UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EFECTO DE LA ADICIÓN DE SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES DE QUESO FRESCO

TESIS

PRESENTADO POR:
Bach. Gina Gisela Mendoza Apaza

ASESOR:
Dr. Erick Manuel Saldaña Villa

COASESOR:
M.Sc. Karina Erika Eduardo Palomino.

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

MOQUEGUA – PERÚ

2025

Folio N° 29

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
UNAM
FEDATARIO

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación de la modalidad de titulación del bachiller:
RESOLUCIÓN DE FACULTAD N°166-2024-FACIA-UNAM, N° 069-2025-D-FACIA UNAM, N° 128-2025-D-FACIA UNAM
Fecha: .....

III. Documento de aprobación para la sustentación:
RESOLUCIÓN DE FACULTAD N° 0152-2025-D-FACIA-UNAM
Fecha: .....

IV. El Jurado ha dictaminado la (el) TESIS,
TITULADO: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO SOBRE LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES DE QUESO FRESCO"

Bachiller: GINA GISELA MENDOZA APAZA
Asesor Principal: DR. ERICK MANUEL GALDAÑA VILLA
Co-Asesor: .....

V. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: TRECE (13) por lo que; Sí [ ] No [ ]

Opta el Título Profesional de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL.**

Siendo las 19:30 horas, del 01 de JULIO del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente	Primer Miembro	Segundo Miembro
Nils L. Huaman Castilla	Lycet Maria Cáceres Bustinza	Raquel Allison Choquehuanca Poveda
(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)

Miembro Accesitario
Rosa Yuvana Quispe Condori
(Nombres y Apellidos)

Asesor Principal	Bachiller	Co-Asesor
(Nombres y Apellidos)	Gina Gisela Mendoza Apaza (Nombres y Apellidos)	(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

A mi madre Justina, su apoyo constante, ha sido fundamental en mi crecimiento personal y académico.

A mis hermanos Oscar, Gimena y Kristian Francisco, porque solo nos tenemos a nosotros en cada desafío de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi fortaleza en cada paso de este camino. Por darme la fe necesaria para seguir adelante.

Expreso mi profundo agradecimiento al Dr. Jhony Mayta Hancco, vicerrector de investigación de la Universidad Nacional de Moquegua, por el apoyo brindado e invaluable aporte al desarrollo de esta investigación.

A mi asesor, Dr. Erick Saldaña Villa, por su guía a lo largo de este proceso. Gracias a su experiencia se pudo consolidar alcanzar la finalización de la tesis.

Agradezco al proyecto "Efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de queso fresco", financiado mediante Resolución de Comisión Organizadora N.° 0835-2019-UNAM, modificado con Resolución de Facultad N.° 0069-2025-D-FACIA-UNAM, cuyo respaldo hizo posible la realización de esta investigación.

Al jurado evaluador conformado por el Dr. Nils Leander Huamán Castilla (presidente), la M.Sc. Lycet María Cáceres Bustinza (primer miembro), la Ing. Raquel Allison Choquehuanca Pineda (segundo miembro) y la Mg. Rosa Yuvana Quispe Condori (miembro accesitario), por el tiempo dedicado, sus valiosos aportes y observaciones que enriquecieron esta tesis.

A la Srta. Sugey Caso, secretaria de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua, por su disposición y amabilidad en cada momento en que necesité orientación y brindarme la información necesaria con paciencia y dedicación.

RESUMEN

Diferentes estudios han evaluado la fortificación de quesos (Feta, Panela y Cheddar) con hierro. Sin embargo, el caso del queso fresco, la inestabilidad del hierro causa defectos sensoriales que motivan a la industria buscar alternativas como la microencapsulación. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado (SFM) y pirofosfato férrico (PFF), para lo cual se elaboraron cinco tratamientos: CTRL (control), SFM1 (90 mg Fe/kg), SFM2 (300 mg Fe/kg), PFF1 (90 mg Fe/kg) y PFF2 (300 mg Fe/kg). Se analizaron sus características fisicoquímicas como composición (extracto seco y humedad), contenido mineral (Fe y Ca) y color (CIE-Lab) en los días 1, 3 y 6 de almacenamiento; características microbiológicas (recuento de mesófilos aerobios, psicotróficos, mohos y levaduras, y detección de coliformes, *E. coli* y *Salmonella*) se evaluaron al día 6, junto con una evaluación sensorial (aceptabilidad general e intensidad de atributos sensoriales) realizada con 58 consumidores. Los resultados fisicoquímicos mostraron que la fortificación disminuyó la humedad y, consecuentemente, aumentó el extracto seco, siendo SFM2 el tratamiento con el mayor contenido de hierro (225.05 mg/kg) y calcio, sin que este último fuera comprometido. El color solo varió significativamente en el componente a* (rojo-verde) del tratamiento PFF2. Microbiológicamente, todos los quesos resultaron seguros y cumplieron con la legislación sanitaria. Según los resultados sensoriales, los tratamientos CTRL y PFF2 obtuvieron la mayor aceptabilidad, mientras que SFM2 fue el menos aceptado debido a una alta intensidad de sabor metálico y rancio. Se concluye que el tipo y la concentración del compuesto de hierro fueron los factores determinantes en las características del queso, mientras que el tiempo de almacenamiento no tuvo un efecto significativo en la mayoría de las propiedades evaluadas.

Palabras clave: Queso fresco, Sulfato ferroso microencapsulado, Pirofosfato férrico y evaluación sensorial.

ABSTRACT

Different studies have evaluated the fortification of cheeses (Feta, Panela, and Cheddar) with iron. However, in the case of fresh cheese, iron instability tends to cause sensory defects, prompting the food industry to seek alternatives such as microencapsulation. The objective of this research was to evaluate the effect of adding microencapsulated ferrous sulfate (SFM) and ferric pyrophosphate (PFF). Five treatments were developed: CTRL (control), SFM1 (90 mg Fe/kg), SFM2 (300 mg Fe/kg), PFF1 (90 mg Fe/kg), and PFF2 (300 mg Fe/kg). Physicochemical characteristics—including composition (dry matter and moisture), mineral content (Fe and Ca), and color (CIE-Lab)—were analyzed on days 1, 3, and 6 of storage. Microbiological characteristics (aerobic mesophilic count, psychrotrophs, molds and yeasts, and detection of coliforms, E. coli, and Salmonella) were evaluated on day 6, along with a sensory evaluation (overall acceptability and intensity of sensory attributes) conducted with 58 consumers. Physicochemical results showed that fortification reduced moisture and consequently increased dry matter, with SFM2 being the treatment with the highest iron (225.05 mg/kg) and calcium content, without compromising the latter. Color variation was significant only in the a* (red-green) component of the PFF2 treatment. Microbiologically, all cheeses were safe and complied with sanitary regulations. According to sensory results, CTRL and PFF2 treatments achieved the highest acceptability, while SFM2 was the least accepted due to its pronounced metallic and rancid flavor. It was concluded that the type and concentration of the iron compound were the determining factors in the cheese's characteristics, whereas storage time had no significant effect on most of the evaluated properties.

Keywords: Fresh cheese, Microencapsulated ferrous sulfate, Ferric pyrophosphate, Sensory evaluation.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **i**
AGRADECIMIENTOS ..... **ii**
RESUMEN ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
INTRODUCCIÓN **1**
ABREVIATURAS **2**
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **4**
1.1. Descripción y formulación del problema 4
1.2. Objetivos 5
1.2.1. Objetivo general 5
1.2.2. Objetivos específicos 5
1.3. Justificación e importancia 6
1.4. Hipótesis 7
1.4.1. Hipótesis general 7
1.4.2. Hipótesis específicas 7
II. MARCO TEÓRICO **8**
2.1. Antecedentes 8
2.2. Bases teóricas 13
2.2.1. Leche 13
2.2.2. Composición de la leche bovina 14
2.2.3. Queso 17
2.2.4. Clasificación de quesos 17
2.2.5. Queso fresco 19
2.2.6. Composición química del queso fresco 19
2.2.7. Procesos bioquímicos 21
2.2.8. Factores que influyen en la calidad del queso fresco 23
2.2.9. Análisis fisicoquímicos 35
2.2.10. Análisis microbiológicos 36
2.2.11. Análisis sensorial 45
2.2.12. Fortificación de alimentos con hierro 48
2.2.13. Microencapsulación 53
2.3. Definición de términos 55

III. METODOLOGÍA 57
3.1. Tipo y nivel de investigación 57
3.2. Ámbito temporal y espacial 57
3.3. Población y muestra 57
3.3.1. Materia prima 57
3.3.2. Insumos de proceso 58
3.3.3. Equipos 58
3.3.4. Materiales de vidrio y otros 58
3.3.5. Reactivos 59
3.4. Procedimientos 60
3.4.1. Elaboración de queso fresco 60
3.4.2. Características fisicoquímicas del queso fresco 64
3.4.3. Análisis microbiológico 66
3.4.4. Caracterización sensorial 74
3.4.5. Análisis de datos 75
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 76
4.1. Características fisicoquímicas del queso fresco 76
4.1.1. Composición química (extracto seco y humedad) 76
4.1.2. Color de queso fresco 79
4.1.3. Contenido de minerales hierro y calcio 82
4.2. Características microbiológicas 85
4.3. Características sensoriales del queso fresco 88
V. CONCLUSIONES 94
VI. RECOMENDACIONES 95
VII. REFERENCIAS 96
VIII. ANEXOS 115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química y mineral de la leche bovina según la etapa de lactancia.16
Tabla 2. Contenido promedio de minerales traza en leche madura bovina. 17
Tabla 3. Denominación del queso según sus características de consistencia y maduración. 18
Tabla 4. Clasificación de los quesos según el contenido de grasa. 18
Tabla 5. Clasificación de los quesos según su maduración. 19
Tabla 6. Composición proximal del queso fresco. 20
Tabla 7. Efectos de la proteína en la calidad del queso fresco. 25
Tabla 8. Efectos de la grasa en la calidad del queso fresco. 26
Tabla 9. Efectos del contenido de Calcio y fosforo en la calidad del queso fresco. 27
Tabla 10. Efectos de la acidez en la calidad del queso fresco. 28
Tabla 11. Fuentes de contaminación. 29
Tabla 12. Efectos de la humedad en la calidad de queso fresco. 32
Tabla 13. Requisitos microbiológicos para el queso fresco según la NTP 202.195:2019 .37
Tabla 14. Efectos de los coliformes en la leche y el queso. 38
Tabla 15. Efectos de la Escherichia coli en la leche y el queso. 41
Tabla 16. Efectos de las bacterias mesófilas en la leche y el queso. 42
Tabla 17. Efectos de bacterias psicrótrofas en la leche y el queso 43
Tabla 18. Efecto de Mohos y levaduras en la leche y el queso. 45
Tabla 19. Comparación de características sensoriales ideales y defectos comunes en el queso fresco. 46
Tabla 20. Tipos de escalas empleadas en pruebas sensoriales. 47
Tabla 21. Cantidad de hierro promedio diaria recomendada. 49
Tabla 22. Compuestos de hierro sugeridos para vehículos alimentarios. 50
Tabla 23. Factores que afectan la estabilidad del sulfato ferroso. 52
Tabla 24. Comparación de medias y error estándar del extracto seco de los quesos según tratamiento y día de almacenamiento. 78
Tabla 25 Comparación de medias y error estándar de valores de color (L, a*, b*) de los quesos según tratamiento y día de almacenamiento. 80
Tabla 26. Contenido de hierro (Fe) y calcio (Ca) en queso fresco según tratamiento y día de evaluación. 84
Tabla 27. Evaluación microbiológica de los quesos frescos fortificados. 87

Tabla 28. Características sensoriales de los diferentes tratamientos aplicados a los quesos frescos. 91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología usada en la experimentación de esta tesis. 61
Figura 2. Procedimiento para el recuento de mohos y levaduras. 68
Figura 3. Siembra en superficie para el recuento de bacterias psicrotrofas. 69
Figura 4. Preparación del medio de cultivo para el recuento de mohos y levaduras. 70
Figura 5. Inoculación en medios de cultivo para Coliformes totales y *Escherichia coli.* . 72
Figura 6. Procedimiento prara la deteccion de *salmonella spp.* 74
Figura 7. Análisis de componentes principales con los atributos sensoriales que caracterizan cada tratamiento de queso fresco. 93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Variables independientes y dependientes evaluadas en la investigación. 115
Anexo 2. Composición Fisicoquímica de la leche 116
Anexo 3. Evaluación estadística de extracto seco 116
Anexo 4. Evaluación estadística de humedad. 117
Anexo 5. Evaluación estadística del contenido de hierro y calcio. 118
Anexo 6. Evaluación estadística del color. 120
Anexo 7. Evaluación estadística del análisis sensorial. 121
Anexo 8. Datos técnicos de las personas que participaron en el análisis sensorial. 124
Anexo 9. Código SAS de la evaluación estadística. 126
Anexo 10. Tabla Estándar del Número Más Probable (NMP) – Método de Tres Tubos por Dilución. 137
Anexo 11. Ficha de evaluación sensorial del queso fresco. 138
Anexo 12. Ficha técnica de sulfato ferroso microencapsulado. 140
Anexo 13. Ficha Técnica de Pirofosfato Férrico. 141
Anexo 14. Tratamientos para la medición del Extracto Seco 142

Anexo 15. Pesado, secado y enfriado de la muestra para la medición del Extracto Seco 143
Anexo 17. Sustento de los objetivos específicos. 144

INTRODUCCIÓN

El queso fresco es un producto lácteo ampliamente consumido debido a su textura suave, sabor característico y alto valor nutritivo (Chávez et al., 2023). En los últimos años, la creciente demanda por alimentos funcionales y fortificados ha impulsado la investigación sobre la incorporación de compuestos que no solo mejoren las propiedades nutricionales del queso, sino que también mantengan su calidad sensorial (Bashir et al., 2024; Miller, 2014).

El presente trabajo de investigación se centra en la incorporación del sulfato ferroso microencapsulado como estrategia de fortificación alimentaria. Entre diversos compuestos utilizados con este propósito, dicho mineral encapsulado destaca como una alternativa prometedora, especialmente en la lucha contra la deficiencia de hierro, considerada una de las carencias nutricionales más prevalentes a nivel mundial (Hurrell, 2002; OMS, 2021).

La microencapsulación de compuestos como el sulfato ferroso, permite superar problemas asociados con su incorporación directa, tales como la oxidación, el cambio en las propiedades sensoriales y la interacción con otros componentes del alimento (Parra Huertas, 2010; Sobel, 2022). Este enfoque tecnológico ofrece ventajas significativas al proteger el nutriente esencial, controlar su liberación y preservar las características fisicoquímicas del producto final (Choudhury et al., 2021; Sobel, 2022; Zhao et al., 2022)

El presente estudio se enfoca en evaluar el efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado sobre las características fisicoquímicas, sensoriales, contenido mineral y el color del queso fresco. Estos análisis son fundamentales para determinar la viabilidad de esta fortificación y su impacto en la calidad integral del producto, abordando aspectos tecnológicos y sensoriales.

En este contexto, esta tesis no solo contribuye al desarrollo de productos lácteos enriquecidos, sino que también se alinea con los objetivos de la industria alimentaria y las políticas de salud pública, al ofrecer alternativas innovadoras para la mejora del perfil nutricional de los alimentos destinados al consumidor final del producto.

ABREVIATURAS

AAS : Espectrofotometría de Absorción Atómica

α : Nivel de significancia estadística

a* : Eje verde-rojo del color (CIE-Lab)

b* : Eje azul-amarillo del color (CIE-Lab)

Ca : Calcio

$CaCl_2$: Cloruro de calcio

CHR Hansen : Nombre comercial de la empresa que fabrica el cuajo (quimosina)

CIE-Lab : Sistema de coordenadas de color definido por la Comisión Internacional de Iluminación

CTRL : Control

D65 : Iluminante estándar que representa la luz de día (temperatura 6500 K)

DBCA : Diseño de Bloques Completos al Azar

DIGESA : Dirección General de Salud Ambiental

DRA : Dirección Regional de Agricultura

EDTA : Ácido etilendiaminotetraacético

Fe : Hierro

Fe^{2+} : Ion ferroso (hierro en estado +2)

Fe^{3+} : Ion férrico (hierro en estado +3)

g : Gramo

HNO_3 : Ácido nítrico

H_2O_2 : Peróxido de hidrógeno

ISO : International Organization for Standardization

Kg : Kilogramo

$LaCl_3$: Cloruro de lantano

L* : Luminosidad

mL : Mililitro

mg : Miligramo

MINAGRI : Ministerio de Agricultura y Riego (Perú)

Minsalud : Ministerio de Salud

Mg : Microgramo

µg/mL : Microgramos por mililitro

µm : Micrómetro

NTP : Norma Técnica Peruana

OMS : Organización Mundial de la Salud

OPS : Organización Panamericana de la Salud

PCA : Análisis de Componentes Principales

PC1 : Primer Componente Principal

PC2 : Segundo Componente Principal

PFF : Pirofosfato férrico

PFF1 : Pirofosfato férrico (90 mg Fe/kg)

PFF2 : Pirofosfato férrico (300 mg Fe/kg)

PROC GLIMMIX: Procedimiento para modelos mixtos generalizados en SAS

PROC MIXED : Procedimiento del software SAS para análisis de modelos mixtos

SAS : Sistema de análisis estadístico

SFM : Sulfato ferroso microencapsulado

SFM1 : Sulfato ferroso microencapsulado (90 mg Fe/kg)

SFM2 : Sulfato ferroso microencapsulado (300 mg Fe/kg)

Tukey-Kramer : Prueba de comparación múltiple

Valor P : Valor de probabilidad

UFC/g : Unidades Formadoras de Colonias por gramo

NMP/g : Número Más Probable por gramo

IDR : Ingesta Diaria Recomendada

$FeSO_4$: Sulfato Ferroso

PCA : Plate Count Agar

APHA **:** American Public Health Association

PDA **:** Agar Papa Dextrosa

LSB **:** Lauryl Sulfate Broth

BVB **:** Caldo Verde Brillante Bilis

EC **:** *Escherichia coli*

RV **:** Rappaport-Vassiliadis

XLD **:** Xilosa Lisina Desoxicolato

BS : Agar Sulfito Bismuto

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

La anemia ferropénica es una de las deficiencias de micronutrientes más relevantes a nivel mundial, afectando a más de 2 millones de personas en todo el mundo, con mayor incidencia en los países en vías de desarrollo (OMS, 2023). A nivel nacional, en el año 2023, el 43.1% de los niños de 6 a 35 meses sufren anemia (INEI - Perú, 2024). A nivel departamental, la anemia afecta al 25.7 % de los niños de 6 a 59 meses, lo que representa un incremento respecto al 20.3 % registrado en 2022. Al analizar por área de residencia, se observan diferencias marcadas: en la zona urbana, la prevalencia fue del 24.0%, mientras que en la zona rural llegó al 40.9%, evidenciando un nivel considerablemente más alto (INEI - Moquegua, 2024). Ante este panorama, se deben aplicar estrategias como la fortificación de alimentos para abordar estas deficiencias.

Los productos lácteos, especialmente el queso, son ampliamente consumidos y poseen un alto valor nutricional, lo que los convierte en vehículos idóneos para programas de fortificación con hierro. Esto cobra mayor relevancia considerando que la leche presenta un contenido naturalmente bajo de este mineral, con apenas 0.2 mg Fe/kg (Gaucheron, 2000). No obstante, la incorporación directa de hierro en alimentos puede desencadenar efectos adversos en la percepción sensorial, como la aparición de sabores metálicos o rancios, alteraciones en el color y la generación de olores indeseados, consecuencia de procesos como la oxidación lipídica inducida (Boccio y Monteiro, 2004; Dehnad et al., 2024; Muñoz More et al., 2023). En ese contexto, si bien la fortificación con hierro es una estrategia efectiva para combatir deficiencias nutricionales, la inestabilidad del hierro presenta una limitación para su implementación exitosa. Frente a esta situación, la microencapsulación surge como una alternativa prometedora ya que permite proteger compuestos sensibles como el hierro durante su incorporación en matrices alimentarias (Xu et al., 2024). Esta técnica contribuye a evitar su degradación por factores como el oxígeno, el pH o la temperatura y a minimizar reacciones químicas indeseadas lo que permite preservar las propiedades organolépticas del alimento, incluyendo sabor, color y aroma (Muñoz More et al., 2023).

Sin embargo, a pesar de los avances en microencapsulación existe la necesidad de evaluar el efecto que puede causar los compuestos de hierro microencapsulado y otras formas estables como el pirofosfato férrico en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del queso fresco para superar la inestabilidad del ion de hierro. Por lo tanto, la presente investigación se enfoca en evaluar el efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del queso fresco.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico sobre las características fisicoquímicas (composición química, color instrumental, y contenido mineral), microbiológicas y sensoriales del queso fresco.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico en diferentes concentraciones (90 y 300 mg Fe/kg) sobre la composición química (extracto seco y humedad), valores de color (L*, a* y b*) y contenido mineral (hierro y calcio) del queso fresco durante el almacenamiento (día 1, 3 y 6).
2. Evaluar el efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico en diferentes concentraciones (90 y 300 mg Fe/kg) sobre las características microbiológicas (bacterias mesófilas aerobias, bacterias psicotrópicas, mohos y levaduras, coliformes totales, *Escherichia coli* y *salmonella spp*.) del queso fresco al día 6 de almacenamiento.
3. Evaluar el efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico en diferentes concentraciones (90 y 300 mg Fe/kg) sobre la calidad sensorial (aceptación, aceptación de color blanco, aceptación de apariencia uniforme, aceptación de textura firme, salado, ácido, amargo, sabor metálico, sabor rancio y liberación de líquido en boca) del queso fresco al día 6 de almacenamiento.

1.3. Justificación e importancia

Durante los primeros diez meses del año 2022, la producción nacional de leche fresca de vaca en Perú alcanzó un total de 1,836,430 toneladas (MIDAGRI, 2023). Esta cifra representa un incremento del 3% en comparación con el año anterior. Por otro lado, en la región de Moquegua, la producción de leche durante el año 2022 fue de aproximadamente 310,111 litros (DRA - Moquegua., 2022). Esto representa un ligero aumento del 0.8% en comparación con el año anterior, reflejando una tendencia positiva en la producción láctea a nivel nacional y regional. Esta vasta disponibilidad de materia prima en el país es una oportunidad para el desarrollo de productos lácteos derivados.

En este contexto, el queso fresco se destaca como un producto lácteo de amplio consumo en Perú, valorado por su textura suave, sabor característico y elevado aporte nutricional. Este alimento es reconocido como una excelente fuente de nutrientes esenciales proveyendo calcio, fósforo, vitaminas, proteínas y grasas lo que sumado a sus agradables propiedades sensoriales le confiere una alta aceptación entre los consumidores. Sin embargo, a pesar de todos sus beneficios los quesos incluido el queso fresco presentan un bajo contenido natural de hierro (Gaucheron, 2000; Maldonado, 2023), lo cual disminuye su potencial nutricional. Esta alta disponibilidad de materia prima y la gran aceptación del queso fresco por parte de los consumidores se complementan estratégicamente para la implementación de programas de fortificación.

Esta característica es relevante si consideramos la problemática de la anemia ferropénica. En el Perú, la deficiencia de hierro especialmente en niños y mujeres, es un problema de salud pública relevante (Tokumura y Mejía, 2023). Esta deficiencia puede causar complicaciones graves como fatiga, dolores de cabeza, enfermedad de Willis Ekbom, problemas cardíacos, complicaciones del embarazo y retrasos en el desarrollo de los niños (Alvarado et al., 2022), destacando al hierro como un elemento esencial para el cuerpo humano (Dehnad et al., 2024). No obstante, la interacción del hierro añadido con otros componentes alimentarios puede generar sabores rancios y desagradables, lo que plantea la necesidad de encontrar una alternativa que permita superar esta limitación (Bashir et al., 2024).

En ese sentido, la microencapsulación es un proceso mediante el cual el hierro se protege en pequeñas cápsulas selladas, con el objetivo de protegerlas de interacciones

físicas y químicas (Muñoz More et al., 2023). A pesar de los avances significativos en la microencapsulación y la fortificación de otros tipos de quesos, como Feta, Panela y Cheddar, es fundamental dirigir la atención al queso fresco. Debido a que este producto, tiene sus propias particularidades en términos de composición, proceso de elaboración y condiciones de almacenamiento y puede interactuar de forma distinta con los compuestos de hierro (sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico). Por lo tanto, la evaluación específica del efecto de estos fortificantes en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del queso fresco es de vital importancia.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico aumenta el contenido de hierro sin comprometer significativamente las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del queso fresco.

1.4.2. Hipótesis específicas

1. La adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico en diferentes concentraciones (90 y 300 mg Fe/kg) aumenta el contenido de hierro sin afectar las características químicas (extracto seco y humedad), los valores de color (L*, a* y b*) y sin comprometer el contenido de calcio en el queso fresco durante el almacenamiento (día 1, 3 y 6).
2. La adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico en diferentes concentraciones (90 y 300 mg Fe/kg) aumenta el contenido de hierro sin afectar su calidad microbiológica (bacterias mesófilas aerobias, bacterias psicotrópicas, mohos y levaduras, coliformes totales, *Escherichia coli* y *salmonella spp*) del queso fresco en el día 6 de almacenamiento.
3. La adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico en diferentes concentraciones (90 y 300 mg Fe/kg) aumenta el contenido de hierro, sin afectar negativamente la calidad sensorial (aceptación, aceptación de color blanco, aceptación de apariencia uniforme, aceptación de textura firme, salado, ácido, amargo, sabor metálico, sabor rancio y liberación de líquido en boca) del queso fresco al día 6 de almacenamiento.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Rice y McMahon (1998) compararon las características sensoriales del queso mozzarella fortificado con hierro quelado a caseína y cloruro férrico ($FeCl_3$) a concentraciones de 25 y 50 mg Fe/kg y un control. La evaluación sensorial se realizó con evaluadores entrenados (para detectar sabores indeseables) y consumidores (para probar el queso fortificado en pizza). Los evaluadores entrenados detectaron aumentos leves pero significativos en los sabores metálicos, oxidados y otros sabores indeseables en los quesos fortificados (por ejemplo, los sabores metálicos pasaron de una puntuación de 1.5 en el control a 2.1 en los fortificados en una escala de 1 a 9). Con respecto a las fuentes de hierro probadas (queladas vs. $FeCl_3$) no mostraron diferencias significativas en las puntuaciones sensoriales. Los consumidores calificaron los quesos fortificados como comparables al control cuando se utilizaron en pizza. Concluyendo que es viable fortificar el queso mozzarella con hierro quelado y $FeCl_3$ (hasta 50 mg/kg). A pesar de que los evaluadores entrenados detectaron defectos sensoriales leves, su baja intensidad y la buena aceptación por parte del consumidor sugieren que esta fortificación es sensorialmente aceptable. Como futura investigación, se podría explorar concentraciones superiores para determinar cuál es el umbral o límite en el que empiezan a afectar las características sensoriales.

Beinner et al. (2010) determinaron si existen diferencias sensoriales entre el arroz convencional y el arroz fortificado (UR) con pirofosfato férrico, el estudio se desarrolló en dos etapas. En la primera, se aplicó una prueba de test Dúo-Trio con la participación de 37 jueces no entrenados. A cada juez se le proporcionó una muestra estándar de arroz y dos muestras incógnitas (una era igual al estándar y la otra correspondiente al arroz fortificado), y se le solicitó identificar cuál de las muestras incógnitas era igual a la de referencia. Y en la segunda etapa, se realizó una prueba de aceptación con 43 consumidores utilizando una escala hedónica de 7 puntos. Los resultados en la prueba de Dúo-Trio indican que solo 18 personas respondieron correctamente. Sin embargo, para que se considere una diferencia estadísticamente significativa, al menos 24 participantes deberían haber acertado. Y en la segunda etapa, los puntajes promedios oscilaron entre 5.6 y 5.9, lo que corresponde a las categorías “me gustó” y “me gustó mucho”. En conclusión, la prueba Dúo-Trio no detectó diferencias sensoriales significativas entre el arroz convencional y el fortificado; esto indica que la fortificación con pirofosfato férrico no afectó negativamente sus

características sensoriales. Podría ser conveniente de acuerdo a la prueba Dúo-Trio que requirió al menos 24 respuestas correctas para establecer una diferencia significativa, pero solo 18 jueces acertaron, lo que podría indicar que la muestra fue insuficiente o que los participantes no tenían la sensibilidad adecuada para detectar diferencias.

Chang et al. (2016) estudiaron la viabilidad de fortificar la leche con polvo de microcápsulas de hierro, analizando sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales durante el almacenamiento a 4 °C por 16 días. Las microcápsulas se elaboraron mediante la técnica de emulsión doble, utilizando sulfato ferroso como núcleo y una mezcla de aceite y proteína de suero como material de recubrimiento. La leche fue fortificada con diferentes concentraciones del polvo microencapsulado (0.1%, 0.3%, 0.5% y 0.7% p/v). Se evaluó el color (L*, a*, b*) y la evaluación sensorial mediante un panel entrenado. Se obtuvo como resultado que los valores de L* no se vieron afectados por la fortificación ni por el almacenamiento; sin embargo, los valores de a* y b* aumentaron con la adición de microcápsulas, atribuyéndose al color amarillo claro del material encapsulado. Los resultados de las pruebas sensoriales obtuvieron que las concentraciones más altas de hierro microencapsulado (0.5% y 0.7% p/v) provocaron un aumento en la amarillez y la rancidez del producto. También se observó un incremento en el sabor a cocido y sabor metálico en todas las concentraciones (0.1%-0.7%) después de 16 días, atribuido a las microcápsulas y la liberación de hierro durante el almacenamiento. El trabajo de investigación concluye indicando que la dosificación del hierro es clave para evitar alteraciones sensoriales. Respecto a este estudio, es conveniente determinar el contenido de calcio para comprobar si se vio afectado por el contenido de hierro.

Jalili et al. (2017) estudiaron la eficiencia del sulfato ferroso, cloruro férrico, pirofosfato férrico y sulfato ferroso microencapsulado (SFM) en la fortificación de queso feta, sus efectos en la composición química y los aspectos sensoriales después de 60 días de maduración. La concentración de los compuestos de hierro fue de 40, 60, 80 mg Fe/Kg y un control. Los quesos se almacenaron a 4 – 6 °C durante 60 días para la maduración. El contenido de hierro se determinó en los días 1, 15, 30, 45 y 60; la determinación de la humedad se realizó al día 60, al igual que la evaluación sensorial, este último por medio de un panel de siete catadores entrenados, utilizando una escala de 5 puntos para atributos como color, sabor típico del queso feta, acidez, sabor metálico y amargor. También se evaluó la puntuación general. La concentración de hierro en los quesos fortificados no

fueron afectados por el período de maduración ($P < 0.05$) en ninguno de los tratamientos. Respecto a la composición química, no se encontraron diferencias significativas entre el control y los quesos fortificados. Respecto a la evaluación sensorial, el queso fortificado con SFM a 40 mg/kg tuvo la puntuación más baja de sabor metálico (1.14) sin diferencia significativa con el control, y el pirofosfato férrico a 80 mg/kg tuvo la puntuación más alta de sabor metálico (4.43). En conclusión, el queso fortificado con SFM con 40 mg/kg de sulfato ferroso microencapsulado no alteró notablemente sus propiedades químicas ni su calidad sensorial.

Villaquirán et al. (2017) investigaron el diseño de un alimento infantil tipo papilla a base de arveja, para evaluar el sulfato ferroso y el hierro aminoquelado sobre su caracterización sensorial, fisicoquímica y microbiológica. Se compararon los resultados fisicoquímicos (pH, acidez, color), determinación de color instrumental y características sensoriales (sabor metálico, color) durante 14 días de almacenamiento; se utilizó una prueba dúo-trío y un test de valoración numérica con jueces entrenados. El hierro aminoquelado generó menos cambios significativos del color a diferencia del sulfato ferroso. Las pruebas sensoriales no detectaron sabor metálico significativo con las cantidades de hierro utilizadas, pero sí diferencias en el color. Podemos concluir que el hierro aminoquelado es la sal de hierro más adecuada para fortificar este alimento infantil, ya que causa menos alteraciones perceptibles en el color y menos cambios en el pH y la acidez durante el almacenamiento en comparación con el sulfato ferroso. La variación en el color durante el almacenamiento es atribuida principalmente a la desintegración de la matriz alimentaria y la degradación de clorofila, estos aspectos hacen necesario que se investigue qué sucede en otros vehículos alimentarios como el queso fresco.

Arce y Ustunol (2018) evaluaron el efecto de la fortificación de queso Cheddar con sulfato ferroso microencapsulado utilizando diferentes tamaños de partícula (LMFS: 700 – 1,000 μm; SMFS: 220 – 422 μm) sobre su composición y atributos sensoriales. Se elaboró queso Cheddar fortificado y control. La dosis fue del 30% de la RDA de hierro por porción de queso (aprox. 4.5 mg Fe/28 g) y maduraron durante 90 días a 8 °C. Se realizaron análisis de composición química, contenido de cationes divalentes (hierro y calcio) y una evaluación sensorial por un panel de consumidores (n = 101) utilizando una escala hedónica de 9 puntos para apariencia, textura, sabor y aceptabilidad general. La fortificación aumentó significativamente el contenido de hierro en el queso (Control: 0.030

mg Fe/g; LMFS: 0.134 mg Fe/g; SMFS: 0.174 mg Fe/g), los niveles de calcio no se vieron afectados por la fortificación con hierro. No hubo diferencias significativas en composición (grasa, proteína, cenizas y humedad). La fortificación afectó negativamente los atributos sensoriales y la aceptabilidad general con puntuaciones significativamente más bajas que el control. Así mismo, el tamaño de partícula influye en la retención de hierro y la aceptabilidad, siendo el SMFS superior al LMFS. La dosis de fortificación que se empleó en este trabajo no fue suficiente para evitar un impacto sensorial negativo. En una investigación futura debería trabajarse a una dosis de SMFS para mejorar las puntuaciones de los atributos y aceptabilidad.

Siddique y Park (2019) determinaron el efecto de la fortificación con sulfato ferroso regular (RFS) y sulfato ferroso microencapsulado grande (LMFS) sobre la composición de hierro y sus características sensoriales en queso Cheddar elaborado con leche caprina. Se añadió 88.9 mg Fe/kg de RFS y 100 mg Fe/kg para LMFS; el queso se almacenó a dos temperaturas (4 °C y -18 °C) durante 0, 2 y 4 meses. La evaluación sensorial fue realizada por un panel entrenado (n = 8) usando una escala de intensidad de 10 puntos evaluando sabor (cocido, dulzor, frescura, rancio, suero, alta acidez y oxidado), cuerpo, textura, color y apariencia. También se analizaron la composición química (grasa, proteína, ceniza y humedad) y las tasas de recuperación de hierro. Los quesos fortificados (RFS y LMFS) contenían niveles de hierro sustancialmente más altos (0.822 y 0.932 mg Fe/g) en comparación con el control (0.0162 mg Fe/g). Así mismo, mostraron incrementos significativos en el contenido de proteína, grasa y ceniza con menor contenido de humedad que el control. Sensorialmente, el queso control tuvo puntuaciones más altas que los dos quesos fortificados en todas las propiedades evaluadas. El queso LMFS tuvo las puntuaciones más bajas para la mayoría de los atributos sensoriales, a diferencia del control que tuvo las puntuaciones más altas. En conclusión, la fortificación con hierro en queso Cheddar de leche caprina utilizando RFS y LMFS afectó negativamente los atributos sensoriales, siendo el queso LMFS el que tuvo puntajes más bajos en sabor y aceptabilidad general. El estudio sugiere la necesidad de investigaciones adicionales para evaluar los efectos de diferentes formas y tamaños de partícula de hierro microencapsulado.

García et al. (2022) elaboraron leche pasteurizada con sabor a chocolate fortificada con hierro hemo de origen porcino obtenido de una fuente comercial de sangre entera (Aprosan) sin afectar su aceptabilidad sensorial. El estudio trabajó con tres niveles de

hierro: 6.4 mg Fe/Kg, 9.6 mg Fe/Kg y 12.8 mg Fe/Kg, calculados para suplementar la ingesta diaria recomendada de hierro para niños en edad escolar (8 mg Fe/día) que consumen 250 g de leche diariamente. La determinación de hierro se determinó por AAS, la evaluación sensorial se realizó utilizando una escala hedónica facial de 5 puntos y la evaluación microbiológica se realizó por UFC/mL para los mesófilos aerobios y NMP/mL para los coliformes. Los resultados indican que la aceptabilidad sensorial óptima fue de 4.71, obtenida con una fortificación de 6.76 mg de Fe/Kg de muestra. La leche fortificada presentó un mayor porcentaje de extracto seco (15.6%) y una menor humedad (80.4%) en comparación con la leche fresca, que mostró un 88% de humedad y un 8.85% de extracto seco. La concentración de hierro aumentó de 1.3 mg/kg (leche fresca) a 9.3 mg/kg (leche saborizada fortificada), lo que representa un aumento del 715.38%. En cuanto a los análisis microbiológicos, la vida útil aproximada de la bebida fortificada fue de 5 días, de acuerdo con la normativa peruana. La vida útil del producto estuvo limitada por el incremento de aerobios mesófilos, que superaron los 50,000 UFC/mL después del día 5, mientras que los coliformes se mantuvieron dentro de los límites permitidos (< 3 NMP/mL) durante los 14 días. El estudio concluyó que la fortificación de leche saborizada con hierro hemo es viable, con buena aceptación sensorial en niños y un aporte relevante de hierro. Sería interesante realizar mediciones instrumentales de color para ver si existen algunas variaciones cromáticas.

Huaman Quicaño y Moreno Casavilca (2023) investigaron la microencapsulación de sangre bovina mediante el método de gelificación iónica, con el objetivo de fortificar queso fresco sin afectar su aceptabilidad sensorial. Para ello, emplearon como material encapsulante la maltodextrina, alginato sódico y cloruro de calcio como agentes encapsulantes. El estudio incluyó la determinación del contenido de hierro (mediante espectrofotometría de luz visible), análisis microbiológico de mohos y levaduras (UFC/g) y coliformes totales (NMP/g) durante 15 días, además de una evaluación sensorial basada en una escala hedónica. Los resultados mostraron que el material encapsulante no tuvo efectos significativos y que uno de los tratamientos alcanzó un contenido máximo de hierro de 19.20 mg Fe/100 g, logrando también el mayor promedio de aceptabilidad sensorial. Respecto a la vida útil del queso fresco fortificado, se encontró que a temperatura ambiente (13 - 18 °C), después de 15 días, presentó < 10 UFC/g de mohos y levaduras (valor aceptable), pero >1100 NMP/g de coliformes totales, indicando contaminación microbiológica y no cumplimiento de la Resolución Ministerial N° 591-2008. En cambio,

a temperatura de refrigeración (4 - 5 °C), después de 15 días se reportó <10 UFC/g de mohos y levaduras y <100 NMP/g de coliformes totales, cumpliendo con la normativa establecida. Se concluye que la microencapsulación de sangre de bovino por el método de gelificación iónica es una aplicación viable para la fortificación de queso fresco, logrando una buena concentración de hierro biodisponible sin afectar negativamente la aceptabilidad del producto. Con respecto a esta, sería interesante comparar con otras dosis (solo se trabajó a una dosis de 2% con respecto a la cuajada) y fuentes de hierro.

Villacresis Huashuayo (2023) evaluó una mezcla alimenticia a base de puré de camote, zumo de maracuyá fortificado con hierro orgánico microencapsulado (sangre bovina deshidratada como fuente de hierro, maltodextrina como material encapsulante y la atomización como método de encapsulación). Se determinó el contenido de hierro mediante AAS, la aceptabilidad del sabor mediante una escala hedónica facial de 5 puntos y la vida útil después de 24 días de almacenamiento. La formulación óptima basada en aceptabilidad (61.54 % de camote, 13.71 % de zumo de maracuyá y 2 % de hierro orgánico microencapsulado) obtuvo un promedio de 4.29 con un contenido de hierro de 17 mg/100 g de mezcla. Después de 24 días a temperatura de refrigeración (4 °C), se reportó < 10 UFC/g para mohos y levaduras. Y a temperatura ambiente (22-24 °C) se reportó < 10 UFC/g para mohos y levaduras. Es decir, ambos resultados cumplieron con la Norma Técnica Colombiana (1997) para el recuento de mohos y levaduras (parámetros de 100 - 200 UFC/g). La conclusión de este trabajo es que la formulación de esta mezcla es viable en términos nutricionales, sensoriales y cumple con los estándares microbiológicos. No obstante, se podría incluir en el estudio una evaluación sensorial basada en atributos específicos como apariencia, textura, sabor y color, para obtener información más precisa.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Leche

La leche es el líquido natural producido por las glándulas mamarias de animales destinados a la producción láctea. Se obtiene mediante uno o más ordeños, sin alteraciones como agregados o extracciones, y está destinada tanto al consumo directo como a la elaboración de derivados lácteos (NTP, 2019).

2.2.2. Composición de la leche bovina

La leche bovina es un alimento esencial, valorado por su significativo contenido de macronutrientes clave como proteínas, grasas y carbohidratos, fundamentales para la nutrición humana (Aguilera Becerra et al., 2014).

2.2.2.1. Proteína

Las proteínas de la leche se distinguen por su alta calidad al contener todos los aminoácidos esenciales necesarios para el crecimiento y la reparación de los tejidos corporales (Guetouache et al., 2014). Las caseínas, que constituyen aproximadamente el 80% del total de proteínas lácteas son de vital importancia en la elaboración de quesos, dada su capacidad de coagulación y el 20% restante está compuesto por proteínas del suero (Agudelo Gómez y Bedoya Mejía, 2005). La caseína es la principal fuente proteica en la leche (aprox. 78 - 80% del total de proteínas). Es la encargada de crear la red proteica tridimensional en la que quedan atrapados otros componentes como la grasa y el agua durante la elaboración del queso. Así mismo está directamente correlacionado con el rendimiento quesero (Huanca Apaza, 2017).

2.2.2.2. Grasa

La leche contiene una combinación de ácidos grasos saturados e insaturados, destacando el ácido linoleico, el cual desempeña un papel crucial en el metabolismo energético y en la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E y K) (Guetouache et al., 2014). Además, la estructura de los glóbulos de grasa actúa como un agente emulsionante, evitando su agregación y protegiéndolos de la acción de diversas enzimas presentes en la fase líquida de la leche (Agudelo Gómez y Bedoya Mejía, 2005). Cabe señalar que la composición lipídica de la leche puede variar significativamente debido a factores como la genética del animal, su etapa de lactancia y su alimentación, lo que influye en la proporción y tipo de grasas presentes en la leche de distintas especies (Guetouache et al., 2014). La grasa es uno de los factores limitantes clave en el rendimiento del queso e influye en dureza, untabilidad, fusión y sabor del queso (Vásquez A. et al., 2018).

2.2.2.3. Minerales

La leche es una fuente significativa de minerales esenciales que desempeñan funciones clave en el organismo; En promedio, la leche de vaca contiene alrededor de

0.72 % de minerales, lo que equivale a unos 7 gramos por litro (Closa et al., 2003). La concentración y distribución de estos minerales varían según factores como la raza, alimentación, ambiente y salud del animal (Agudelo Gómez y Bedoya Mejía, 2005). Estos valores pueden observarse en detalle en la Tabla 1, donde se muestra cómo varía la composición química y mineral de la leche bovina a lo largo de las diferentes etapas de lactancia. Entre los principales minerales presentes destacan el calcio (Ca), esencial para la formación y mantenimiento de huesos y dientes; el fósforo (P), también clave para el desarrollo óseo y el metabolismo energético; el potasio (K), que mantiene el equilibrio osmótico entre la sangre y la leche; y el magnesio (Mg), fundamental en numerosas funciones metabólicas y fisiológicas (Closa et al., 2003)

Además, la leche aporta micronutrientes relevantes como el sodio (Na), que contribuye al equilibrio osmótico; el hierro (Fe), crucial para la formación ósea, producción de ATP, colágeno y glóbulos rojos, siendo mayormente asociado a las micelas de caseína; el zinc (Zn), cobre (Cu), yodo (I), fluoruro (F), manganeso (Mn), cobalto (Co) y selenio (Se), todos ellos involucrados en diversas funciones metabólicas, estructurales y antioxidantes (Closa et al., 2003). Esta riqueza mineral convierte a la leche en un alimento esencial dentro de una dieta equilibrada.

La concentración de estos minerales puede experimentar variaciones según la etapa de lactancia; la mastitis puede alterar su perfil mineral, incrementando de manera notable los niveles de sodio y cloruro. La magnitud de estos cambios dependerá tanto de la causa como de la severidad de la afección; respecto a los otros minerales, tienen escasa variación a lo largo del tiempo debido a su baja concentración (Condo Plaza et al., 2022).

Tabla 1.

Composición química y mineral de la leche bovina según la etapa de lactancia.

Etapa de la lactancia	Días (desde el parto)	Agua (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Lactosa (%)	Ca	P	K
Calostro	0 – 5	82 – 86	10.0 – 14.0	2.0 – 6.0	2.0 – 3.0	150 – 200	120 – 160	100 – 150
Transición	6 – 14	85 – 87	3.5 – 5.0	3.0 – 5.0	3.5 – 4.5	130 – 150	110 – 130	140 – 160
Leche madura	≥15	86 – 88	2.9 – 3.4	3.2 – 4.5	4.6 – 4.9	120 – 125	90 – 100	150 – 160
Final de lactancia	Últimas 2 – 3 semanas	85 – 87	3.5 – 4.2	4.0 – 6.0	4.2 – 4.6	130 – 140	100 – 110	140 – 150
Mastitis	Variable	↑ 88 – 90	↓ 2.5 – 3.0	Variable	↓ 3.5 – 4.0	↓100 – 110	↓80 – 90	↓120 – 130

Fuente: (Agudelo Gómez y Bedoya Mejía, 2005; Closa et al., 2003; Fox et al., 2015c, 2015b, 2015a; Pombal Álvarez, 2015).

Tabla 2.

*Contenido promedio de minerales traza en leche madura bovina***.**

Minerales	Contenido (mg/100g)
Na	40 - 60
Mg	8 - 12
Zn	0.3 - 0.5
Fe	0.04 - 0.15
I	0.03 - 0.08
Cu	0.01 - 0.08

Fuente:(Fox et al., 2015c; Gaucheron, 2005; Guetouache et al., 2014)

2.2.3. Queso

El queso es un alimento elaborado a partir de leche pasteurizada entera, parcialmente descremada o de derivados lácteos como crema o suero. Su producción implica la coagulación de la leche mediante coagulantes como el cuajo, seguida de la eliminación parcial del suero. Según la Norma Técnica Peruana NTP 202.193:2020, este proceso puede dar lugar a quesos de consistencia sólida o semisólida, que se consumen frescos o tras un periodo de maduración (NTP, 2020).

2.2.4. Clasificación de quesos

Los quesos se pueden clasificar según diversos criterios, incluyendo su grado de maduración y contenido de humedad. Según la Norma Técnica Peruana NTP 202.193:2020, los quesos se agrupan en función de tres criterios principales: Por el contenido de humedad, por el contenido de grasa y por las características del proceso (NTP, 2020)

2.2.4.1. Por el contenido de humedad:

El grado de dureza o blandura de un queso está directamente relacionado con su contenido de humedad; A medida que los quesos maduran tienden a perder humedad y se vuelven más secos y duros (Pombal Álvarez, 2015). La pérdida de humedad y el incremento de sólidos en el queso se deben a procesos como el corte-desuerado,

acidificación/cocción, batido, prensado, salado y las condiciones de maduración. Así mismo menor humedad en el queso se asocia con una mayor vida útil (Maldonado, 2023).

Tabla 3.

Denominación del queso según sus características de consistencia y maduración.

Clasificación	% Humedad
Extraduro	< 51
Duro	49 – 56
Semiduro	54 – 69
Blando	> 67

Fuente: (NTP, 2020).

2.2.4.2. Por el contenido de grasa

Tabla 4.

Clasificación de los quesos según el contenido de grasa.

Clasificación	% Grasa
Extra graso	≥ 60
Graso	45 ≤ a < 60
Semigraso	25 ≤ a < 45
Semidescremado	10 ≤ a < 25
Descremado	< 10

Fuente: (NTP, 2020).

2.2.4.3. Por las características del proceso

Son quesos que deben someterse, durante un tiempo determinado a condiciones controladas de aireación, temperatura y humedad relativa (Maldonado, 2023; Smit et al., 2005). Esto les permite experimentar los cambios bioquímicos, físicos y sensoriales necesarios y característicos antes de ser consumidos (Pombal Álvarez, 2015). Ejemplos de quesos madurados son el Cheddar, Camembert, Gouda y Gruyere. Un queso Gouda, por ejemplo, tiene un período mínimo de maduración de quince días (Maldonado, 2023).

Tabla 5.

Clasificación de los quesos según su maduración.

Clases	Ejemplo	Maduración
Frescos	Ricotta, Cottage, Mascarpone, Queso crema, Mozzarella fresca, y Queso blanco.	Sin madurar
Semimadurado	Gouda, Edam, Fontina y Provolone joven.	>40 días
Madurados	Parmesano, Queso azul, Roquefort, Camembert, Brie y Pecorino	Generalmente > 70 días
Madurado por mohos	Cheddar, Emmental, Gruyere, Manchego y Parmesano joven	>70 días

Fuente: (*NTP, 2020; Chávez et al., 2023; Cobo Monterroza et al., 2019; Maldonado, 2023)*

2.2.5. Queso fresco

Según la NTP 202.195:2019 El queso fresco es un producto lácteo elaborado con leche pasteurizada que no pasa por procesos de maduración ni formación de corteza y que puede consumirse poco tiempo después de su elaboración (NTP, 2019) Es decir, no se someten a cambios bioquímicos en un proceso de maduración. Se caracterizan por su alto contenido de humedad, sabor suave, ausencia de corteza y una vida útil corta, por lo que requieren refrigeración (Macías Mejía et al., 2019). Como por ejemplo el queso blanco pasteurizado, Mozzarella, Palmita, Palmizulia, Blanco criollo, Cottage y queso crema (Maldonado, 2023; Ramírez López y Vélez Ruiz, 2012).

2.2.6. Composición química del queso fresco

El queso fresco presenta una alta humedad y una textura blanda (Díaz Galindo et al., 2017). Su composición específica puede variar según factores como el tipo de leche (vaca, cabra, oveja), la formulación utilizada y la región de producción (Pombal Álvarez, 2015).

2.2.6.1. Humedad:

Es el componente más abundante. Esta alta proporción de agua es fundamental para su consistencia blanda y su menor estabilidad en comparación con quesos madurados (Maldonado, 2023).

2.2.6.2. Extracto Seco:

Este componente, incluye todos los sólidos del queso (Tabla 6) (Díaz Galindo et al., 2017). El aumento de los sólidos totales en el queso es una consecuencia directa de la reducción de la humedad durante su elaboración (Maldonado, 2023), cuyos componentes se detallan a continuación:

- **Grasa:** La grasa es crucial para la textura y las propiedades sensoriales del queso, especialmente a través del proceso de lipólisis (Chávez et al., 2023).
- **Proteína:** Principalmente la caseína, son la estructura fundamental del queso (Maldonado, 2023). Contribuyen también al sabor mediante la proteólisis, especialmente durante la maduración (Chávez et al., 2023).
- **Lactosa:** Durante el proceso de elaboración del queso, la mayor parte de la lactosa se pierde en el suero, quedando solo trazas (entre 0.1% y 5%) en la cuajada. Esta lactosa residual se consume durante el período de maduración (Pombal Álvarez, 2015).

Tabla 6.

Composición proximal del queso fresco.

Composición química	Queso fresco (%)
Humedad	42.71 - 66.66
Grasa	12 - 32
Proteína	16.81 - 26.62
Extracto seco	33.3 – 68.9

Fuente: (Díaz Galindo et al., 2017)

2.2.7. Procesos bioquímicos

Durante la producción y conservación del queso, particularmente en variedades que atraviesan un proceso de maduración, tienen lugar diversas transformaciones bioquímicas que afectan sus características sensoriales, reológicas y microbiológicas. Aunque el queso fresco no experimenta una maduración extensa, algunas reacciones pueden ocurrir en menor grado, sobre todo si el producto se almacena durante varios días antes de su consumo (Duque et al., 2018). Entre los principales procesos se encuentran:

2.2.7.1. Coagulación:

La coagulación es un proceso en el que los micelios de caseína forman un gel inestable, promoviendo su agregación y la creación de una red que retiene parte del agua y encapsula los glóbulos de grasa dentro de la nueva matriz estructural. Dado que las partículas de caseína poseen propiedades hidrofóbicas, su comportamiento natural es la agrupación lo que contribuye a la formación de la estructura del queso (Ivey et al., 2013).

a) Coagulación enzimática: Es el método más utilizado en la producción de quesos, siendo el cuajo, derivado de la quimosina obtenida del abomaso de terneros, el agente coagulante más comúnmente empleado. Además del cuajo, se pueden utilizar otras proteasas como la pepsina, presente en cerdos, vacas y gallinas, así como enzimas microbianas obtenidas a partir de organismos genéticamente modificados. También se emplean coagulantes de origen vegetal, entre ellos la papaína de la papaya, la bromelina de la piña, la ricina del ricino y el látex de ciertas especies arbóreas como el higo. Estos coagulantes son adecuados para la elaboración de quesos frescos y de cuajada blanda, que requieren un consumo rápido, pero no resultan apropiados para quesos de maduración prolongada, ya que pueden afectar negativamente su textura y consistencia (Castañon Camarena y Vásquez Arroyo 2019).

b) Coagulación ácida: Este proceso ocurre cuando la acidez se incrementa, ya sea por la acción de cultivos iniciadores o por la adición de un ácido. La disminución del pH genera una desestabilización en las micelas de caseína, lo que conduce a su agregación y a la formación de una cuajada más blanda en comparación con la coagulación enzimática. Este proceso es reversible, ya que una mayor acidificación o la incorporación de un álcali permite solubilizar nuevamente la caseína y revertir la coagulación (Juan y Trujillo, 2022).

2.2.7.2. Proteólisis

Es un proceso de degradación de proteínas, principalmente de la caseína, que da lugar a la formación de péptidos y aminoácidos libres. En los quesos frescos, esta actividad es menos pronunciada debido al breve período de almacenamiento y a la baja acción de las enzimas proteolíticas. Sin embargo, pueden producirse ciertos cambios si la leche utilizada no ha sido pasteurizada o si existen enzimas de origen microbiano en el producto. Este fenómeno influye en la textura del queso y puede aportar matices sutiles de sabor durante su conservación (Galván Martínez et al., 2019).

2.2.7.3. Lipólisis

Es el proceso mediante el cual los triglicéridos presentes en la grasa láctea se descomponen, liberando ácidos grasos libres. En los quesos frescos, esta actividad es mínima debido a su corto tiempo de almacenamiento; sin embargo, puede intensificarse en condiciones inadecuadas de conservación o por la presencia de microorganismos lipolíticos. Si no se controla adecuadamente, la liberación de ácidos grasos puede generar sabores rancios y afectar las características sensoriales del producto (Chávez et al., 2023).

2.2.7.4. Glucólisis

En la elaboración del queso fresco, el proceso de glucólisis implica la transformación de los azúcares presentes en la leche, especialmente la lactosa, en compuestos más simples. Este proceso es llevado a cabo por bacterias lácticas, que pueden ser de tipo mesófilo o termófilo, dependiendo del proceso de fabricación. Estas bacterias convierten la lactosa en ácido láctico a través de una vía metabólica que ocurre en ausencia de oxígeno (Fox et al., 2017). En los quesos frescos, que no atraviesan etapas largas de maduración, esta fermentación ocurre rápidamente durante las primeras fases de producción. La formación de ácido láctico genera una disminución en el pH, lo cual:

- Facilita la coagulación de la caseína, ya sea mediante cuajo o por acidificación directa.
- Contribuye a la inhibición de bacterias indeseables o patógenas, actuando como un mecanismo natural de protección microbiológica.
- Influye en la firmeza del queso, característica típica de este tipo de productos.

- Genera un sabor ligeramente ácido, propio de los quesos frescos.

Además del ácido láctico, durante la glucólisis se pueden producir pequeñas cantidades de otros compuestos como ácido acético, etanol, dióxido de carbono y sustancias aromáticas, aunque se encuentran en menor concentración en los quesos sin maduración, pueden influir sutilmente en su aroma y perfil organoléptico (Fox et al., 2017; Walstra et al., 2006).

En aquellos quesos donde no se añaden cultivos lácticos, la fermentación puede ser llevada a cabo por microorganismos naturalmente presentes en la leche o en el ambiente, lo que puede originar variabilidad en la calidad final si no se mantiene un control sanitario estricto. Por el contrario, cuando se utilizan cultivos iniciadores específicos, como *Lactococcus lactis* o *Streptococcus thermophilus*, el proceso se vuelve más uniforme, permitiendo una acidificación más precisa y asegurando una mayor estabilidad del producto (Alais, 2022).

2.2.8. Factores que influyen en la calidad del queso fresco

Si bien diversos factores pueden afectar los parámetros de calidad del queso fresco, es fundamental adoptar un enfoque estructurado que abarque desde la materia prima hasta el proceso de elaboración. Esto debido que la calidad del queso es el resultado de un conjunto complejo de acciones físicas, químicas y bioquímicas que se ejercen sobre la leche y sus componentes influenciadas por diversos factores de transformación.

2.2.8.1. Composición de la materia prima (leche fresca)

La calidad y composición de la leche define la calidad del queso fresco (Sánchez Macías y Murillo Ríos, 2024). Desde sus componentes primarios como la grasa y las proteínas, hasta su composición mineral y la presencia de microorganismos; los cuales influyen directamente en el rendimiento, la textura, el sabor y la inocuidad del producto final (Martins y Vasconcelos, 2003), los cuales detallamos a continuación:

a) Contenido de Proteína (caseína): El contenido de proteína de la leche es importante porque afecta múltiples aspectos desde el rendimiento, la firmeza del queso, la estructura hasta el sabor y la funcionalidad (Tabla 8) (Melilli et al., 2002). Particularmente las caseínas son las más relevantes porque es la responsable de formar la red tridimensional que constituye el coágulo que atrapa los glóbulos de grasa y el

agua (Villegas Soto et al., 2017). Por estos motivos la estandarización del contenido de proteína en la leche es una práctica común para optimizar la calidad, consistencia y el rendimiento del queso (Lucey y Kelly, 1994; Scott, 1991). No obstante, existe algunos factores a considerar:

- La actividad enzimática de las proteínas como plasmina (enzima indígena de la leche), puede reducir el rendimiento del queso porque los péptidos resultantes no se incorporan a la cuajada (Coelho, 2014). Similarmente, las proteasas bacterianas producidas por bacterias psicrotróficas pueden causar pérdidas de proteína en el suero y por ende reducir el rendimiento del queso (Boulares et al., 2011; Mankai et al., 2012).

- Leches con bajo contenido de calcio (que se asocia a la caseína) o un menor diámetro de las micelas de caseína pueden resultar en geles blandos o tiempos de coagulación más largos. La adición de cloruro de calcio compensa estas pérdidas y mejora la firmeza (Priyashantha et al., 2019).

- El cuajo principalmente la quimosina, hidroliza específicamente la κ-caseína, lo que desestabiliza las micelas y permite la coagulación (Wake, 1959).

- La composición de la leche (raza, etapa de lactación, alimentación) influye en la composición de las proteínas y las propiedades de coagulación (Bencini y Johnston, 1997; Martins y Vasconcelos, 2003).

- La mastitis y etapas avanzadas o tempranas de lactancia que afectan el contenido de proteína (Sánchez Macías y Murillo Ríos, 2024).

- Las deficiencias higiénicas y la contaminación microbiana en la leche o durante el procesamiento del queso pueden afectar la calidad proteolítica y la seguridad del producto final (Moreano Terán et al., 2024).

Tabla 7.

Efectos de la proteína en la calidad del queso fresco.

Proteína	Efectos principales
alto	- Gel firme y estable durante la coagulación, mayor retención de agua y sólidos. - mayor rendimiento por que la red de caseína es más compacta.
bajo	- Afecta directamente la capacidad de la leche para formar geles los cuales son blandos, incluso esto puede suceder en presencia de cuajo y calcio. - Reducción del rendimiento por la pérdida de sólidos (proteína y grasa) en el suero durante el corte y el desuerado.

Fuente: (Aldalur Soto, 2019; Cromie, 1992; Francolino et al., 2010; Martins y Vasconcelos, 2003; Priyashantha et al., 2019; Sołowiej et al., 2014; Villegas Soto et al., 2017)

b) Contenido de grasa: Al igual que el contenido de proteínas también influye en el rendimiento (Sánchez Macías y Murillo Ríos, 2024) y a su vez en la textura, cuerpo, sabor, aroma y aumenta significativamente su capacidad de retención de humedad, afecta las propiedades fisicoquímicas (dureza, la capacidad de untar y la capacidad de fundirse) (Tabla 9). Asimismo, actúa como un relleno inerte en la red de gel que impide la sinéresis y favorece en un cuajo con mayor humedad (Lawrence et al., 1984); los cuales se describen a continuación:

- Una coagulación deficiente, ya sea por un coágulo demasiado blando o demasiado firme al momento del corte, puede llevar a altas pérdidas de grasa y proteína en el suero, disminuyendo el rendimiento (Kammerlehner, 2009) . Un corte muy fino del coágulo también puede aumentar la pérdida de grasa (Martins y Vasconcelos, 2003).

- Temperaturas de cocción elevadas pueden aumentar el volumen de grasa no globular en el queso y afectar la porosidad de la red proteica, lo que a su vez incide en la textura final (Aldalur Soto, 2019).

- El calostro tiene un contenido de grasa variable según la especie. Sin embargo, el calostro no coagula como un queso normal debido a su alta concentración

de proteínas séricas en relación con la caseína, lo que lo hace diferente de la leche madura en términos de composición (Sánchez Macías y Murillo Ríos, 2024).

Tabla 8.

Efectos de la grasa en la calidad del queso fresco.

Grasa	Efectos principales
alto	- Dificulta la eliminación de humedad durante la fabricación, ya que interfiere mecánicamente con la sinéresis.
bajo	- Textura deficiente que se vuelve más firme y elástica, e incluso más dura. Esto se debe a que la eliminación de la grasa aumenta las interacciones entre las proteínas, creando una red más densa y rígida.

Fuente:(Aldalur Soto, 2019; Alothman et al., 2019; Dejmek y Walstra, 2004; Walstra et al., 2006).

c) Calcio y fósforo: La leche es una fuente rica y natural de calcio, y también contiene fósforo y magnesio (Sánchez Macías y Murillo Ríos, 2024). A continuación, se detalla la importancia del calcio en la leche:

- El calcio es indispensable para la floculación de las micelas de caseína durante la coagulación enzimática, un paso central en la elaboración del queso. Las micelas de caseína, al interactuar con el cuajo y el calcio, determinan la firmeza y la estabilidad del gel (Martins y Vasconcelos, 2003).

- Debido a la importancia del calcio en la coagulación, es una práctica común suplementar la leche con cloruro de calcio ($CaCl_2$) durante la elaboración del queso (Fox et al., 2017). Esta adición no solo acelera el tiempo de coagulación, sino que también aumenta la firmeza del gel formado (Aldalur Soto, 2019).

- El calcio también ayuda a mantener el balance mineral en la leche después de la pasteurización, un proceso que puede degradar el calcio natural, afectando su rendimiento y consistencia (Viera Molina, 2024).

Tabla 9.

Efectos del contenido de Calcio y fosforo en la calidad del queso fresco.

Calcio y fosforo	Efectos principales
alto	- Promueve la sinéresis (expulsión del suero). - Contribuye a la elasticidad de la textura deseada en quesos como el suizo. - Resulta en una coagulación más rápida y un cuajo más firme.
bajo	- La deficiencia en calcio dificulta la coagulación y resultan en geles blandos, lo que afecta negativamente la consistencia del cuajo y resulta en una baja sinéresis.

Fuente:(Mejía López et al., 2017; Sánchez Macías y Murillo Ríos, 2024).

d) Acidez: La producción de ácido en la tina es un factor crítico en la calidad del queso ya que define el pH, la estructura básica, la sinéresis y el perfil de sabor (Lawrence et al., 1984). Un pH elevado (baja acidez) puede indicar mastitis u otros factores (Delgado, 2016); además de otros:

- El calentamiento de la leche por encima de 100°C puede provocar una disminución del pH y la precipitación de fosfato de calcio (Martínez Castro et al., 1986).

- La inhibición de las bacterias lácticas por factores como los antibióticos puede resultar en un menor desarrollo de la acidez lo que lleva a un menor desarrollo de sabores y aromas típicos del queso. Esto también puede favorecer el crecimiento de coliformes, resultando en quesos con aromas y sabores anormales e hinchazón temprana (Madrid, 1989).

Tabla 10.

Efectos de la acidez en la calidad del queso fresco.

Acidez	Efectos principales
Alto	- Mayor sinéresis (expulsión del suero de la masa) y menor humedad. - Disminuye el tiempo de coagulación y gel más firme. - Perdida de calcio en la cuajada, resultando en una textura desmenuzable y abierta. - Disolución de fosfato de calcio coloidal, afecta las propiedades reológicas, la capacidad de fundido y la elasticidad. - >0.26 de acidez titulable al desuerado conlleva una degradación rápida de proteínas, sabor ácido o amargo. - >0.28 resulta una cuajada fibrosa y elástica. - Inhibe patógenos y bacterias de deterioro (ej. *Salmonella* muere rápido a pH 5.03 – 5.23). - Una acidez excesivamente elevada precipita la caseína durante el tratamiento térmico, causando su descarte.
Bajo	- pH elevado (baja acidez) puede resultar en geles blandos y dificultades en la coagulación. - <0.18 de acidez titulable antes del desuerado produce un queso acuoso, con textura grumosa persistente. - pH ≥ 5.7 indica actividad insuficiente del cultivo iniciador (posible contaminación por bacteriófagos o residuos de antibióticos).

Fuente: (Alais, 2022; Arce y Ustunol, 2018; Lawrence et al., 1984; Madrid, 1989; Mejía López et al., 2017).

e) Calidad Sanitaria de la leche: La presencia de microorganismos en la leche y en el queso puede tener un impacto significativo en la calidad sanitaria, nutricional, organoléptica y tecnológica del producto final, afectando desde su sabor y textura hasta su seguridad para el consumo (Vásquez A. et al., 2018).

Tabla 11.

Fuentes de contaminación.

Fuente	Descripción
Leche cruda	La leche es un medio ideal para el crecimiento microbiano. Puede contener microorganismos desde la vaca o contaminación en el ordeño.
Deficiencias en la Pasteurización o Contaminación posterior	Un tratamiento térmico insuficiente o la contaminación posterior favorecen la presencia de patógenos como *Listeria monocytogenes* y coliformes.
Manipuladores de Alimentos	Higiene deficiente de operarios transmite *Staphylococcus aureus*, *E. coli* y otras enterobacterias.
Equipos y Superficies	Limpieza y desinfección inadecuadas permiten la proliferación de microorganismos
Agua no potable	Contamina equipos y utensilios con coliformes y *Pseudomonas*
Almacenamiento y Transporte inadecuados	Rupturas de la cadena de frío acelera el desarrollo microbiano y reducen la vida útil.
Alta humedad del queso	Favorece el desarrollo mohos, levaduras y bacterias indeseable.

Fuente: (Aguilera Becerra et al., 2014; Andrade Soruco, 2020; Díaz Galindo et al., 2017; Heer, 2007; Pulido Medellín et al., 2018; Soria Herrera et al., 2021; Valbuena et al., 2007; Yoon et al., 2016).

A continuación, se detallan los principales efectos causados por diversos microorganismos; así como los límites establecidos por la normatividad vigente (Tabla 13):

- Sabores y Olores Anormales: Muchos microorganismos producen enzimas (proteasas y lipasas) que degradan las proteínas y las grasas de la leche, generando sabores amargos, rancidez, olores desagradables o jabonosos, y otros cambios indeseables (Andrewes et al., 2007; Bauman et al., 2005). Por

ejemplo, las *Pseudomonas fluorescens* producen estos cambios, haciendo que el queso fresco presente mal olor, textura pegajosa y pigmentos azules en la superficie (Gonzales et al., 2007).

- Cambios de Textura y Apariencia: La presencia de coliformes o *Clostridium* puede causar hinchazón temprana o tardía del queso, generando agujeros de gas (ojos) que pueden ser pequeños y lisos o muy numerosos y grandes, incluso llevando a grietas y putrefacción en casos graves (Alcántara, 2016; Alfonso Vargas et al., 2024; Bassi et al., 2020; Polychroniadou, 2001; Walstra et al., 2006).

- Pérdida de Nutrientes: Tratamientos térmicos excesivos, a veces aplicados para controlar microorganismos, pueden llevar a la pérdida de lactosa (reacción de Maillard) y a una disminución del contenido de lisina. La actividad de microorganismos puede degradar componentes como proteínas y lípidos (Barbano et al., 2006; Rodríguez, 2002).

- Pérdida de Rendimiento: Los microorganismos psicrótrofos, al producir enzimas termoestables, pueden degradar proteínas y grasas, resultando en pérdidas significativas de sólidos durante el proceso y una disminución en el rendimiento del queso (Andrewes et al., 2007; Samaržija et al., 2012). La formación de coágulos finos por efecto de la temperatura, a menudo asociados con una calidad microbiológica deficiente, puede hacer que estos se pierdan en el suero durante el desuerado, reduciendo el rendimiento (Hicks et al., 1986; Mejía López et al., 2017).

- Coagulación Deficiente: La acción de algunas enzimas microbianas, especialmente proteolíticas, puede desestabilizar las micelas de caseína, afectando la coagulación de la leche y la firmeza del coágulo, lo que lleva a cuajadas débiles, difíciles de cortar y manejar, además pueden prolongar el tiempo de formación del coágulo (Maciel et al., 2015; Mejía López et al., 2017).

- Problemas en el Desuerado: Una coagulación deficiente, influenciada por microorganismos, puede causar problemas en la expulsión del suero y la retención excesiva de humedad en el queso fresco, lo que a su vez afecta la

textura y la maduración (Aldalur Soto, 2019; Burbano Escobar, 2018; Mejía López et al., 2017).

- Afectación de la Maduración: La presencia de microorganismos indeseables puede interferir con la actividad de las enzimas y los cultivos iniciadores, alterando las reacciones bioquímicas necesarias para el desarrollo del sabor y la textura característicos del queso madurado (Aldalur Soto, 2019; Burbano Escobar, 2018). Un pH inadecuado, influenciado por la actividad microbiana, puede acelerar o ralentizar la proteólisis, afectando la maduración y pudiendo causar amargor si la acción del cuajo es excesiva o incorrecta (Dagostin, 2011; Fox, 2000; Zanela y Fischer, 2011).

- Interferencia con Cultivos Deseables: La contaminación puede llevar a la inhibición o al crecimiento descontrolado de la flora natural o de los cultivos iniciadores, afectando el proceso de acidificación y el desarrollo del producto (Monardes, 2004; Teh et al., 2024; Walstra et al., 2006).

- Requiere Aditivos y Controles: Para contrarrestar la proliferación de bacterias alterantes como *Pseudomonas fluorescens*, se ha investigado el uso de aditivos como nisina (Moreno, 2000). También se usan aditivos como nitrato para inhibir el crecimiento de clostridios (Fox et al., 1990).

2.2.8.2. Parámetros técnicos de proceso

a) Pasteurización: La pasteurización es crucial para eliminar microorganismos patógenos. Generalmente 72°C por 15 segundos o 63°C por 30 minutos, o una combinación equivalente con el objetivo de eliminar bacterias patógenas y reduce la carga microbiana patógenas (Benkerroum, 2016; da Paula et al., 2009). No obstante, existen algunos aspectos que pueden afectar la calidad del queso fresco:

   - Desnaturalizar parte del calcio soluble, lo que puede resultar en una cuajada más débil y mayor pérdida de sólidos en el suero. La adición de 0.02% de cloruro de calcio puede compensar esta insolubilización y mejorar la firmeza de la cuajada (da Paula et al., 2009).

- Producirse una disminución del pH (al calentar por encima de 100 °C) debido a la formación de ácidos orgánicos por degradación de la lactosa y precipitación de fosfato de calcio (da Paula et al., 2009).

- El calor (especialmente por encima de 65 - 70°C) desnaturaliza las proteínas del suero como la β-lactoglobulina, lo que afecta la coagulación y las propiedades del queso (de Paula et al., 2009; Furtado, 1991).

- Las lipasas y proteasas extracelulares, resistentes a los tratamientos térmicos, pueden degradar las grasas y proteínas del alimento, incluso después de procesos como la pasteurización o UHT. Pueden dar un sabor a cocido y olor a requesón al queso (Cardoso y Campos, 2019).

Tabla 12.

Efectos de la humedad en la calidad de queso fresco.

Humedad	Efectos principales
>60%	- Textura blanda incluso pastosa, sabores afrutados o a suero. - Mas susceptible al crecimiento microbiano y al deterioro, lo que puede resultar en sabores y texturas desagradables - Alta humedad y bajo contenido de grasa evidencia un sabor amargo por la reducción de los péptidos hidrofóbicos en la fase grasa del queso.
<56%	- Produce quesos duros. - Si además tiene un alto contenido de sal, provoca una proteólisis insuficiente, lo que se manifiesta en una textura grumos.

Fuente: (Behmer, 1980; Lawrence et al., 1984; Walstra et al., 2006)

b) Coagulación: Es una etapa que busca concentrar la proteína y retener la grasa de la leche (Furuya, 2012; Lima et al., 2015).

- Enzimas coagulantes (cuajo): La elección del tipo y la dosis de cuajo es importante para evitar defectos como el sabor amargo (Faleiro, 2003; Paula et al., 2009). Los coagulantes vegetales, fúngicos o con mayor proporción de pepsina pueden causar amargor (Faleiro, 2003).

- Temperatura de coagulación: Influye directamente en la velocidad de coagulación y en la firmeza del coágulo. Temperaturas más bajas producen coágulos más frágiles y quesos más húmedos, mientras que temperaturas más altas facilitan la deshidratación y pueden resultar en quesos excesivamente secos. La temperatura ideal para los quesos frescos se sitúa entre 32 y 35°C (Furuya, 2012).

- Adición de calcio: En la leche pasteurizada, la adición de cloruro de calcio (0.02%) es común para reponer el calcio insolubilizado durante la pasteurización lo que aumenta la firmeza de la cuajada y reduce el tiempo de coagulación (Benkerroum, 2016).

- Tiempo de Coagulación: Puede variar de 40 a 90 minutos, dependiendo de la composición de la leche y la estación del año. Reducir el tiempo de coagulación (por ejemplo, a aproximadamente 1 hora) puede disminuir la contaminación por microorganismos al reducir el tiempo de exposición a temperaturas que favorecen su multiplicación (Lima et al., 2015).

- Acidez/pH: El desarrollo de la acidez es fundamental para el sabor, la textura y la acción del cuajo. Leches con mayor acidez requieren menos cuajo. El control de la acidez es indispensable para el control microbiano y la sinéresis (Dagostin, 2011; Faleiro, 2003; Fox, 2000; Paula et al., 2009).

c) Corte de la Cuajada, Agitación y Desuerado (Sinéresis): Estos pasos afectan la retención de humedad, la composición química y la textura del queso. Mayor humedad en quesos frescos puede indicar una disminución de la calidad y un menor rendimiento. La sinéresis se ve influenciada por la concentración de Ca^{2+} y caseína, el pH del suero, la temperatura de cocción y la velocidad de agitación (Walstra et al., 2006).

    - Corte y Tamaño del Grano: Se realiza para acelerar la liberación del suero y ajustar la humedad final. Cuanto menor es el tamaño del grano de la cuajada, menor es la humedad del queso. Los quesos blandos usan granos más grandes (de 1 a 4 cm^3). Los quesos semiduros y duros usan granos más pequeño (Lima et al., 2015; Walstra et al., 2006).

- Agitación: La velocidad de agitación influye en la humedad final del queso y las propiedades funcionales (Mejía López et al., 2017).

d) Prensado: Los quesos de alta humedad, como el Minas Frescal, pueden no necesitar prensado. La presión inicial inadecuada puede dificultar la eliminación del suero. El tamaño del queso no es solo estético, sino que influye en la maduración, determinando la relación superficie-volumen, la intensidad del salado y la pérdida de humedad por evaporación (Furuya, 2012).

e) Salado: Contenido de Sal (NaCl) mejora el sabor, controla el crecimiento microbiano, regula procesos bioquímicos y físico-químicos, e influye en la durabilidad y consistencia del queso. Un salado inadecuado puede causar graves defectos. El contenido de cloruros en el queso fresco promedia 1.56% (± 0.93%), con valores que van de 0.90% a 3.41% (da Paula et al., 2009; Fox et al., 2017; Soria Herrera et al., 2021).

f) Condiciones de Almacenamiento: Como la temperatura y humedad tiene una gran influencia en la velocidad de maduración y la calidad del queso. Las temperaturas bajas (ejemplo -2°C y -4°C) pueden suprimir el crecimiento de la carga microbiana total (TVC). Una temperatura óptima de -20°C puede preservar la estructura de la proteína y las características físicas del agua ligada (Teh et al., 2024). Mantener la temperatura por debajo de 4°C es crucial para la inocuidad de los productos lácteos y para evitar la proliferación de microorganismos patógenos. La ruptura de la cadena de frío contribuye a la contaminación (Benkerroum, 2016).

- Tiempo de Almacenamiento: Es el factor más importante que influye en los cambios durante el almacenamiento, seguido por el tipo de queso y la temperatura (Huanca Apaza, 2017).

- Exposición a la Luz y Oxígeno: La oxidación de las grasas especialmente en quesos frescos, es desencadenada por la exposición a la luz, lo que puede causar aromas indeseados y alteraciones en el color (Andrade Soruco, 2020).

2.2.9. Análisis fisicoquímicos

Según Centeno Pérez et al. (2020), los análisis físico-químicos permiten evaluar las características fundamentales del queso fresco, siendo esenciales para determinar su calidad, composición nutricional y cumplimiento de normativas. A continuación, se describen los principales análisis aplicados:

2.2.9.1. Determinación de Extracto seco

El extracto seco corresponde a la fracción del queso que permanece tras la eliminación del agua, incluyendo grasa, proteínas, minerales y otros sólidos solubles (Álvarez, 2015). Este parámetro es crucial para la estandarización del producto, ya que permite comparar la concentración de sus componentes nutricionales sin verse afectado por variaciones en el contenido de agua. Además, es útil para establecer correlaciones con la textura y densidad del queso (Macías Mejía et al., 2019).

2.2.9.2. Humedad

La humedad representa la cantidad de agua contenida en el producto. Su determinación es clave en quesos frescos, ya que influye directamente en la textura, el sabor, la vida útil y la susceptibilidad al crecimiento microbiano. Generalmente, se determina mediante el secado de una muestra a temperatura constante (por ejemplo, 102 ± 2 °C) hasta alcanzar peso constante. El resultado se expresa como porcentaje de agua respecto al peso total de la muestra. Un mayor contenido de humedad suele estar asociado con un producto más blando y menos estable durante el almacenamiento (Macías Mejía et al., 2019).

2.2.9.3. Análisis de color

El color de los alimentos es un atributo clave que influye directamente en la percepción visual del consumidor y en la apreciación de la calidad del producto. Para su evaluación objetiva, se utilizan instrumentos como colorímetros, basándose en el sistema de coordenadas CIE-lab. Este sistema describe el color a través de tres componentes: L* (luminosidad), a* (eje rojo-verde) y b* (eje amarillo-azul), lo que permite cuantificar diferencias cromáticas de manera precisa y estandarizada (Artigas et al., 2016).

2.2.9.4. Contenido mineral

La evaluación del contenido mineral en alimentos representa un aspecto crucial para determinar tanto su valor nutricional como su inocuidad. Este proceso involucra la detección y medición de distintos minerales presentes en la muestra mediante técnicas analíticas específicas. Entre los métodos más empleados se encuentran: Espectrofotometría de absorción atómica (AAS), útil para la determinación exacta de elementos como hierro, zinc, cobre y calcio; espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), que permite realizar análisis simultáneos de múltiples elementos con alta sensibilidad; y digestión ácida, procedimiento previo que prepara la muestra, facilitando la liberación de los minerales para su posterior cuantificación (Arce y Ustunol, 2018).

2.2.10. Análisis microbiológicos

El control microbiológico en productos alimenticios es fundamental para asegurar tanto su inocuidad como su calidad sanitaria. Este tipo de análisis contempla la detección y cuantificación de microorganismos que actúan como indicadores de higiene, tales como bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales y fecales, así como de microorganismos patógenos relevantes, entre ellos *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*. En la cuantificación de microorganismos como enterobacterias y mesófilos aerobios, se utilizan métodos expresados en Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/g) y Número Más Probable por gramo (NMO/g), lo que proporciona una medida precisa de la carga microbiológica presente en los alimentos (Monardes, 2004).

Tabla 13.

Requisitos microbiológicos para el queso fresco según la NTP 202.195:2019

Agente microbiano	Unidad	Categoría	Clase	n	c	límite	
						m	M
Coliformes	UFC/g	5	3	5	2	5×10^2	10^3
Salmonella spp.	P o A/25 g	10	2	5	0	Ausencia	---
Escherichia coli	NMP/g	6	3	5	1	3	10
Staphylococcus aureus	UFC/g	7	3	5	2	10	10^2
Listeria monocytogenes	P o A/25 g	10	2	5	0	Ausencia	---

Nota: n: número total de muestras analizadas.
c: número máximo permitido de muestras con resultados entre m y M.
m: límite microbiológico aceptable.
M: resultado inaceptable (producto rechazado si se supera este valor).
P/A: Presencia o Ausencia por cada 25 g de muestra.

a) Coliformes: Los coliformes constituyen un grupo heterogéneo de microorganismos que forman parte de la familia Enterobacteriaceae, una clasificación que también incluye a bacterias como *Salmonella* (Kerstner et al., 2022). Una de sus características distintivas es su capacidad para fermentar la lactosa a una temperatura de 35 °C, generando producción de gas (Tanner y Tanner, 1953). Estos microorganismos se encuentran ampliamente distribuidos en diversos ambientes naturales, incluyendo el agua, el suelo y la vegetación (Robinson, 1987). Además, son habitantes comunes y normales del tracto intestinal tanto de humanos como de animales de sangre caliente (Franco y Landgraf, 2009). Dentro de este grupo, se distinguen principalmente dos categorías:

   - Coliformes totales: Esta clasificación abarca bacterias coliformes que pueden provenir de heces fecales, pero también de otras fuentes como el suelo y la vegetación (Forsythe, 2013).

   - Coliformes fecales (o termotolerantes): Representan un subgrupo más específico de coliformes que tienen su origen exclusivamente en el tracto intestinal de animales de sangre caliente (Brito, 2021). Esta característica los convierte en un indicador más preciso y relevante de un posible riesgo para la salud humana. *Escherichia coli* es uno de los miembros más conocidos y estudiados dentro de la categoría de coliformes fecales (Jay, 2005).

Estas bacterias son fácilmente eliminadas por procesos como la pasteurización, así como por tratamientos térmicos o de cloración aplicados al agua y a los alimentos. (Parra et al., 2002). Por consiguiente, la detección de niveles elevados de coliformes en productos alimenticios o en el agua es un indicador crítico de fallos en las prácticas de higiene durante la elaboración, procesamiento o conservación, lo que implica un potencial riesgo para la salud del consumidor (Linder, 1995).

En el ámbito alimentario, una alta concentración de coliformes sugiere una deficiente calidad higiénica del proceso, una inadecuada manipulación por parte del personal o una recontaminación del producto después de su procesamiento (Brito, 2021). La presencia de coliformes, especialmente los fecales y *E. coli*, se interpreta como un signo de contaminación fecal y por lo tanto, estas bacterias no deberían estar presentes en los alimentos (Franco y Landgraf, 2009).

La presencia de coliformes totales en el queso es un parámetro crucial en la evaluación de la seguridad y calidad de diversos alimentos, dada su capacidad de proliferación y su papel como indicadores de contaminación (Aguero et al., 1987). El queso fresco, debido a su alto contenido de humedad, pH favorable y riqueza en nutrientes, ofrece un medio idóneo para el crecimiento de microorganismos procedentes de la leche, el ambiente o la manipulación (Jay, 2005).

Tabla 14.

Efectos de los coliformes en la leche y el queso.

	Efectos
Leche	– La presencia de un alto recuento de coliformes en el agua disminuye la eficiencia de los procesos de higienización y contribuye a elevar el contenido microbiano de la leche.
Queso fresco	– Reduce su vida útil y puede provocar rancidez o sabores amargos en el queso, reduciendo su aceptación por el consumidor. – En quesos frescos, la presencia de coliformes totales puede causar hinchazón prematura (en 24 a 48 horas). La cual puede generar la producción de gas, defectos sensoriales y sabores picantes o amargos.

Fuente: (Aguero et al., 1987; Soto Yange, 2022; Fuentes Mora, 2003).

b) *Salmonella spp*: Es un género de bacterias que pertenece a la familia Enterobacteriaceae (Barreto et al., 2016; Gutiérrez Cogco et al., 2000; Parra et al., 2002). Son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos y móviles debido a la presencia de flagelos perítricos (Barreto et al., 2016; Brunia, 2008). Su tamaño oscila entre 0.3 y 1 μm de ancho por 1.0 a 6.0 μm de largo, o de 2 a 3 x 0.4 a 0.6 micras (Linder, 1995; Popoff y Le Minor, 1992).

Metabólicamente, *Salmonella* posee un metabolismo oxidativo y fermentativo, produciendo ácido y gas a partir de la fermentación de hidratos de carbono como la glucosa; son catalasa positivos (salvo raras excepciones) y oxidasa negativos. Se multiplican eficientemente en medios ordinarios, con un pH óptimo entre 6.6 y 8.2 y una temperatura óptima de crecimiento de 35 - 37°C, aunque pueden crecer en un rango más amplio de 5.9°C a 49.5°C; Son incapaces de tolerar elevadas concentraciones de sal (siendo destruidas a concentraciones mayores al 9%) y son inactivadas por las temperaturas de pasteurización de la leche o a 60°C (Linder, 1995).

Estas bacterias se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, habitando el tracto gastrointestinal de mamíferos domésticos y salvajes, reptiles, aves e insectos. Pueden actuar produciendo un espectro de enfermedades en humanos y animales (Linder, 1995). Son consideradas como un importante patógeno transmitido por los alimentos a nivel mundial, siendo la carne de pollo y los huevos fuentes frecuentes de brotes (Barreto et al., 2016; Fearnley et al., 2011; Gutiérrez Cogco et al., 2000). La principal vía de entrada en humanos es la oral, al tener contacto con heces de animales con la infección (Linder, 1995). La dosis infectiva para humanos suele ser elevada, entre 10^6 y 10^8 bacterias, aunque en algunos estudios se ha señalado una dosis de solo 10 células (Humphrey, 2004; Mead et al., 1999). Una vez ingerida, la *Salmonella* puede colonizar el intestino delgado debido a su resistencia al pH del estómago, a las sales biliares y al peristaltismo, para luego invadir los ganglios linfáticos mesentéricos (Barreto et al., 2016; Salyers y Whitt, 2002). A continuación, mencionaremos que factores influyen en la carga microbiana de la leche y el queso:

- La leche debe ser pasteurizada con el objetivo de eliminar los microorganismos patógenos (Silva et al., 2021).

- La ausencia de controles adecuados en la producción de queso fresco puede generar riesgos significativos para los consumidores (Moreano Terán et al., 2024).

- Las condiciones higiénicas deficientes donde se lleva a cabo la producción, el tiempo de almacenamiento de la leche antes de la elaboración del queso, las condiciones de transporte y el excesivo manipuleo son factores que contribuyen a una elevada carga microbiana (Vásquez A. et al., 2018).

- La contaminación microbiana es una de las principales causas (36%) de defectos en la producción de queso fresco (Viera Molina, 2024).

- Los puntos de mayor riesgo de contaminación microbiológica en la línea de proceso del queso Gouda incluyen la leche pasteurizada en tina llena (Fuentes Mora, 2003).

c) *Escherichia coli*: Es una bacteria Gram negativa (Rock y Rivera, 2014). Son anaerobios facultativos (Ramírez Santos et al., 2005; Rock y Rivera, 2014). Generalmente son móviles con múltiples flagelos y fimbrias, microscópicamente, las bacterias *E. coli* son tan pequeñas que no se pueden ver sin un microscopio, pero su crecimiento es visible como colonias en medios de agar (Rock y Rivera, 2014). Poseen un metabolismo oxidativo y fermentativo (Ramírez Santos et al., 2005).

Aunque la mayoría de sus cepas son inofensivas, algunas, como la O157:H7, son patógenas y productoras de toxina Shiga. Estas cepas virulentas pueden causar enfermedades graves a través del consumo de alimentos contaminados (Moreano Terán et al., 2024). La presencia de *E. coli* en los alimentos es un indicador importante de contaminación fecal o ambiental reciente, lo que advierte sobre la posible existencia de otros patógenos (Rock y Rivera, 2014). A continuación, mostraremos en la Tabla 15 los efectos de la *Escherichia coli* en la leche y el queso.

Tabla 15.

Efectos de la Escherichia coli en la leche y el queso.

	Efectos
Leche	– Los microorganismos patógenos como *E. coli* pueden disminuir el valor nutricional de la leche. – Pueden deteriorar completamente la leche, causando mal olor, sabor y color. – Su detección en la leche pasteurizada sugiere fallas durante el tratamiento térmico.
Queso fresco	– Los coliformes, incluyendo *E. coli*, pueden causar hinchamiento precoz en los quesos. Esto ocurre por la producción de dióxido de carbono (gas) a partir de la fermentación de la lactosa, lo que genera grietas internas o hinchamiento de los envases. – Pueden producir olores y sabores anómalos o amargos, alterando las características sensoriales deseables del queso. – Reducción de la vida útil.

Fuente: (Moreano Terán et al., 2024;Rock y Rivera, 2014)

d) Bacterias mesófilas: Las bacterias mesófilas constituyen un grupo diverso de microorganismos que incluye tanto bacterias como mohos y levaduras (Brito, 2021), caracterizados por su capacidad de multiplicarse en un rango de temperatura que va de 10 °C a 45 °C, con un óptimo de crecimiento situado entre 32 °C y 35 °C (Jay, 2005). Son especialmente relevantes en el ámbito alimentario, ya que comprenden la mayoría de los contaminantes comunes en la leche y otros productos perecederos (Forsythe, 2013; Franco y Landgraf, 2009; Tanner y Tanner, 1953). Su proliferación se ve favorecida cuando los alimentos se mantienen a temperatura ambiente, alcanzando concentraciones elevadas que comprometen la calidad microbiológica (Madigan et al., 2010). Además, este grupo incluye especies potencialmente patógenas, algunas de las cuales poseen la capacidad de formar esporas, lo que incrementa su resistencia y persistencia en condiciones adversas (Kerstner et al., 2022).

Tabla 16.

Efectos de las bacterias mesófilas en la leche y el queso.

	Efectos
Leche	– Acidificación de la leche por fermentación láctica, lo que puede desestabilizar la caseína. – *Enterobacter spp.* y *Klebsiella oxytoca* pueden producir sustancias viscosas. – *Serratia marcescens* puede originar una coloración rojiza. – Hinchamiento precoz y sabores desagradables debido a la producción de ácidos (láctico y acético) y gases (CO_2 y H_2).
Queso fresco	– Coliformes y Enterobacteriaceae: Hinchamiento precoz, formación de ojos, pigmentos, Sabor desagradable, Alteraciones en textura, sabor y aroma; reducción de vida útil; – Psicrotrófos: Sabores anómalos, amargor, rancidez por actividad proteolítica y lipolítica, Reducción de vida útil; deterioro fisicoquímico. – Bacterias Acidificantes: Amargor por proteólisis de péptidos amargos, Problemas de coagulación y desuerado; interferencia en la acidificación. – Bacterias Lácticas *(mesófilas deseables):* Desarrollo de sabor y aroma, clave en fermentación láctica, acidificación y coagulación. – Levaduras y Mohos *(no bacterias, pero relevantes):* Hinchamiento por gas fermentativo; pigmentos o manchas, olores y sabores anómalos o putrefactos.

Fuente: (Alais, 2022; Carvalho, 2014; Fonseca et al., 1999; Franco y Landgraf, 2009)

e) Bacterias psicrótrofas: Son microorganismos capaces de crecer a 7 °C o menos, independientemente de su temperatura óptima. Dicho sea de paso oscila entre 20 °C y 30 °C, pero se desarrollan eficazmente entre 2 °C y 7 °C (Franco y Landgraf, 2009; Robinson, 1987). Se multiplican rápidamente si la leche no se almacena bajo refrigeración adecuada (Jay, 2005). El mecanismo de degradación principal de las bacterias psicrótrofas se basa en la producción de enzimas extracelulares termo-resistentes, principalmente proteasas y lipasas, que actúan sobre los componentes de la leche y sus derivados (Fonseca et al., 1999). Como se detalla a continuación:

- Proteasas: Degradan las proteínas, principalmente las caseínas, liberando polipéptidos y aminoácidos solubles (Franco y Landgraf, 2009). Esto puede causar un sabor amargo, astringente y pútrido en la leche, así como gelificación y sedimentación en la leche UHT (Jay, 2005). En los quesos, la degradación de las micelas de caseína afecta la coagulación y la rigidez del coágulo, resultando en defectos en la textura (Forsythe, 2013).

- Lipasas: Hidrolizan las grasas, lo que puede dar lugar a un sabor rancio, jabonoso o metálico en los productos lácteos (Robinson, 1987). También causan problemas en la producción y maduración de quesos, cremas y mantequillas (Soares y Prata, 2004).

Tabla 17.

Efectos de bacterias psicrótrofas en la leche y el queso

	Efectos
Leche	– Degradación de proteínas (por proteasas): o Desarrolla sabores amargos, astringentes y pútridos. o Aumento de la viscosidad, gelificación y sedimentación en la leche UAT (Ultra Alta Temperatura). – Degradación de grasas (por lipasas): o Por la liberación de ácidos grasos libres al hidrolizar las grasas se asocia con el descenso del pH y, consecuentemente, a un aumento de la acidez titulable en la leche. – La actividad enzimática en la leche cruda refrigerada causa disminución de la vida útil. – Influye en la composición centesimal, como la disminución del contenido de proteína.
Queso fresco	– Degradación de proteínas (por proteasas): o Afecta el tiempo de coagulación y la rigidez del coágulo, así como la tasa de desarrollo de la acidez. o Conlleva al desarrollo de sabores amargos, astringentes y pútridos. – Degradación de grasas (por lipasas):

    - Producen ácidos grasos libres que se manifiestan como sabores y olores rancios, metálicos.
    - Causan problemas durante la producción y maduración del queso [i].
- Alteraciones en la textura del queso.
- Disminución de la vida útil del queso.

Fuente: (Fonseca et al., 1999; Franco y Landgraf, 2009; Robinson, 1987)

f) Mohos y levaduras:

Los mohos son organismos unicelulares microscópicos eucariotas que pertenecen al reino de los hongos, se caracterizan por su estructura filamentosa a menudo formando filamentos ramificados llamados hifas; Estas hifas se entrelazan para formar el micelio, que constituye el cuerpo vegetativo del moho y se reproducen mediante esporas fúngicas, las cuales pueden ser sexuales o asexuales las cuales son fácilmente dispersables por el aire (Madigan et al., 2010). Esta facilidad de dispersión las convierte en contaminantes comunes de los productos alimenticios. En los alimentos, las colonias de moho suelen aparecer como crecimientos algodonosos, pulverulentos o pigmentados (Silva et al., 2021). Pueden producir una variedad de pigmentos que resultan en coloraciones (como verdes, negras, azules, rosadas) en la superficie o incluso dentro de la masa del queso (Fonseca et al., 1999). Son principalmente saprófitos, es decir, se alimentan de materia orgánica en descomposición, aunque algunas especies pueden ser parásitas u oportunistas (Madigan et al., 2010). Habitan en lugares húmedos y oscuros, necesitan oxígeno para su crecimiento y esporulación. Pueden crecer en ambientes con pH bajo y/o temperaturas elevadas, hasta 62°C (Sousa, 2016).

Las levaduras son hongos microscópicos unicelulares, se reproducen principalmente por gemación, son ovalados o esféricos y se multiplican por gemación, donde una célula hija brota de la célula madre (Madigan et al., 2010). Pueden respirar aeróbicamente en presencia de oxígeno, metabolizando carbohidratos para producir dióxido de carbono y agua (Monardes, 2004). Sin embargo, en ausencia de oxígeno, pueden fermentar carbohidratos, produciendo etanol y dióxido de carbono (Jay, 2005). Este último proceso es clave en el hinchamiento de productos (Franco y Landgraf, 2009). Algunas levaduras, como *Kluyveromyces marxianus*, necesitan oxígeno para fermentar eficazmente la lactosa (Forsythe, 2013). Se alimentan de compuestos orgánicos simples, como los azúcares presentes en la leche y sus derivados (Robinson, 1987).

Tabla 18.

Efecto de Mohos y levaduras en la leche y el queso.

		Efectos
Leche	–	Las actividades proteolíticas y lipolíticas de las levaduras pueden ocasionar alteraciones en la vida útil de la leche y sus derivados.
Queso fresco	–	Cuando se tiene una lipolisis y proteólisis controlada (quesos maduros) contribuyen al desarrollo del sabor, aroma y textura en el caso de los quesos madurados como el azul, brie o camembert (*Penicillium roqueforti, Geotrichum candidum, Debaryomyces hansenii.*) contribuyendo al sabor y la textura. Pero en condiciones no controladas (altas concentraciones) o en quesos frescos provoca: o Provoca olores indeseables (putrefactos, rancios, ácidos), cambios en la textura y cambios internos, lo que puede llevar al rechazo total del producto. o El crecimiento de moho en la superficie y su avance desde la corteza hacia la superficie interior del queso puede causar coloraciones internas. o Hinchamiento interno y/o externo del queso debido a la producción de gas fermentativo. o Las reaccione de las enzimas generan compuestos insolubles que se acumulan y forman precipitados visibles en el queso que se manifiestan como grumos, sedimentos o zonas endurecidas. o Producir pigmentos o manchas en la superficie. o Reducir la vida útil.

Fuente: (Carvalho, 2014; Potes, 2000; Sales, 2015)

2.2.11. Análisis sensorial

Según Macías Mejía et al. (2019), el análisis sensorial es una herramienta clave en la evaluación de productos alimenticios ya que permite conocer cómo son percibidos por los consumidores a través de sus sentidos. Los atributos sensoriales del queso, como sabor, olor, color, textura y apariencia influyen directamente en su aceptación y pueden verse afectados por diferentes factores. Entre los defectos más frecuentes se encuentran la aparición de sabores amargos o rancios, olores indeseados originados por fermentaciones

no controladas, irregularidades en la coloración que evidencian fallos en el proceso de producción y alteraciones en la textura, tales como una dureza excesiva o la presencia de grietas (Stocco et al., 2021). El análisis sensorial permite la evaluación de los atributos queso y permite identificar cambios o defectos (Gonzales et al., 2007).

Tabla 19.

Comparación de características sensoriales ideales y defectos comunes en el queso fresco.

Atributo	Descripción ideal	Defectos comunes
Color	Blanco uniforme o ligeramente amarillento	Manchas o mohos
Apariencia	Superficie limpia y regular.	Grietas o suciedad
Textura	Suave y blanda.	Ligosa o con cristales
Sabor	Suave y lácteo.	Rancio, metálico, amargo, agrio, etc.
Liberación de líquido en boca	Ligero suero.	Muy seco o acuoso.

Fuente: (García et al., 2022; Kraggerud, 2011).

Para garantizar una evaluación objetiva, se emplean métodos estructurados que permiten recopilar, procesar e interpretar las percepciones sensoriales de manera sistemática (Macías Mejía et al., 2019). Dependiendo del propósito del estudio, se pueden aplicar distintos tipos de pruebas sensoriales entre las más relevantes se encuentran:

2.2.11.1. Métodos discriminativos

Son diseñadas para identificar diferencias perceptibles entre muestras. Un ejemplo es la prueba triangular, en la que los evaluadores deben distinguir una muestra diferente entre tres presentadas. Estas pruebas son útiles para verificar que modificaciones en la formulación, como la adición de hierro microencapsulado, no alteren significativamente las propiedades sensoriales del queso (Meilgaard et al., 2024).

2.2.11.2. Métodos descriptivos

Utilizadas para evaluar atributos específicos a través de panelistas entrenados. En el caso del queso fresco, pueden analizarse aspectos como la uniformidad del color, la

homogeneidad de la apariencia, la firmeza al tacto, el nivel de acidez y la intensidad del sabor salado o amargo. Los resultados permiten generar un perfil sensorial que facilita la comparación de tratamientos y el estudio del impacto de los factores tecnológicos en la percepción final del productor (Meilgaard et al., 2024).

2.2.11.3. Métodos afectivos

También conocidas como pruebas de aceptación, buscan determinar la percepción del consumidor frente a uno o varios productos mediante escalas hedónicas de 9 puntos o líneas de 10 cm. Son fundamentales en el desarrollo de productos funcionales, como quesos frescos fortificados, ya que ayudan a establecer si las modificaciones en la formulación afectan la preferencia del consumidor (Meilgaard et al., 2024).

Las escalas sensoriales permiten transformar percepciones subjetivas en datos cuantificables, facilitando el análisis estadístico y la obtención de conclusiones objetivas sobre la calidad del producto (Amerine et al., 2013; Meilgaard et al., 2024). A continuación, se presentan las principales escalas sensoriales utilizadas en la evaluación de productos alimenticios:

Tabla 20.

Tipos de escalas empleadas en pruebas sensoriales.

Escalas	Descripción	Ejemplos de uso
Categóricas	Opciones cerradas con palabras o números predefinidos.	Escala hedónica de 9 puntos ("me disgusta mucho" a "me gusta mucho").
Ordinales	Clasificación por orden, sin cuantificar diferencia entre posiciones.	Ranking de preferencia entre muestras.
Numéricas	Valor numérico que representa la intensidad de un atributo.	Intensidad del dulzor en escala de 1 a 100.
Gráficas	Línea continua donde se marca la percepción	Escala lineal no estructurada para acidez o firmeza
Híbridas	Combinación de escala numérica y gráfica	Escala hedónica híbrida (línea + categorías etiquetadas)

Fuente: (Meilgaard et al., 2024; Amerine et al., 2013).

2.2.12. Fortificación de alimentos con hierro

La fortificación de alimentos es una estrategia fundamental de salud pública orientada a reducir las deficiencias nutricionales en poblaciones vulnerables. Desde el siglo XX, se han implementado diversas iniciativas, como la adición de yodo a la sal en la década de 1920 para prevenir el bocio y la incorporación de hierro y vitaminas del complejo B en harinas durante los años 1940. Con el tiempo, esta práctica se ha ampliado a productos como aceites, lácteos y cereales, con el objetivo de mejorar el aporte de micronutrientes esenciales (Bashir et al., 2024).

Entre las deficiencias nutricionales más comunes a nivel mundial se encuentra la de hierro, que afecta principalmente a lactantes, niños pequeños y mujeres embarazadas. Esta carencia puede derivar en anemia ferropénica, una condición que compromete el desarrollo cognitivo y reduce el rendimiento físico y académico. Frente a esta problemática, la fortificación de alimentos se ha consolidado como una estrategia eficaz para disminuir la prevalencia de anemia y mejorar el estado nutricional de las poblaciones en riesgo (Darwish et al., 2024).

El hierro es un mineral esencial para el organismo debido a su participación en diversos procesos fisiológicos fundamentales. Su incorporación en alimentos fortificados no solo contribuye al bienestar nutricional de la población, sino que también puede servir como un indicador de la calidad nutricional del producto (Moreano Terán et al., 2024). Los requerimientos diarios de hierro varían según la etapa de la vida, el sexo y condiciones fisiológicas específicas, como el embarazo (Darwish et al., 2024). La siguiente tabla resume las cantidades recomendadas de ingesta diaria de hierro establecidas para diferentes grupos poblacionales.

Tabla 21.

Cantidad de hierro promedio diaria recomendada.

Etapa de la vida	Cantidad recomendada
Bebés de 7 a 12 meses de edad.	11 mg
Niños de 1 a 3 años de edad.	7 mg
Niños de 4 a 8 años de edad.	10 mg
Niños de 9 a 13 años de edad	8 mg
Adolescentes (varones) de 14 a 18 años de edad.	11 mg
Adolescentes (niñas) de 14 a 18 años de edad.	15 mg
Hombres adultos de 19 a 50 años de edad.	8 mg
Mujeres adultas de 19 a 50 años de edad.	18 mg
Adultos de 51 o más años de edad.	8 mg
Adolescentes embarazadas.	27 mg
Mujeres embarazadas.	27 mg

Fuente: (Darwish et al., 2024).

La fortificación con hierro representa una medida clave para prevenir su deficiencia. Este proceso consiste en la adición de compuestos ricos en hierro a productos como cereales, harinas y lácteos, sin alterar significativamente sus propiedades sensoriales, como el sabor, el olor o la apariencia (Kaur et al., 2022). No obstante, para garantizar la eficacia de esta estrategia, es esencial considerar la biodisponibilidad del hierro, es decir, su capacidad para ser absorbido por el organismo. Asimismo, deben evaluarse la estabilidad del compuesto dentro del alimento y sus posibles interacciones con otros nutrientes, ya que estos factores son determinantes para asegurar la calidad, seguridad y efectividad del alimento fortificado (Mallqui Salas, 2021).

Diversos compuestos de hierro han sido desarrollados para su uso en matrices alimentarias, los compuestos más comunes se detallan en la Tabla 22. La selección del compuesto de hierro más adecuado depende en gran medida del vehículo alimentario que se utilice en la estrategia de fortificación (Hurrell, 2022). La siguiente tabla muestra los compuestos de hierro sugeridos según el tipo de alimento:

Tabla 22.

Compuestos de hierro sugeridos para vehículos alimentarios.

Vehículo alimentario	Compuesto de hierro
Harina de trigo blanca (baja extracción) o harina de maíz desgerminado	Sulfato ferroso seco Fumarato ferroso Hierro electrolítico Sulfato ferroso encapsulado Fumarato ferroso encapsulado
Harina de trigo de alta extracción, harina de maíz, harina de masa de maíz	EDTA ferrosódico Fumarato ferroso Sulfato ferroso encapsulado Fumarato ferroso encapsulado
Pastas Arroz Leche en polvo Leche líquida	Sulfato ferroso seco Pirofosfato férrico Sulfato ferroso más ácido ascórbico Citrato férrico amónico Bisglicinato ferroso Pirofosfato férrico micronizado
Salsa de soya, salsa de pescado	EDTA ferrosódico Sulfato ferroso más ácido cítrico
Jugo, bebidas carbonatadas	Bisglicinato ferroso, lactato ferroso Pirofosfato férrico micronizado
Cereales para el desayuno	Hierro electrolítico

Fuente: (Allen et al., 2006; Hurrell et al., 2010; Hurrell, 2009).

2.2.12.1. Sulfato ferroso microencapsulado

El sulfato ferroso ($FeSO_4$) es reconocido como una fuente de hierro ampliamente utilizada en la fortificación de alimentos (Haro Vicente, 2008). Se destaca por su alta biodisponibilidad debido a su elevada solubilidad en agua y jugo gástrico, lo que facilita su absorción por el organismo (Villaquirán et al., 2017). De hecho, el sulfato ferroso a

menudo sirve como un punto de referencia para evaluar la absorción de otros compuestos de hierro, buscando que estos tengan al menos un 50% de su capacidad de absorción (Kaur et al., 2022).

Sin embargo, el sulfato ferroso no encapsulado presenta desventajas significativas, ya que el hierro iónico libre puede interactuar con los componentes del alimento, provocando cambios indeseables en sus propiedades sensoriales, como el color y el sabor; Catalizando procesos oxidativos que resultan en la rancidez de los lípidos y la disminución del valor nutricional al afectar vitaminas y aminoácidos (Mallqui Salas, 2021). Debido a estas limitaciones, su uso en ciertas aplicaciones como productos con grasas es restringido.

Para superar estos desafíos, se ha desarrollado el sulfato ferroso en su forma microencapsulada, comercialmente conocido como sulfato ferroso estabilizado o sulfato ferroso monohidratado microencapsulado (Boccio y Monteiro, 2004). La microencapsulación implica la protección del sulfato ferroso por una membrana (por ejemplo, de fosfolípidos) lo que evita su interacción directa con el alimento hasta que se degrada dentro del organismo (Muñoz More et al., 2023). Esta tecnología permite; Mantener la alta biodisponibilidad del hierro, reducir la reactividad con la matriz alimentaria en consecuencia prevenir la rancidez de las grasas, así como la alteración de las características sensoriales del alimento y ofrece una mayor estabilidad durante los procesos industriales de fortificación (Boccio y Monteiro, 2004; Muñoz More et al., 2023)

a) Protección y estabilidad frente a la reactividad: La membrana actúa como una barrera física que aísla el sulfato ferroso del entorno del alimento, evitando su interacción directa con la matriz alimentaria hasta su ingestión y digestión. Esto previene la oxidación de grasas y el enranciamiento, así como los cambios de color y sabor indeseables (Boccio y Monteiro, 2004).

b) Mantenimiento de la biodisponibilidad y liberación controlada: A pesar de la encapsulación, el diseño de la microcápsula permite que el hierro se libere de manera controlada bajo condiciones específicas (como el pH ácido del estómago). Una vez liberado en el tracto gastrointestinal, el sulfato ferroso mantiene su alta biodisponibilidad, lo que lo hace nutricionalmente efectivo (Calderón y Ponce, 2022; Choudhury et al., 2021; Muñoz More et al., 2023).

c) Mejora de las propiedades sensoriales: Al prevenir las reacciones del hierro con el alimento, la microencapsulación ayuda a enmascarar sabores, aromas desagradables (como el metálico), mantener el color y la apariencia deseada del producto fortificado. Esto es crucial para la aceptabilidad por parte del consumidor (Casimiro et al., 2024; Hurrell, 2009).

d) Estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento: Las microcápsulas protegen el hierro de factores ambientales como la luz, el oxígeno y la humedad, y de las condiciones de procesamiento industrial (como la pasteurización o el horneado). Esto prolonga la vida útil de los alimentos fortificados (Choudhury et al., 2021; Parra Huertas, 2010).

Tabla 23.

Factores que afectan la estabilidad del sulfato ferroso.

Factor	**Efecto sobre el sulfato ferroso**
pH del medio	Es más estable en ambientes ácidos, mientras que en medios neutros o alcalinos se oxida fácilmente a sulfato férrico, perdiendo biodisponibilidad.
Presencia de oxígeno	La exposición al oxígeno favorece la oxidación del ion ferroso (Fe^{2+}) a ion férrico (Fe^{3+}), reduciendo la eficacia y generando compuestos que afectan sabor y calidad.
Temperatura	Las altas temperaturas aceleran la oxidación y descomposición del sulfato ferroso. Por eso, es fundamental el almacenamiento y procesamiento a temperaturas controladas.
Luz (UV)	La luz, sobre todo UV, cataliza la oxidación del Fe^{2+} a Fe^{3+}.
Forma física y encapsulación	La microencapsulación protege al sulfato ferroso del oxígeno y la humedad, mejora su estabilidad, permite liberación controlada y reduce reacciones adversas en el producto.

Fuente: (Boccio y Monteiro, 2004; Casimiro et al., 2024; Miller, 2014).

2.2.12.2. Pirofosfato férrico

El pirofosfato férrico (FPP) es un compuesto de hierro utilizado en la fortificación de alimentos, se caracteriza por su baja solubilidad en agua y escasa solubilidad en ácidos diluidos (Boccio y Monteiro, 2004). Esto resulta en una baja a moderada biodisponibilidad (Mallqui Salas, 2021) que típicamente oscila entre 21% y 74% en comparación con el sulfato ferroso (Boccio y Monteiro, 2004). Debido a esta menor absorción, se recomienda que el nivel de fortificación con pirofosfato férrico sea el doble que el requerido para el sulfato ferroso para lograr efectos comparables en la ingesta de hierro (Hurrell, 2009).

Es un compuesto inerte, lo que significa que no produce cambios significativos en las características sensoriales del alimento ni en su valor nutricional (Nabeshima et al., 2005). A diferencia de otros compuestos de hierro más reactivos, el pirofosfato férrico no cataliza significativamente los procesos oxidativos de las grasas, lo que ayuda a prevenir el enranciamiento del alimento (Boccio y Monteiro, 2004). Por ejemplo, su uso en la fortificación de panes no ha mostrado diferencias en el color ni en la aceptación sensorial general (apariencia y sabor) en comparación con el pan sin fortificar (Nabeshima et al. 2005). Esta inercia lo hace particularmente ventajoso en la fortificación de alimentos como la harina de trigo y maíz, leche y productos procesados como cubos de caldo y polvos de chocolate (Boccio y Monteiro, 2004; Mallqui Salas, 2021; Kaur et al., 2022).

2.2.13. Microencapsulación

La microencapsulación, inicialmente desarrollada en la década de 1930 con fines industriales, comenzó a aplicarse en la industria alimentaria en los años 70 como una técnica innovadora para proteger ingredientes sensibles. Su propósito principal es mejorar la estabilidad, biodisponibilidad y funcionalidad de los compuestos esenciales en los alimentos, permitiendo su incorporación sin alterar sus propiedades sensoriales o estructurales (Xu et al., 2024).

Esta tecnología avanzada permite aislar compuestos dentro de materiales específicos, formando esferas microscópicas con dimensiones que varían entre 1 μm y varios cientos de μm. Su función principal es resguardar ingredientes sensibles de condiciones externas adversas, como la luz, el oxígeno y la humedad, garantizando su estabilidad y facilitando una liberación controlada en productos alimenticios (Choudhury et al., 2021).

La microencapsulación es especialmente útil para proteger compuestos activos altamente inestables, como vitaminas, carotenoides, flavonoides, compuestos fenólicos, etc que pueden degradarse por factores como la luz, el pH, el oxígeno y la acidez. Su aplicación en matrices alimentarias permite mejorar la protección de estos compuestos y optimizar su funcionalidad (Calderon y Ponce, 2022).

Uno de los usos más relevantes de la microencapsulación es la fortificación de alimentos, ya que permite la incorporación de nutrientes sin comprometer sus características sensoriales (Choudhury et al., 2021). En el caso del hierro, su adición puede generar cambios indeseables en el sabor, olor y apariencia del producto. Para minimizar estos efectos, se han desarrollado estrategias de encapsulación que crean una barrera física, evitando la liberación inmediata de compuestos volátiles o solubles en agua responsables de sabores metálicos y aromas intensos (INACG, 2021).

Este proceso permite una liberación controlada de los ingredientes encapsulados, asegurando su estabilidad y favoreciendo el enmascaramiento de sabores no deseados. Como resultado, se mejora la aceptación del producto por parte del consumidor, optimizando su calidad sensorial y nutricional (Choudhury et al., 2021; Boccio y Monteiro, 2004; Parra, 2010).

2.2.13.1. Microencapsulación del sulfato ferroso

La microencapsulación del sulfato ferroso constituye una estrategia esencial para reducir los efectos sensoriales indeseables como sabores metálicos, cambios en la coloración y aromas extraños que suelen acompañar la adición directa de hierro a los alimentos. Mediante el recubrimiento de partículas con polímeros alimentarios (p. ej., maltodextrina, goma arábiga, etc.) se consigue proteger el ion ferroso de la oxidación, impidiendo que reaccione con otros compuestos del alimento, al tiempo que se da una liberación controlada del hierro en el tracto digestivo, optimizando así su biodisponibilidad (Nabeshima et al., 2005; Parra Huertas, 2010) Este recubrimiento también preserva las propiedades organolépticas originales (sabor, color y aroma), lo que mejora la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores (Choudhury et al., 2021).

Adicionalmente, gracias a su doble papel de preservar la integridad química del sulfato ferroso y de conservar la calidad sensorial del alimento, la microencapsulación se ha consolidado como una técnica clave en el desarrollo de alimentos fortificados (Muñoz

More et al., 2023; Boccio y Monteiro, 2004). El estudio de Jafari, (2017) demostró que, empleando encapsulantes adecuados y parámetros de secado óptimos (temperatura, flujo de aire, proporción polímero – sólido), se pueden obtener cápsulas con una eficiencia de retención de hierro superior al 90 % y una liberación prematura mínima, sin comprometer el sabor, el color ni la textura del producto final.

2.3. Definición de términos

Fortificación: Adición controlada de micronutrientes esenciales a productos alimenticios con el propósito de mejorar su valor nutricional y contribuir a la prevención de deficiencias en la población (Boccio y Monteiro, 2004).

Tratamiento: Combinación de niveles de uno o más factores en un experimento, aplicada a un grupo de unidades experimentales para evaluar su efecto sobre una variable dependiente (Gavilánez Luna, 2021).

Absorción atómica: Técnica analítica empleada para cuantificar la concentración de metales en una muestra. Su principio se basa en medir la luz absorbida por los átomos del elemento en estado gaseoso, permitiendo detectar la presencia de minerales esenciales o contaminantes con alta precisión (Ibañez Moreno et al., 2021).

Diseño de bloques completos al azar (DBCA): Enfoque experimental en que los tratamientos se asignan aleatoriamente dentro de bloques conformados por unidades con características similares (Arias Gonzáles y Covinos Gallardo, 2021).

Bloque: Fuente de variación no de interés principal, pero controlada para reducir la variabilidad experimental (Gavilánez Luna, 2021).

Modelo mixto generalizado: Enfoque estadístico que combina efectos fijos (por ejemplo, tratamientos) y aleatorios (por ejemplo, bloques), permitiendo modelar datos con estructuras complejas y observaciones correlacionadas (Stroup et al., 2018).

Efecto fijo: Variable cuyas categorías se seleccionan intencionalmente y son de interés directo en el experimento (Stroup et al., 2018)

Efecto aleatorio: Variable cuyo impacto se modela probabilísticamente porque su variabilidad no puede controlarse de forma experimental; suele representar fuentes externas como bloques de tiempo o lotes de producción (Gavilánez Luna, 2021).

PROC GLIMMIX (SAS): Procedimiento del software SAS para ajustar modelos mixtos, integrando efectos fijos y efectos aleatorios. Soporta distribuciones no normales, funciones de enlace y estructuras de covarianza (Stroup et al., 2018).

Prueba de Tukey-Kramer: Método estadístico post hoc para comparar medias de múltiples grupos. Su propósito es determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Este procedimiento permite realizar comparaciones entre todas las posibles parejas de medias. A diferencia de la prueba de Tukey estándar, la versión Tukey-Kramer se emplea cuando los tamaños de muestra son desiguales, ajustando la desviación estándar estimada para cada comparación (Gavilánez Luna, 2021).

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente estudio es de tipo experimental, ya que manipula la concentración de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico para evaluar su efecto en la composición fisicoquímica, mineral, color y evaluación sensorial del queso fresco. Este estudio es de nivel comparativo, ya que estamos contrastando dos fuentes de hierro el sulfato ferroso microencapsulado y el pirofosfato férrico.

3.2. Ámbito temporal y espacial

El presente proyecto de investigación fue desarrollado durante el periodo de mayo del 2020 a marzo del 2022 en los laboratorios de Ingeniería de Procesos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua. La determinación de calcio y hierro por absorción atómica fue realizada en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en el laboratorio de cromatografía y espectrometría.

3.3. Población y muestra

En este estudio, la población estuvo conformada por la leche fresca entera de vaca provenientes del valle de Moquegua. La muestra estuvo representada por 200 litros de leche proveniente de la asociación de ganaderos "La Lechera", ubicada en dicho valle. La selección se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando factores como la accesibilidad, el volumen necesario y las características requeridas para los análisis posteriores. La recolección se efectuó en las primeras horas de la mañana, coincidiendo con el ordeño, y la leche fue depositada en porongos de aluminio, recipientes comúnmente utilizados por los ganaderos para el almacenamiento de leche fresca.

3.3.1. Materia prima

Se utilizó como materia prima la leche fresca entera de vaca proveniente de la asociación de ganaderos “La Lechera”, del sector del valle de Moquegua.

3.3.2. Insumos de proceso

- Cloruro de calcio ($CaCl_2$, ≥ 94 %),
- Cuajo (quimosina al 1%, marca CHR Hansen),
- Sal refinada comercial,
- Sulfato ferroso microencapsulado (16% de Fe con 50% de grasa vegetal, marca Dr. Paul Lohmann),
- Pirofosfato férrico (25% de hierro, marca Dr. Paul Lohmann).

3.3.3. Equipos

- Molde de acero,
- Prensa mecánica,
- Marmita,
- Termómetro (rango de 0 a 100, precisión ± 0.1°C),
- Lactodensímetro (Quevenne 15-20),
- Potenciómetro (SI Analytics),
- Balanza de 100 g (PB 500, marca Salter Brecknell),
- Balanza analítica (Electronic Scale, cap. máx. 1200 g; sensibilidad 0.0001 g, China),
- Refrigeradora (LG268),
- Analizador de composición química Lactoscan (Milplan),
- Cápsula de arena,
- Varilla,
- Estufa de secado (Wiseonsin),
- Balanza de humedad (Moisture Analyzer),
- Colorímetro (KONICA - MINOLTA Model CR-20),
- Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) 55B AA,
- Tubos a presión para digestión ácida,
- Micropipetas y puntas desechables (0.5–1 mL),
- Sistema de digestión por microondas (Multiware 3000 modular).

3.3.4. Materiales de vidrio y otros

- Matraz aforado de 25 mL y de 20 mL.de vidrio Pirex,

- Tubos de ensayo,
- Copa de vidrio con tapón,
- Campana de desecación con válvula de succión,
- Termómetro de cristal (100 °C), marca Shx,
- Pipeta Pasteur de 10 ml de vidrio Pirex,
- Vasos de precipitación de 100, 250 y 1000 L de vidrio Pirex,
- Frascos o viales para almacenamiento de soluciones,
- Probeta graduada de 500 mL,
- Varillas de vidrio Pirex,
- Cuchillos de acero inoxidable,
- Recipientes: grandes, medianos y pequeños,
- Moldes de queso de acero AISI 304,
- Telas finas microporosas,
- Tapas de acero AISI 304,
- Coladores de plástico marca REY,
- Lira horizontal y vertical de distancia entre hileras 0.5 cm,
- Recipiente de aluminio de capacidad 30 L,
- Placas Petri (90 mm).
- Pipetas volumétricas y automáticas,
- Espátulas de vidrio,
- Espátula de Drigalski.

3.3.5. Reactivos

- Agua destilada,
- Ácido nítrico (HNO_3, 65%, grado analítico),
- Soluciones estándar de hierro,
- Soluciones estándar de calcio,
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2, 30%, grado analítico),
- Cloruro de lantano ($LaCl_3$, 1000 µg/mL, grado analítico),
- Agar Papa Dextrosa acidificado,
- Caldo Lauril Sulfato Triptosa,
- Caldo Bilis Verde Brillante (2 %),

- Caldo Rappaport-Vassiliadis,
- Caldo Tetrationato,
- Agar Xylose Lysine Deoxycholate,
- Agar Salmonella–Shigella.

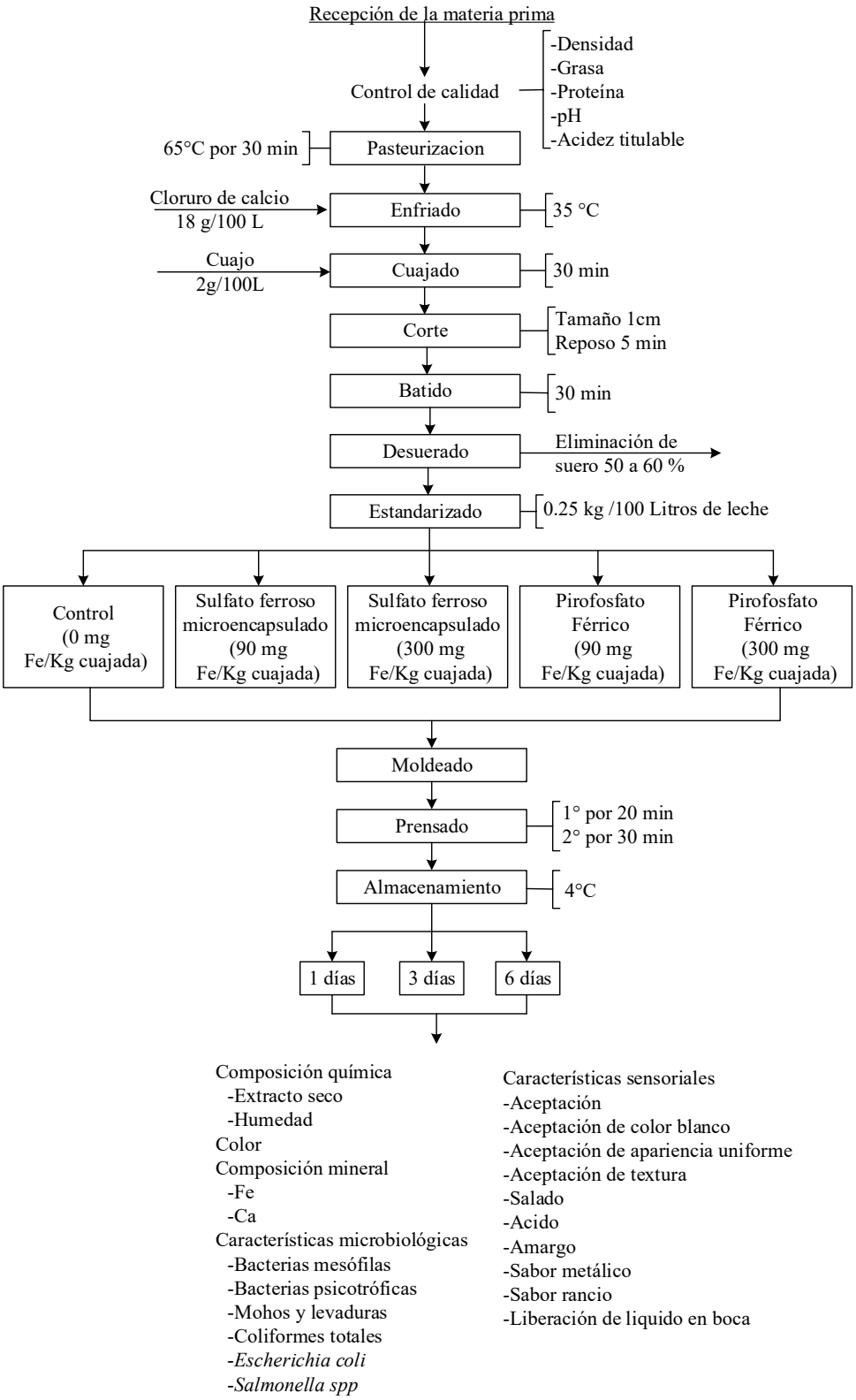
3.4. Procedimientos

3.4.1. Elaboración de queso fresco

Se elaboraron cinco tratamientos diferentes de queso fresco: queso sin adición de compuestos de hierro o control y con adición de compuestos de hierro (sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico a una concentración de 90 y 300 mg Fe/Kg). La metodología seguida para la elaboración de los tratamientos y el análisis respectivo se muestra en la Figura 1.

Figura 1.

Diagrama de flujo de la metodología usada en la experimentación de esta tesis.



Nota. Adaptado de Elaboración de quesos, por Huanca Apaza, 2017, Cámara de Comercio y la Producción de Puno.

a) Recepción y control de calidad de la leche: Al llegar los tachos metálicos con leche cruda, se procedió a extraer una muestra representativa para realizar el control de calidad de la materia prima. Esta evaluación incluye la medición de temperatura, acidez titulable, como densidad, materia grasa, proteínas y pH. Con el objetivo de verificar que la leche cumpla con los parámetros higiénico sanitarios necesarios para continuar con el proceso de elaboración de quesos.

b) Pasteurización: La leche se depositó en la marmita para su pasteurización, asegurando un monitoreo constante de la temperatura, ya que es importante cuidar este parámetro clave para garantizar la calidad final del queso fresco. El proceso de pasteurización consistió en elevar la temperatura a 65°C y mantenerla por 30 min. Durante el calentamiento, se agito continuamente con una paleta de madera para evitar la formación de nata y asegurar la distribución térmica uniforme.

c) Enfriado y adición de insumos: Finalizado la pasteurización, se procedió al enfriamiento de la leche mediante circulación de agua fría en el equipo, hasta llegar a un rango de temperatura entre 32 y 35 °C que es la temperatura ideal para que incorporar el cloruro de calcio (18%).

d) Coagulación: Previamente se preparó el cuajo comercial (2% de quimosina CHR Hansen). En la leche que esta enfriada se adicionó ambos insumos. Y se dejó reposar durante 30 minutos, para la formación del coagulo.

e) Corte: Finalizado el tiempo de coagulación, se procedió a realizar el corte de la cuajada utilizando una lira (con separación de 1 cm entre hilos). El corte se realizó en dos direcciones: primero en sentido horizontal y luego en sentido vertical formando cubos uniformes. Esta operación permite liberar parte del suero y facilitar la sinéresis. Una vez realizado el corte, se dejó reposar la cuajada durante 5 minutos para favorecer la compactación de los granos.

f) Batido de la cuajada: Tras el reposo, se procedió a realizar el batido de forma manual con ayuda de la paleta de madera durante 30 minutos. Durante esta etapa se observó la separación de fases por un lado el suero (liquida) comenzó al liberarse, mientras que la cuajada (sólida) adquirió mayor firmeza.

g) Desuerado: La eliminación del suero se realizó mediante la válvula ubicada en la parte inferior de la marmita. Se abrió el orificio de salida y se colocó un colador para retener posibles fragmentos de cuajada. Durante el drenaje, se monitoreó visualmente el volumen de suero eliminado. Una vez alcanzado aproximadamente el 50–60 % de eliminación del suero, se cerró la válvula para continuar con las siguientes etapas del proceso.

h) Estandarizado: La cuajada obtenida se pesó y se dividió en cinco partes iguales correspondientes a los 5 tratamientos experimentales (cuatro con suplementación férrica y un control). Se realizó una mezcla manual durante 10 minutos incorporando sal comercial en una proporción del 2.5 % respecto al peso de la cuajada, junto con las fuentes de hierro: sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico, en concentraciones de 90 y 300 mg Fe/kg de cuajada respectivamente. Los compuestos fueron adquiridos de proveedores certificados (Dr. Paul Lohmann), garantizando su calidad, seguridad y trazabilidad.

i) Moldeo: La cuajada estandarizada se colocó en moldes de acero inoxidable previamente se puso una malla fina dentro del molde, que envolvió completamente la cuajada. Esta barrera permitió que durante el prensado no se pierda restos de la misma a través de los orificios del molde durante el drenaje.

j) Prensado: Se realizó mediante una prensa mecánica cuidando que tenga una presión constante sobre la cuajada contenida en los moldes. Este proceso consta de dos etapas, un primer prensado que se llevó a cabo durante 20 minuto y para el segundo se procedió a voltear la cuajada por un tiempo de 30 minutos, con el objetivo de favorecer una expulsión uniforme del suero en toda la masa del queso.

k) Almacenamiento: Finalmente, los quesos fueron envasados al vacío y almacenados a 4 °C con exposición limitada a la luz, asegurando una iluminación aproximadamente inferior a 50 luxes. La luz se controló almacenando los quesos en entornos oscuros o áreas con iluminación restringida.

3.4.2. Características fisicoquímicas del queso fresco

3.4.2.1. Composición química

a) Determinación de extracto seco: El contenido de extracto seco del queso fresco se determinó mediante el método gravimétrico, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ISO (2004). Para ello, se pesaron aproximadamente 3 gramos de muestras trituradas de queso y se colocaron en cápsulas que contenían arena de mar y una varilla de vidrio, elementos que facilitan la distribución uniforme del calor y evitan salpicaduras durante el secado. Las cápsulas se introdujeron en una estufa de aire forzado a una temperatura constante de 102 °C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, las cápsulas se retiraron y se dejaron enfriar en una campana de desecación para evitar la absorción de humedad del ambiente. Posteriormente, se pesaron las cápsulas con la muestra desecada, la arena y la varilla. La diferencia de peso antes y después del secado permitió calcular el contenido de extracto seco, expresado como porcentaje del peso total de la muestra, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Extracto seco (\%)} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0 + m_2}\right) * 100$$

Donde:

m_0= Es la masa de la cápsula vacía (g).

m_1= Es la masa de la cápsula con la muestra antes del secado (g).

m_2= Es la masa de la cápsula con la muestra después del secado (g).

b) Determinación de humedad: El contenido de humedad del queso fresco se determinó indirectamente por diferencia, utilizando los valores de extracto seco obtenidos previamente según el método gravimétrico descrito en la norma ISO 5534:2004. Este método gravimétrico consiste en calcular la humedad como el porcentaje restante hasta completar el 100%, es decir:

$$\text{Humedad (\%)} = 100\ \% - \text{Extracto seco (\%)}$$

Este procedimiento proporciona el contenido de humedad en base húmeda, expresando la proporción de agua respecto al peso total de la muestra. Es ampliamente utilizado en el análisis de productos lácteos, ya que permite una evaluación precisa del contenido de

agua, lo cual es fundamental para determinar la calidad, estabilidad y vida útil del producto.

3.4.2.2. Determinación de color instrumental

La determinación colorimétrica de las muestras de queso fresco se llevó a cabo utilizando un colorímetro, (Konica Minolta, modelo CR-20, Osaka, Japón), empleando el sistema CIE-Lab y el iluminante D65 para luz de día estándar. Se obtuvieron las coordenadas para la caracterización del color, incluyendo la luminosidad (L*), la proporción de rojo-verde (a*) y la proporción amarillo-azul (b*) (Vargas Uscategui et al., 2017).

3.4.2.3. Cuantificación de hierro y calcio

La cuantificación de hierro y calcio en el queso fresco se realizó mediante espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS), utilizando el modelo 55B AA siguiendo el procedimiento descrito por Arce y Ustuno (2018). Se utilizaron soluciones estándar de hierro (0, 1, 2.5, 5 y 10 µg/mL) y calcio (0, 2.5, 5, 10 y 20 µg/mL) para generar curvas de calibración lineales, asegurando una relación directa entre la absorbancia y la concentración del analito.

Se empleó una solución estándar de control de calidad con concentración conocida para verificar la precisión y exactitud del método. La longitud de onda empleada para la determinación de hierro fue de 248.3 nm, y para calcio, 422.7 nm, utilizando lámparas de cátodo hueco específicas para cada elemento. La atomización de las muestras se realizó mediante una llama de acetileno-aire (Air-C_2H_2), optimizando la sensibilidad y estabilidad de las mediciones. Los límites de detección (LD) y los límites de cuantificación (LQ) se determinaron siguiendo las directrices establecidas en la literatura especializada, mediante la preparación de soluciones estándar con concentraciones conocidas y la medición de la señal de absorbancia correspondiente.

La preparación de la muestra fue la misma tanto para el análisis de hierro como para el de calcio. Se pesó 1 g de queso fresco y se disolvió en 8 mL de HNO_3 (65%) durante 2 horas en tubos a presión, lo que se describe como un tratamiento de predigestión. Posteriormente, las muestras fueron transferidas a un sistema de digestión por microondas (Multiwave 3000 Modular) y sometidas a las siguientes condiciones específicas: 600 W de

potencia, 160 °C de temperatura y 1.300 kPa de presión, con un tiempo de rampa de 30 minutos y un tiempo de retención de 10 min. Una vez finalizada la digestión, se añadieron 2 mL de H_2O_2 (30%) a cada muestra y el volumen se ajustó a 25 mL con agua destilada.

Para el análisis de calcio, se separaron 5 mL de la solución digerida. De esta fracción, se tomaron 3 mL y se diluyeron hasta un volumen final de 25 mL, añadiendo 3 mL de una solución de $LaCl_3$ (1000 µg/mL) y completando con agua destilada. A continuación, se tomó una alícuota de 0.702 mL de esta primera dilución y se ajustó a un volumen final de 20 mL con agua destilada. Esta solución final fue utilizada para la determinación del contenido de calcio mediante AAS. Los 20 mL restantes de la solución digerida se analizaron directamente para determinar el contenido de hierro.

3.4.3. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó para determinar la presencia de microorganismos indicadores y patógenos en muestras de queso fresco, de acuerdo con los límites establecidos por la NTP 202.195:2019 A continuación, se detalla el procedimiento seguido para cada microorganismo evaluado, conforme a la metodología propuesta por la American Public Health Association (APHA, 2001).

3.4.3.1. Recuento de mesófilos aerobios

a) Preparación de la muestra: Se pesaron 10 g de queso fresco y se mezclaron con 90 mL de agua peptonada al 0.1% en una bolsa estéril. Dado que la matriz presentó una consistencia semisólida, la mezcla fue desintegrada manualmente mediante presión externa y amasado continuo durante 1 minuto, favoreciendo la liberación de microorganismos hacia el diluyente. Esta técnica de homogenización se aplicó en ausencia de homogeneizador peristáltico (Stomacher).

b) Diluciones seriadas: Se elaboraron diluciones decimales sucesivas (10^{-1} a 10^{-4}), mezclando 1 mL de la muestra previamente homogenizada con 9 mL de agua peptonada al 0.1% en tubos estériles.

c) Siembra en placa (método de vertido – Pour Plate): Para este procedimiento se empleó el medio Plate Count Agar (PCA), y se preparó disolviendo 23 g/L del medio deshidratado en 600 mL de agua destilada. La mezcla se calentó con agitación constante

hasta alcanzar la disolución completa y se esterilizó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. El medio fundido se mantuvo a 45 °C hasta su uso. Las placas Petri utilizadas fueron previamente esterilizadas en horno seco a 180 °C durante 2 horas, y toda la manipulación del proceso se realizó en una cabina de flujo laminar, asegurando condiciones de asepsia.

Se colocó 1 mL de cada dilución por duplicado en las placas Petri estériles. Posteriormente, se vertieron 15 mL del medio fundido en cada placa. El contenido se mezcló suavemente mediante movimientos circulares y se dejó solidificar durante aproximadamente 3 minutos. Finalmente, las placas fueron incubadas de forma invertida a 37 °C durante 48 horas en condiciones aerobias para permitir el desarrollo de colonias representativas del microorganismo objetivo.

d) Conteo de colonias: Se seleccionaron placas con un conteo de 30 a 300 unidades formadoras de colonias (UFC) para realizar la cuantificación. La fórmula utilizada fue:

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0.1 * n_2) * d}$$

Donde:

$\sum C$ = suma total de colonias contadas

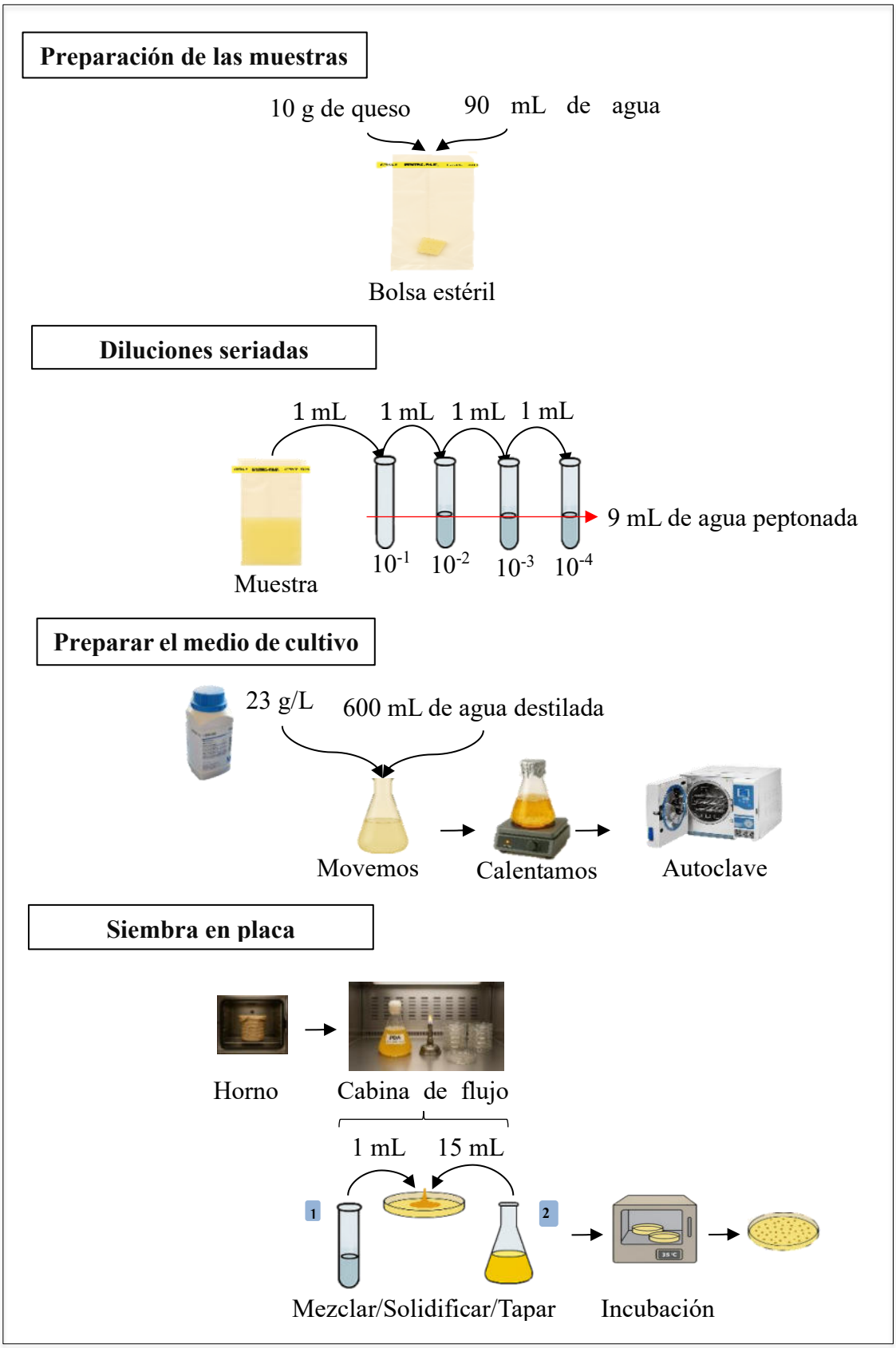
n_1 = número de placas de la primera dilución

n_2 = número de placas de la segunda dilución

d = dilución correspondiente al primer nivel contado.

Figura 2.

Procedimiento para el recuento de mohos y levaduras.



3.4.3.2. Recuento de bacterias psicrótrofas

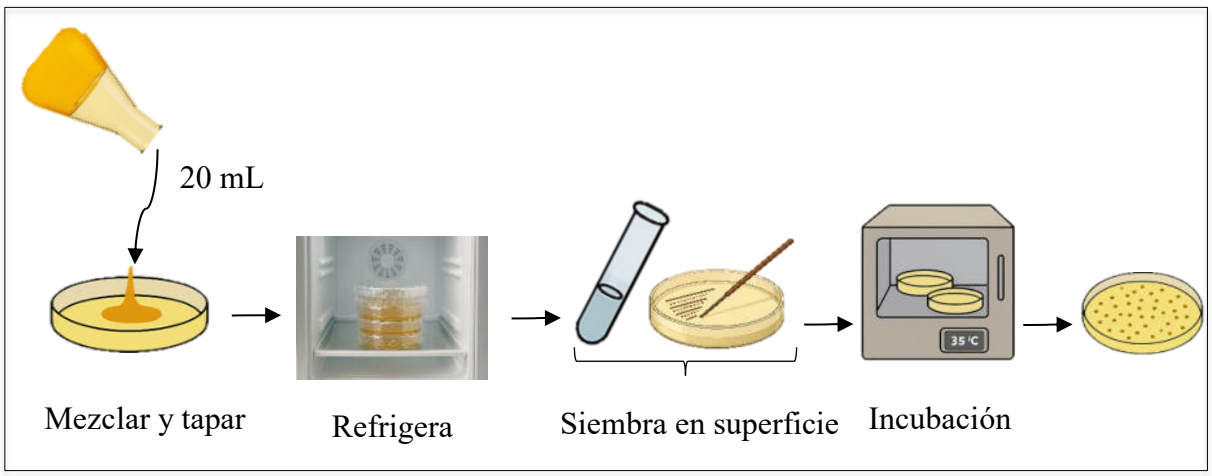
a) Preparación de la muestra y diluciones seriadas: Se realizaron siguiendo el procedimiento descrito previamente en el Recuento de bacterias mesófilas aerobias.

b) Siembra en placa (método de superficie): Las placas Petri fueron previamente esterilizadas en horno seco a 180 °C durante 2 horas. El medio de cultivo Plate Count Agar (PCA) fue preparado siguiendo el procedimiento descrito en el recuento de bacterias mesófilas aerobias. Posteriormente, en una cabina de flujo laminar se vertieron 20 mL del medio fundido en cada placa estéril y se dejaron solidificar en refrigeración a 4 °C por aproximadamente 30 minutos, garantizando una superficie uniforme para la siembra.

La siembra se realizó dentro de una cabina de flujo laminar para asegurar las condiciones de asepsia. Sobre el agar ya solidificado se colocaron 0.1 mL. El inóculo fue distribuido uniformemente utilizando una espátula de vidrio estéril, mediante movimientos horizontales de ida y vuelta seguidos por desplazamientos diagonales, cubriendo toda la superficie del agar sin romperlo. Esta técnica de estriado superficial permite la formación de colonias aisladas, facilitando el conteo y análisis posterior. Las placas se incubaron en posición invertida a 7 °C durante 10 días bajo condiciones aerobias, permitiendo el crecimiento específico de bacterias psicrótrofas sin favorecer el desarrollo de microorganismos mesófilos.

Figura 3.

Siembra en superficie para el recuento de bacterias psicrotrofas.



c) Conteo de colonias1. Se aplicó la misma fórmula previamente descrita en el apartado de mesófilos aerobios para calcular el número de UFC/g, siguiendo los lineamientos de APHA.

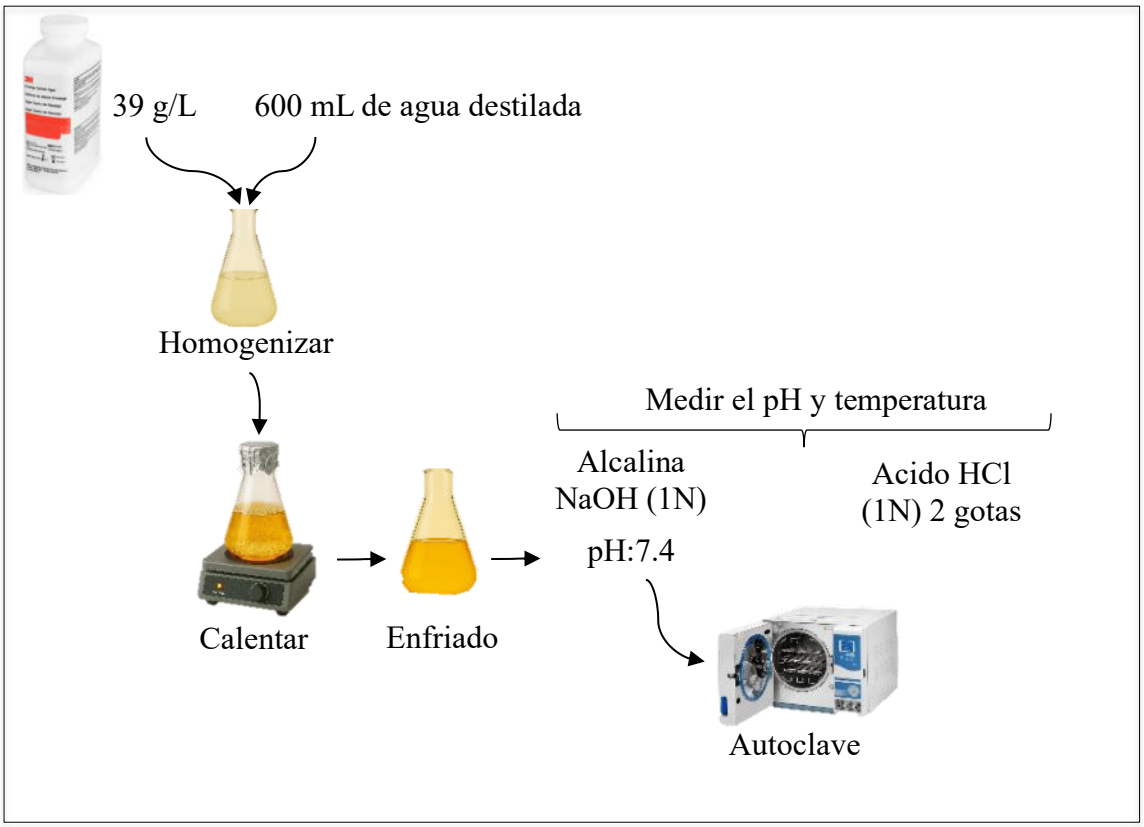
3.4.3.3. Recuento de mohos y levaduras

a) Preparación de la muestra y diluciones seriadas: Se realizaron siguiendo el procedimiento descrito previamente en el Recuento de bacterias mesófilas aerobias.

b) Siembra en placa (método de superficie): Las placas Petri empleadas fueron esterilizadas en horno seco a 180 °C. Previamente se preparó Agar Papa Dextrosa (PDA) como medio para ello se disolvió 39 g/L del medio deshidratado en agua destilada. La solución fue calentada con agitación constante hasta alcanzar la disolución completa, y posteriormente se ajustó el pH a 7.4 ± 0.2, utilizando hidróxido de sodio (NaOH) o ácido clorhídrico (HCl) según el caso. Una vez ajustado el pH, el medio fue esterilizado en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Posteriormente, se mantuvo fundido a 45 °C hasta su uso.

Figura 4.

Preparación del medio de cultivo para el recuento de mohos y levaduras.



Luego se vertieron el medio fundido PDA en cada placa Petri y se realizó la siembra siguiendo las mismas indicaciones que la metodología de bacterias psicrotrofas. Las placas se incubaron en posición invertida a 25 °C durante cinco días en condiciones aerobias, promoviendo el desarrollo de colonias características de mohos y levaduras.

c) Conteo de colonias: Para el cálculo de UFC/g, se utilizó la fórmula descrita en la sección correspondiente a mesófilos aerobios, conforme a los criterios establecidos por APHA.

3.4.3.4. Recuento de Coliformes totales y *Escherichia coli*

a) Preparación de la muestra y diluciones seriadas: Se realizaron siguiendo el procedimiento descrito previamente en el Recuento de bacterias mesófilas aerobias.

b) Inoculación en medios selectivos: Las diluciones fueron inoculadas en tubos que contenían medios de cultivo específicos, seleccionados según el tipo de microorganismo a identificar: Se utilizó Lauryl Sulfate Broth (LSB) para la detección presuntiva de coliformes, Caldo Verde Brillante Bilis (BVB) para la confirmación de coliformes totales, y Caldo EC para la confirmación específica de *Escherichia coli.*

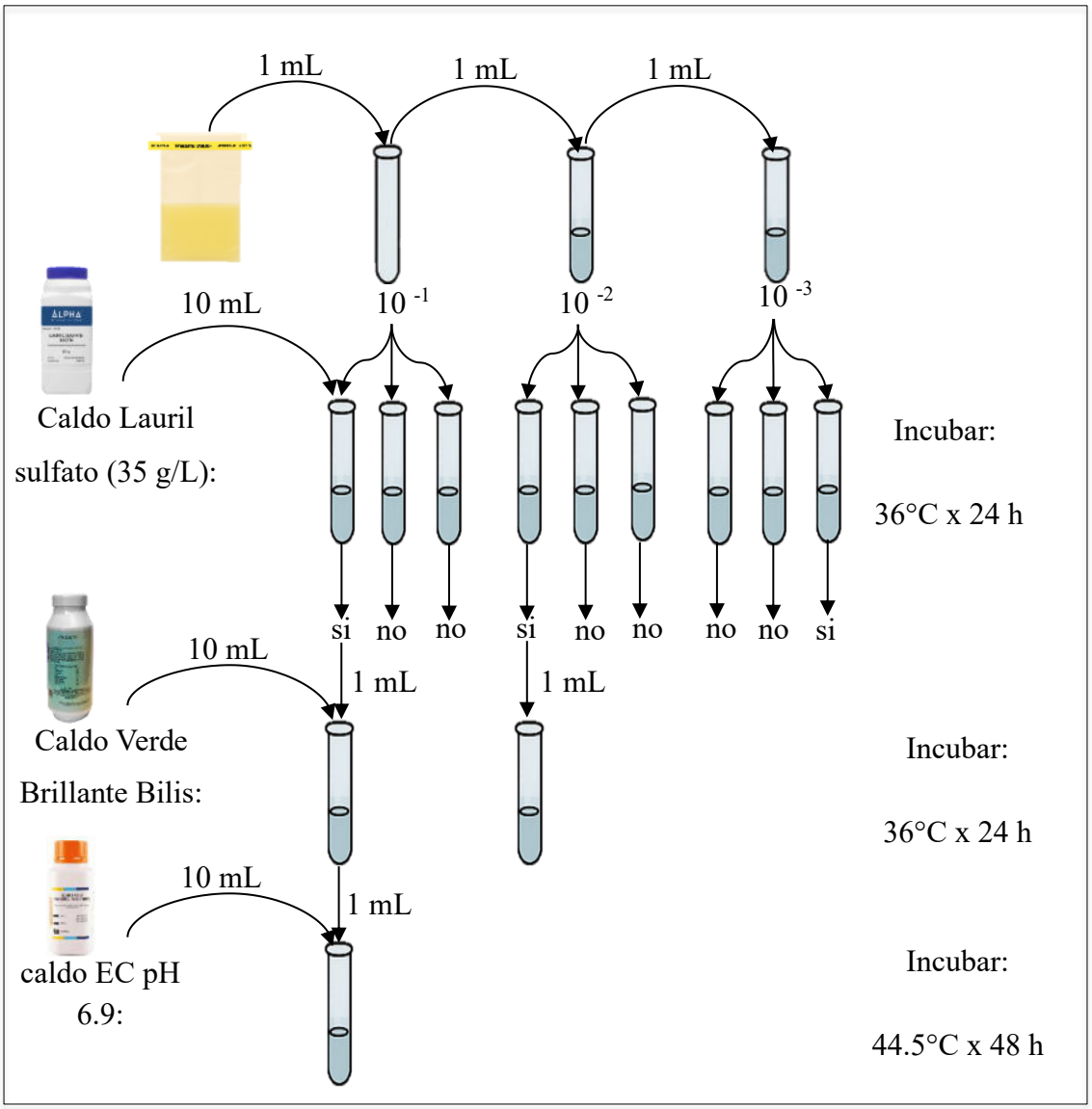
c) Incubación: Los tubos fueron incubados a una temperatura de 36 °C durante 24 horas para la fase presuntiva (CLS) si se forma generación de gases, luego se confirma si realmente existe la presencia de coliformes (BVB). Para ello es importante evitar la exposición a la luz directa y cualquier tipo de perturbación mecánica durante el periodo de incubación. En el caso de las muestras destinadas a la identificación de *Escherichia coli* (EC), se aplicó una incubación adicional a 44.5 °C por 24 horas utilizando el medio EC, conforme a los protocolos establecidos.

d) Lectura e interpretación: Después de la incubación, se observó cada tubo inoculado. La presencia de gas y el cambio de color en el medio de cultivo indicaron un resultado positivo para actividad microbiana. El ensayo se realizó por duplicado para asegurar la precisión de los resultados. Los tubos con formación de gas los denominaremos tubos positivos los cuales fueron interpretados mediante la tabla estándar de Número Más Probable (NMP), permitiendo estimar la concentración microbiana en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) o por mililitro (UFC/mL), según la naturaleza de la muestra.

e) Cálculo de NMP: Se debe registrar los resultados negativos de cada dilución seriada (10^{-1}, 10^{-2} y 10^{-3}), indicando el número de tubos positivos en cada nivel. Por ejemplo, cuando todos los tubos presentan resultados negativos, como en el patrón 0-0-0, se debe consultar la tabla estándar de NMP para tres tubos por dilución también conocida como tabla NMP 3-3-3 (Anexo 10) para determinar el valor estimado de microorganismos presentes.

Figura 5.

Inoculación en medios de cultivo para Coliformes totales y Escherichia coli.



3.4.3.5. Detección de *Salmonella spp*

a) Pre-enriquecimiento: Para iniciar el análisis, se realiza un pre-enriquecimiento tomando una muestra de 25 gramos o mL, la cual se homogeniza con 225 mL de caldo de caldo lactosado. Esta preparación se incuba a una temperatura de 37 °C durante un periodo de 18 a 24 horas, con el objetivo de favorecer la recuperación de microorganismos que pudieran haber sufrido daño celular.

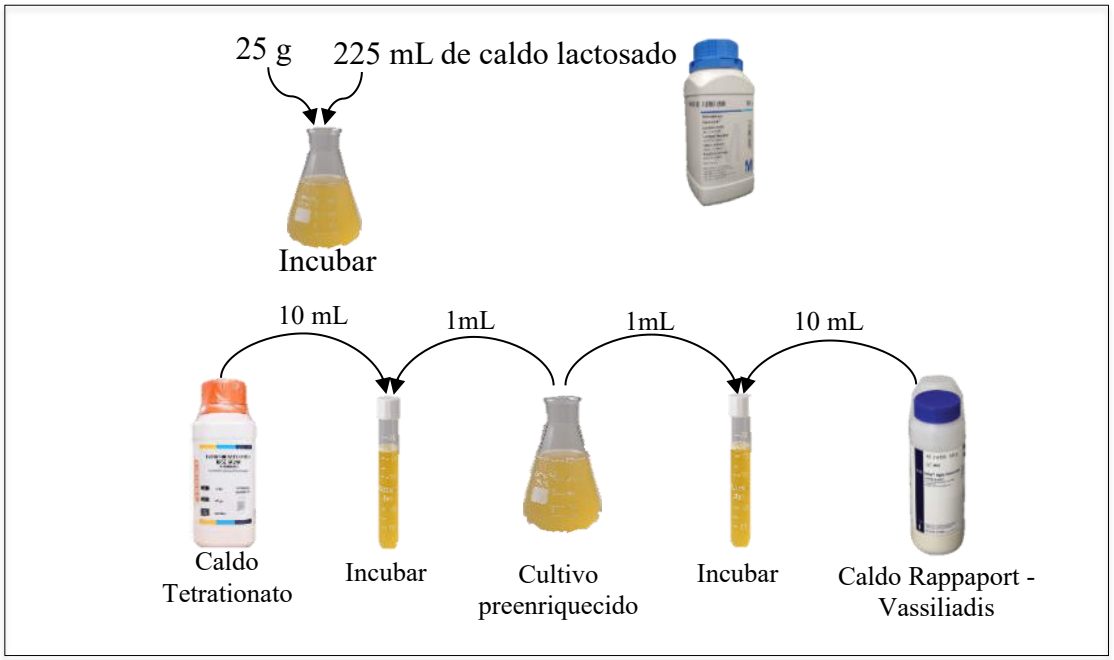
b) Enriquecimiento selectivo: Posteriormente, se toma 1 mL del cultivo pre-enriquecido y se transfiere a medios selectivos líquidos. Estos incluyen el caldo tetrationato y el medio Rappaport-Vassiliadis (RV). Las condiciones de incubación varían dependiendo del medio utilizado: el RV se incuba a 42 °C por 24 horas, mientras que el tetrationato requiere incubación a 37 °C durante el mismo intervalo de tiempo.

c) Aislamiento en medios sólidos: Luego del enriquecimiento, se procede a sembrar el cultivo en medios sólidos específicos que permiten la selección de *Salmonella spp*. Los más utilizados son el agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) y el agar Sulfito Bismuto (BS). Las placas se incuban a 37 °C durante un lapso de 24 a 48 horas, dependiendo de las condiciones del laboratorio.

d) Identificación presuntiva: La identificación preliminar se basa en la observación de las características morfológicas de las colonias. En XLD, *Salmonella spp*. suele formar colonias de color rojo con un centro oscuro, indicativo de la producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S). En el medio BS, las colonias adquieren una tonalidad negra con un halo metálico distintivo.

Figura 6.

Procedimiento prara la deteccion de salmonella spp.



3.4.4. Caracterización sensorial

3.4.4.1. Consumidores

En el presente estudio participaron 58 consumidores, cuyas edades oscilaron entre los 18 y 52 años. El reclutamiento se realizó en la Universidad Nacional de Moquegua, considerando como criterio de inclusión que los participantes consumieran queso fresco al menos una vez por semana, así como su interés y disponibilidad para participar del estudio. El número de participantes fue estadísticamente válido para pruebas hedónicas sin fines de segmentación (Hough et al., 2006), lo cual asegura la fiabilidad de los resultados obtenidos en cuanto a la aceptabilidad del producto evaluado. La ficha sensorial fue impresa en papel bond A4, utilizando escalas de intensidad.

3.4.4.2. Procedimiento

Se sirvieron cinco muestras de queso fresco codificadas con números aleatorios de tres dígitos y se utilizó agua mineral como borrador entre muestras. Se solicitó a los consumidores que evaluaran la aceptabilidad de cada muestra utilizando una escala hedónica híbrida de 10 cm, con anclas de “me disgusta mucho” a la izquierda, “me gusta mucho” a la derecha y “no me gusta ni me disgusta” en el centro (Villanueva y Da Silva,

2009). Posteriormente, los consumidores evaluaron la intensidad de los siguientes atributos sensoriales: color, apariencia, textura, salado, ácido, amargo, sabor metálico, sabor rancio y liberación de líquido en boca, mediante una escala lineal no estructurada de 10 cm. Cada atributo contó con anclas de intensidad, donde el extremo izquierdo representaba la menor intensidad percibida (poco) y el extremo derecho la mayor intensidad percibida (mucho). Los participantes marcaron con una línea vertical sobre la escala en el punto que mejor describa la intensidad del atributo analizado (ver Anexo 11). Este método fue adaptado por Bruzzone et al. (2015), quienes también solicitaron a los consumidores que evaluaran la intensidad de las características sensoriales.

3.4.5. Análisis de datos

Para el análisis de los datos instrumentales, se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con un arreglo factorial de 5 x 3. Los factores fijos fueron el Tratamiento (CTRL, SFM1, SFM2, PFF1, PFF2) y el Tiempo de almacenamiento (1, 3 y 6 días), mientras que el proceso de elaboración de queso se consideró un efecto aleatorio (bloque). Los datos se analizaron mediante modelos mixtos generalizados (PROC GLIMMIX en SAS 9.4, versión 9.4). Debido a que el objetivo de la investigación fue comparar todos los tratamientos entre sí, incluyendo el tratamiento control, se empleó la prueba de comparación múltiple de Tukey-Kramer ($\alpha = 0.05$). El cual nos permite contrastar todas las medias y es adecuada aun cuando exista un tratamiento de referencia (CTRL).

Para los datos sensoriales, evaluados únicamente al día 6 de almacenamiento. Se utilizó un modelo mixto y la prueba de Tukey-Kramer para identificar diferencias significativas en la aceptabilidad y la intensidad de los atributos. Adicionalmente, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) con el software XLSTAT.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Características fisicoquímicas del queso fresco

4.1.1. Composición química (extracto seco y humedad)

La Tabla 24 muestra la comparación de medias y el error estándar del extracto seco y la humedad según el tratamiento y día de almacenamiento. El análisis determinó que el factor tratamiento tuvo un efecto significativo sobre el contenido de extracto seco y la humedad de los quesos frescos ($p < 0.05$), lo que implica que el tipo de compuesto de hierro y su concentración influyeron en estos parámetros. En contraste, el factor día y la interacción tratamiento*día no mostraron efectos significativos.

El tratamiento SFM2 mostró el contenido de extracto seco más alto, 3.1% más que el grupo CTRL que tuvo la media más baja. Los tratamientos SFM1, PFF1 y PFF2 presentaron los valores intermedios sin mostrar diferencias significativas entre ellos. Respecto a humedad, el tratamiento CTRL mostró el contenido más alto, con un 2.03% más que el grupo SFM2 quien tuvo la media más baja. Los tratamientos SFM1, PFF1 y PFF2 presentaron los valores intermedios sin mostrar diferencias significativas entre ellos.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Huaman Quicaño y Moreno Casavilca (2023), quienes analizaron el contenido de humedad en queso fresco fortificado con microcápsulas de sangre bovina, en el cual indican que el contenido de humedad alcanzado por los dos tratamientos fortificados, 46.75% y 46.98%, son inferiores al del tratamiento control, 47.08%. Esta disminución en el contenido de humedad en los tratamientos fortificados en comparación con el control implica directamente un mayor contenido de extracto seco en los quesos fortificados. Siddique y Park (2019) quienes elaboraron queso Cheddar a partir de leche caprina, indicaron que el queso control presentó una humedad promedio de 39.45% (extracto seco de 60.55%), mientras que los quesos fortificados con sulfato ferroso regular y sulfato ferroso microencapsulado grande mostraron valores de humedad significativamente inferiores (37.65% y 38.75%, respectivamente), lo que se traduce en un mayor contenido de extracto seco. Estos mismos autores atribuyen este comportamiento al hecho de que las sales de hierro actúan como agentes estructurantes, al ocupar espacios intermicelares y promover la formación de una red proteica más compacta, con menor capacidad de retención de humedad. Esto favorece

mayor drenaje durante la coagulación, explicando así el incremento en el contenido de extracto seco observado tras la adición de compuestos férricos.

Smialowska (2017) explica que las proteínas de la leche, particularmente las caseínas, contienen residuos de fosfoserina, los cuales presentan una carga eléctrica predominantemente negativa. Estas cargas son fundamentales para generar repulsión electrostática entre las moléculas de proteína, manteniéndolas dispersas en el medio lácteo. La fosfoserina, en especial tiene una alta afinidad por los iones metálicos divalentes como el calcio (Ca^{2+}). Al añadir PFF que tiene iones de carga positiva (Fe^{3+}), estos son atraídos y se unen a los grupos de las proteínas de carga negativa, especialmente los grupos fosfoserina. Esto significa que la carga eléctrica neta de la proteína se reduce o se neutraliza de manera efectiva y como consecuencia la repulsión electrostática entre las proteínas disminuye, Es decir la estructura proteica se vuelve más compacta y densa, disminuyendo su capacidad de retener agua. Es así como la adición de hierro hace que la estructura proteica sea más compacta y reduce la capacidad de retención de agua aumentando el extracto seco.

En el caso del SFM se supone que el hierro está protegido por una barrera física para proteger el material activo y asegurar su liberación en condiciones controladas y en el momento preciso (Choudhury et al., 2021; Parra Huertas, 2010). Sin embargo, la integridad de esta barrera puede verse comprometida de manera no deseada por fuerzas mecánicas, lo que resulta en una liberación prematura del contenido encapsulado (Muñoz More et al., 2023; Parra Huertas, 2010). En ese sentido durante la etapa de salado, y por el contenido de humedad, la agitación, moldeado y prensado del queso, pudo haber provocado la liberación del hierro ferroso ($Fe2^{+}$) desde el interior de las microcápsulas, facilitando así su interacción con las proteínas. Esto puede explicar parcialmente el incremento del extracto seco porque habrá una interacción con las fosfoserina, pero que sucede con la otra parte de hierro que permanece encapsulada. Según Nabeshima et al. (2005) que fortificó panes con sulfato ferroso monohidratado microencapsulado menciona que el hierro encapsulado influye en este caso por su presencia física mas no por su reacción química, en otras palabras, aunque el Fe^{2+} esté protegido y no reaccione, la cápsula sí está presente en la matriz del queso y por tanto contribuye al extracto seco total.

Tabla 24.

Comparación de medias y error estándar del extracto seco de los quesos según tratamiento y día de almacenamiento.

		Tratamientos			
	Día	**Control**	**Sulfato ferroso microencapsulado (90 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (90 mg Fe/kg)**	**Sulfato ferroso microencapsulado (300 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (300 mg Fe/kg)**
Extracto seco (%)	1	39.19 ± 0.43^{b}	39.05 ± 0.46^{ab}	39.38 ± 1.17^{ab}	40.12 ± 0.40^{a}	40.43 ± 0.96^{ab}
	3	39.42 ± 0.61^{b}	39.70 ± 1.29^{ab}	40.30 ± 0.77^{ab}	40.67 ± 0.80^{a}	39.94 ± 0.84 ^{ab}
	6	38.91 ± 0.87^{b}	40.20 ± 1.06^{ab}	39.62 ± 1.19^{ab}	40.33 ± 0.63^{a}	40.16 ± 1.73 ^{ab}
Humedad (%)	1	60.81 ± 0.43^{a}	60.95 ± 0.45^{ab}	60.62 ± 1.17^{ab}	5988 ± 0.40^{b}	59.57 ± 0.96^{ab}
	3	60.58 ± 0.61^{a}	60.30 ± 1.29^{ab}	59.70 ± 0.70^{ab}	59.33 ± 0.80^{b}	60.06 ± 0.84^{ab}
	6	61.09 ± 0.87^{a}	59.80 ± 1.05^{ab}	60.38 ± 1.19^{ab}	59.67 ± 0.63^{b}	59.84 ± 1.73^{ab}

Nota: Los valores representan la media ± desviación estándar. Letras distintas dentro de cada fila indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Sin embargo, autores como Jalili et al. (2017) al fortificar queso Feta con sulfato ferroso o pirofosfato férrico, no reportaron diferencias significativas en el contenido de humedad ni en los sólidos totales. Del mismo modo, Santillán y Ruiz (2019) tampoco encontraron efecto significativo en queso Panela fortificado con sulfato ferroso microencapsulado, ni Arce y Ustunol (2018) en queso Cheddar. Estas discrepancias podrían deberse a varios factores, como la formulación del hierro, las concentraciones empleadas y el tipo de queso; este a su vez implica variaciones en el proceso de elaboración y en las características fisicoquímicas.

4.1.2. Color de queso fresco

La Tabla 25 muestra la comparación de medias y el error estándar de la determinación de color instrumental (L*, a*, b*) según el tratamiento y día de almacenamiento.

Para la luminosidad L*, el análisis estadístico determinó que el tratamiento, el día y la interacción tratamiento*día tuvo no tuvieron un efecto significativo. Esto implica que el tipo, la concentración de compuesto de hierro y los días de almacenamiento no influyeron estadísticamente en la claridad u oscuridad de los quesos.

En contraste, para el componente a*, el análisis estadístico determinó que el factor tratamiento tuvo un efecto significativo ($p < .005$). En contraste, el factor día y la interacción tratamiento*día no mostraron efectos significativos. Específicamente el tratamiento CTRL mostró el valor más alto para este componente, es decir un 21.31% más que el PFF2 que obtuvo el valor más bajo. Según la prueba de Tukey-Kramer ($\alpha = 0.05$), se agrupa estadísticamente con los tratamientos SFM1, PFF1 y SFM2, lo que implica que no hubo diferencias significativas entre ellos.

Para la luminosidad b*, el análisis estadístico determinó que ninguno de los factores (tratamiento, día o la interacción tratamiento*día) tuvo un efecto significativo. Esto implica que el tipo, la concentración de compuesto de hierro y los días de almacenamiento no influyeron estadísticamente en la claridad u oscuridad de los quesos.

Tabla 25.

Comparación de medias y error estándar de valores de color (L, a, b*) de los quesos según tratamiento y día de almacenamiento.*

		Tratamientos					
Coordenada de color	**Día**	**Control**	**Sulfato ferroso microencapsulado (90 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (90 mg Fe/kg)**	**Sulfato ferroso microencapsulado (300 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (300 mg Fe/kg)**
L*	1	92.73 ± 0.78	92.68 ± 0.99	92.83 ± 1.43	91.77 ± 0.35	92.93 ± 0.17
	3	92.65 ± 0.66	92.88 ± 0.97	92.68 ± 1.18	92.23 ± 0.21	93.03 ± 0.35
	6	92.85 ± 1.34	92.88 ± 1.04	92.50 ± 1.06	92.33 ± 0.15	93.10 ± 0.20
a*	1	2.18 ± 0.29[a]	2.15 ± 0.13[a]	2.15 ± 0.31[a]	2.10 ± 0.10[a]	1.83 ± 0.05[b]
	3	2.15 ± 0.24[a]	2.18 ± 0.17[a]	2.15 ± 0.26[a]	2.00 ± 0.26[a]	1.83 ± 0.15[b]
	6	2.25 ± 0.26[a]	2.13 ± 0.19[a]	2.15 ± 0.17[a]	2.17 ± 0.06[a]	1.80 ± 0.20[b]
b*	1	15.60 ± 1.41	15.35 ± 1.05	15.08 ± 0.29	15.07 ± 0.21	15.45 ± 0.21
	3	15.60 ± 1.31	15.63 ± 1.14	15.78 ± 1.30	15.03 ± 0.31	15.63 ± 0.15
	6	15.88 ± 1.10	15.50 ± 1.35	15.70 ± 1.16	15.60 ± 0.30	15.53 ± 0.25

Nota: Los valores representan la media ± desviación estándar. Letras distintas dentro de cada fila indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Los resultados del análisis estadístico mostraron que la adición SFM no generó diferencias significativas en los parámetros de color instrumental (L*, a*, b*) en comparación con el CTRL, coincide con Nabeshima et al. (2005) indica que la cápsula actúa como una barrera que impide que el hierro reaccione con los componentes del alimento, de modo que los panes fortificados no difirieron significativamente de la muestra estándar en cuanto al color (parámetros L, a y b). Esta ausencia de efecto sobre los componentes del color puede atribuirse a que el hierro se mantuvo en su mayoría dentro de la microcápsula. Al estar encapsulado, el hierro permanece aislado de la matriz alimentaria, lo que impide que participe en reacciones químicas capaces de alterar los cromóforos naturales del queso o generar nuevos compuestos coloreados. Sin embargo, como ya lo menciono Muñoz More et al. (2023) y Parra Huertas (2010) es posible que una parte del hierro encapsulado se haya liberado por efectos mecánicos. Guiándonos bajo ese concepto podremos entender porque a pesar de que los resultados demuestren SFM no afectó a los componentes de color, pero si afectó la aceptación y la apariencia desarrollando un sabor metálico y rancio. Pero para ello debemos de sugerir la siguiente hipótesis: Para afectar los componentes de color en el queso fresco se necesita gran cantidad de mg Fe/kg libre, en cambio para afectar la aceptabilidad y los atributos sensoriales se necesita poca cantidad de mg Fe/kg libre.

Sobre los resultados de PFF coinciden con los hallazgos de otros estudios como (Beinner et al., 2010; Cortez et al., 2023), quienes mencionan que el PFF tiende a no causar alteraciones significativas en las características sensoriales, incluyendo el color, debido a su baja solubilidad y coloración blanca. Esto complementa los hallazgos instrumentales en el que PFF2 fue el único que tuvo un efecto significativo en a*, al tener una reducción en la tonalidad rojiza, lo cual podría incluso ser beneficioso para la apariencia de un queso blanco. Por otro lado coincide parcialmente con los resultados reportados por Santillán y Veléz (2019) quienes indicaron que, durante el almacenamiento el parámetro a* mostró un aumento significativo en todas las muestras de yogurt y queso panela fortificado con hierro. Así mismo Villaquirán et al. (2017) evaluaron el efecto de la fortificación con diferentes sales de hierro en el color de un alimento infantil a base de arveja y también observaron que, durante el almacenamiento, hubo un aumento en el valor negativo de a* en el alimento infantil, lo que sugiere una intensificación de la tonalidad verde.

4.1.3. Contenido de minerales hierro y calcio

La Tabla 26 muestra la comparación de medias y el error estándar del contenido de hierro (Fe) y calcio (Ca) según el tratamiento y el día de evaluación. El análisis estadístico determinó que el factor tratamiento tuvo un efecto significativo sobre el contenido de hierro ($p < 0.05$) y de calcio ($p < 0.05$), lo que implica que el tipo de compuesto de hierro y la concentración influyeron en estos parámetros minerales. En contraste, el factor día y la interacción tratamiento*día no mostraron efectos significativos para ninguno de estos contenidos de minerales.

Los resultados del contenido de hierro indicaron que el tratamiento SFM2 presentó el mayor contenido de hierro, aproximadamente 44.5 veces superior al del grupo CTRL, que mostró el contenido más bajo. Cabe destacar que, según la prueba de Tukey-Kramer ($\alpha = 0.05$) confirmó la diferencia significativa entre todos los tratamientos. Los tratamientos PFF2, SFM1 y PFF1 presentaron valores intermedios, cada uno significativamente distinto del resto.

Respecto al contenido de calcio, el tratamiento SFM2 mostró el contenido de calcio más alto, aproximadamente 1.19 veces mayor que el grupo CTRL, que presentó la media más baja. Según la prueba de Tukey-Kramer ($\alpha = 0.05$), los tratamientos PFF2 y PFF1 mostraron valores intermedios que no fueron significativamente diferentes del SFM2. Por otro lado, el tratamiento SFM1 presentó un valor intermedio que no mostró diferencias significativas con el CTRL. Los resultados indicaron que la fortificación con hierro no comprometió el contenido de calcio en el queso fresco, lo cual coincide con los hallazgos de otros estudios.

Aunque el calcio no modifica el sabor como en el caso del hierro (sabor metálico y rancio), su medición es crucial porque es un nutriente atractivo y característico de los productos lácteos. Es naturalmente abundante en la leche bovina (Closa et al. 2003), adicional a eso se añade cloruro de calcio ($CaCl_2$) como un insumo esencial en la elaboración del queso fresco su función es facilitar la coagulación de la leche y optimizar la formación de la cuajada; los iones de calcio que el $CaCl_2$ aporta se integran en la matriz del queso, contribuyendo así al contenido total de calcio (Maldonado, 2023). Razón por la cual uno de los objetivos específicos de esta tesis era evaluar si la adición de sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico comprometía el contenido de calcio en el queso

fresco. El hecho de que la fortificación con hierro no afectara negativamente el contenido de calcio es un resultado importante que valida la hipótesis del estudio. Por lo tanto, la medición de calcio asegura que el producto fortificado no solo incrementa el hierro, sino que mantiene su valor nutricional intrínseco como fuente de calcio.

Tabla 26.

Contenido de hierro (Fe) y calcio (Ca) en queso fresco según tratamiento y día de evaluación.

		Tratamientos			
	Día	**Control**	**Sulfato ferroso microencapsulado (90 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (90 mg Fe/kg)**	**Sulfato ferroso microencapsulado (300 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (300 mg Fe/kg)**
Fe (mg/kg)	1	5.10 ± 1.20^{e}	83.00 ± 5.80^{c}	70.60 ± 4.40^{d}	224.50 ± 8.20^{a}	187.50 ± 12.70^{b}
	3	5.00 ± 0.90^{e}	83.30 ± 5.80^{c}	70.80 ± 4.50^{d}	223.50 ± 9.20^{a}	186.30 ± 9.20^{b}
	6	5.10 ± 1.40^{e}	83.60 ± 4.50^{c}	71.40 ± 4.90^{d}	225.70 ± 7.00^{a}	184.90 ± 13.30^{b}
Ca (mg/kg)	1	505.50 ± 50.4^{c}	516.40 ± 47.40^{bc}	554.40 ± 69.20^{ab}	609.80 ± 25.20^{a}	583.80 ± 29.50^{ab}
	3	496.20 ± 48.8^{c}	514.40 ± 43.90^{bc}	560.10 ± 71.00^{ab}	606.50 ± 41.50^{a}	573.80 ± 29.40^{ab}
	6	501.80 ± 40.2^{c}	509.00 ± 44.70^{bc}	559.60 ± 68.40^{ab}	612.40 ± 39.70^{a}	567.00 ± 30.10^{ab}

.

Nota: Los valores representan la media ± desviación estándar. Letras distintas dentro de cada fila indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Estos resultados están de acuerdo con estudios como el de Siddique y Park (2019), quienes observaron que el queso fortificado con hierro aumentó su contenido de 16.2 mg/kg (control) a 822 mg/kg con sulfato ferroso regular y 932 mg/kg con sulfato ferroso microencapsulado de partículas grandes. De manera similar, Jalili et al. (2017). Otros estudios como Arce y Ustunol (2018) también destacaron el impacto de la fortificación en queso Cheddar, mostrando que el queso con sulfato ferroso microencapsulado de partículas pequeñas presentó seis veces más hierro que el control, mientras que el sulfato ferroso de partículas grandes aumentó el contenido cuatro veces. Específicamente, el control tenía 0.0296 mg/g, el sulfato ferroso de partículas grandes 0.1343 mg/g y el sulfato ferroso microencapsulado de partículas pequeñas 0.1741 mg/g. En otro contexto, García et al. (2022) analizaron leche saborizada con hierro hemo y encontraron que la concentración alcanzó 9.3 mg/kg. Esto representó un aumento del 715.38% en comparación con la leche fresca sin fortificar, que contenía 1.3 mg Fe/kg. Por último, Villaquirán et al. (2017) evaluaron alimentos infantiles a base de arveja, reportando que la incorporación de hierro aminoquelado incrementó el contenido de hierro de 0.25 mg/porción en el alimento sin fortificar a 2.75 mg/porción. Este producto fortificado fue clasificado como "alto en hierro", y la elección del hierro aminoquelado se justificó por su menor impacto en el color y la acidez del alimento durante el almacenamiento, en comparación con el sulfato ferroso.

Los resultados indican que la fortificación con hierro no afectó el contenido de calcio en el queso, lo que coincide con los hallazgos de Jalili et al. (2017). Según Arce y Ustunol (2018), indican que este comportamiento se debe al momento de incorporación del hierro en el proceso de elaboración. En su estudio, el hierro microencapsulado se añadió durante la fase de salado, cuando el suero ya había sido drenado y la matriz del queso estaba prácticamente formada. En esta etapa, la estructura proteica del queso estaba consolidada, lo que redujo la posibilidad de que el hierro desplazara significativamente el calcio u otros minerales divalentes.

4.2. Características microbiológicas

El análisis microbiológico del queso fortificado (Tabla 27) muestra una calidad sanitaria satisfactoria para todos los tratamientos, demostrando que el producto es apto para el consumo humano conforme a la NTP 202.195.2019 en la cual se consideran obligatorios ciertos indicadores microbiológicos (Tabla 13).

En este estudio se evaluaron indicadores de higiene, como *Escherichia coli* y coliformes totales, se encontraron por debajo del límite de detección (<3,0 NMP/g) en todas las muestras analizadas. Estos valores están muy por debajo de los límites máximos permitidos, que son de 10 NMP/g para *E. coli* y 10^3 NMP/g para coliformes totales. Adicionalmente, se confirmó la ausencia del patógeno *Salmonella spp.* en 25 g de muestra, en total conformidad con el requisito de la normativa. Sin embargo, no se analizaron *S. aureus* ni *L. monocytogenes* por motivos de restricciones de tiempo dentro del cronograma experimental, que obligaron a priorizar aquellos microorganismos considerados esenciales según la norma.

Si bien esta categoría no establece límites específicos para bacterias mesófilas o mohos y levaduras, los bajos recuentos obtenidos (máximo de 3,6 x 10^4 UFC/g y 6,2 x 10^2 UFC/g, respectivamente) son indicativos de buenas prácticas de manufactura y un adecuado control del proceso. Por lo tanto, el proceso de fortificación con sulfato ferroso microencapsulado y pirofosfato férrico no compromete la inocuidad del queso, garantizando que este es microbiológicamente seguro y cumple con la legislación sanitaria nacional.

Los resultados obtenidos coinciden con Huaman Quicaño y Moreno Casavilca (2023), quienes evaluaron el impacto de la fortificación de queso fresco con hierro donde se reporta que a 4 - 5 °C, la concentración de mohos (<11x10 UFC/g) y levaduras (<15x10 UFC/g), así como de coliformes totales (<100 NMP/g), estuvieron dentro de los límites recomendados por dicha resolución. Sousa et al. (2016) reportaron para su bebida láctea fortificada recuentos de mesófilos de 1,0x10^2/g y coliformes de <3 /g, y concluyeron que estos resultados cumplían con la legislación vigente en Brasil. Villacresis Huashuayo (2023), que optimizó una mezcla alimenticia fortificada con hierro orgánico microencapsulado (puré de camote y zumo de maracuyá), también encontró bajos recuentos de mohos y levaduras (<10 UFC/g) tanto en refrigeración (4 °C) como a temperatura ambiente (22-24 °C), cumpliendo con la norma de estabilidad de una mezcla alimenticia. Estos antecedentes refuerzan la idea de que la fortificación con hierro microencapsulado puede llevarse a cabo manteniendo la estabilidad microbiológica del producto.

Tabla 27.

Evaluación microbiológica de los quesos frescos fortificados.

Microorganismos	Tratamientos				
	Control	**Sulfato ferroso microencapsulado (90 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (90 mg Fe/kg)**	**Sulfato ferroso microencapsulado (300 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (300 mg Fe/kg)**
Bacterias mesófilas (UFC/g)	ND*	$4{,}6 \times 10^3$	$5{,}7 \times 10^3$	$3{,}6 \times 10^4$	$3{,}2 \times 10^4$
Bacterias psicrotrofos (UFC/g)	ND*	$3{,}1 \times 10^5$	$1{,}7 \times 10^5$	$3{,}0 \times 10^5$	$1{,}4 \times 10^5$
Mohos y levaduras (UFC/g)	ND*	$6{,}2 \times 10^2$	< 100	< 100	< 100
Coliformes totales (NMP/g)	ND*	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Escherichia coli (NMP/g)	ND*	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Salmonella spp. (en 25 g)	ND*	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Nota: ND*: No detectado; Indica que el microorganismo no se encontró en la muestra analizada. UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo; Representa la cantidad de microorganismos presentes en el producto. NMP/g: Número Más Probable por gramo. Método estadístico para estimar la cantidad de microorganismos presentes cuando es difícil contar colonias directamente. Ausente: No se detectó la presencia del microorganismo en la muestra.

4.3. Características sensoriales del queso fresco

La Tabla 28 muestra la comparación de medias y el error estándar de la aceptabilidad y los atributos sensoriales según el tratamiento. Este análisis estadístico determinó que el factor tratamiento no tiene un efecto significativo en aceptación de color blanco, aceptación de textura, salado, ácido, amargo y liberación de líquido en boca. Estos atributos mantuvieron puntuaciones bajas o moderadas en todos los casos, indicando que la adición de hierro no causó alteraciones sensoriales perceptibles.

El análisis estadístico determinó que el factor tratamiento tiene un efecto significativo ($p < .005$) en la aceptación. Según la prueba de Tukey-Kramer, los tratamientos CTRL y PFF2 tienen las medias más altas y están en un mismo grupo. Por el contrario, los tratamientos SFM2 tienen la aceptación más baja. Por último, las medias del tratamiento PFF1 y SFM1 presentaron valores intermedios sin diferencia significativa entre ellas.

Con respecto a la aceptación de apariencia, el análisis estadístico determinó que el factor tratamiento tuvo un efecto significativo ($p < .005$), destacando PFF1 y PFF2. obtuvieron las puntuaciones más altas, superando al tratamiento CTRL en aproximadamente un 8.5 % y 5.7 %, respectivamente. La puntuación más baja la obtuvo el SFM2 con un 14.85 % inferior al CTRL.

En relación con el atributo de sabor metálico, el análisis estadístico indicó que el factor tratamiento tuvo un efecto significativo ($p < .005$); el tratamiento SFM2 registró la media más alta, seguido por SFM1. De acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey-Kramer, los tratamientos PFF2 y PFF1 conforman un grupo intermedio, sin diferencias significativas entre ellos. Respecto al tratamiento CTRL, mostró la media más baja, siendo estadísticamente diferente al SFM2 y SFM1, pero similar a PFF1 y PFF2.

El análisis estadístico del atributo sabor rancio reveló que el factor tratamiento tuvo un efecto significativo ($p < .005$), al igual que el caso del sabor metálico. El tratamiento SFM2 presentó la media más elevada seguido del SFM1, según la prueba de Tukey-Kramer. Los tratamientos PFF2 y PFF1 mostraron valores intermedios y no difirieron significativamente entre sí. Por último, el tratamiento CTRL registró la media más baja, siendo estadísticamente distinto de SFM2 y similar a PFF1 y PFF2.

Este resultado se enlaza directamente con el contenido de extracto seco del SFM2 y estaría respaldando lo mencionado por Chang et al. (2016) que indica que la microencapsulación no es efectiva y es susceptible a liberarse el hierro (Fe^{2+}) que ahora sabemos no solo interactúa con la fosfoserina en las proteínas de la leche para tener el valor más alto de extracto seco (Smialowska, 2017) sino también oxidan los lípidos (Morales et al., 2015) para tener los valores más altos en sabor metálico y rancio, apariencia y aceptación, esa sería la razón por lo que la microencapsulación no logro enmascarar estos defectos sensoriales.

Los resultados indican que la forma química y la dosis del compuesto de hierro influyen sobre las características sensoriales del queso fresco. En términos generales, los tratamientos con PFF demostraron ser el compuesto más adecuado para la fortificación del queso fresco, ya que no afectó negativamente la aceptación general ni la apariencia del producto y no intensificó sabores indeseables como el metálico o el rancio. En contraste, el sulfato ferroso microencapsulado (SFM), particularmente en su dosis más alta (SFM2) provocó un incremento significativo en la percepción de sabores metálico y rancio, lo que condujo a una disminución de la aceptación sensorial. Estos resultados reflejan que la forma química y la concentración del hierro influyen directamente en el perfil sensorial del queso fresco.

Esta conclusión concuerda con autores que también trabajaron con pirofosfato férrico. Por ejemplo, Beinner et al. (2010) fortificaron el arroz con pirofosfato férrico y realizaron dos pruebas sensoriales: la primera, dúo-trío, en la que cada panelista recibió una muestra de arroz estándar y dos muestras desconocidas; una de las desconocidas era igual al estándar y la otra era la muestra de arroz fortificado, resultando que no se encontraron diferencias significativas entre las muestras de arroz convencional y el arroz fortificado. La segunda prueba fue la de aceptación con 43 consumidores no entrenados, pero que habían participado en un estudio previo sobre anemia y conocían este arroz fortificado. Se evaluaron atributos de apariencia general, color, aroma y sabor entre el arroz convencional y el arroz fortificado con pirofosfato férrico utilizando una escala hedónica verbal donde los extremos iban desde “desagradó muchísimo” (1) hasta “gustó muchísimo” (7). Como resultado, se obtuvo que los valores medios para los atributos evaluados (apariencia general, color, aroma y sabor) oscilaron entre 5.6 y 5.9; estos valores corresponden a las categorías de “gusto” y “gusto mucho”. Dado que no se observaron

diferencias significativas entre las muestras del arroz fortificado y convencional sino por el contrario, el arroz fortificado demostró una buena aceptación por parte del consumidor, el autor sugiere que el pirofosfato es un compuesto de sal de hierro inorgánica preferido para enriquecer el arroz sin inducir características sensoriales inaceptables al producto final.

Tabla 28.

Características sensoriales de los diferentes tratamientos aplicados a los quesos frescos.

	Tratamiento				
Atributo hedónico y sensorial	**Control**	**Sulfato ferroso microencapsulado (90 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (90 mg Fe/kg)**	**Sulfato ferroso microencapsulado (300 mg Fe/kg)**	**Pirofosfato férrico (300 mg Fe/kg)**
Aceptación	6.58 ± 1.82^{a}	5.28 ± 2.13^{bc}	6.34 ± 2.04^{ba}	4.31 ± 2.12^{c}	6.52 ± 1.77^{a}
Aceptación de color blanco	2.25 ± 2.00	2.67 ± 2.23	2.4 ± 2.16	3.07 ± 2.34	3.02 ± 2.24
Aceptación de apariencia uniforme	6.33 ± 2.69^{ba}	6.28 ± 2.41^{ba}	6.87 ± 2.64^{a}	5.39 ± 2.70^{b}	6.69 ± 2.27^{a}
Aceptación de textura	5.68 ± 2.55	6.16 ± 2.28	6.51 ± 2.59	5.56 ± 2.77	5.87 ± 2.48
Salado	2.06 ± 1.57	2.05 ± 1.63	2.08 ± 1.71	1.99 ± 1.8	2.21 ± 1.68
Ácido	1.02 ± 1.14	1.42 ± 1.72	1.29 ± 1.44	1.36 ± 1.67	1.32 ± 1.48
Amargo	0.93 ± 1.28	1.46 ± 1.67	1.16 ± 1.35	1.76 ± 1.98	1.32 ± 1.49
Sabor metálico	1.09 ± 1.38^{c}	2.27 ± 2.33^{b}	1.29 ± 1.71^{bc}	3.72 ± 2.82^{a}	1.54 ± 1.76^{bc}
Sabor rancio	1.29 ± 1.68^{c}	2.56 ± 2.52^{ab}	1.54 ± 2.02^{bc}	3.46 ± 2.88^{a}	1.78 ± 2.17^{bc}
Liberación de líquido en boca	2.48 ± 2.26	2.68 ± 2.26	2.27 ± 2.14	2.76 ± 2.22	2.72 ± 2.41

Nota: Los valores representan la media ± desviación estándar. Letras distintas dentro de cada fila indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Por otro lado, Jalili et al. (2017) evaluaron el queso feta fortificado con diferentes compuestos de hierro (sulfato ferroso, cloruro férrico, pirofosfato férrico y sulfato ferroso microencapsulado) a niveles de 40, 60 y 80 mg Fe/kg. El análisis sensorial se realizó después de 60 días de maduración con 7 panelistas entrenados, empleando dos escalas: la primera de 5 puntos que iba desde pobre (1) a excelente (5) para la textura y el color; la segunda escala que iba desde baja intensidad (1) a alta intensidad (5) para el sabor típico a queso feta, astringencia, acidez, sabor metálico y amargor. Los atributos de amargor, sabor ácido, astringencia y textura no tuvieron diferencia significativa. En contraste, los atributos de sabor metálico, color, sabor a queso feta y la puntuación global sí tuvieron diferencia significativa. Con respecto a la dosis de 80 mg Fe/Kg de PPF, tuvo la puntuación más alta (4.43) para el sabor metálico y más bajas en color (2.14, lo que resultaba en un color gris), sabor a queso feta (1.86) y aceptabilidad general (1.43). Lo contrario ocurrió con el queso fortificado con 40 mg/kg de sulfato ferroso microencapsulado que tuvo la puntuación más baja de sabor metálico (1.14), respecto al color la tonalidad gris apareció en casi todos los quesos fortificados excepto en este tratamiento, pues no mostró una diferencia significativa con el control (4.43 vs 4.57). Por último, las puntuaciones más altas para sabor a queso feta (3.57) y aceptabilidad general (4.29). Con respecto a este último trabajo de investigación citado, se difiere en que la mejor opción sea el pirofosfato férrico. Sin embargo, se puede coincidir en que la dosis de fortificación y la fuente de hierro afectan significativamente las características sensoriales, siendo las concentraciones más altas de hierro las que generalmente provocan un mayor deterioro en el sabor.

Con el fin de complementar la evaluación sensorial, se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Como se muestra en la figura 2, podemos observar que la Dimensión 1 explicó el 66% de la variabilidad, mientras que la Dimensión 2 representó el 17.92%, acumulando conjuntamente el 83.92% de la variabilidad total de los datos. El plano factorial obtenida evidenció una agrupación clara: los atributos positivos, como aceptación, apariencia, textura y salado, se localizaron en el lado izquierdo del gráfico, mientras que los atributos negativos, como sabor metálico y sabor rancio, se posicionaron hacia el lado derecho.

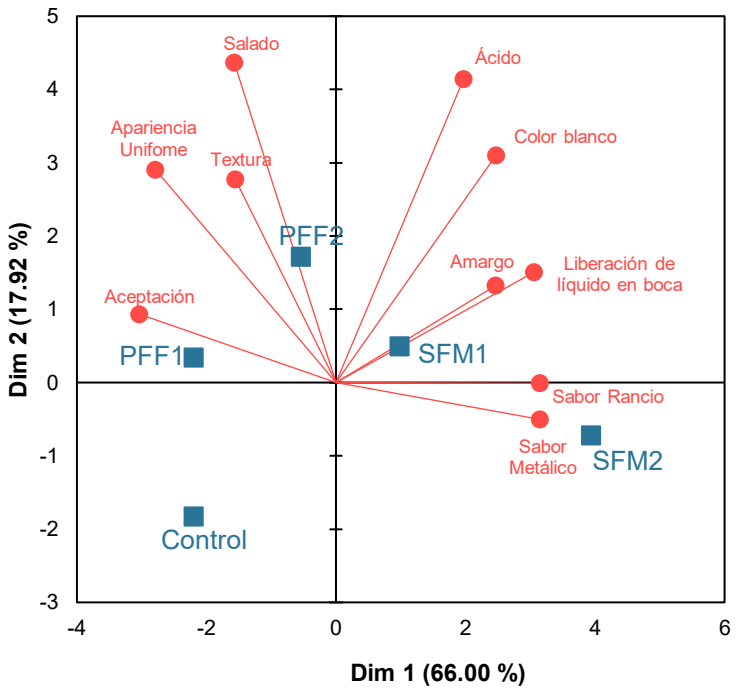
El tratamiento control se ubicó en el cuadrante inferior izquierdo, en proximidad al atributo aceptación y alejado de los atributos negativos. Esta ubicación confirma su perfil sensorial equilibrado y su alta aceptación. PFF1 se posicionó cerca del atributo aceptación,

indicando que su perfil sensorial fue muy similar al del control, con altos valores en apariencia y textura y bajos niveles de defectos. PFF2 se situó cercano a los atributos de apariencia y textura, lo que refuerza su elevada aceptación. SFM1 se ubicó más próximo a los atributos negativos amargo y liberación de líquido en boca, sugiriendo una ligera afectación sensorial, mientras que SFM2 se separó claramente hacia el extremo derecho del gráfico, en fuerte asociación con sabor metálico y sabor rancio. Esta ubicación coincide con sus bajas puntuaciones de aceptación y la elevada percepción de defectos sensoriales observada en la tabla 29.

La representación gráfica del PCA corroboró que el tipo de hierro y su concentración impactaron de manera significativa el perfil sensorial de los quesos. Los tratamientos con pirofosfato férrico conservaron una buena aceptación y minimizaron los defectos sensoriales, mientras que el sulfato ferroso, en su mayor concentración, indujo atributos negativos que deterioraron la calidad sensorial del producto.

Figura 7.

Análisis de componentes principales con los atributos sensoriales que caracterizan cada tratamiento de queso fresco.



V. CONCLUSIONES

1. La adición de sulfato ferroso microencapsulado (SFM) y pirofosfato férrico (PFF), en concentraciones de 90 y 300 mg Fe/kg, redujo el contenido de humedad e incremento el extracto seco del queso fresco, aumento el contenido de hierro sin afectar el contenido de calcio. No se observaron diferencias significativas en los componentes L* y b* del color, aunque PFF a 300 mg Fe/kg disminuyó el componente a*. Además, el tiempo de almacenamiento (días 1,3 y 6) no tuvo efectos significativos sobre la composición química, el color ni el contenido mineral del producto.

2. Al día 6 de almacenamiento, todos los tratamientos incluyendo el control (CTRL), sulfato ferroso microencapsulado (SFM) en concentraciones de 90 y 300 mg Fe/kg y pirofosfato férrico (PFF) en las mismas concentraciones, presentaron niveles dentro de los límites establecidos por la NTP 202.195:2019. Esto para los indicadores de higiene tales como *E. coli* y coliformes totales (< 3.0 NMP/g) y *Salmonella spp* (Ausente en 25 g), así como para los indicadores de alteración tales como aerobios mesófilos, psicrotrofos y mohos/levaduras (recuentos bajos de $3{,}6 \times 10^4$ UFC/g y $6{,}2 \times 10^2$ UFC/g). Por lo tanto, el uso de fuentes de hierro no influye en la calidad microbiológica del queso fresco.

3. En la evaluación sensorial al día 6 de almacenamiento, La aceptación general que incluye el color, apariencia y textura, registró los niveles más bajos (4.31) con el uso de SFM a 300 mg Fe/kg. Contrariamente, el Control y el PFF presentaron los mayores niveles de aceptación general con 6.58 y 6.52, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Incluir el SFM como tratamiento adicional para evaluar si la microencapsulación realmente mejora la incorporación del hierro en el queso sin generar efectos negativos en las características sensoriales.

2. Incluir un rango más amplio de concentraciones de hierro para obtener una evaluación más detallada del comportamiento de los tratamientos, ya que en esta investigación solo se evaluaron concentraciones bajas (90 mg Fe/kg cuajado) y alta (300 mg Fe/kg cuajado), lo que limita la observación de efectos intermedios en función de la dosis de hierro.

3. Evaluar la textura instrumentalmente, lo que permitiría realizar una correlación entre los resultados obtenidos mediante métodos instrumentales y sensoriales, proporcionando una visión más precisa de las características físicas del queso.

4. Realizar un análisis de oxidación lipídica para investigar la relación entre el aumento del sabor metálico y rancio, lo que nos permitiría apreciar mejor como se relacionan.

5. Para asegurar la calidad y estabilidad de los quesos fortificados con hierro, se recomendaría almacenarlos bajo refrigeración a una temperatura constante de 4 °C, protegidos de la luz y en envases herméticos que limiten el contacto con el oxígeno. Estas condiciones ayudan a minimizar la oxidación lipídica y la aparición de sabores metálicos o rancios.

6. Sería recomendable realizar ensayos piloto en comunidades rurales, que permitan validar la viabilidad de esta propuesta.

VII. REFERENCIAS

Agudelo Gómez, D. A., & Bedoya Mejía, O. (2005). *Composición nutricional de la leche de ganado vacuno*. *2*(1).

Aguero, E., Pedraza, C., & Godoy, S. (1987). Calidad higiénica del agua y su relación con el contenido microbiano de la leche. *Agricultura Técnica*, *47*(2), 136-141.

Aguilera-Becerra, A. M., Urbano-Cáceres, E. X., & Jaimes-Bernal, C. P. (2014). Bacterias patógenas en leche cruda: Problema de salud pública e inocuidad alimentaria. *Ciencia y Agricultura*, *11*(2), 83-93. https://doi.org/10.19053/01228420.3860

Alais, C. (2022). Ciencia de la leche. *Reverte*.

Alcántara, D. I. A. (2016). Calidad microbiológica y su relación con la vida útil en quesos frescos expendidos en tres mercados de Trujillo. Agosto – Octubre, 2014. *Cientifi-k*, *4*(1), Article 1.

Aldalur Soto, A. (2019). *Technical factors affecting cheese properties, yield and whey generated from raw sheep milk during cheesemaking in small rural dairies* [Doctoral thesis]. Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

Alfonso-Vargas, N. C., Aguilera-Becerra, A., Jaimes-Bernal, C. P., Pulido-Medellín, M. O., & Arias-Mosso, J. M. A. (2024). Caracterización microbiológica de queso fresco artesanal distribuidos en la Hoya del Río Suárez, Colombia. *Duazary*, *21*(1), 7-18. https://doi.org/10.21676/2389783X.5534

Allen, E. L., de Benoist, B., Dary, O., & Hurrell, R. (2006). *Guidelines on food fortification with micronutrients*. World Health Organization.

Alothman, M., Hogan, S. A., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N., O'Donovan, M., Tobin, J., Fenelon, M. A., & O'Callaghan, T. F. (2019). The "Grass-Fed" Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. *Foods*, *8*(8).

Alvarado, C. S., Yanac-Avila, R., Marron-Veria, E., Málaga-Zenteno, J., & Adamkiewicz, T. V. (2022). Avances en el diagnóstico y tratamiento de deficiencia de hierro y

anemia ferropenica. *Anales de la Facultad de Medicina*, *83*(1), 65-69. https://doi.org/10.15381/anales.v83i1.21721

Álvarez, M. P. (2015). Evolución físico-química y organoléptica del queso Afuega L'Pitu durante su proceso de maduración [Tesis de maestría, Universidad de Oviedo]

American Public Health Association (APHA). (2001). Compendium of methods for the microbiological examination of foods (4.ª ed.). American Public Health Association

Amerine, M. A., Pangborn, R. M., Roessler, E. B., Anson, M. L., Mrak, E. M., & Chichester, C. O. (2013). Principles of sensory evaluation of food. Elsevier Science.

Andrade Soruco, M. (2020). Manual de procedimiento y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la elaboración artesanal de productos lácteos. Louvain Cooperation. https://louvaincooperation.org/sites/default/files/2020-09/163.Manual%20de%20Procedimiento%20y%20Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20de%20Manufactura%20(BPM)%20en%20la%20elaboracion%20artesanal%20de%20productos%20lacteos.pdf

Andrewes, P., Barrett, D. M., & Jacobson, A. (2007). Effects of lipase and protease activity on flavor development in cheese. Dairy Science & Technology, 87(6), 581–595. https://doi.org/10.1051/dst:2007039

Arce, A., & Ustunol, Z. (2018). Effect of microencapsulated ferrous sulfate particle size on Cheddar cheese composition and quality. Journal of Dairy Science, 101(8), 6814–6822. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13952

Arias Gonzáles, J., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. https://www.researchgate.net/publication/352157132_diseno_y_metodologia_de_la_investigacion

Artigas, J. M., Capilla, P., & Pujol, J. (2016). Tecnología del color. Universitat de València.Barbano, D. M., Lynch, J. M., & Fleming, J. R. (2006). Heat treatments and their effects on milk proteins and nutritional quality. *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, *26*(4).

Barreto, M., Castillo-Ruiz, M., & Retamal, P. (2016). Salmonella enterica: Una revisión de la trilogía agente, hospedero y ambiente, y su trascendencia en Chile. *Infectología al Día*.

Bashir, K., Jan, K., Maurya, V. K., & Shakya, A. (2024). *Food Fortification: Trends and Technologies*. CRC Press.

Bassi, D., Gazzola, S., Sattin, E., Dal Bello, F., Simionati, B., & Cocconcelli, P. S. (2020). Lactic Acid Bacteria Adjunct Cultures Exert a Mitigation Effect against Spoilage Microbiota in Fresh Cheese. *Microorganisms*, *8*(8), 1199. https://doi.org/10.3390/microorganisms8081199

Bauman, C. A., Apás, A. L., & Arena, M. E. (2005). Lipolytic and proteolytic activity of lactic acid bacteria isolated from cheese. *Journal of Food Engineering*, *68*(1), 1-7.

Behmer, A. (1980). *Tecnologia de fabricação de queijo* (Editora Nobel).

Beinner, M. A., Soares, A. D. N., Barros, A. L. A., & Monteiro, M. A. M. (2010). Sensory evaluation of rice fortified with iron. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *30*(2), 516-519. https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000200034

Bencini, R., & Johnston, G. (1997). The quality of sheep milk: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *37*, 485-504.

Benkerroum, N. (2016). *Beneficial microorganisms in fermented foods and their effects on health* (Ray, R. C.). CRC Press.

Boccio, J., & Monteiro, J. B. (2004). Fortificación de alimentos con hierro y zinc: Pros y contras desde un punto de vista alimenticio y nutricional. *Revista de Nutrição*, *17*, 71-78. https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000100008

Boulares, M., Ellouze, M., Ghorbel, R., & Bouzid, J. (2011). *Impact of psychrotrophic bacteria proteases on the yield and quality of cheese*. *10*(65), 14560-14566.

Brito, M. A. (2021). *Microbiologia: Tipos de microorganismos*. EMBRAPA.

Brunia, A. (2008). *Foodborne Microbial Pathogens*. Springer.

Burbano Escobar, P. A. (2018). *Desarrollo de una metodología que evite la proliferación de bacterias del género Pseudomonas en queso fresco* [Trabajo de titulación de pregrado, Universidad de las Américas (UDLA)]. https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8997/1/UDLA-EC-TIAG-2018-08.pdf

Calderon, O. M., & Ponce, A. E. (2022). The Role of Microencapsulation in Food Application. *Molecules*, *27*(5). https://doi.org/10.3390/molecules27051499

Cardoso, C. R., & Campos, G. (2019). Controle da qualidade em laticínio: Uma proposta de layout através da análise de pontos críticos na produção de queijos. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, *11*(3), 230-240.

Carvalho, R. I. (2014). *Análise das condições microbiológicas de queijos Minas Frescal vendidos em João Pessoa-PB* [Monografía de Grado]. Universidade Federal da Paraíba.

Casimiro, M. C. A., Huaranga, D. A. D. M., Rimondi, F. V. J., Virhuez, M. V. M., & Urcos, C. N. C. (2024). Estrategias de intervención para prevenir la anemia en niños de 6 meses a dos años: Una revisión sistemática. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, *43*(0), Article 0. https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/3510

Castañon-Camarena, Ha* & Vásquez-Arroyo, Ja. (2019). Capacidad coagulante del extracto enzimático crudo de Rhizomucor miehei sobre leche de vaca. *Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos (IDCyTA)*, *4*. http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/2/27.pdf

Centeno Pérez, C. A., Morán Crespín, E. M., Rodríguez Romero, B. E., Torres-de-Ortiz, B. E., & Palacios, D. J. (2020). *Evaluación del proceso de elaboración de queso fresco con dos tipos de leche y su incidencia en parámetros productivos y calidad en la Asociación de Productores Agropecuarios de Nueva Concepción, Chalatenango, El Salvador*. https://doi.org/10.5281/ZENODO.10839277

Chang, Y. H., Lee, S. Y., & Kwak, H.-S. (2016). Physicochemical and sensory properties of milk fortified with iron microcapsules prepared with water-in-oil-in-water emulsion during storage. *International Journal of Dairy Technology*, *69*(3), 452-459. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12282

Chávez, B. A. H., Barreto, L. A. Q., Gaibor, A. W. G., & Luzuriaga, S. A. G. (2023). Lipólisis de queso fresco y quesos madurados: Factores que afectan y consecuencias. *AlfaPublicaciones*, *5*(1), Article 1. https://doi.org/10.33262/ap.v5i1.327

Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. *Food Frontiers*, *2*(4), 426-442. https://doi.org/10.1002/fft2.94

Closa, S. J., de Landeta, M. C., Andérica, D., Pighín, A., & Cufré, J. A. (2003). Contenido de nutrientes minerales en leches de vaca y derivados de Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *53*(3), 320-324.

Cobo-Monterroza, R., Rosas-Quijano, R., Gálvez-López, D., Adriano-Anaya, L., & Vázquez-Ovando, A. (2019). Bacterias ácido lácticas nativas como cultivo iniciador para la elaboración de queso crema mexicano. *Agronomía Mesoamericana*, 855-870. https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34673

Coelho, K. O. (2014). Efeito da contagem de células somáticas sobre o rendimento e a composição físico-química do queijo muçarela. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, *66*(4), 1237-1250.

Condo Plaza, L. A., Huebla Concha, V., Ulloa Ramones, L. A., & Reyes Silva, F. D. (2022). Composición nutricional de la leche de bovinos Holstein mestizos durante la primera lactancia en la provincia de Chimborazo. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, *7(7*, 1667-1682.

Cortez-Latorre, J. D., Leurino, L., Rodríguez, M. S., Bejarano, B., Cuffia, F., & Rozycki, S. D. (2023). *Influencia del tipo de forificante férrico sobre los atributos físico-químicos, sensoriales y aceptabilidad de pastas lácteas untables a partir de lactosuero.pdf*.

Cromie, W. (1992). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (Fox, P. F., Vol. 1).

Dagostin, J. L. (2011). Evolución de la proteólisis durante la maduración de quesos Danbo elaborados con distintos cultivos iniciadores. *INNOTEC*, 35-44. https://doi.org/10.26461/06.05

Darwish, M. S., E., N., E.-H., A., E., N., S., M., & M. (2024). The Effects of Fortifying Rayeb Milk with Different Forms of Iron on Its Physicochemical, Sensory, Antimicrobial, and Anticancer Properties. *Journal of Food and Dairy Sciences*, *0*(0), 89-96. https://doi.org/10.21608/jfds.2024.291998.1157

de Paula, J. C. J., da Carvalho, A. F., & Furtado, M. M. (2009). Princípios básicos de fabricação de queijo: Do histórico à salga. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, *64*, 19-25.

Dehnad, D., Ghorani, B., Emadzadeh, B., Emadzadeh, M., Assadpour, E., Rajabzadeh, G., & Jafari, S. M. (2024). Recent advances in iron encapsulation and its application in food fortification. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *64*(33), 12685-12701. https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2256004

Dejmek, P., & Walstra, P. (2004). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Elsevier.

Delgado, A. B. (2016). Efecto de la mastitis subclínica sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche y sus derivados. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, *29*(2), 123-135.

Díaz Galindo, E. P., Valladares Carranza, B., Gutiérrez Castillo, A. D. C., Arriaga Jordan, C. M., Quintero-Salazar, B., Cervantes Acosta, P., Velázquez Ordoñez, V., Díaz Galindo, E. P., Valladares Carranza, B., Gutiérrez Castillo, A. D. C., Arriaga Jordan, C. M., Quintero-Salazar, B., Cervantes Acosta, P., & Velázquez Ordoñez, V. (2017). Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *8*(2), 139-146. https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4419

Dirección Regional Agricultura de Moquegua. (2022). *Anuario Estadistico Agropecuario* (G. R. Moquegua, Ed.). https://www.gob.pe/regionmoquegua-dra

Duque, R.L., Almazan, R.L., Sánchez, P.M.E, & Calderón D.G. (2018). *Cambios bioquimicos que se presentan durante la maduracion de un queso tipo Brie*. https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/trabajos/area_xiii/cxiii-21.pdf

Faleiro, J. (2003). Efeito do pH e tempo de maturação nas propriedades texturais e proteólise do queijo modelo. *International Dairy Journal*, 123-130.

Fearnley, E., Raupach, J., Lagala, F., & Cameron, S. (2011). Salmonella in chicken meat, eggs and humans; Adelaide, South Australia, 2008. *International Journal of Food Microbiology*, *146*(3).

Fonseca, L. M., Pereira, R. A. A., & Carvalho, R. B. (1999). *Qualidade microbiológica do leite cru refrigerado e a ação de enzimas psicotróficas*. 36-43.

Forsythe, S. J. (2013). *Microbiologia da segurança alimentar* (2ª). Artmed.

Fox, P. F. (2000). *Chapter 1—Cheese: An Overview*.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of Cheese Science*. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9

Fox, P. F., Lucey, J. A., & Cogan, T. M. (1990). Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *29*(4), 237-253. https://doi.org/10.1080/10408399009527526

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015a). Milk Lipids. En *Dairy Chemistry and Biochemistry* (Springer, pp. 69-144). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_3

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015b). Milk Proteins. En P. F. Fox, T. Uniacke-Lowe, P. L. H. McSweeney, & J. A. O'Mahony (Eds.), *Dairy Chemistry and Biochemistry* (Springer, pp. 145-239). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_4

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015c). Water in Milk and Dairy Products. En P. F. Fox, T. Uniacke-Lowe, P. L. H. McSweeney, & J. A. O'Mahony, *Dairy Chemistry and Biochemistry* (pp. 299-320). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_7

Franco, B. D. G. M., & Landgraf, M. (2009). *Microbiologia dos alimentos*. Atheneu.

Francolino, S., Locci, F., Ghiglietti, R., Iezzi, R., & Mucchetti, G. (2010). Use of milk protein concentrate to standardize milk composition in Italian citric Mozzarella cheese making. *LWT - Food Science and Technology*, *43*(2), 310-314.

Fuentes Mora, L. L. F. (2003). *Estudio de parámetros Microbiológicos que afectan la calidad del Queso tipo Gouda* [Tesis de licenciatura]. Universidad Austral de Chile.

Furtado, M. M. (1991). *Queijos: Aspectos técnicos e científicos*. ITAL.

Furuya, W. M. (2012). *Tecnologia de fabricação de queijos*. EMBRAPA.

Galván Martínez, D. M., Gómez Salazar, J. A., Mireles Arriaga, A. I., & Rodríguez Hernández, G. (2019). Actividad proteolítica en filtrados obtenidos de queso fresco comercial. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *4*. http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/5/74.pdf

García, D., Changanaqui, K., Vásquez, R. E., Neira, E., Espinoza, J. B., Moran, J. R. V., Ludeña-Urquizo, F. E., Alvarado, T. H., Ramos, M., Jordan-Suarez, O. B., & Tuesta, T. (2022). Heme iron fortified flavored milk: Quality and sensory analysis. *Brazilian Journal of Food Technology*, *25*, e2020621. https://doi.org/10.1590/1981-6723.17621

Gaucheron, F. (2000). Iron fortification in dairy industry. *Trends in Food Science & Technology*, *11*(11), 403-409. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00032-2

Gaucheron, F. (2005). The minerals of milk. *Reprod Nutr Dev*, *45*(4), 473-483. https://doi.org/10.1051/rnd:2005030

Gavilánez Luna, F. (2021). *Diseños y análisis Estadísticos para Experimentos Agrícolas*. Ediciones Diaz de Santos S.A.

Gonzales, SJ., López, NC., Novoa, CF., & Restrepo, LP. (2007). Influencia de la bacteria Pseudomona fluorescente en la leche, sobre las caracteristicas sensoriales de queso doble crema. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, *54*(II), 305-310.

Guetouache, M., Guessas, B., & Medjekal, S. (2014). Composition and nutritional value of raw milk. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, *2*(10), 115-122.

Gutiérrez Cogco, L., Montiel-Vázquez, E., Aguilera-Pérez, P., & González-Andrade, M. C. (2000). Serotipos de Salmonella identificados en los servicios de salud de México. *Salud Pública de México*, *42*, 490-495.

Haro Vicente, J. F. (2008). *Biodisponibilidad de diferentes compuestos de hierro añadidos a un néctar de frutas funcional: Interacción con las vitaminas y Fructo-oligosacáridos* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Murcia]. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18817

Heer, A. (2007). Chemical contaminants in milk and public health concerns: A review. *International Journal of Dairy Science*, 104-115.

Hicks, C. L., B. A. Law, & Andrews, A. T. (1986). Effect of proteolytic raw milk psychrotrophs on Cheddar cheese-making with stored milk. *Journal of Dairy Research*.

Hough, G., Wakeling, I., Mucci, A., Chambers, E., Gallardo, I. M., & Alves, L. R. (2006). Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference*, *17*(6), 522-526. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.07.002

Huaman Quicaño, M., & Moreno Casavilca, J. C. (2023). *Microencapsulación de la sangre bovina por el método de gelificación iónica y su aplicación en la fortificacion de queso fresco.* Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

Huanca Apaza, L. W. (2017). *Elaboracion de quesos*. Cámara de Comercio y la Producción de Puno. https://iestplopezchicae.edu.pe/biblioteca/items/show/497

Humphrey, T. (2004). Salmonella, stress responses and food safety. *Nature Reviews Microbiology*, *2*, 504-509.

Hurrell, R. F. (2009). Preventing Iron Deficiency Through Food Fortification. *Nutrition Reviews*, *55*(6), 210-222. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1997.tb01608.x

Hurrell, R. F. (2022). Ensuring the Efficacious Iron Fortification of Foods: A Tale of Two Barriers. *Nutrients*, *14*(8), 1609. https://doi.org/10.3390/nu14081609

Hurrell, R., Ranum, P., de Pee, S., Biebinger, R., Hunlthen, L., Johnson, Q., & S, L. (2010, marzo). Revised recommendations for iron fortification of wheat flour and an

evaluation of the expected impact of current national wheat flour fortification programs. *Food and nutrition bulletin*, *31*(1 Suppl). https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20629349/

Ibañez Moreno, W. X., Arcos Logroño, J. P., & Narvaez Brito, J. M. (2021). Técnicas espectroscópicas utilizadas para determinar la calidad del agua. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, *6*(9), 45-58.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2024a). *Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2023—Departamento de Moquegua* (Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2023 - Departamento de Moquegua). INE. https://encuestas.inei.gob.pe/endes/2023/departamentales/Endes18/pdf/Moquegua.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2024b). *Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2023—Nacional y Departamental*. INEI. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6389989/5601739-resumen-peru-encuesta-demografica-y-de-salud-familiar-endes-2023.pdf?v=1716478980

International Nutritional Anemia Consultative Group (INACG. (2021). *Technical Brief on Iron Compounds for Fortification of Staple Foods*. Food Systems. https://foodsystems.org/wp-content/uploads/2021/02/INACG_Technical_Brief_on_Iron_Compounds.pdf

International Organization for Standardization (ISO). (2004). *ISO 5534:2004 – Cheese and processed cheese—Determination of the total solids content (Reference method)* (2ª edición). ISO/TC 34/SC 5 – Milk and milk products.

Ivey, M., Massel, M., & Phister, T. G. (2013). Microbial interactions in food fermentations. *Annual Review of Food Science and Technology*, *4*, 141-162. https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101219

Jafari, S. M. (2017). *Nanoencapsulation of Food Bioactive Ingredients: Principles and Applications*. Academic Press.

Jalili, M., Ehsani, M. R., & Mazloumi, M. T. (2017). Evaluation of iron-fortified Feta cheese for physicochemical and sensory properties. *International Journal of Dairy Technology*, *70*(4), 526-532. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12378

Jay, J. M. (2005). *Microbiologia dos alimentos*. Artmed.

Juan, B., & Trujillo, A.-J. (2022). Acid and Rennet Coagulation Properties of A2 Milk. *Foods (Basel, Switzerland)*, *11*(22), 3648. https://doi.org/10.3390/foods11223648

Kammerlehner, J. (2009). *Cheese Technology*.

Kaur, N., Agarwal, A., & Sabharwal, M. (2022). Food fortification strategies to deliver nutrients for the management of iron deficiency anaemia. *Current Research in Food Science*, *5*, 2094-2107. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.10.020

Kerstner, F., Pivato, A. F., Comitre, A. A., Sibaja, K. V. M., Santos, L. O., & Garda-Buffon, J. (2022). *Tecnologia e microbiologia sob a perspectiva da segurança dos alimentos* (Martins, W. F., Vol. 2). Editora Científica Digital.

Kraggerud, H. (2011). *Strategies and methods for delivery of consistent sensory product quality at the point of consumption*. https://core.ac.uk/download/pdf/249961285.pdf

Lawrence, R. C., Heap, H. A., & Gilles, J. (1984). A Controlled Approach to Cheese Technology. *Journal of Dairy Science*, *67*(8), 1632-1645. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81486-1

Lima, F. G. D., Lee, S. T., Pfister, J. A., Miyagi, E. S., Costa, G. L., Silva, R. D. D., & Fioravanti, M. C. S. (2015). The effect of ensiling and haymaking on the concentrations of steroidal saponin in two Brachiaria grass species. *Ciência Rural*, *45*(5), 858-866. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141305

Linder, E. (1995). *Toxicología de los alimentos*. Editorial Acribia.

Macías- Mejía, B. A., Gómez-Salazar, J. A., Mireles-Arriaga, A. I., & Rodríguez-Hernández, G. (2019). Determinación de parámetros Fisicoquímicos y Sensoriales De Queso Fresco De La Ciudad De Irapuato. *Investigación y Desarrollo en Ciencia*

y Tecnología de Alimento, *4*. http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/5/73.pdf

Maciel, M. A. M., Morillo Piña, O. T., García Lugo, P. J., Guerrero Cárdena, B. R., Torres Vielma, Y., & Castañeda Ruiz, R. F. (2015). Evaluación de la producción experimental de enzimas coagulantes de leche utilizando cepas de Rhizomucor spp. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *17*(1), 54-65. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50701

Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V., & Clark, D. P. (2010). *Brock Biology of Microorganisms.* (12ª). Pearson Benjamin Cummings.

Madrid, A. (1989). *Influencia de los antibióticos en la fermentación láctica y defectos sensoriales en quesos frescos*.

Maldonado, R. J. (2023). Introducción a la Tecnología de elaboración de quesos cheesemaking technology. Introduction. En R. D. L. F. D. Agronomía (Ed.), *Tecnologia de elaboración de quesos* (Vol. 1). Revista De La Facultad De Agronomía. http://caelum.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/27546

Mallqui Salas, S. S. (2021). *Impacto de la suplementacion de hierro y/o fortificacion de alimentos con hierro* [Universidad Peruana Cayetano Heredia]. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11972/Impacto_MallquiSalas_Sheyla.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mankai, M., Bejar, S., & Bouzid, J. (2012). Characterization of proteolytic activity of psychrotrophic bacteria isolated from raw milk and its effect on cheese yield. *International Journal of Dairy Technology*, *65*(1), 62-68.

Martínez-Castro, I., Olano, A., & Corzo, N. (1986). Modifications and interactions of lactose with mineral components of milk during heating processes. *Food Chemistry*, *21*(3), 211-221. https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90019-1

Martins, A. P. L., & Vasconcelos, M. M. (2003a). *A qualidade do queijo fabricado com leite cru. Efeito dos principais factores tecnológicos.* 15-33.

Martins, A. P. L., & Vasconcelos, M. M. (2003b). A qualidade do Queijo Fabricado com Leite Cru. Efeito dos Principais Factores Tecnológicos. *Pastagens e Forragens*, *24/25*, 57-68.

Mead, P. S., Slutsker, L., Dietz, V., McCaig, L., Bresee, J., Shapiro, C., Griffin, P., & Tauxe, R. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases*, *5*, 607-625.

Meilgaard, M. C., Civille, V. G., Carr, T. B., & Osdoba, K. E. (2024). *Sensory Evaluation Techniques* (6.ª ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003352082

Mejía-López, A., Rodas, S., & Baño, D. (2017). La desnaturalización de las proteínas de la leche y su influencia en el rendimiento del queso fresco. *Enfoque UTE*, *8*(2), 121-130. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n2.162

Melilli, C., Lynch, J. M., Carpino, S., Barbano, D. M., Licitra, G., & Cappa, S. (2002). An empirical method for prediction of cheese yield. *Journal of Dairy Science*, *85*(10), 2699-2704.

Miller, D. D. (2014). *Iron fortification of the food supply: A balancing act between bioavailability and iron-catalyzed oxidation reactions*.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2023). *Anuario Estadístico de Producción Ganadera y Avícola 2022* (Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP)).

Monardes, A. (2004). *Microbiología de los alimentos: Fundamentos y aplicaciones*. Editorial Universitaria.

Morales, J. C., Sánchez-Vargas, E., García-Zepeda, R., & Villalpando, S. (2015). Evaluación sensorial de suplementos lácteos enriquecidos con hierro reducido, sulfato ferroso o fumarato ferroso. *Salud Pública de México*, *57*(1), 14-21.

Moreano Terán, N. F., Arias Palma, G. B., Martínez Martínez, E. N., & Cevallos Carvajal, E. R. (2024). Evaluación de la calidad microbiológica en quesos frescos de producción artesanal: Un enfoque en la seguridad alimentaria y la preservación de

métodos tradicionales. *Reincisol.*, *3*(6), 2443-2468. https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)2443-2468

Moreno, A. M. (2000). *Evaluación del efecto de nisina y EDTA sobre la proliferación de Pseudomonas fluorescens en queso fresco*. Universidad de las Américas (UDLA).

Muñoz-More, H. D., Nole-Jaramillo, J. M., Valdiviezo-Marcelo, J., Espinoza-Delgado, M. del P., Socola-Juarez, Z. M., Ruiz-Flores, L. A., & Espinoza-Espinoza, L. A. (2023). Microencapsulated iron in food, techniques, coating material, efficiency, and sensory analysis: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1146873

Nabeshima, E. H., Ormenese, R. de C. S. C., Montenegro, F. M., Toda, E., & Sadahira, M. S. (2005). Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. *Food Science and Technology*, *25*, 506-511. https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000300019

Norma Técnica Peruana. (2019). NTP 202.195:2019. Leche y productos lácteos – Queso fresco. Requisitos. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Norma Técnica Peruana. (2020). NTP 202.193:2020. Queso – Identificación, clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Anemia*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/anaemia

Parra Huertas, R. A. (2010). *Microencapsulación de Alimentos*. *63*(2), 5669-5684.

Parra, M., Máttar, S., & Durango, J. (2002). Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por Salmonella. *MVZ-Córdoba*, *7*(2), 187-200.

Paula, J. C. J., Carvalho, A. F., & Furtado, M. M. (2009). *Efecto de la pasteurización sobre la calidad microbiológica de la leche cruda y su impacto en la seguridad alimentaria*.

Polychroniadou, A. (2001). Defects in cheese: Causes and prevention. *International Journal of Dairy Technology*.

Pombal álvarez, M. (2015). *Evolución fisico-química y organoleptica del queso afuega-l pitu durante el proceso de maduración* [Maria Pombal Alvarez]. https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/47429

Popoff, M., & Le Minor, L. (1992). *Antigenic formulas of the Salmonella serovars*. Institute Pasteur.

Potes, M. E. (2000). *Microbiologia do queijo artesanal produzido na região de Évora.* [Tesis de Doctorado]. Universidade de Évora.

Priyashantha, H., Lundh, Å., Höjer, A., Hetta, M., Johansson, M., & Langton, M. (2019). *Interactive effects of casein micelle size and calcium and citrate content on rennet-induced coagulation in bovine milk*. *50*(6), 508-519.

Pulido-Medellín, M., Aguilera-Becerra, A. M., Urbano-Cáceres, E. X., & Jaimes-Bernal, C. P. (2018). Listeria spp. En cantinas de almacenamiento de leche cruda de vaca en Tunja – Boyacá. *Revista MVZ Córdoba*, *23*(3), 6871-6877. https://doi.org/10.21897/rmvz.1375

Ramírez Santos, J., Contreras Ferrat, G., & Gómez Eichelmann, M. C. (2005). La fase estacionaria en la bacteria Escherichia coli. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, *47*(3-4), 92-101.

Ramírez-López, C., & Vélez-Ruiz, J. F. (2012). Quesos frescos: Propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*.

Rice, W. H., & McMahon, D. J. (1998). Chemical, physical, and sensory characteristics of mozzarella cheese fortified using protein-chelated iron or ferric chloride. *Journal of Dairy Science*, *81*(2), 318-326. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75580-8

Robinson, R. K. (1987). *Microbiologia de la leche*. Acribia.

Rock, C., & Rivera, B. (2014). *La calidad del agua, E. coli y su salud*. College of Agriculture and Life Sciences Cooperative Extension.

Rodríguez, M. A. (2002). Efectos del tratamiento térmico sobre la calidad nutricional de la leche: Implicancias de la reacción de Maillard. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)*.

Sales, G. de A. (2015). *Caracterização microbiológica e físico-química de queijo Minas artesanal da microrregião de Araxá-MG durante a maturação em diferentes épocas do ano* [Disertación de Maestría]. Universidade Federal de Minas Gerais.

Salyers, A., & Whitt, D. (2002). *Bacterial Pathogenesis: A Molecular Approach* (2nd edition). ASM Press.

Samaržija, D., Zamberlin, Š., & Pogačić, T. (2012). *Psychrotrophic bacteria and milk and dairy products quality*.

Sánchez Macías, D., & Murillo Ríos, A. (2024). *Proteína láctea: Usos y efectos sobre la calidad fisicoquímica y tecnológica del queso fresco. En Desarrollo agroindustrial, un impulso para la producción animal e industrialización.* (Vinueza Naranjo, P. G.; Abad Quevedo, V. L.). Editorial Unach.

Santillan, E., & Ruiz, J. F. V. (2019). Evaluación de propiedades fisicoquímicas y físicas de dos alimentos lácteos (yogur y queso) enriquecidos con nanopartículas de Ca, Fe y Zn. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, *6*(1), 1. https://doi.org/10.23850/24220582.1606

Siddique, A., & Park, Y. W. (2019). Effect of iron fortification on microstructural, textural, and sensory characteristics of caprine milk Cheddar cheeses under different storage treatments. *Journal of Dairy Science*, *102*(4), 2890-2902. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15427

Silva, N. D., Junqueira, V. C. A., & Silveira, N. F. D. A. (2021). *Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água* (6.ª ed.). Blucher. https://doi.org/10.5151/9786555062977

Smialowska, A. M. (2017). *Goat and cow casein derived ingredients and their interactions with iron* [Doctorado en Tecnología de Alimentos (PhD in Food Technology), Massey University].

https://mro.massey.ac.nz/server/api/core/bitstreams/96ee5b79-6775-4007-ba70-63bc73ba8df8/conten

Smit, G., Smit, B. A., & Engels, W. J. M. (2005). Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Reviews*, *29*(3), 591-610.

Soares, P. V., & Prata, L. F. (2004). *Stimativa rápida da carga de microrganismos psicrotróficos em leite cru refrigerado* (1º ed).

Sołowiej, B., Glibowski, P., Muszynski, S., Wydrych, J., Gawron, A., & Jelinski, T. (2014). *The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers*. *35*, 557-564. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.08.022

Soria-Herrera, J., Díaz, J. A., & Galindo, H. (2021). Enterobacteriaceae in food safety with an emphasis on raw milk and meat. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *105*(23).

Soto Yange, K. L. (2022). *Staphylococcus aureus, y su influencia sobre la calidad de la leche bovina*. Universidad Católica de Cuenca.

Sousa, C. D. S., De Macedo Fernandes, B. C. T., & S. Fernandes, P. H. (2016). CARACTERIZAÇÃO DE BEBIDA LÁCTEA PASTEURIZADA COM ADIÇÃO DE FERRO. *Revista Eletrônica TECCEN*, *8*(1), 27. https://doi.org/10.21727/teccen.v8i1.227

Sousa, R. de S. (2016). *Perfil microbiológico e sensorial do queijo tipo Emmental embalado sob três condições.* [Disertación de Maestría]. Instituto Biológico.

Stocco, G., Summer, A., & Cipolat, C. (2021). The mineral profile affects the coagulation pattern and cheese-making efficiency of bovine milk. *Journal of Dairy Science*, *104*(8), 8439-8453. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20233

Stroup, W. W., Milliken, G. A., Claassen, E., & Wolfinger, R. D. (2018). *SAS for Mixed Models*. https://www.google.com.pe/books/edition/SAS_for_Mixed_Models/j_eCDwAAQ

BAJ?hl=es&gbpv=1&dq=PROC+GLIMMIX+(SAS):&pg=PT164&printsec=frontcover

Tanner, F. W., & Tanner, L. P. (1953). *Food-borne infections and intoxications*. Ronald Press.

Teh, S. Y., El-Garhi, H. M., Abd-Elghany, A. A., Ibrahim, A. M. A., El-Aidie, S. A. M., & Castro-Muñoz, R. (2024). Effect of organic acids on pathogenic and lactic acid bacteria in directly raw milk Cheddar cheese. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*.

Tokumura, C., & Mejía, E. (2023). Anemia infantil en el Perú: En el baúl de los pendientes. *Revista Médica Herediana*, *34*(1), 3-4. https://doi.org/10.20453/rmh.v34i1.4445

Valbuena, J., Díaz, M., & Galindo, H. (2007). Calidad higiénico-sanitaria de la leche cruda en sistemas de producción familiar. *Revista de Tecnología Agropecuaria*, *8*(3), 145-152.

Vargas-Uscategui, R., Arenas-Clavijo, A., & Ramírez-Navas, J. S. (2017). Efecto del proceso de acidificación sobre el color de queso cottage. *Agronomía Mesoamericana*, *28*(3). https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.22876

Vásquez A., V., Salhuana G., J. G., Jimenez D., L. A., & Abanto Ríos, L. M. (2018). Evaluación de la calidad bacteriológica de quesos frescos en Cajamarca. *Ecología Aplicada*, *17*(1), 45. https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1172

Viera-Molina, G. Y. (2024). *Análisis de la producción y defectos en queso fresco: Estrategias para la mejora de la calidad y eficiencia*. *11*. https://doi.org/10.24133/08pcrm35

Villacresis Huashuayo, A. G. (2023). *"Optimización de una mezcla alimenticia fortificada con hierro orgánico microencapsulado, utilizando el método Box-Behnken"* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5199

Villanueva, N. D. M., & Da Silva, M. A. A. P. (2009). Comparative performance of the nine-point hedonic, hybrid and self-adjusting scales in the generation of internal

preference maps. *Food Quality and Preference*, *20*(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.06.003

Villaquirán, Z., Burbano, P., Osorio-Mora, O., Cerón-Cardenas, A. F., & Bucheli-Jurado, M. A. (2017). Diseño de un alimento infantil listo para consumir fortificado con hierro a base de arveja (Pisum sativum). *Universidad y Salud*, *20*(1), 4. https://doi.org/10.22267/rus.182001.104

Villegas-Soto, N. R., Díaz-Abreu, J. A., & Hernández-Monzón, A. (2017). Evaluación de la eficiencia tecnológica en la elaboración artesanal de queso fresco de coagulación enzimática. *Tecnología Química*, *3*, 380-391.

Wake, M. C. (1959). The action of rennin on casein: The effect of modifying functional groups on the casein. *Journal of Dairy Research*, *26*, 176-185.

Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Cheese manufacture* (2.ª ed.).

Xu, Y., Yan, X., Zheng, H., Li, J., Wu, X., Xu, J., Zhen, Z., & Du, C. (2024). The application of encapsulation technology in the food Industry: Classifications, recent Advances, and perspectives. *Food Chemistry: X*, *21*, 101240. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101240

Yoon, Y., Choi, K. H., Lee, H., Lee, S., & Kim, S. (2016). Cheese microbial risk assessments—A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *29*, 307-314.

Zanela, J., & Fischer, V. (2011). *Tecnologia de fabricação de queijos*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Variables independientes y dependientes evaluadas en la investigación.

Tipo de variable	Variable		Niveles	Unidad
Independiente	Tipo y cantidad de hierro añadido	Sulfato ferroso microencapsulado	90 300	mg Fe/kg
		Pirofosfato férrico	90 300	
	día		1 3 6	
Dependientes	Composición química	Extracto seco Humedad		%
	Contenido de Minerales	Fe Ca		mg/Kg
	Color	L* a* b*		Unidades CIE-lab
	Características microbiológicas	Bacterias mesófilas Bacterias psicrotróficas Mohos y levaduras		(UFC/g)
		Coliformes totales *Escherichia coli*		(NMP/g)
		Salmonella spp.		en 25 g
	Características sensoriales	Aceptación Aceptación de color blanco Aceptación de apariencia uniforme Aceptación de textura Salado Ácido Amargo Sabor metálico Sabor rancio Liberación de líquido en boca		Escala lineal de 10 cm

Anexo 2. Composición Fisicoquímica de la leche

Densidad	**1.030**
Grasa	3.5 %
Proteína	3.0 %
pH	6.7
Acidez (ácido láctico)	0.16 %

Anexo 3. Evaluación estadística de extracto seco

a. Prueba de normalidad del Extracto Seco: Test de Shapiro-Wilk.

	Test de Shapiro-Wilk	**Valor P**
Extracto seco	0.95	0.05

Nota: en este caso el valor p = 0.05 se encuentra en el límite. Para aceptar la hipótesis de normalidad, el valor de p debería ser mayor. Los datos de extracto seco no presentan distribución normal (p > 0.05).

b. Prueba de homogeneidad del extracto seco: Test de Levene.

	Test de Levene	**Valor P**
Extracto seco	1.67	0.12

Nota: Los datos de extracto seco presentan homogeneidad de Varianza (p > 0.05).

c. Test de efectos fijos en un modelo GLIMMIX del extracto seco.

Test de tipo III de efectos fijos				
Efecto	**Grados de libertad**	**DF Den**	**Valor F**	**Valor p**
Tratamiento	4	24	3.36	0.03 *
Día	2	6	0.24	0.79
Tratamiento * Día	8	24	0.74	0.65

Nota: Un valor F alto sugiere diferencias significativas entre grupos y el valor p determina la significancia estadística:
- p < 0.05: efecto estadísticamente significativo
- p ≥ 0.05: efecto no significativo, las diferencias pueden deberse al azar.

d. Comparación de medias del extracto seco: Test de Tukey - Kramer (α =0.05).

Tratamiento	Estimación	Grupo de letras
SFM2	40.37	a
PFF2	40.18	ab
PFF1	39.77	ab
SFM1	39.65	ab
CTRL	39.17	b

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

Anexo 4. Evaluación estadística de humedad.

a. Prueba de normalidad de humedad: Test de Shapiro-Wilk.

	Test de Shapiro-Wilk	Valor P
Humedad	0.95	0.05

Nota: Los datos de humedad no presentan distribución normal ($p > 0.05$).

b. Prueba de Homogeneidad de la humedad: Test de Levene

	Test de Levene	Valor P
Humedad	1.67	0.12

Nota: Los datos de humedad presentan homogeneidad de Varianza ($p > 0.05$).

c. Test de efectos fijos en un modelo GLIMMIX para la humedad.

Test de tipo III de efectos fijos				
Efecto	**Grados de libertad**	**DF Den**	**Valor F**	**Valor P**
Tratamiento	4	24	3.36	0.03 *
Día	2	6	0.24	0.79
Tratamiento * Día	8	24	0.74	0.65

Nota: Los valores de F y p para humedad coinciden con los de extracto seco porque la humedad se calculó por diferencia (Humedad = 100 − Extracto seco). Ambas variables son complementarias, por lo que el modelo GLIMMIX conserva la misma variabilidad explicada y genera resultados idénticos.

d. Comparación de medias de humedad: Test de Tukey – Kramer (α = 0.05).

Tratamiento	Estimación	Grupo de letras
CRTL	60.83	a
SFM1	60.35	ab
PFF1	60.23	ab
PFF2	59.82	ab
SFM2	59.62	b

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

Anexo 5. Evaluación estadística del contenido de hierro y calcio.

a. Prueba de normalidad del contenido de hierro y calcio: Test de Shapiro-Wilk

	Test Shapiro-Wilk	Valor P
Fe	0.85	<0.00*
Ca	0.95	0.04

Nota: Los datos de contenido mineral en Fe y de Ca no presentan distribución normal ($p > 0.05$).

b. Prueba de Homogeneidad del contenido de hierro y calcio: Test de Levene

	Test de Levene	Valor P
Fe	1.43	0.23
Ca	0.53	0.82

Nota: Los datos de contenido mineral de Fe y de Ca si presentan homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

c. Test de efectos fijos en un GLIMMIX del contenido de hierro.

Test de tipo III de efectos fijos				
Efecto	**Grados de Libertad**	**DF Den**	**Valor F**	**Valor P**
Tratamiento	4	24	2229.81	<.00*
Día	2	9	0.01	1.00
Tratamiento * Día	8	24	0.06	1.00

Nota: - El factor "Tratamiento" es estadísticamente significativo porque tiene un Valor F muy alto (2229.81) y un Valor P menor a 0.05 (<.00*).

d. Comparación de medias del contenido de hierro: Test de Tukey - Kramer (α = 0.05)

LS-medias con la misma letra no son significativamente diferente.		
Tratamiento	**Estimación**	**Letras diferenciadoras**
SFM2	225.05	a
PFF2	186.74	b
SFM1	83.29	c
PFF1	70.92	d
CTRL	5.06	e

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

e. Test de efectos fijos en un modelo GLIMMIX del contenido de calcio.

Test de tipo III de efectos fijos				
Efecto	**Grados de Libertad**	**DF Den**	**Valor F**	**Valor P**
Tratamiento	4	24	6.29	0.00*
Día	2	9	0.02	0.98
Tratamiento * Día	8	24	0.03	1.00

Nota: El factor "Tratamiento" es estadísticamente significativo porque su Valor F (6.29) es considerablemente alto y el Valor P es menor a 0.05 (0.00*).

f. Comparación de medias del contenido de calcio: Test de Tukey - Kramer (α = 0.05)

LS-medias con la misma letra no son significativamente diferente.			
Tratamiento	**Estimación**	**Letras diferenciadoras**	
SFM2	5959.10		a
PFF2	5611.96	b	a
PFF1	5580.23	b	a
SFM1	5132.54	b	c
CTRL	5011.58		c

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

Anexo 6. Evaluación estadística del color.

a. Prueba de normalidad de color: Test de Shapiro-Wilk

	Test Shapiro-Wilk	Valor P
L	0.93	0.00
a	0.95	0.02
b	0.78	<0.00

Nota: Los datos de color no presentan distribución normal (p > 0.05).

b. Prueba de homogeneidad de color: Test de Levene.

	Test de Levene	Valor P
L	1.09	0.40
a	0.91	0.56
b	0.97	0.50

Nota: Los datos de color presentan homogeneidad de Varianza (p > 0.05).

c. Test de efectos fijos en un modelo GLIMMIX del componente de color L.

Test de tipo III de efectos fijos				
Efecto	**DF de Libertad**	**DF Den**	**Valor F**	**Valor P**
Tratamiento	4	34	2.09	0.10
Día	2	6	0.06	0.94
Tratamiento * Día	8	34	0.23	0.98

Nota: Ninguno de los valores P presentó un efecto significativo (p < 0.05).

d. Test de efectos fijos en un modelo GLIMMIX de componente de color a*.

Test de tipo III de efectos fijos				
Efecto	**Grados de Libertad**	**DF Den**	**Valor F**	**Valor P**
Tratamiento	4	34	8.48	<.00*
Día	2	6	0.07	0.94
Tratamiento * Día	8	34	0.26	0.98

Nota: El factor "Tratamiento" es estadísticamente significativo porque tiene un Valor F alto (8.48) y un Valor P menor a 0.05 (<.00*).

e. Comparación de medias del componente de color a*: Test de Tukey - Kramer (α = 0.05).

LS-medias con la misma letra no son significativamente diferente.		
Tratamiento	**Estimación**	**Letras diferenciadoras**
CTRL	2.22	a
SFM1	2.18	a
PFF1	2.17	a
SFM2	2.09	a
PFF2	1.83	b

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

f. Test de efectos fijos en un modelo GLIMMIX del componente de color b*.

Test de tipo III de efectos fijos				
Efecto	**Grado de libertad**	**DF Den**	**Valor F**	**Valor P**
Tratamiento	4	34	0.71	0.59
Día	2	6	0.2	0.83
Tratamiento * Día	8	34	0.27	0.97

Nota: Ninguno de los efectos es significativos ($p < 0.05$).

Anexo 7. Evaluación estadística del análisis sensorial.

a. Prueba de normalidad para los datos de atributos sensoriales.

Atributo Sensorial	Test de Shapiro-Wilk	Valor p	Resultado
Aceptación	0.96	0.00	No Normal
Color	0.90	0.00	No Normal
Apariencia	0.94	0.00	No Normal
Textura	0.96	0.00	No Normal
Salado	0.90	0.00	No Normal
Acido	0.74	0.00	No Normal
Amargo	0.74	0.00	No Normal
Sabor metálico	0.81	0.00	No Normal
Sabor rancio	0.81	0.00	No Normal

Acuosidad	0.89	0.00	No Normal

Nota: Los datos de la evaluación sensorial no presentan distribución normal ($p > 0.05$).

b. Prueba de Levene para la homogeneidad de Varianza de las evaluaciones sensoriales.

Atributo Sensorial	Test de Levene	Valor p	Resultado
Aceptación	0.94	0.44	Homogénea
Color	0.47	0.76	Homogénea
Apariencia	0.75	0.56	Homogénea
Textura	0.78	0.54	Homogénea
Salado	0.37	0.83	Homogénea
Acido	0.97	0.43	Homogénea
Amargo	1.90	0.11	Homogénea
Sabor metálico	8.82	<.00	No Homogénea
Sabor rancio	3.89	0.00	No Homogénea
Acuosidad	0.33	0.86	Homogénea

c. test de efectos fijos en un modelo mixto generalizado para los atributos sensoriales ($p < 0.05$).

Atributo Sensorial	Estadístico F	Valor p	¿Diferencia Significativa?
Aceptación	13.74	<0.00	Sí
Color	1.63	0.17	No
Apariencia	2.70	0.03	Sí
Textura	1.24	0.30	No
Salado	0.13	0.97	No
Acido	0.80	0.53	No
Amargo	2.16	0.08	No
Sabor metálico	11.75	0.00	Sí
Sabor rancio	7.58	0.00	Sí
Acuosidad	0.50	0.74	No

d. Comparación de medias de aceptación: Test de Tukey- Kramer (α = 0.05)

Tratamiento	Estimación	Letras diferenciadoras	
CTRL	6.58		a
PFF2	6.52		a
PFF1	6.34	b	a
SFM1	5.28	b	c
SFM2	4.31		c

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

e. Comparación de medias del atributo apariencia: Test de Tukey - Kramer (α = 0.05).

Tratamiento	Estimación	Letras diferenciadoras	
PFF1	6.87		a
PFF2	6.69		a
CTRL	6.33	b	a
SFM1	6.28	b	a
SFM2	5.39	b	

f. Comparación de medias del atributo de sabor metálico: Test de Tukey - Kramer (α = 0.05).

Tratamiento	Estimación	Letras diferenciadoras	
SFM2	3.72		a
SFM1	2.27		b
PFF2	1.54	c	b
PFF1	1.29	c	b
CTRL	1.09	c	

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

g. Comparación de medias del atributo sabor rancio: Test de prueba de Tukey - Kramer (α = 0.05).

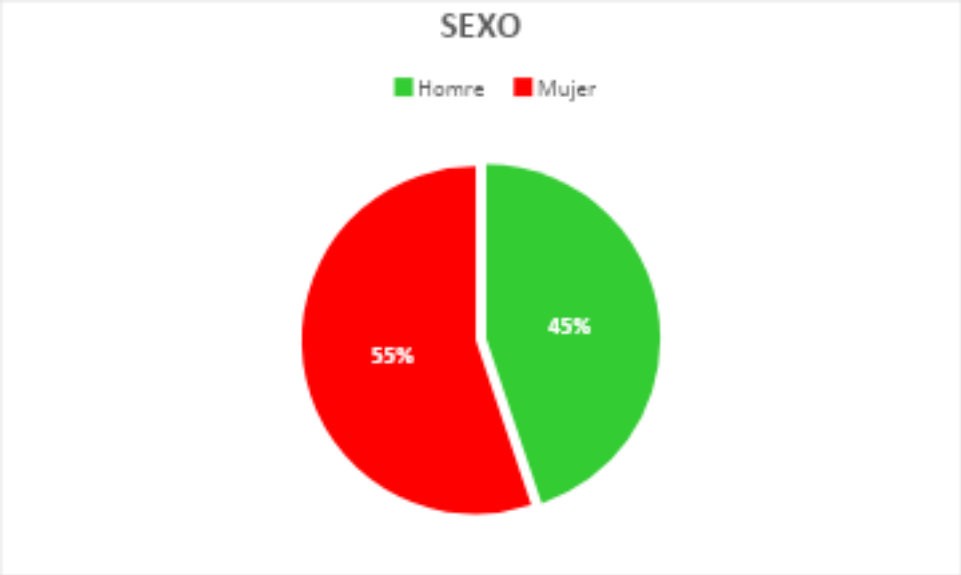
Tratamiento	Estimación	Letras diferenciadoras
SFM2	3.46	a
SFM1	2.56	b a
PFF2	1.78	b c
PFF1	1.54	b c
CTRL	1.29	c

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

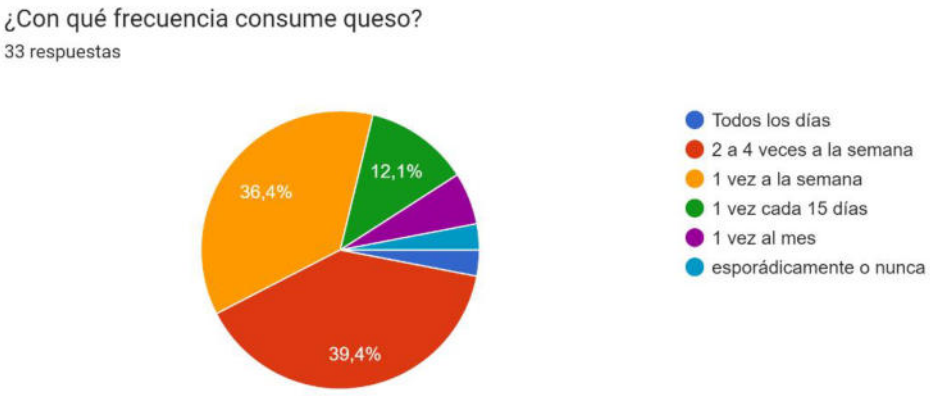
Anexo 8. Datos técnicos de las personas que participaron en el análisis sensorial.

1. El rango de edad de los consumidores fue de 18 a 60 años de edad.

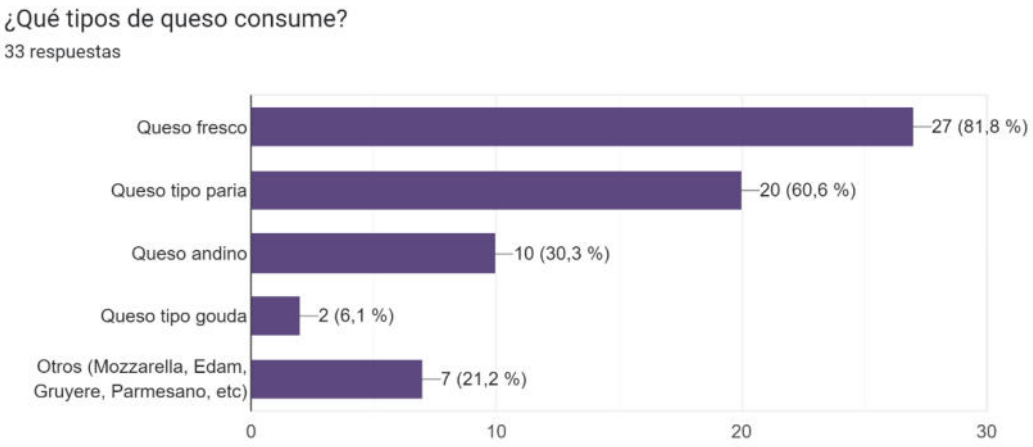
2. Según el sexo participaron 55.2% de mujeres y 44.8% de hombres.



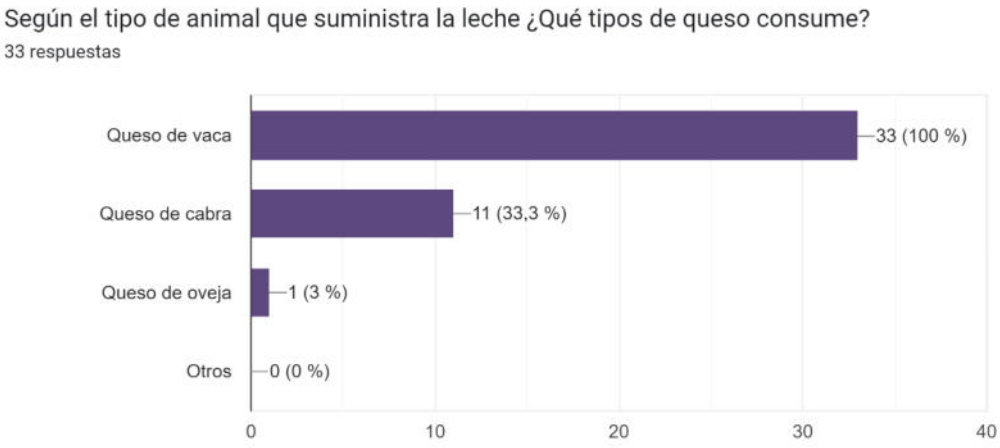
3. La frecuencia de consumo de queso de los consumidores con los que se trabajó fue al menos una vez cada 15 días. En un 39.4% fue 2 a 4 veces por semana.



4. Según los tipos de queso que consumen, se trabajó con todos los rangos.



5. Según el tipo leche, la mayoría de los consumidores consumía queso de leche de vaca.



Anexo 9. Código SAS de la evaluación estadística.

a. Código SAS para Extracto seco.

```
/* importar el archivo */
proc import datafile="/home/u64009621/sasuser.v94/COMPOSICION QUIMICA/%
Extracto_seco.xlsx"
out=extracto_seco/* El nombre que le darás a los datos en SAS */
dbms=xlsx replace;
/* Reemplaza el dataset si ya existe */
sheet="Hoja1";
/* Nombre de la hoja en Excel */
getnames=yes;/* Usa los nombres de la primera fila como nombres de columnas */
run;
/* Visualización inicial de los datos */
proc print data=extracto_seco;
run;
/* Ordenamiento de los datos por día */
proc sort data=extracto_seco out=extracto_seco_ordenado;
by dia;  /* Especifica las variables por las cuales ordenar */
run;
/* Imprimir el dataset ordenado para verificar */
proc print data=extracto_seco_ordenado;
run;
/*Estadística descriptiva (media y desviación estándar)*/
proc means data=extracto_seco_ordenado mean stddev nway;
class trat dia; /* Agrupar por tratamiento y día */
var extr_sec; /* Variable a analizar */
output out=means_results (drop=_type_ _freq_)
mean=Mean_extr_seco
stddev=Std_extr_seco; /* Crear variables con estadísticas */
run;
/* Imprimir resultados */
proc print data=means_results label;
run;
/*Prueba de normalidad*/
proc univariate data=extracto_seco_ordenado normal;
var extr_sec; /* Las variables que vamos a evaluar */
run;
/*Prueba de homogeneidad de varianza (Levene)*/
data extracto_seco_ordenado;
set extracto_seco_ordenado;
trat_dia = catx('_', trat, dia); /* Combina niveles de 'trat' y 'dia' */
run;
/* Homogeneidad de varianza para extracto seco considerando 'trat_dia' */
proc glm data=extracto_seco_ordenado;
class trat_dia;
model extr_sec = trat_dia;
means trat_dia / hovtest=levene;
run;
/* Modelo con efectos de tratamiento, día e interacción tratamiento*día */
```

```
proc glimmix data=WORK.extracto_seco_ordenado;
class trat(ref='CTRL') dia rep;
model extr_sec = trat dia trat*dia / solution cl; /* Modelo con interacción */
random rep(dia); /* Réplica anidada en día */
lsmeans trat*dia / adjust=tukey cl diff pdiff lines; /* Comparaciones post-hoc */
run;
/* Comparaciones post-hoc y ajuste de Tukey - Kramer */
proc glimmix data=WORK.extracto_seco_ordenado;
class trat(ref='CTRL') rep; /* Establecer 'CTRL' como referencia*/
model extr_sec = trat / solution cl; /* Modelo simplificado con solo tratamiento */
random rep; /* Aleatorización por réplica */
lsmeans trat / adjust=tukey cl diff pdiff lines; /* Comparaciones post-hoc */
run;
```

b. Código SAS para humedad.

```
/* importar el archivo */
proc import datafile="/home/u64009621/sasuser.v94/COMPOSICION QUIMICA/%
Humedad.xlsx"
out=humedad /* El nombre que le darás a los datos en SAS */
dbms=xlsx replace;
/* Reemplaza el dataset si ya existe */
sheet="Hoja1";
/* Nombre de la hoja en Excel */
getnames=yes;
/* Usa los nombres de la primera fila como nombres de columnas */
run;
/* Visualización inicial de los datos */
proc print data=humedad;
run;
/* Ordenamiento de los datos por día */
proc sort data=humedad out=humedad_ordenado;
by dia;  /* Especifica las variables por las cuales ordenar */
run;
/* Imprimir el dataset ordenado para verificar */
proc print data=humedad_ordenado;
run;
/*Estadística descriptiva (media y desviación estándar)*/
proc means data=humedad_ordenado mean stddev nway;
class trat dia; /* Agrupar por tratamiento y día */
var Humed; /* Variable a analizar */
output out=means_results (drop=_type_ _freq_)
mean=Mean_Humed
stddev=Std_Humed; /* Crear variables con estadísticas */
run;
/* Imprimir resultados */
  proc print data=means_results label;
     title "Resultados de Estadística Descriptiva por Tratamiento y Día";
  run;
/*Prueba de normalidad*/
proc univariate data=humedad_ordenado normal;
```

```
   var Humed; /* Las variables que vamos a evaluar */
run;
/*Homogeneidad de varianza para humedad ‘trat’ y ‘dia’*/
data humedad_ordenado;
   set humedad_ordenado;
   trat_dia = catx('_', trat, dia); /* Combina niveles de 'trat' y 'dia' */
run;
proc glm data=humedad_ordenado;
   class trat_dia;
   model Humed = trat_dia;
   means trat_dia / hovtest=levene;
   title "Prueba de Homogeneidad de Varianza para extracto seco considerando
combinaciones de 'trat' y 'dia'";
run;
/*Analisis GLIMMIX con interaccion*/
proc glimmix data=WORK.HUMEDAD_ORDENADO;
   class trat(ref='CRTL') dia rep;
   model Humed = trat dia trat*dia / solution cl; /* Modelo con interacción */
   random rep(dia); /* Réplica anidada en día */
   lsmeans trat*dia / adjust=tukey cl diff pdiff lines; /* Comparaciones post-hoc */
run;
proc freq data=WORK.HUMEDAD_ORDENADO;
   tables trat / nocum nopercent;
run;
/* Comparaciones post-hoc y ajuste de Tukey */
proc glimmix data=WORK.HUMEDAD_ordenado;
   class trat(ref='CRTL') rep; /* Establecer 'CTRL' como referencia */
   model Humed = trat / solution cl; /* Modelo simplificado con solo tratamiento */
   random rep; /* Aleatorización por réplica */
   lsmeans trat / adjust=tukey cl diff pdiff lines; /* Comparaciones post-hoc */
run;
```

c. Código SAS para contenido de Fe y Ca.

```
 /* importqcion del archivo excel */

proc import datafile="/home/u64009621/sasuser.v94/CONTENIDO DE MINERALES/4.
mg.kg de mineral.xlsx"
out=contenido_Fe_Ca
dbms=xlsx replace;
sheet="Hoja1";
getnames=yes;
run;
/*Impresión inicial de los datos*/
proc print data=contenido_Fe_Ca;
run;
/* Ordenar los datos por día */
proc sort data=contenido_Fe_Ca out=contenido_Fe_Ca_ordenado;
by dia;  /* Especifica las variables por las cuales ordenar */
run;
/* Imprimir el dataset ordenado para verificar */
```

```
proc print data=contenido_Fe_Ca_ordenado;
run;
/* ESTADISTICA DESCRIPTIVA Fe Ca */
proc means data=contenido_Fe_Ca_ordenado mean stddev nway;
   class trat dia; /* Agrupar por tratamiento y día */
   var Fe Ca; /* Variables para calcular estadísticas */
   output out=means_results (drop=_type_ _freq_)
      mean=Mean_Fe Mean_Ca
      stddev=Std_Fe Std_Ca; /* Crear variables con las medias y desviaciones estándar */
run;
/* Visualizar los resultados por separado */
proc print data=means_results;
   title "Resultados de medias y desviaciones estándar por Tratamiento y Día";
/* Prueba de normalidad */
proc univariate data=contenido_Fe_Ca_ordenado normal;
   var fe ca;
run;
/*Homogeneidad de varianza (Levene)*/
data contenido_Fe_Ca_ordenado;
   set contenido_Fe_Ca_ordenado;
   trat_dia = catx('_', trat, dia); /* Combina niveles de 'trat' y 'dia' */
run;
/* Modelo mixto con interacción'trat_dia' */
proc glm data=contenido_Fe_Ca_ordenado;
   class trat_dia;
   model Fe = trat_dia;
   means trat_dia / hovtest=levene;
   title "Prueba de Homogeneidad de Varianza para fe combinaciones de 'trat' y 'dia'";
run;
/* para Ca */
data contenido_Fe_Ca_ordenado;
   set contenido_Fe_Ca_ordenado;
   trat_dia = catx('_', trat, dia); /* Combina niveles de 'trat' y 'dia' */
run;
/* Homogeneidad de varianza para Ca considerando 'trat_dia' */
proc glm data=contenido_Fe_Ca_ordenado;
   class trat_dia;
   model Ca = trat_dia;
   means trat_dia / hovtest=levene;
   title "Prueba de Homogeneidad de Varianza para ca de 'trat' y 'dia'";
run;
/*PROCESANDO MODELO CON BLOQUEO  PARA Fe*/
/* Modelo con efectos de tratamiento, día e interacción tratamiento*día */
proc glimmix data=contenido_Fe_Ca_ordenado;
   class trat(ref='CTRL') dia rep;
   model fe = trat dia trat*dia / solution cl; /* Modelo con interacción */
   random rep(dia); /* Réplica anidada en día */
   lsmeans trat*dia / adjust=tukey cl diff pdiff lines; /* Comparaciones post-hoc */
run;
/* Modelo simplificado solo con efecto de tratamiento */
```

```
/* Útil para comparar tratamientos sin considerar día ni interacción */
proc glimmix data=contenido_Fe_Ca_ordenado;
class trat(ref='CTRL') rep; /* Establecer 'CTRL' como referencia */
model fe = trat / solution cl; /* Modelo simplificado con solo tratamiento */
random rep; /* Aleatorización por réplica */
lsmeans trat / adjust=tukey cl diff pdiff lines; /* Comparaciones post-hoc */
run;
```

d. Código SAS para color

```
/* Importación del archivo Excel */
proc import datafile="/home/u64009621/sasuser.v94/COLOR DEL
QUESO/COLOR_NOTAS.xlsx"
out=color_quesos
/* El nombre que le darás a los datos en SAS */
dbms=xlsx replace;
/* Reemplaza el dataset si ya existe */
sheet="Hoja1";
/* Nombre de la hoja en Excel */
getnames=yes;
/* Usa los nombres de la primera fila como nombres de columnas */
run;
/*Impresión inicial de los datos*/
proc print data=color_quesos;
run;
/*Ordenamiento por día */
proc sort data=color_quesos out=color_quesos_ordenado;
by dia;  /* Ordenar observaciones por día */
run;
/* Verificación del ordenamiento */
proc print data=color_quesos_ordenado;
title "Datos ordenados por día";
run;
/* ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA (L*, a*, b*) */
proc means data=color_quesos_ordenado mean stddev nway;
class trat dia; /* Agrupar por tratamiento y día */
var L a b; /* Variables para calcular estadísticas */
output out=means_results (drop=_type_ _freq_)
mean=Mean_L Mean_a Mean_b
stddev=Std_L Std_a Std_b; /* Crear variables con las medias y desviaciones estándar */
run;
/* Visualización de resultados */
proc print data=means_results noobs;
title "Estadísticos descriptivos por tratamiento y día";
format Mean_: Std_: 8.2;     /* Formato de 2 decimales */
run;
/* Prueba de normalidad */
/* NORMALIDAD */
proc univariate data=color_quesos_ordenado normaltest;
var L a b;
histogram / normal kernel;
```

```
inset n mean std skewness kurtosis / position=ne;
title "Análisis de normalidad para L*, a*, b*";
run;
/* Homogeneidad de varianza (Levene) */
/* Crear variable combinada trat_dia */
data color_quesos_ordenado;
set color_quesos_ordenado;
trat_dia = catx('_', trat, dia);
run;

/* Prueba de Levene para cada variable */
%macro homovar(variable);
proc glm data=color_quesos_ordenado;
class trat_dia;
model &variable = trat_dia;
means trat_dia / hovtest=levene;
title "Homogeneidad de varianza para &variable";
run;
%mend;
%homovar(L);  /* Ejecutar para L */
%homovar(a);  /* Ejecutar para a */
%homovar(b);  /* Ejecutar para b */
/*Modelos estadísticos (GLIMMIX) */
proc glimmix data=color_quesos_ordenado;
class trat(ref='CTRL') dia rep;
model b = trat dia trat*dia / solution cl;
random rep(dia);
lsmeans trat*dia / adjust=tukey cl diff pdiff lines;
title "Modelo mixto para b*";
ods output Tests3=Test_Fijos_b lsmeans=lsm_b; /* Guardar resultados */
run;
proc contents data=Test_Fijos_b;
   title "Estructura de la Tabla Test_Fijos_b";
run;
/* Impresión del test de efectos fijos */
proc print data=Test_Fijos_b;
   title "Test de Tipo III de Efectos Fijos para b*";
run;
/* interpretación automática según p-values */
data Interpretacion_b;
   set Test_Fijos_b;
   length Conclusion $50;
   if ProbF < 0.05 then Conclusion = "Significativo";
else Conclusion = "No Significativo";
run;
proc print data=Interpretacion_b;
   title "Interpretación de la Significancia de los Factores para b*";
run;
```

e. Código SAS para la evaluación sensorial.

```
/* Importar datos del archivo Excel: aceptación*/
proc import datafile="/home/u64009621/sasuser.v94/SENSORIAL/ACEPTACION.xlsx"
out=aceptacion
dbms=xlsx
replace;
sheet="Aceptación"; /* Nombre exacto de la hoja */
getnames=yes; /* Usa los nombres de las columnas */
run;
/* Importar datos del archivo Excel: atributos */
proc import datafile="/home/u64009621/sasuser.v94/SENSORIAL/ATRIBUTOS.xlsx"
out=atributos
dbms=xlsx
replace;
sheet="Atributo_Sensorial";
getnames=yes;
run;
proc print data=aceptacion; run;
proc print data=atributos; run;
/* Estadística descriptiva */
proc means data=queso_data mean stddev nway nonobs;
class trat;  /* Agrupar solo por tratamiento (asumiendo medición única en el tiempo) */
var Aceptacion Color Apariencia Textura Salado Acido Amargo Sabor_metalico
Sabor_rancio Acuosidad;
output out=means_sensorial (drop=_type_ _freq_)
mean=Mean_Aceptacion Mean_Color Mean_Aparencia Mean_Textura
Mean_Salado Mean_Acido Mean_Amargo Mean_Metalico Mean_Rancio
Mean_Acuosidad
stddev=Std_Aceptacion Std_Color Std_Aparencia Std_Textura
Std_Salado Std_Acido Std_Amargo Std_Metalico Std_Rancio Std_Acuosidad;
title "Estadísticos descriptivos por tratamiento";
run;
/* Visualización de resultados */
proc print data=means_sensorial noobs;
title "Resumen Sensorial por Tratamiento";
format Mean_: Std_: 8.2;
run;
/* Prueba de normalidad*/
ods select TestsForNormality;
ods output TestsForNormality=Normality_Test;
proc univariate data=queso_data normaltest;
var Aceptacion Color Apariencia Textura Salado Acido Amargo Sabor_metalico
Sabor_rancio Acuosidad;
run;
/* Filtrar solo la prueba de Shapiro-Wilk */
data Normality_Test_Filtrada;
set Normality_Test;
where Test = "Shapiro-Wilk";
rename VarName = Variable
pValue = Valor_p;
```

```
keep VarName Test pValue;
run;
/* Crear tabla con diagnóstico de normalidad */
data Normality_Summary;
set Normality_Test_Filtrada;
length Diagnostico $10;
if Valor_p >= 0.05 then Diagnostico = "Normal";
else Diagnostico = "No Normal";
run;
/* Imprimir el resumen */
proc print data=Normality_Summary noobs label;
title "Resumen de Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)";
label Variable = "Atributo Sensorial"
Test = "Prueba"
Valor_p = "Valor p"
Diagnostico = "Resultado";
run;
/* Homogeneidad de varianza*/
/* Crear tabla resumen */
proc sql;
create table Resumen_Homogeneidad_Sensorial (
Variable char(50),
Levene_Stat num,
Levene_pValue num,
Homogeneidad char(15)
   );
quit;

/* Macro para aplicar prueba de Levene */
%macro levene_sensorial(variable);
ods output HOVFTest=Levene_&variable;
proc glm data=queso_data;
class trat;
model &variable = trat;
  means trat / hovtest=levene;
    run;
    quit;
    ods output close;

 data Levene_&variable;
 set Levene_&variable;
 length Variable $50 Homogeneidad $15;
 Variable = "&variable";
 Homogeneidad = ifc(ProbF > 0.05, "Sí", "No");
 keep Variable FValue ProbF Homogeneidad;
 rename FValue = Levene_Stat
 ProbF = Levene_pValue;
 run;
 proc append base=Resumen_Homogeneidad_Sensorial
 data=Levene_&variable force;
```

```
 run;
%mend;

/* Ejecutar macro */
%levene_sensorial(Aceptacion);
%levene_sensorial(Color);
%levene_sensorial(Apariencia);
%levene_sensorial(Textura);
%levene_sensorial(Salado);
%levene_sensorial(Acido);
%levene_sensorial(Amargo);
%levene_sensorial(Sabor_metalico);
%levene_sensorial(Sabor_rancio);
%levene_sensorial(Acuosidad);
/*Modelo GLIMMIX con interacción*/
%macro glimix_sensorial(variable);
proc glimmix data=queso_data method=RSPL;
class trat(ref='C') rep;;
model &variable = trat / dist=normal ddfm=kr solution;
random _residual_ / group=trat;
lsmeans trat / adjust=tukey cl;
 ods output Tests3=GLIMMIX_&variable;
run;
%mend;
/* Llamado del macro para cada variable */
%glimix_sensorial(Aceptacion);
%glimix_sensorial(Color);
%glimix_sensorial(Apariencia);
%glimix_sensorial(Textura);
%glimix_sensorial(Salado);
%glimix_sensorial(Acido);
%glimix_sensorial(Amargo);
%glimix_sensorial(Sabor_metalico);
%glimix_sensorial(Sabor_rancio);
%glimix_sensorial(Acuosidad);
/* Crear una tabla vacía para el resumen con Significativo de 3 caracteres */
proc sql;
   create table Resumen_Glimmix (
      Variable char(50),
      FValue num,
      pValue num,
      Significativo char(3) /* Cambiado a 3 caracteres */
   );
quit;
%macro extraer_glimix(variable);
%let dataset_name = GLIMMIX_&variable;
/* Verificar si la tabla de resultados existe */
%if %sysfunc(exist(&dataset_name)) %then %do;
data temp;
set &dataset_name;
```

```
length Variable $50 Significativo $3; /* Asegurar que tenga 3 caracteres */
Variable = "&variable";
Significativo = ifc(ProbF < 0.05, "Sí", "No"); /* Determinar significancia */
keep Variable FValue ProbF Significativo;
rename ProbF = pValue;
run;
/* Agregar los resultados a la tabla resumen */
proc append base=Resumen_Glimmix data=temp force;
run;
%end;
%mend;
/* Ejecutar el macro para todas las variables */
%extraer_glimix(Aceptacion);
%extraer_glimix(Color);
%extraer_glimix(Apariencia);
%extraer_glimix(Textura);
%extraer_glimix(Salado);
%extraer_glimix(Acido);
%extraer_glimix(Amargo);
%extraer_glimix(Sabor_metalico);
%extraer_glimix(Sabor_rancio);
%extraer_glimix(Acuosidad);
/* Mostrar la tabla resumen */
proc print data=Resumen_Glimmix noobs label;
 title "Resumen de Prueba GLIMMIX";
label Variable = "Atributo Sensorial"
FValue = "Estadístico F"
pValue = "Valor p"
Significativo = "¿Diferencia Significativa?";
run;
/*PRUEBA POST-HOC DE TUKEY GRAMER*/
%macro glimix_tukey(variable);
proc glimmix data=queso_data method=RSPL;
class trat(ref='C') rep;
model &variable = trat / dist=normal ddfm=contain solution;
random _residual_ / group=trat;
lsmeans trat / adjust=tukey pdiff cl lines;
ods output Tests3=GLIMMIX_&variable
LSMeans=LSMEANS_&variable
Diffs=DIFFS_&variable;
run;
/* Agregar columna con el nombre del atributo */
data LSMEANS_&variable;
set LSMEANS_&variable;
atributo = "&variable"; /* Añadir el nombre del atributo */
run;
/* Mostrar los resultados con el nombre del atributo */
proc print data=LSMEANS_&variable label;
label atributo="Atributo Analizado"
trat="Tratamiento"
```

```
Estimate="Estimación";
   run;
%mend;
/* Ejecutar Tukey en los atributos significativos */
%glimix_tukey(Aceptacion);
%glimix_tukey(Apariencia);
%glimix_tukey(Sabor_metalico);
%glimix_tukey(Sabor_rancio);
```

Anexo 10. Tabla Estándar del Número Más Probable (NMP) – Método de Tres Tubos por Dilución.

Tubos Positivos (Serie 1-2-3)	NMP/mL Estimado	Límite Inferior	Límite Superior
0-0-0	<0.3	—	—
0-0-1	0.3	0.02	1.2
0-1-0	0.3	0.02	1.2
0-1-1	0.6	0.04	2.4
1-0-0	0.3	0.02	1.2
1-0-1	0.6	0.04	2.4
1-1-0	0.6	0.04	2.4
1-1-1	1.1	0.12	3.6
2-0-0	0.6	0.04	2.4
2-1-0	1.1	0.12	3.6
2-1-1	1.5	0.2	4.6
2-2-0	1.5	0.2	4.6
2-2-1	2.1	0.34	6.4
2-2-2	2.3	0.45	7.1
3-0-0	1.1	0.12	3.6
3-1-0	1.5	0.2	4.6
3-1-1	2.1	0.34	6.4
3-2-0	2.1	0.34	6.4
3-2-1	3.0	0.54	9.3
3-2-2	3.6	0.66	10.4
3-3-0	3.6	0.66	10.4
3-3-1	4.6	0.88	12.7
3-3-2	5.5	1.1	14.2
3-3-3	>11.0	—	—

Anexo 11. Ficha de evaluación sensorial del queso fresco.

Ficha de evaluación sensorial de queso fresco

Nombre del participante: _____

Fecha: ___/____/_____ Sexo: ☐ hombre ☐ mujer Edad: _____

Buenos días, el día de hoy evaluara 5 muestras de queso fresco. La prueba consiste en marcar con una línea vertical sobre la escala en el punto que mejor describa la intensidad del atributo analizado. Por favor enjuáguese la boca antes de empezar y después de evaluar cada muestra.

MUESTRA: _____

Aceptación

¿Cuánto le gusta este queso? No hay respuesta correcta o incorrecta, únicamente su percepción. Puede usar cualquier parte de la escala.



Me disgusta mucho | No me gusta ni disgusta | Me gusta mucho

Atributo sensorial

Color blanco



Blanco — Oscuro

Apariencia uniforme



Poco uniforme — Muy uniforme

Textura firme



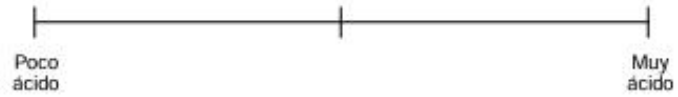
Poco firme — Muy firme

Salado



Poco salado — Muy salado

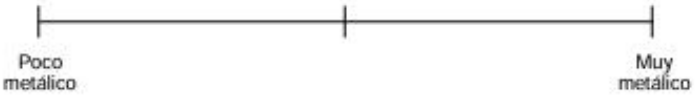
Ácido



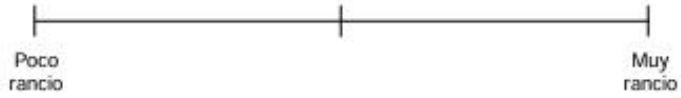
Amargo



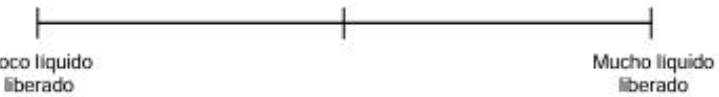
Sabor metálico



Sabor rancio (grasa soleada, oxidado)



Liberación de líquido en boca (acuosidad)



Anexo 12. Ficha técnica de sulfato ferroso microencapsulado.

Dr. Paul Lohmann®

Dr. Paul Lohmann GmbH & Co. KGaA • Postfach 1225 • D-31857 Emmerthal

Drocersa S.A.
Av. los Eucaliptos
Parcela 6, Sublote B-2,
Lurin
Lima 14
RUC 20100860351
PERU

Batch No	: **3078538-1**
Released by	: Dr.S.Weigelt
Man. /Release	: 28.08.2020
Expiry/Retest Date	: 27.08.2023
Our. conf. No	: **S22000545**
Your order	: mail dt. 26.10.20
Quantity	: 1.5 kg
Packing Unit	: Sample kg
DPL-Code No	: 522005985
Page	: 1(1)
Printing Date	: Emmerthal, 04.11.2020

Certificate of Analysis

Ferrous Sulfate Dried

micronised, micro encapsulated
10 % Fe(II), active ingredient/capsule material 30/70

Parameters	Limits	Results
Description	Fine granules	Fine granules
Colour	Buff-white/yellowish	Buff-white/yellowish
Identification	conforms	conforms
Lead (Pb)	max. 0.001 %	< 0.001 %
Mercury (Hg)	max. 0.0003 %	< 0.0003 %
Assay Fe(II)	8.0-12.0 %	8.6 %
Particle size on 0.5 mm	max. 5.0 %	4.4 %
Particle size through 0.1 mm	approx. 30.0 %	6.5 %
Melting point coating material	approx. 60.0 °C	approx. 60.0 °C

Ferrous Sulfate Dried, Ph.Eur., BP, USP, FCC, encapsulated with approx. 70 % vegetable fat

The product has been tested and found in compliance with above stated parameters. Above information does, however, not release customer from making his own controls upon receipt of goods.
This is a computer generated document and requires therefore no signature
Dr. Paul Lohmann GmbH & Co. KGaA, Hauptstrasse 2, D-31860 Emmerthal / Germany, Tel. +49 5155 63-0

SMO - V05 / 415

Anexo 13. Ficha Técnica de Pirofosfato Férrico.

Dr. Paul Lohmann®

Dr. Paul Lohmann GmbH KG - Postfach 12 20 - D-31857 Emmerthal

Drocersa S.A.
Av. los Eucaliptos
Parcela 6, Sublote B-2,
Lurin
Lima 16
RUC 20100860351
PERU

Batch No	**: 3039290**
Released by	: Dr.S.Weigelt
Man. /Release	: 24.02.2017
Expiry/Retest Date	: 23.02.2020
Our. conf. No	**: S21800098**
Your order	:
Quantity	: 0.2 kg
Packing Unit	: Sample kg
DPL-Code No	: 505064002
Page	: 1(1)
Printing Date	: Emmerthal, 06.03.2018

Certificate of Analysis
Ferric Pyrophosphate,approx.25% Fe

micronized powder, FCC 10

Parameters	Limits	Results
Description	micronised Powder	micronised Powder
Colour	Yellowish	Yellowish
Identification	conforms	conforms
Arsenic (As)	max. 0.0003 %	< 0.0003 %
Lead (Pb)	max. 0.0004 %	< 0.0004 %
Mercury (Hg)	max. 0.0003 %	< 0.0003 %
Loss on ignition (800°C/1h)	max. 20.0 %	13.6 %
Assay Fe	24.0-26.0 %	24.6 %
Particle size (d50)	2.0-5.0 micron	2.3 micron
Particle size (d90)	max. 20 micron	13.3 micron

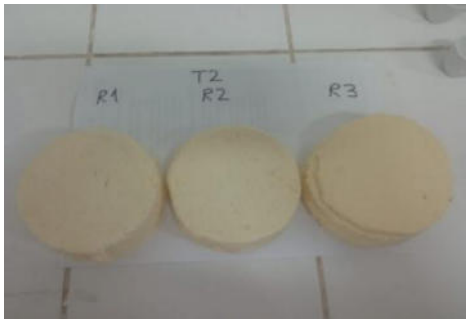
Manufacturer:
Dr. Paul Lohmann GmbH KG - Hauptstrasse 2 - D 31860 Emmerthal

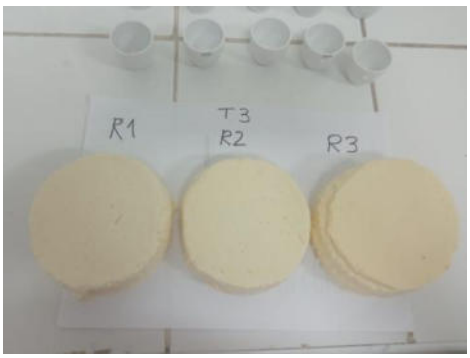
The product has been tested and found in compliance with above stated parameters. Above information does, however, not release customer from making his own controls upon receipt of goods.
This is a computer generated document and requires therefore no signature
Dr. Paul Lohmann GmbH KG, Hauptstrasse 2, D-31860 Emmerthal / Germany, Tel. +49 5155 63-0

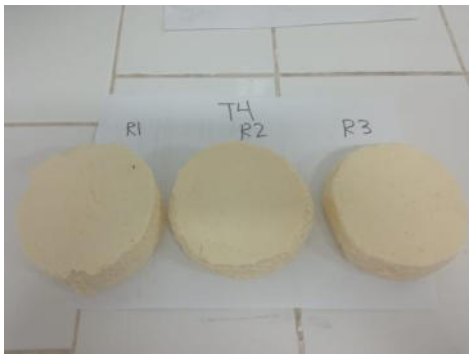
MP - E64 / 031

Anexo 14. Tratamientos para la medición del Extracto Seco











Anexo 15. Pesado, secado y enfriado de la muestra para la medición del Extracto Seco

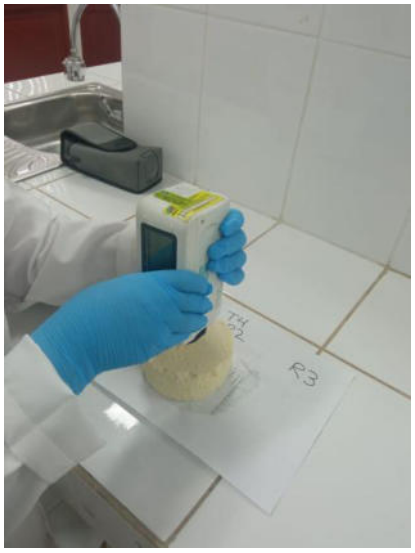




.



Anexo 16. Medición del color.



Anexo 17. Sustento de los objetivos específicos.

<table>
<tr><th>Nº</th><th>Cambio realizado</th><th>Sustento</th></tr>
<tr><td rowspan="8">1</td><td rowspan="2">Inclusión del Pirofosfato Férrico (PFF) como compuesto alternativo</td><td>Con la inclusión del pirofosfato férrico se puso aumentar la fortificación y con un relativamente bajo impacto en el análisis sensorial.</td></tr>
<tr><td>El PFF, en cambio, no alteró sabor ni apariencia incluso en concentraciones elevadas. Es menos reactivo, no genera oxidación y es ideal para matrices lácteas.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Cambio en las dosis de hierro: de 40, 80, 120 mg/kg a 90 y 300 mg/kg</td><td>Dosis más altas mayor dosificación, pero el éxito reside en el tipo de compuesto. (sus impactos en las características sensoriales y fisicoquímica del producto)</td></tr>
<tr><td>La dosis de 300 mg/kg es ambiciosa pero potencialmente exitosa, pero su viabilidad depende críticamente de la fuente de hierro, ya que con el SFM genera impactos negativos que hacen el producto inviable para el consumidor. En cambio, con el pirofosfato férrico puedes lograr una alta fortificación manteniendo una aceptabilidad sensorial</td></tr>
<tr><td>Las dosis previas (Jalili et al., 2017) eran seguras, pero no necesariamente eficaces para combatir anemia.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Sobre la composición química del queso fresco</td><td>El hierro afectó significativamente la humedad (↓) y aumentó el extracto seco (↑), lo que revela cambios estructurales reales.</td></tr>
<tr><td>Las dosis iniciales no se encontraron diferencias significativas en el contenido de grasa y proteínas tal como se muestra en el siguiente cuadro:
<table>
<tr><th colspan="6">proteina</th></tr>
<tr><th>SFM (mg/kg)</th><th>Repetición 1</th><th>Repetición 2</th><th>Repetición 3</th><th>Media</th><th>Tukey</th></tr>
<tr><td>0 (Control)</td><td>20.15</td><td>20.3</td><td>20.25</td><td>20.23</td><td>a</td></tr>
<tr><td>40</td><td>20.05</td><td>20.4</td><td>20.1</td><td>20.18</td><td>a</td></tr>
<tr><td>80</td><td>20.35</td><td>20.2</td><td>20</td><td>20.18</td><td>a</td></tr>
<tr><td>120</td><td>20.1</td><td>20</td><td>20.3</td><td>20.13</td><td>a</td></tr>
<tr><th colspan="6">grasa</th></tr>
<tr><th>SFM (mg/kg)</th><th>Repetición 1</th><th>Repetición 2</th><th>Repetición 3</th><th>Media</th><th>Tukey</th></tr>
<tr><td>0 (Control)</td><td>25.5</td><td>25.35</td><td>25.6</td><td>25.48</td><td>a</td></tr>
<tr><td>40</td><td>25.4</td><td>25.7</td><td>25.2</td><td>25.43</td><td>a</td></tr>
<tr><td>80</td><td>25.65</td><td>25.3</td><td>25.55</td><td>25.5</td><td>a</td></tr>
<tr><td>120</td><td>25.25</td><td>25.5</td><td>25.4</td><td>25.38</td><td>a</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Jalili et al. (2017) en queso Feta, evaluó la fortificación de queso Feta con compuestos de hierro, incluyendo sulfato ferroso, cloruro férrico y pirofosfato férrico, en concentraciones de 40, 60 y 80 mg de Fe/kg. Los resultados indicaron que no se encontraron diferencias significativas en la composición química (lo que incluye grasa y proteínas) entre el queso control y los quesos fortificados.</td></tr>
<tr><td>Aunque no se midió oxidación lipídica directamente, sí se evaluaron sus efectos sensoriales (sabor rancio, metálico). y resulto que fue significativamente más alto en el tratamiento SFM2 (sulfato ferroso microencapsulado a 300 mg Fe/kg), indicando que, a pesar de la microencapsulación, el efecto oxidativo fue percibido por los consumidores.</td></tr>
</table>

		Arce y ustunol (2018) En este estudio, los autores evaluaron la fortificación del queso Cheddar con sulfato ferroso microencapsulado, concluyendo que no se observaron cambios significativos en el contenido de proteínas ni de grasa, lo que indica que la microencapsulación evitó interacciones negativas del hierro con los macronutrientes clave de la matriz láctea.
	microbiológico	Soussa et al. (2016) evaluo los mesófilos y coliformes en bebidas lácteas fortificadas también se utilizó para determinar la vida útil y asegurar la conformidad con la legislación.
		Quicaño y Moreno (2023) en queso fresco fortificado con sangre bovina microencapsulada, el recuento de mohos, levaduras y coliformes totales fue fundamental para determinar la vida útil.
		Villaquirán et al, (2017) quienes elaboraron un alimento infantil a base de arveja, también realizaron análisis microbiológicos que incluyeron mesófilos aerobios, mohos, levaduras, coliformes fecales y totales, Salmonella y Staphylococcus coagulasa, de acuerdo con las normas técnicas vigentes.
3	profundizar en el análisis sensorial para detectar con mayor precisión los efectos reales de los compuestos de hierro utilizados en la fortificación del queso fresco.	La evaluación sensorial detallada, mediante escalas de intensidad o híbridas y paneles adecuados, es indispensable para detectar con precisión el impacto real de los compuestos de hierro en la fortificación del queso fresco.
		Los sabores metálico y rancio son preocupaciones comunes y fundamentales al fortificar alimentos con hierro, ya que este mineral puede inducir la oxidación lipídica y generar estos defectos Soussa et al, (2016).

Anexo 18. NTP 202.195:2019 – Leche y productos lácteos. Leche cruda.

NORMA TÉCNICA PERUANA

NTP 202.195
2019

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27) Lima, Perú

LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Queso fresco. Requisitos

MILK AND MILK PRODUCTS. Cool cheeses. Requirements

2019-03-29
2ª Edición

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

R.D. N° 005-2019-INACAL/DN. Publicada el 2019-04-09 Precio basado en 11 páginas
I.C.S.: 67.100.01 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Producto lácteo, queso, queso fresco

© INACAL 2019

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 817, San Isidro
Lima - Perú
Tel.: +51 1 640-8820
publicaciones@inacal.gob.pe
www.inacal.gob.pe

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

ÍNDICE

		página
	ÍNDICE	ii
	PRÓLOGO	iii
1	Objeto y campo de aplicación	1
2	Referencias normativas	1
3	Términos y definiciones	4
4	Composición esencial y factores de calidad	5
5	Requisitos	5
6	Aditivos alimentarios	7
7	Métodos de muestreo y análisis	7
8	Contaminantes	7
9	Higiene	8
10	Envase y rotulado	9
	ANEXO (INFORMATIVO) Contaminantes para la leche	10
	BIBLIOGRAFÍA	11

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

PRÓLOGO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 El Instituto Nacional de Calidad - INACAL, a través de la Dirección de Normalización, es la autoridad competente que aprueba las Normas Técnicas Peruanas a nivel nacional. Es miembro de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), en representación del país.

A.2 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Leche y productos lácteos, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de setiembre a noviembre de 2018, utilizando como antecedentes a los documentos que se mencionan en la Bibliografía.

A.3 El Comité Técnico de Normalización de Leche y productos lácteos presentó a la Dirección de Normalización -DN-, con fecha 2018-11-15, el PNTP 202.195:2018, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de discusión pública el 2019-01-26. No habiéndose recibido observaciones, fue oficializada como Norma Técnica Peruana **NTP 202.195:2019 LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Queso fresco. Requisitos**, 2ª Edición, el 09 de abril de 2019.

A.4 Esta segunda edición de la NTP 202.195 reemplaza a la NTP 202.195:2004 LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Queso fresco. Requisitos, la cual ha sido revisada técnicamente y contiene los siguientes cambios: se incluido capítulo de contaminantes, higiene, anexo con contaminantes para la leche. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:2016 y GP 002:2016.

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Coordinado por la Dirección de Normalización - INACAL[1]
Presidente	José Llamosas Corrales - Gloria S. A.

[1] Acuerdo de sesión del Comité Permanente de Normalización (CPN).

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

ENTIDAD	REPRESENTANTE
ALS LS Perú S. A. C.	Sara Gonzales Carrasco
Centro Nacional de Alimentación y Nutrición	Juan Quispe Mejía Clara Urbano Cáceres
CERPER - Certificaciones del Perú S. A.	Giuliana Del Rosario Depaz Lilia Fuertes Flores
Certificaciones y Calidad S. A. C. - Certifical	Rosario Grados Vásquez Cecilia Espinoza Cabrera
Certificadora y Laboratorios Alas Peruanas - CERTILAB A.P. S. A. C.	Rosa Nelly Rosas Gómez
DIGESA	Sonia Córdova Jara Nelly Bohorques Ramos
Frutarom Perú S. A.	Celeste Garcia Funegra
Intertek Testing Services Perú S. A.	Ana Vera Campos de Aguilar
Laboratorios Municipalidad de San Isidro	Carla Calizaya Limaco Esther Rosas Caraza
La Molina Consultores	María Zulema Villena Rozas
Laive S. A.	Diana Rodríguez Castillo
Ministerio de Agricultura - MINAGRI	Claudia Pandia Estrada
Ministerio de la Producción - PRODUCE	José Sado Cruz Masuda
Mead Johnson Nutrition	Silvana Agreda Sanguinetti
NSF INASSA S. A. C.	Cecilia Ascención Varela
Sociedad de Asesoramiento Técnico S. A. C.	Cecilia Falla Rosado Roxana Valenzuela Palacios
Consultora	Angélica Ramírez Lino

---oooOooo---

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Queso fresco. Requisitos

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

1 Objeto y campo de aplicación

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deben cumplir los quesos que se incluyan dentro del grupo de los quesos frescos.

Esta Norma Técnica Peruana es aplicable a los quesos frescos.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos a los cuales se hace referencia en el texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana en parte o en todo su contenido. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier modificación).

2.1 Normas Técnicas Internacionales

ISO 1735:2004 (IDF 5:2004)	Queso y queso fundido - Determinación del contenido de grasa - Método gravimétrico (Método de referencia)
ISO 5534:2004 (IDF 4:2004)	Queso y queso fundido - Determinación del contenido sólidos totales (método de referencia)

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

ISO 4832	Microbiología de alimentos y alimentos para animales – Método horizontal para la enumeración de coliformes Técnica de recuento de colonias
ISO 6888-1	Microbiología de alimentos y alimentos para animales - Método horizontal para la enumeración de estafilococos coagulasa-positivos (*Staphylococcus aureus* y otras especies) - Parte 1: Técnica que utiliza medio de agar Baird-Parker
ISO 6579-1	Microbiología de la cadena alimentaria - Método horizontal para la detección, enumeración y serotipado de Salmonella - Parte 1: Detección de *Salmonella* spp.
ISO 11290-1	Microbiología de la cadena alimentaria - Método horizontal para la detección y enumeración de *Listeria monocytogenes* y de *Listeria* spp. - Parte 1: método de detección
ISO 16649-3	Microbiología de la cadena alimentaria. Método horizontal para la enumeración de *Escherichia coli* beta-glucuronidasa positiva. Parte 3: Detección y técnica del número más probable utilizando 5-bromo-4-cloro-3-indolil-ß-D-glucurónido.
CODEX STAN 283-1978	NORMA GENERAL PARA EL QUESO
CODEX STAN 193-1995	NORMA GENERAL PARA LOS CONTAMINANTES Y LAS TOXINAS PRESENTES EN LOS ALIMENTOS Y PIENSOS

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

CAC/RCP 57-2004	CÓDIGO DE PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA LA LECHE Y LOS PRODUCTOS LÁCTEOS
CAC/RCP 1-1969	PRINCIPIOS GENERALES DE HIGIENE DE LOS ALIMENTOS
CAC/RCP 57-2004	CÓDIGO DE PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA LA LECHE Y LOS PRODUCTOS LÁCTEOS
CAC/GL 21-1997	PRINCIPIOS Y DIRECTRICES PARA EL ESTABLECIMIENTO Y LA APLICACIÓN DE CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS RELATIVOS A LOS ALIMENTOS

2.2 Normas Técnicas Nacionales

NTP 209.038	ALIMENTOS ENVASADOS. Rotulado
NTP 202.085	LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Definiciones y clasificación
NTP-ISO 5538 (IDF 113:2004)	LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Muestreo. Inspección por atributos

2.3 Normas Técnicas de Asociación

AOAC 979.13	Fosfatasa (residual) en leche
FDA/BAM	Online 8th Ed. Rev. A/1998. September 2002. Chapter 4, A, B, C y D (Revisada el 2017)

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

AOAC 991.14	Recuento de coliformes y *Escherichia coli* en alimentos

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana, se aplican los siguientes términos y definiciones:

3.1
queso fresco
es el queso obtenido a partir de leche pasteurizada, sin madurar, sin corteza, que está listo para su consumo poco después de su fabricación

3.1.1
queso fresco tradicional
es el queso blando, no madurado ni escaldado, moldeado, de textura relativamente firme, levemente granular, sin cultivos lácticos, obtenido por separación del suero después de la coagulación de la leche pasteurizada, entera, descremada o parcialmente descremada, o una mezcla de algunos de estos productos y que cumple con los requisitos especificados en la presente NTP

3.1.2
queso mozzarella
es un queso blando, elástico y liso, con una estructura fibrosa de largas hebras de proteína orientadas en paralelo, sin evidencia de gránulos de cuajada. Se puede moldear en varias formas, de coloración casi blanca

3.1.3
queso requesón
queso cottage
es el queso blando, sin corteza, no madurado, el cuerpo tiene un color casi blanco y una textura granular que consiste en gránulos discretos individuales de cuajada blanda de tamaño relativamente uniforme, y posiblemente cubierto con una mezcla cremosa

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

3.1.4
queso mantecoso
queso cremoso
es el queso blando, no madurado ni escaldado, con un contenido relativamente alto de grasa, de textura homogénea, cremosa, no granulada, preparado a partir de crema sola o mezclada con leche y cuajada con cultivos lácticos y opcionalmente con adición de enzimas

3.1.5
otros quesos frescos
cualquier otra variedad de queso fresco que cumpla con los requisitos especificados en la presente NTP

4 Composición esencial y factores de calidad

4.1 Materias primas

Leche y/o productos obtenidos de la leche.

4.2 Ingredientes autorizados

- Cultivos de fermentos de bacterias inocuas productora de ácido láctico y / o aromas y cultivos de otros microorganismos inocuos;
- Cuajo u otras enzimas coagulantes inocuas e idóneas;
- Cloruro de sodio;
- Agua potable;
- Gelatina y almidones: no obstante, lo dispuesto en la Norma General para Quesos (CODEX STAN 283-1978), estas sustancias pueden utilizarse con los mismos fines que los estabilizadores, a condición de que se añadan únicamente en las cantidades funcionalmente necesarias, conforme a las buenas prácticas de fabricación y teniendo en cuenta cualquier utilización de los estabilizadores / espesantes de acuerdo a lo establecido en el capítulo 6 de la presente NTP;

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

- Vinagre;

- Harinas de almidones de arroz, maíz y papa. No obstante, lo dispuesto en la Norma General para el queso (CODEX STAN 283-1978), estas sustancias pueden utilizarse con los mismos fines que los anticoagulantes para el tratamiento de la superficie de productos cortados, rebanados y desmenuzados únicamente, a condición de que se añadan únicamente en las cantidades funcionalmente necesarias, rigiéndose por las Buenas Prácticas de Fabricación y teniendo en cuenta cualquier utilización de los antiaglutinantes establecidos en el capítulo 6 de la presente NTP.

5 Requisitos

5.1 Requisitos generales

5.1.1 Los quesos frescos deberán elaborarse exclusivamente con leche pasteurizada y bajo estrictas condiciones higiénico-sanitarias.

NOTA: Para leche pasteurizada considerar la prueba de fosfatasa establecido en la AOAC 979.13.

5.1.2 La apariencia, textura, color, olor y el sabor de los quesos frescos deberán ser los característicos para el tipo de queso que corresponda y deberán estar libres de sustancias y caracteres sensoriales extraños.

5.1.3 Los quesos frescos no deberán presentar corteza.

5.1.4 La pasta deberá presentar una textura suave, deberá ser fácil de cortar y podrá presentar pequeñas grietas características.

5.1.5 La grasa y las proteínas lácteas de los quesos frescos no podrán ser sustituidas por elementos de origen no lácteo.

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

5.1.6 Los quesos frescos deberán conservarse bajo condiciones de refrigeración, a temperaturas entre 2 °C y 6 °C , hasta su consumo.

5.2 Requisitos fisicoquímicos

Tabla 1 - Requisitos fisicoquímicos

Requisitos	Elaborado a base de leche entera	Elaborado a base de leche parcialmente descremada	Elaborado a base de leche descremada	Métodos de ensayo
Materia grasa en el extracto seco (% m/m)	≥ 40	≥ 15	< 15 (*)	ISO 1735:2004 (IDF 5:2004)
Humedad (% m/m)	≥ 46	≥ 46	≥ 46	(**)

* Para el queso cottage, el porcentaje de grasa deberá ser menor de 6 % .
** La humedad se obtiene restando de 100, el extracto seco, determinado por el método ISO 5534:2004 (IDF 4:2004).

6 Aditivos alimentarios

Se podrán utilizar los aditivos alimentarios permitidos por la autoridad sanitaria nacional competente y por el Codex Alimentarius, en su versión vigente, para los productos contemplados en esta NTP.

7 Métodos de muestreo y análisis

Para los métodos de análisis véase el capítulo 2 de la presente Norma Técnica Peruana.

La inspección y muestreo se realizarán de acuerdo con lo estipulado en la norma NTP-ISO 5538:2004 (IDF 113:2004).

8 Contaminantes

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Los productos cubiertos por esta NTP deberán cumplir con los niveles máximos para contaminantes que se especifican para el producto en la Norma General para Contaminantes y Toxinas en Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995), véase Anexo A.

La leche utilizada en la fabricación de los productos cubiertos por esta NTP deberá cumplir con los niveles máximos para contaminantes y toxinas especificados por la Norma General para Contaminantes y Toxinas en Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995), plaguicidas de acuerdo al Codex Alimentarius[2] y con los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios establecidos por la Autoridad Sanitaria Nacional Competente .

9 Higiene

Se recomienda que los productos cubiertos por las disposiciones de esta NTP se preparen y manejen de acuerdo con las secciones correspondientes de los Principios generales de higiene de los alimentos (CAC/RCP 1-1969), el Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos (CAC/RCP 57-2004) y otros textos pertinentes del Codex como Códigos de prácticas de higiene.

Los productos deben cumplir con los criterios microbiológicos establecidos por la autoridad nacional competente (véase la Tabla 2), así como en lo establecido en la CAC/GL 21-1997.

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

[2] Véase http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities/es

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

Tabla 2 - Requisitos microbiológicos

Agente microbiano	Unidad	Categoría	Clase	n	c	Límite		Método de ensayo
						m	M	
Coliformes	UFC/g	5	3	5	2	$5x10^2$	10^3	ISO 4832 AOAC 991.14
Salmonella sp. / 25 g	Presencia o ausencia/25 g	**10**	2	5	**0**	Ausencia	-	ISO 6579-1
Escherichia coli	NMP/g	**6**	3	5	**1**	3	**10**	ISO 16649-3
Staphylococcus aureus	UFC/g	7	3	5	2	10	10^2	ISO 6888-1
Listeria monocytogenes	Presencia o ausencia/25 g	**10**	2	5	**0**	Ausencia	-	ISO 11290-1

NOTA:
Categoria: Grado de riesgo que representa los microorganismos en relación con las condiciones previsibles de manipulación y consumo del alimento.
Clase: Es la clasificación que se da a los planes de muestreo por atributos, que pueden ser de dos o tres.

10 Envase y rotulado

10.1 Envase

Los envases a utilizar serán de materiales adecuados para la conservación y manipulación del producto. No deberán transmitirle sabores, colores ni olores extraños y podrán ser de dimensiones y formas variadas.

10.2 Rotulado

Además de las disposiciones de la Autoridad Sanitaria Nacional Competente[3], se deberán cumplir con las disposiciones establecidas en la NTP 209.038 y la NTP 202.085.

[3] D.S. N° 007-2017-MINAGRI que aprueba el Reglamento de la leche y productos lácteos.

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ANEXO A
(NORMATIVO)

Contaminantes para la leche

De acuerdo con lo establecido en la CODEX STAN 193- 1995:

A.1 Plomo y aflatoxina M_1

Nombre del producto: Leche

Contaminante	Nivel máximo (NM) µg/kg	Parte del producto básico/producto a que se aplica el nivel máximo (NM)	Nota/observación
Plomo	0,02	Todo el producto	La leche es la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior. Se aplica un factor de concentración a las leches parcial o totalmente deshidratadas
Aflatoxina M1	0,5		

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

BIBLIOGRAFÍA

[1] CODEX STAN 221-2001, Enm. 4:2018 Norma colectiva para el queso no madurado incluido el queso fresco

[2] CODEX STAN 273-1968, Rev. 3:2018, Enm. 3:2018, Norma para el queso cottage

[3] CODEX STAN 262-2006, Enm. 4:2018, Norma para la mozzarella

[4] D.S. N° 007-2017-MINAGRI que aprueba el Reglamento de la leche y productos lácteos

[5] NTP 202.195:2004, LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Queso fresco. Requisitos. 2ª Edición

[6] NTS N° 120-MINSA/DIGESA V.01 Norma Sanitaria que establece los Límites Máximos de Residuos (LMR) de medicamentos veterinarios en alimentos de consumo humano". Aprobado por R.M. N° 372-2016/MINSA

[7] NTS 071/MINSA-DIGESA V.01 Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

© INACAL 2019 - Todos los derechos son reservados

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : Gina Gisela Mendoza Apaza
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 72958316
Correo electrónico : ginamendozaapaza@gmail.com
Teléfono/Celular : 954673615

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : Efecto de la adición de Sulfato Ferroso microencapsulado sobre las características Fisicoquímicas, Microbiológicas y sensoriales de queso Fresco.
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : Alimentos y bebidas
c) Fecha de publicación : .....

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Erick Manuel Saldaña Villa
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 45469129
c) ORCID : 0000-0002-4018-2852

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 72958316
NOMBRES Y APELLIDOS : Gina Gisela Mendoza Apaza

02

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 72958316

NOMBRES Y APELLIDOS : Gina Gisela Mendoza Apaza

FECHA : 18 de Setiembre del 2025

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Gina Gisela Mendoza Apaza,
bachiller de la Escuela Profesional de: Ingeniería Agroindustrial,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº 72958316, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
"Efecto de la adición de Sulfato ferroso microencapsulado sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de queso Fresco."

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 18 de Setiembre del 2025



Huella digital

Nombres y Apellidos: Gina Gisela Mendoza Apaza
DNI: 72958316

GINA MENDOZA

Efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriale.

My Files
My Files
Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::29566:516228761

Fecha de entrega
21 oct 2025, 6:18 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
21 oct 2025, 6:24 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
Efecto de la adición de sulfato ferroso microencapsulado sobre las características fisicoquímicas,....pdf

Tamaño del archivo
2.7 MB

171 páginas

39.015 palabras

221.502 caracteres

22% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

17% Fuentes de Internet
6% Publicaciones
16% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

Caracteres reemplazados
71 caracteres sospechosos en N.° de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Texto oculto
21 caracteres sospechosos en N.° de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 777-2025-CU

Moquegua, 29 de octubre de 2025

VISTOS:

El Proveído N° 4383-2025-R de fecha 27 de octubre de 2025 emitido por el Rectorado, Informe N° D0456-2025-UNAM-R-SG de fecha 27 de octubre de 2025 emitido por el Secretario General, Informe Técnico N° D0148-2025-SEGE-GT emitido por la Especialista Administrativo I–Grados y Títulos, el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Extraordinaria N° 41-2025-SE-CU-UNAM, de fecha 29 de octubre de 2025, y;

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4to párrafo del artículo 18, de la Constitución Política del Perú, dispone que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Y el artículo 8º de la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y demás normativa aplicable. Concordante con el artículo 1, de la Ley Nº 31520, Ley que restablece la autonomía y la institucionalidad de las universidades peruanas, así como la Ley N° 32141, Ley que modifica la Ley N° 30220-Ley Universitaria, a fin de fortalecer la institucionalidad de las Universidades Públicas licenciadas;

Que, el Artículo 58, de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que el Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la Universidad. Concordante con el artículo 18° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado bajo Resolución de Asamblea Universitaria N° 015-2025-AU-UNAM;

Que, el artículo 59 de la Ley Universitaria-Ley N° 30220, establece las atribuciones del Consejo Universitario, y específicamente el numeral 59.9, establece; Conferir los grados académicos y los títulos profesionales aprobados por las Facultades y Escuela de Posgrado, así como otorgar distinciones honoríficas y reconocer y revalidar los estudios, grados y títulos de universidades extranjeras, cuando la universidad está autorizada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. Concordante con el numeral 14, del artículo 20° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, el Sr. Rector es el personero y representante legal de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme a lo dispuesto por la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, tiene a su cargo la Dirección, Conducción y Gestión del Gobierno Universitario en todos sus ámbitos, concordante con el artículo 24° y numeral 2 del artículo 26° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, mediante Informe Técnico N° D0148-2025-SEGE-GT de fecha 27 de octubre de 2025, e Informe N° D0456-2025-UNAM-R-SG de fecha 27 de octubre de 2025, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado el expediente para el trámite de Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial de la Bachiller: MENDOZA APAZA GINA GISELA de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quien se encuentra apta para la expedición del Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios, exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de Actividades y Servicios Académicos y la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, razón por la cual, el señor Secretario General incluye dicho expediente como punto de agenda para ser tratado en Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 29 de octubre de 2025;

Que, el artículo 44° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...). Asimismo la Ley N° 31803, modifica el artículo en mención adicionando; La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determina los criterios, así como establece y supervisa el procedimiento administrativo para el reconocimiento de grados y títulos otorgados en el extranjero, en el marco de la normativa vigente;

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022, N° 880-2023-UNAM y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Extraordinaria N° 41-2025-SE-CU-UNAM, de fecha 29 de octubre de 2025, emitió, el siguiente, Acuerdo, POR UNANIMIDAD CONFERIR, a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial por la modalidad de sustentación de tesis al Bachiller: MENDOZA APAZA GINA GISELA, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Nacional de Moquegua;

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 777-2025-CU

Moquegua, 29 de octubre de 2025

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220 Ley Universitaria, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario:

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: CONFERIR, A NOMBRE DE LA NACIÓN a la Bachiller

- **MENDOZA APAZA GINA GISELA**
  TESIS : "EFECTO DE LA ADICIÓN DE SULFATO FERROSO MICROENCAPSULADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES DE QUESO FRESCO", cuyo Asesor Principal fue el Dr. Erick Manuel Saldaña Villa.

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL.**

Por la modalidad de SUSTENTACIÓN DE TESIS, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 2°: ENCARGAR, al Secretario General a través de quien corresponda, para que realice las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO 3°: DISPONER, el cumplimiento de la presente Resolución a todas las dependencias de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 4°: DISPONER la publicación de la presente resolución en el Portal Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua www.unam.edu.pe

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE;

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA SECRETARIA GENERAL

ABOG. EDGAR PINTO HUANCAVILCA
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA CONSEJO UNIVERSITARIO

DR. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
RECTOR
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCION:
VRA
VR
FACCS
EPIA
GyT
DASA
OTI
Interesado
c.c. Arch.

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe