso fresco enriquecido mantiene sus propiedades estables para que el producto logre competir con otras marcas comerciales.

## CONCLUSIONES

1. Se evaluó la composición química proximal y las características físicas químicas en la sangre bovina determinándose 80% de humedad, 16,4% de proteínas, con un contenido de hierro de 6,64 mg/100g, así como un pH de 7.33. Estos resultados están dentro de los rangos adecuados de calidad de la sangre bovina
2. Se efectuó la optimización del micro encapsulado de la sangre bovina, utilizando el método Box-Behnken se reportan 15 tratamientos en diversas concentraciones de Maltodextrina, Alginato sódico y Cloruro cálcico, mediante sus variables respuesta que fueron la solubilidad e higroscopicidad de la sangre de bovino micro encapsulada, alcanzando la variable respuesta el mínimo valor de 3.10% de solubilidad, resultando las siguientes variables optimizadas (X1: 30% Maltodextrina, X2: 2% Alginato sódico y X3: 1% de Cloruro de calcio). Para la variable respuesta higroscopicidad se determinó el mínimo valor de 4,33%, siendo las variables optimizadas (X1: 25% Maltodextrina, X2: 1,50% Alginato sódico y X3: 1,49% de Cloruro de calcio).
3. Se evaluó la fortificación del queso fresco con los tratamientos optimizados con las microcápsulas de sangre bovina en queso fresco, obteniendo al tratamiento T1(X1: 30% Maltodextrina, X2: 2% Alginato sódico y X3: 1% de Cloruro de calcio) como el tratamiento de mayor concentración de hierro biodisponible resultando 19,20 mg Fe/100 g de queso fresco fortificado; en cuanto aceptabilidad el tratamiento T1 alcanzó un promedio de 4,39 en la escala hedónica, sin embargo los tratamiento T0, T1 y T2 resultaron estadísticamente iguales reportando valores aceptables, es decir las microcápsulas de sangre bovina no influyen en la aceptabilidad, por lo que no habría una diferencia significativa en Aceptabilidad es decir las microcápsulas de sangre bovina no afecta las características sensoriales del queso fresco, por lo que resulta un adecuado vehículo de fortificación con hierro biodisponible.

4. Además, se estimó el tiempo de vida útil del queso fresco fortificado optimo después de 15 días de almacenamiento a temperatura ambiente 13° - 18°C, reportando <10 UFC/g para mohos y levaduras, >1100 NMP/g para coliformes totales no cumpliendo la Resolución Ministerial N°591-2008, a temperatura de refrigeración 4°- 5°C se reportó < 10 UFC/g para mohos, levaduras, <100 NMP/g para coliformes totales, cumpliendo la Resolución Ministerial N°591-2008 para queso fresco.
5. Finalmente se concluye que microencapsular sangre de bovino por el método de gelificación iónica permite aplicarlo en la fortificación de queso fresco, alcanzando buena concentración de hierro biodisponible y aceptabilidad.

## **RECOMENDACIONES**

1. Debido a los beneficios de la sangre bovina, se debe realizar más investigaciones para desarrollar y desarrollar nuevos productos para el consumo humano.
2. Realizar estudios de reducción de tamaño a nano partículas de hierro hemínico y poder aplicarlo en alimentos innovados.
3. Fortificar con microcápsulas de sangre bovina en leche pasteurizada y yogurt por ser un buen vehículo alimenticio.
4. Realizar trabajos para el diseño y creación de tecnología para la producción de microcápsulas

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeyda, J., Carcamo, M., Cueva, R., & Mariño, E. (2019). *Estandarización para la atomización de la fracción de eritrocitos de sangre porcina - para la elaboración de productos*. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima. Recuperado el 12 de 02 de 2023, de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5cdaefe5-010f-425e-972a-c4a98dc2a99e/content>
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th ed. ed.). Gaithersburg, AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). Gaithersburg: : William Horwitz.
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th ed. ed.). Gaithersburg, AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). Gaithersburg: : William Horwitz.
- Aroca, V., & Proaño, P. (2020). Encapsulación de aceite de Plukenetia volubilis L. (Sacha inchi) recubierta con proteínas de sangre bovina para fortificación de galletas. *Tesis para optar el título de Licenciado en Bromatología y nutrición*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. Recuperado el 16 de 02 de 2020, de <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7224>
- Baquero-Parrado, J. (2008). Consideraciones clínicas y regulación del equilibrio ácido-base en ganado bovino. *Act. & Div. Cient*, 85-100. Recuperado el 6 de 12 de 2022, de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/626/600>
- Belitz, H., & Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos* (2da ed.). Zaragoza, España: Acribia. Recuperado el 16 de 02 de 2023
- Beltrán, C., & Perdomo, W. (2007). Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención de harina de sangre y plasma sanguíneo en el Matadero Santa Cruz de Malambo Atlántico. *Trabajo de grado para optar el título de ingeniero de alimentos*. Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1106&context=ing\\_alimentos](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1106&context=ing_alimentos)
- Campos-Salas, C., Jiménez-Hernández, J., Gómez Leyva, J., & Cruz-Cansino, N. (2019). Evaluación de parámetros de calidad de diferentes marcas comerciales de leche y yogurt, y cambios durante el almacenamiento. *Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICSa*, 32-38. Recuperado el 22 de 03 de 2023, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/4442-Manuscrito-20198-4-10-20190526.pdf>
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P., Ramos, A., & Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420-428. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>
- Contexto-ganadero. (2019). Aprovechamiento de la sangre como subproducto. *Contexto-ganadero*, 14-15. Recuperado el 20 de 03 de 2023, de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/aprovechamiento-de-la-sangre-como-subproducto>
- Documet-Petrik, K. (2015). Evaluación nutricional y sensorial de galletas fortificadas con hígado de res. *Tesis para optar el Grado de Master Internacional en*

- Nutrición y Dietética*. Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado el 16 de 03 de 2022, de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3502/MAE\\_HUM\\_NUT\\_006.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3502/MAE_HUM_NUT_006.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Durán, E., Villalobos, C., Churio, O., Pizarro, F., & Valenzuela. (2017). Encapsulación de hierro: Otra estrategia para la prevención o tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(3), 234-243. Recuperado el 20 de 3 de 2023, de <file:///H:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/10-Moreno-Marlene/Bibliografia/microencapsulaci%C3%B3n/46952704005.pdf>
- El comercio. (14 de 08 de 2018). La sangrecita, un alimento eficaz para combatir la anemia. *La sangrecita, un alimento eficaz para combatir la anemia*, pág. 10. Recuperado el 12 de 04 de 2023, de <https://elcomercio.pe/viu/sangrecita-alimento-eficaz-combatir-anemia-noticia-nndc-546282-noticia/>
- Ersus, S., & Yurdagel, U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L.*) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, 80, 805-812. Recuperado el 16 de 04 de 2023
- FAO. (10 de 04 de 2023). *Procesamiento y fortificación de los alimentos*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s10.htm>
- FAO-OMS. (2017). *Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes*. Zurich, Suiza. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf;jsessionid=1966987EC307E102A2E0B824F6EEE701?sequence=1>
- Farreras, P. (1992). *Medicina Interna*. Madrid: Doyma.
- Flores, A., Rodas, G., & Herrera, M. (2020). Obtención del hierro en solución mediante la hidrólisis ácida orgánica de los eritrocitos de la sangre de pollo. *Para optar el título profesional de ingeniero químico*. Universidad Nacional del Callao, Callao. Recuperado el 15 de 02 de 2023, de <file:///H:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023/2023-4%20Gomitas%20Jhenifer/bibliografia/sangre%20de%20pollo/TESIS-HERRERA,FLORES,RODAS-FIQ.pdf>
- FUNIBER. (10 de 12 de 2021). *Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos*. Obtenido de <https://www.composicionnutricional.com/foods/es?food=sangre%20bovina>
- Galarza, M., & CAIRO, A. (2013). Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente de harina de sangre bovina. *ECIPerú*, 10(1), 65-72. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/2266>
- García, G., González, M., Ochoa, M., & Medrano, Y. (2004). Microencapsulación del jugo de cebada verde mediante secado por aspersión. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(4), 262-266.
- Gómez, G., & Sarasti, H. (2023). Nuevos usos de la sangre bovina. *El tiempo*, 14-18. Recuperado el 12 de 04 de 2023, de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-980414>
- Gonzales, C., & Hernández, V. (2012). Determinación y comparación del contenido del hierro en algunas leguminosas antes y después de su tratamiento térmico usando la técnica de espectrofotometría de UV-visible previa complejación de hierro con o-fenantrolina. *Tesis para optar el título de Licenciada en Química*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua. Recuperado



- el 16 de 04 de 2022, de  
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6157/1/223636.pdf>
- Guzmán, E., Mayorga, S., & Mejía, M. (2015). Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del queso fresco prensado producido en la región Junín, Perú. *Apunt. cienc. soc*, 5(2). doi:  
<http://dx.doi.org/10.18259/acs.2015039>
- Haro, J., & Martínez-Graciá, C. (2005). Prevención de la deficiencia en hierro mediante el enriquecimiento de los alimentos. *AN. VET.*(21), 7-21. Obtenido de  
<file:///H:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023/2023-1%20Leche%20Jairo/1-bibliograf%C3%ADa/Anemia/2921-Texto%20del%20art%C3%ADculo-13831-1-10-20080220.pdf>
- Hekmat, S., & McMahon, D. (1997). Manufacture and Quality of Iron Fortified Yogurt. *Journal of dairy science.*, 80(12), 3114-3122.
- ICMSF. (2000). *Microorganismos de los alimentos 1. Su significado y métodos de enumeración*. Zaragoza, España, España: Acribia. Recuperado el 03 de 04 de 2023
- Imeson, A. (2010). *Food stabilizers, thickeners and gelling agents*. United Kingdom: Wiley-Blackwell. .
- INDECOPI. (2004). *NTP 202.195*. Recuperado el 21 de 01 de 2023, de  
[http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3408/1/TESIS%20IA285\\_Sul.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3408/1/TESIS%20IA285_Sul.pdf)
- INFOALIMENTOS. (12 de 04 de 2023). *¿Cuáles son las diferencias entre los alimentos enriquecidos y fortificados?* Recuperado el 10 de 04 de 2023, de  
<https://infoalimentos.org.ar/nutricion-y-estilos-de-vida/319-cuales-son-las-diferencias-entre-los-alimentos-enriquecidos-y-fortificados>
- Jackson, S., & Lee, K. (1992). Fortification of Cheese wit microencapsulated Iron. *Cultured dairy products journal*, 27, 4-7.
- Jarrín, K. (2021). Obtención de microcápsulas de colágeno hidrolizado enriquecido con pulpa de Ananas comusus (piña) mediante el método de secado por atomización para su posterior aplicación en la industria alimentaria. *Tesis Título, Universidad de las Fuerzas Armadas*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 5 de 10 de 2022, de  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/29280>
- Latham, M. (2002). *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. New York, Estados Unidos: Ithaca. Recuperado el 16 de 11 de 2021, de  
<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s10.htm>.
- LAURENTIA-TECHNOLOGIES. (10 de 03 de 2023). *Tecnología de microencapsulación*. Obtenido de  
<https://www.laurentia.es/microc%C3%A1psulas/tecnolog%C3%ADa/>
- Lopez, L., & Villalta, M. (2009). *Propuesta de un Metodo para la elaboracion de microesferas matriciales de acido acetilsalicilico utilizando alginato de sodio por la técnica de gelificación ionica*.
- López, O. (2010). Microencapsulación de sustancias oleosas mediante secado por aspersión. *Revista Cubana de Farmacia*, 44(4), 381-389. Recuperado el 10 de 04 de 2023
- Lozano, M. (2009). Obtención de microencapsulados funcionales de zumo de Opuntia stricta mediante secado por atomización. *Titulación: Ingeniería Técnica*

*Industrial, especialidad en Química Industrial.* Universidad politécnica de Cartagena, Cartagena.

- Lupo, B. (2020). Estudio de la gelificación de alginatos para encapsulación: caracterización, preparación y aplicaciones en alimentos funcionales. *Tesis para optar el grado de Doctor en ciencia y tecnología de materiales.* Universidad de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado el 04 de 06 de 2023, de file:///H:/Investigacion%20UNSCH/TesisAsesoradas/2023-F/10-Moreno-Marlene/Bibliografia/BLP\_TESIS.pdf
- Madene, A., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release - a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1), 1-21.
- Madrid, A. (1999). *Aprovechamiento de los subproductos carnicos.* Madrid, España: Mundi-Prensa. Recuperado el 10 de 02 de 2023
- Maisuthisakul, P., & Gordon, M. (2012). Influence of polysaccharides and storage during process sing on the properties of mango seed kernel extract (microencapsulation). *Food Chemistry*, 134, 1453–1460.
- Medina, L. (2013). *Obtención de malto dextrinas por vía enzimática a partir del almidón de camote (Ipomoea batatas).* México: Instituto Politécnico Nacional. .
- Mullen, A., Álvares, C., Pojié, M., Hadnadev, T., & Papageorgiou, M. (2015). Classification and target compounds. *Academic P.* Recuperado el 20 de 12 de 2021
- Muñoz-Fernández, H. (2015). *Derivados hemáticos.* Red Nacional de Biobancos. Recuperado el 10 de 04 de 2023, de <https://redbiobancos.es/wp-content/uploads/LIBRO-LOS-BIOBANCOS-EN-LA-ERA-OMICA-DERIVADOS-HEMA%CC%81TICOS.pdf>
- Nazzaro, F. (2012). Microencapsulación en ciencias de la alimentación y biotecnología. *Curr Opin Biotechnol*, 23(2), 182-186.
- Nieto, U. (2019). Formulación de una sopa instantánea con alto contenido nutricional a base de harina de sangre de vacuno encapsulada . *Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Agroindustrial* . Universidad Nacional Mayor de San Marcos , Lima, Perú. Recuperado el 27 de 02 de 2022, de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/15381>
- Nontol, J. (2016). Aprovechamiento de la sangre como subproducto del beneficio de animales de abasto. *Tesis para optar el título de ingeniero Zootecnista.* Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado el 14 de 11 de 2021, de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7511>
- Ofori, J., & Hsieh, Y. (2012). The Use of Blood and Derived Products as Food Additives. *Food Additives*, 256. Recuperado el 04 de 04 de 2022
- OMS-FAO. (2017). *Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes.* (M. N.-C.-R. Maria Esther Fernandez, Ed.) Zúrich, Suiza: OMS. Recuperado el 26 de 04 de 2022, de <http://apps.who.int/iris>
- Ortiz, L. (22 de 07 de 2022). *Aprovechamiento de la sangre de ganado bovino.* Obtenido de Entorno Ganadero: <https://bmeditores.mx/ganaderia/aprovechamiento-de-la-sangre-de-ganado-bovino/#:~:text=La%20sangre%20entera%20cuenta%20con,y%20prote%C3%ADnas%206%20a%208%25.>
- Palzer, S. (2009). Food structures for nutrition, health and wellness. *Trends in Food Science & Technology*, 20(5), 194-200.

- Paredes, B., Díaz, M., Gonzales, S., & Rendueles de la Vega, M. (2003). Producción de globina y plasma a partir de la sangre de animales de abasto. *Alimentación, Equipos y tecnología*, 22(175), 67-71. Recuperado el 02 de 05 de 2023, de [https://dialnet.unirioja.es/buscar/documentos?query=Dismax.DOCUMENTAL\\_TODO=Producci%C3%B3n+de+globina+y+plasma+a+partir+de+la+sangre+de+animales+de+abasto](https://dialnet.unirioja.es/buscar/documentos?query=Dismax.DOCUMENTAL_TODO=Producci%C3%B3n+de+globina+y+plasma+a+partir+de+la+sangre+de+animales+de+abasto)
- Parzanese. (2013). Tecnologías de la industria alimentaria: Microencapsulación. *Ficha N° 20 Alimentos Argentinos*, 12. Recuperado el 12 de 04 de 2023
- Pedroza, R. (2002). Alimentos Microencapsulados : Particularidades de los Procesos para la Microencapsulación de Alimentos para Larvas de Especies Acuícolas. *Tecnología de Alimentos*, 10.
- Plantbasedfoods. (6 de 10 de 2023). *Maltodextrinas-propiedades-y-aplicaciones*. Obtenido de <https://plantbasedfoods.com.br/artigos/todos/maltodextrinas-propiedades-y-aplicaciones>
- Pulido, R., Pinzón, D., & Tarazona, M. (2018). Caracterización nutricional, microbiológica y sensorial de queso fresco. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria.*, 30(3), 74-79. Recuperado el 16 de 03 de 2023, de [https://www.researchgate.net/profile/Martha-Tarazona-Diaz/publication/329252575\\_Nutritional\\_microbiological\\_and\\_sensorial\\_characterization\\_of\\_fresh\\_cheese/links/5d9f64b2299bf116fe9c767a/Nutritional-microbiological-and-sensorial-characterization-of-fresh-c](https://www.researchgate.net/profile/Martha-Tarazona-Diaz/publication/329252575_Nutritional_microbiological_and_sensorial_characterization_of_fresh_cheese/links/5d9f64b2299bf116fe9c767a/Nutritional-microbiological-and-sensorial-characterization-of-fresh-c)
- Ramírez-Navas, J., & Stouvenel, A. (2011). Fortificación de leche y derivados lácteos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 46-65.
- Reddy-K, R., & Reddy-P, S. (2010). Effect of different co-polymers on sodium alginate microcapsules containing isoniazid. *International Journal of PharmTech Research*, 2(4), 2198-2203. Recuperado el 18 de 02 de 2023
- Rengifo, E., & Torres, A. (2018). *Adsorción de proteína en hidrogeles: Producción, caracterización y simulación gastrointestinal in vitro*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5568>
- Reyes, L. (2010). Optimización y caracterización de la microencapsulación de la proteasa hemisfericina refinada. *Tesis para optar el título de ingeniero Agroindustrial*. Instituto Politécnico Nacional, México, México.
- Sánchez-Navarro, R., Pérez-Limiñana, M., Arán-Ais, F., & Orgilés-Barceló, C. (2015). Green synthesis of microcapsules for controlled release of natural active substances. *Fourth International Symposium of Frontiers in Polymer Science*. Riva del Garda: Polymer Science. Recuperado el 15 de 02 de 2023, de <https://www.inescop.es/images/Proyectos/Regionales/2016/MICROCAPS/E1-TECNICAS%20DE%20MICROENCAPSULACION.pdf>
- Serna, L., Torres, C., & Ayala, A. (2014). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *Información tecnología*, 26(5). Recuperado el 05 de 10 de 2023, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n2/art06.pdf>
- Silva, P., Stringheta, P., Teofilo, R., & Nolasco, I. (2013). Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 538-544. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.08.039>

- Sulca, F. (2019). Efecto de la incorporación de proteínas séricas en el proceso de queso fresco. *Tesis para optar el título de Ingeniera en Industrias Alimentarias*. Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, Ayacucho. Recuperado el 16 de 01 de 2023, de [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3408/1/TESIS%20IA285\\_Sul.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3408/1/TESIS%20IA285_Sul.pdf)
- Tonon, R., Brabet, K., Pallet, D., Bratt, P., & Hubinger, M. (2009). Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. *Institute of Food Science & Technology*. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02012.x>
- UMAMI. (20 de 03 de 2023). *you guessed it, sangre!* Obtenido de <http://www.umami-madrid.com/2015/07/31/arroz-negro-otro-tipo/you-guessed-it-sangre/>
- Vehring, R. (2008). Pharmaceutical particle engineering via spray drying. *Pharmaceutical Research*, 25(5), 999-1022. Recuperado el 25 de 01 de 2023
- Villacresis, H. (2023). Optimización de una mezcla alimenticia fortificada con hierro orgánico microencapsulado, utilizando el método Box-Behnken. tesis para optar el título de profesional de ingeniería en industrias alimentarias. universidad nacional de san cristobal de huamanga, ayacucho. Perú. recuperado el 02 de 06 de 2023, de [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5199/1/TESIS%20IA300\\_Vil.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5199/1/TESIS%20IA300_Vil.pdf)
- Villamil, R., Robelto, G., Mendoza, G., Guzmán, M., Cortés, L., Méndez, C., & Giha, V. (2020). Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 1018-1028. Recuperado el 02 de 06 de 2023, de <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v47n6/0717-7518-rchnut-47-06-1018.pdf>
- Wrolstad, R. (2012). *Food Carbohydrate Chemistry*. New Jersey, United State.: John Wiley & Sons.
- Zagaceta, Z. (2012). Efecto de la ingesta de hígado de res o de pollo en estudiantes de obstetricia con anemia ferropenica - Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2011. *Tesis para optar el grado de doctorado en ciencias de la salud Universidad Nacional Mayor de*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado el 04 de 03 de 2022
- Zhang, D., & Mahoney, A. (1991). Iron Fortification of Process Cheddar Cheese. *Journal of dairy science.*, 74(2), 353-358.

## ANEXOS

### Anexo 1

Ficha de evaluación sensorial.


UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
E.P. DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

### INSTRUCCIONES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Indique el grado que le agrada o le desagrada de cada muestra, **colocando un aspa (X) dentro del recuadro según su criterio de aceptación**. Recuerde tomar agua entre muestra y muestra.

MUESTRA: QUESO CON MICROENCAPSULADO DE HIERRO HEMOLICO				
<i>Marque con un aspa o cruz dentro del recuadro</i>				
ACEPTABILIDAD	MUESTRAS			
	N°	432	698	874
Muy agradable				
Agradable				
Indiferente				
Desagradable				
Muy desagradable				

## Anexo 2

Resultado de la evaluación sensorial de la aceptabilidad del queso fortificado con MSB.

N°	Panelistas	432	698	874	$\Sigma$
1	Panelista 1	4	4	5	13.00
2	Panelista 2	5	4	4	13.00
3	Panelista 3	5	5	4	14.00
4	Panelista 4	5	5	4	14.00
5	Panelista 5	4	4	5	13.00
6	Panelista 6	4	4	4	12.00
7	Panelista 7	5	5	4	14.00
8	Panelista 8	4	4	4	12.00
9	Panelista 9	4	5	5	14.00
10	Panelista 10	4	4	4	12.00
11	Panelista 11	4	4	4	12.00
12	Panelista 12	5	5	4	14.00
13	Panelista 13	4	4	5	13.00
14	Panelista 14	5	5	4	14.00
15	Panelista 15	4	4	4	12.00
16	Panelista 16	5	4	5	14.00
17	Panelista 17	4	5	4	13.00
18	Panelista 18	5	4	4	13.00
	Promedio	4.44	4.39	4.28	<b>236.00</b>

**Anexo 3**

*Foto de recolección de muestras de sangre bovina.*



#### Anexo 4

*Foto de análisis de muestras de sangre bovina.*





## Anexo 5

*Microencapsulación de la sangre bovina.*



## Anexo 6

*Foto del microencapsulado de la sangre bovina.*



## Anexo 7

*Fortificación del queso fresco con microcápsulas de sangre bovina.*





## Anexo 8

*Evaluación sensorial de la aceptabilidad del queso fresco fortificado.*



## Anexo 9

### Informe de ensayo contenido de hierro del queso fresco fortificado muestra T1.



## INFORME DE ENSAYO N° 0044-2023

SOLICITANTE : JULIO CESAR MORENO CASAVILCA  
MARLENY QUICANO HUAMAN

### CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. --CENA S.A.C.-INFORMA:

HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

PRODUCTO DECLARADO : QUESO CON MICROENCAPSULACIÓN DE SANGRE  
BOVINA  
NUMERO DE SOLICITUD : 0022-2023  
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 200 g  
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO Y EN APARENTE BUEN ESTADO  
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO QUÍMICO  
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 25 DE ENERO DE 2023  
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 25 DE ENERO DE 2023  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 28 DE ENERO DE 2023

#### CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

#### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (100 g)

ANÁLISIS	RESULTADO
Hierro (mg/100 g)	19,20

#### MÉTODO DE ENSAYO:

1. DETERMINACIÓN DE HIERRO MÉTODO ADAPTADO A AOAC 985.35

#### CONDICIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.

Este informe de ensayo es valido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción ensayos y cantidad recibida.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 28 DE ENERO DE 2023.

CENA S.A.C.  
  
Ing. Blanca Roque Lima  
CIP. 167375

Página 1 de 1  
FT-ENS-02/R00/2018-03-26

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo  
E-mail: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com) / [cenasaclab@gmail.com](mailto:cenasaclab@gmail.com)  
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 976088244 - 980043301  
FB. [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCION DE ESTE DOCUMENTO

## Anexo 10

Informe de ensayo contenido de hierro del queso fresco fortificado muestra T2.



### INFORME DE ENSAYO N° 0045-2023

**SOLICITANTE :** JULIO CESAR MORENO CASAVILCA  
MARLENY QUICANO HUAMAN

#### CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. --CENA S.A.C.-INFORMA:

HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

**PRODUCTO DECLARADO :** QUESO CON MICROENCAPSULACIÓN DE SANGRE BOVINA  
**NUMERO DE SOLICITUD :** 0024-2023  
**CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA :** 200 g  
**CONDICIONES DE RECEPCION :** ENVASADO Y EN APARENTE BUEN ESTADO  
**ENSAYOS SOLICITADOS :** FÍSICO QUÍMICO  
**FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA :** 25 DE ENERO DE 2023  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS :** 26 DE ENERO DE 2023  
**FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS :** 29 DE ENERO DE 2023

CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

#### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (100 g)

ANÁLISIS	RESULTADO
Hierro (mg/100 g)	16,465

MÉTODO DE ENSAYO:

1. DETERMINACIÓN DE HIERRO MÉTODO ADAPTADO A AOAC 985.35

CONDICIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.  
Este informe de ensayo es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 29 DE ENERO DE 2023.

CENA S.A.C.  
  
Ing. Blanca Roque Lima  
CIP. 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCION DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1  
FT-ENS-02/R00/2018-03-26

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo ■  
E-mail: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com) / [cenasaclab@gmail.com](mailto:cenasaclab@gmail.com) ■  
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 976088244 - 980043301 ■  
FB. [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com) ■



## Anexo 11

Informe de ensayo contenido de hierro del queso fresco fortificado muestra T0.



### INFORME DE ENSAYO N° 0046-2023

SOLICITANTE : JULIO CESAR MORENO CASAVILCA  
MARLENY QUICANO HUAMAN

#### CERTIFICACIONES NACIONALES DE ALIMENTOS S.A.C. --CENA S.A.C.-INFORMA:

HABER ANALIZADO LA SIGUIENTE MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE

PRODUCTO DECLARADO : QUESO FRESCO  
NUMERO DE SOLICITUD : 0023-2023  
CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 200 g  
CONDICIONES DE RECEPCION : ENVASADO Y EN APARENTE BUEN ESTADO  
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO QUIMICO  
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA : 25 DE ENERO DE 2023  
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 26 DE ENERO DE 2023  
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS : 30 DE ENERO DE 2023

#### CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

##### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (100 g)

ANÁLISIS	RESULTADO
Hierro (mg/100 g)	0,50

#### MÉTODO DE ENSAYO:

1. DETERMINACIÓN DE HIERRO MÉTODO ADAPTADO A AOAC 985.35

#### CONDICIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CENA S.A.C.

Este informe de ensayo es valido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican de la muestra, no pudiendo extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción, ensayos y cantidad recibida.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad, con normas de producto como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a CENA S.A.C. son de responsabilidad del Solicitante.

HUANCAYO, 30 DE ENERO DE 2023.

CENA S.A.C.

  
Ing. Blanca Roque Lima  
CIP. 167375

PROHIBIDA LA REPRODUCCION DE ESTE DOCUMENTO

Página 1 de 1  
FT-ENS-02/R00/2018-03-26

Dirección: Jr. Magdalena N° 120 San Carlos - Huancayo  
E-mail: [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com) / [cenasaclab@gmail.com](mailto:cenasaclab@gmail.com)  
Telf: 064 - 216693 - Cel.: 976088244 - 980043301  
FB. [cenasaclaboratorio@hotmail.com](mailto:cenasaclaboratorio@hotmail.com)

## Anexo 12

### Informe de ensayo microbiológico ambiente del queso fresco fortificado T0.



# LABORATORIO BIOTEKNIA

Análisis de alimentos y bebidas

## INFORME DE ENSAYO N° 081-2023

SOLICITANTES : Julio César Moreno Casavilca  
DNI N° 48079600  
Marleny Quicaño Huamán  
DNI N° 70172848

PRODUCTO : QUESO CON MICROENCAPSULADO DE HIERRO.

FECHA DE PRODUCCIÓN : 09.ABR.2023 (declarado por el solicitante)

FECHA DE VENCIMIENTO : 30.ABR.2023 (declarado por el solicitante)

TAMAÑO DE MUESTRA : 250 g

FECHA DE SOLICITUD : 09.ABR.2023

FECHA DE MUESTREO : 10.ABR.2023

### ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL

#### Análisis Microbiológico (Muestra conservada a temperatura ambiente 13-18°C)

N°	Ensayo	Resultado		
		10.ABR.2023	17.ABR.2023	24.ABR.2023
01	Numeración de mohos (UFC/g)	<10	<10	14 x 10 <sup>2</sup>
02	Numeración de levaduras (UFC/g)	<10	< 10	19 x 10 <sup>2</sup>
03	Coliformes (NMP/g)	100	460	>1.100

#### Análisis Microbiológico (Muestra conservada a temperatura de refrigeración 4-5°C)

N°	Ensayo	Resultado		
		10.ABR.2023	17.ABR.2023	24.ABR.2023
01	Numeración de mohos (UFC/g)	<10	< 10	11 x 10
02	Numeración de levaduras (UFC/g)	<10	< 10	15 x 10
03	Coliformes (NMP/g)	100	100	100

**Métodos de Ensayo.** - 01-03.- FAO (1981). Manuales para el control de calidad de los alimentos. 4. Análisis microbiológico.

**Conclusión.** - La muestra de "Queso con microencapsulado de hierro", no se conserva adecuadamente a temperatura ambiente (13-18°C) durante 15 días; a temperatura de refrigeración (4-5°C), permanece estable sobre todo en la numeración de coliformes, cumpliendo con los requisitos microbiológicos establecidos en la Resolución Ministerial N° 591-2008-MINSA "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". I. LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. 1.8 Quesos no madurados (queso fresco, mantecoso, ricotta, cabaña, creme, petit suisse, mozzarella, ucayalino, otros).

**Nota.** - El presente informe se refiere a la muestra prototipo analizada, proporcionada por el solicitante.

Ayacucho 15 de mayo del 2023



BIOTEKNIA SAC  
Laboratorio de Ensayo  
Análisis de alimentos y bebidas  
*Graciela Cuba Ferrer*  
Bigo. Graciela Cuba Torre  
CBP N° 3263  
GERENTE

Urb. José Ortiz Vergara, ENACE, Mz. C – Lote 26, Ayacucho. (subiendo por la Av. Independencia, dos cuadras antes del Puente ENACE) Atención: Lunes a sábado, 8-1 p.m. y 3-7 p.m. Tel. 066-315186 Cel. 966607080





## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

### “MICROENCAPSULACION DE LA SANGRE BOVINA POR EL METODO DE GELIFICACION IONICA Y SU APLICACIÓN EN LA FORTIFICACION DE QUESO FRESCO”

**Expositora: Marleny QUICAÑO HUAMAN**  
**Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2342754.

Resolución Decanal N° 105-2023-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 08-08-2023.

- 01 -

En la Sala de Conferencias “Pedro VILLENA HIDALGO” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las tres de la tarde con cinco minutos del día jueves diez de agosto del año dos mil veintitrés, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Marleny QUICAÑO HUAMAN**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI y Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, bajo la Presidencia de la Dra. Alcira Irene CORDOVA MIRANDA (Decana (e) de la FIQM), Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. José Alberto CUEVA VARGAS (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, la Presidenta del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: “**MICROENCAPSULACION DE LA SANGRE BOVINA POR EL METODO DE GELIFICACION IONICA Y SU APLICACIÓN EN LA FORTIFICACION DE QUESO FRESCO**”, presentado por la Bachiller **Marleny QUICAÑO HUAMAN**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 105-2023-UNSCH-FIQM/D.

Luego, la Presidenta del Jurado invitó a la Bachiller **Marleny QUICAÑO HUAMAN**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, la Presidenta invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI. Luego la Presidenta invitó al Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyo con esta etapa la Dra. Alcira Irene CORDOVA MIRANDA, en su condición de Presidente.



**UNSCH**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
**QUÍMICA Y**  
METALURGIA

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

### “MICROENCAPSULACION DE LA SANGRE BOVINA POR EL METODO DE GELIFICACION IONICA Y SU APLICACIÓN EN LA FORTIFICACION DE QUESO FRESCO”

**Expositora: Marleny QUICAÑO HUAMAN**  
**Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2342754.

Resolución Decanal N° 105-2023-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 08-08-2023

- 02-

Culminada la etapa de preguntas, la Presidenta del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

Finalmente la Presidenta del Jurado dispuso que se invite a la Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Marleny QUICAÑO HUAMAN**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las cuatro de la tarde con cincuenta minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

Dra. Alcira Irene CORDOVA MIRANDA  
Presidenta (e)

Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI  
Miembro

Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI  
Miembro

Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA  
Miembro

Mg. José Alberto CUEVA VARGAS  
Secretario – Docente



**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERIA  
**QUÍMICA Y**  
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

**“MICROENCAPSULACION DE LA SANGRE BOVINA POR EL METODO DE GELIFICACION IONICA Y SU APLICACIÓN EN LA FORTIFICACION DE QUESO FRESCO”****Expositor: Julio Cesar MORENO CASAVILCA**  
**Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2342754.

Resolución Decanal N° 105-2023-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 08-08-2023.

- 01 -

En la Sala de Conferencias “Pedro VILLENA HIDALGO” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las tres de la tarde con cinco minutos del día jueves diez de agosto del año dos mil veintitrés, se reunieron el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Julio Cesar MORENO CASAVILCA**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI y Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, bajo la Presidencia de la Dra. Alcira Irene CORDOVA MIRANDA (Decana (e) de la FIQM), Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. José Alberto CUEVA VARGAS (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, la Presidenta del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **“MICROENCAPSULACION DE LA SANGRE BOVINA POR EL METODO DE GELIFICACION IONICA Y SU APLICACIÓN EN LA FORTIFICACION DE QUESO FRESCO”**, presentado por el Bachiller **Julio Cesar MORENO CASAVILCA**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 105-2023-UNSCH-FIQM/D.

Luego, la Presidenta del Jurado invitó al Bachiller **Julio Cesar MORENO CASAVILCA**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, la Presidenta invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI. Luego la Presidenta invitó al Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyo con esta etapa la Dra. Alcira Irene CORDOVA MIRANDA, en su condición de Presidente.

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA  
**QUÍMICA Y**  
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

**“MICROENCAPSULACION DE LA SANGRE BOVINA POR EL METODO DE GELIFICACION IONICA Y SU APLICACIÓN EN LA FORTIFICACION DE QUESO FRESCO”****Expositora: Julio Cesar MORENO CASAVILCA**  
**Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2342754.

Resolución Decanal N° 105-2023-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 08-08-2023

-02-

Culminada la etapa de preguntas, la Presidenta del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

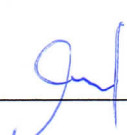
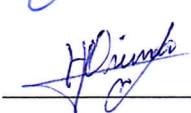
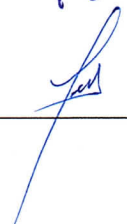
Finalmente la Presidenta del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Julio Cesar MORENO CASAVILCA**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las cuatro de la tarde con cincuenta minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

Dra. Alcira Irene CORDOVA MIRANDA  
PresidentaDr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI  
MiembroMg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI  
MiembroMg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA  
MiembroMg. José Alberto CUEVA VARGAS  
Secretario – Docente

## ACTA DE CONFORMIDAD

Los que suscribimos miembros del jurado designado para el acto público de sustentación de la tesis titulado “**MICROENCAPSULACIÓN DE LA SANGRE BOVINA POR EL MÉTODO DE GELIFICACIÓN IÓNICA Y SU APLICACIÓN EN LA FORTIFICACIÓN DE QUESO FRESCO**” presentado por los bachilleres Marleny QUICAÑO HUAMAN y Julio Cesar MORENO CASAVILCA, la cual fue sustentada el día 10 de agosto del 2023, en merito a la Resolución Decanal N° 105-2023-UNSCH-FIQM/D de fecha 08 de agosto del 2023; damos conformidad al trabajo final corregido, aceptando la publicación final de la mencionada tesis y declaramos el documento APTO para que pueda iniciar sus gestiones administrativas, que conduzca a la expedición y entrega del título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

<b>MIEMBROS DEL JURADO</b>	<b>DNI</b>	<b>FIRMA</b>
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI	<u>06161943</u>	
Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI	<u>28244168</u>	
Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA	<u>41886792</u>	

Ayacucho, agosto de 2023





## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, la Srta. Marleny QUICAÑO HUAMAN y el Sr. Julio Cesar MORENO CASAVILCA de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el Ing. Juan Carlos Ponce Ramírez, la Tesis: *"Microencapsulación de la sangre bovina por el método de gelificación iónica y su aplicación en la fortificación de queso fresco"*; y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 18% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha agosto 31 de 2023 e Identificador de la Entrega N° 2155443590.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, setiembre 05 de 2023.

  
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia  
EP Ingeniería en Industrias Alimentarias  
.....  
Dr. Alberto L. HUAMANI HUAMANI  
DIRECTOR

c.c. : Archivo digital.  
Constancia N° 129



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Marleny, Quicaño Huamán Y Julio César, Moreno Casavilca  
Título del ejercicio: TESIS CON DEPOSITO  
Título de la entrega: Microencapsulación de la sangre bovina por el método de g...  
Nombre del archivo: Tesis\_Marleny\_y\_Julio.pdf  
Tamaño del archivo: 1.35M  
Total páginas: 72  
Total de palabras: 16,221  
Total de caracteres: 84,405  
Fecha de entrega: 31-ago.-2023 09:34p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2155443590



Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia  
EP Ingeniería en Industrias Alimentarias

Dr. Alberto L. HUAMANI HUAMANI  
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



**TESIS:**

Microencapsulación de la sangre bovina por el método de  
gelificación iónica y su aplicación en la fortificación de queso  
fresco

PRESENTADO POR:

**Bach. Marleny, QUICAÑO HUAMÁN**

**Bach. Julio César, MORENO CASAVILCA**

ASESORADO POR: **Dr. Juan Carlos, PONCE RAMÍREZ**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**AYACUCHO - PERÚ**

2023

# Microencapsulación de la sangre bovina por el método de gelificación iónica y su aplicación en la fortificación de queso fresco

*por* Marleny, Quicaño Huamán Y Julio César, Moreno Casavilca

---

**Fecha de entrega:** 31-ago-2023 09:34p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2155443590

**Nombre del archivo:** Tesis\_Marleny\_y\_Julio.pdf (1.35M)

**Total de palabras:** 16221

**Total de caracteres:** 84405



# Microencapsulación de la sangre bovina por el método de gelificación iónica y su aplicación en la fortificación de queso fresco

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	apps.who.int Fuente de Internet	1%
7	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
8	apptransparencia.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://www.yumpu.com">www.yumpu.com</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://www.scielo.cl">www.scielo.cl</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://bmeditores.mx">bmeditores.mx</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1 %
13	<a href="http://www.revistas.unitru.edu.pe">www.revistas.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
14	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx">repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
20	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	

<1 %

---

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía Activo