



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD INGENIERÍA  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Evaluación del efecto del uso de enzimas comerciales (*mucorpepsina tipo L* y *quimosina*) en la cuantificación de la calidad del queso fresco obtenidos a escala semiindustrial en el CETTEPS.

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial**

**Autor:**

Guamán Gualli Cristian Fabricio

**Tutor:**

Ing. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

**Riobamba, Ecuador. 2025**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Cristian Fabricio Guamán Gualli con cédula de ciudadanía 0605544238, autor del trabajo de investigación titulado: Evaluación del efecto del uso de enzimas comerciales (*mucorpepsina tipo L* y quimosina) en la cuantificación de la calidad del queso fresco obtenidos a escala semiindustrial en el CETTEPS, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 18 de diciembre del 2025



Cristian Fabricio Guamán Gualli  
C.I: 0605544238

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Evaluación del efecto del uso de enzimas comerciales (*mucorpepsina tipo L* y quimosina) en la cuantificación de la calidad del queso fresco obtenidos a escala semiindustrial en el CETTEPS, bajo la autoría de Cristian Fabricio Guamán Gualli; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 18 días del mes de diciembre de 2025



Ing. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga Ms.C  
C.I: 0603950577

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Evaluación del efecto del uso de enzimas comerciales (*mucorpepsina tipo L* y quimosina) en la cuantificación de la calidad del queso fresco obtenidos a escala semiindustrial en el CETTEPS por Cristian Fabricio Guamán Gualli, con cédula de identidad número 0605544238, bajo la tutoría de Mgs. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 18 de diciembre del 2025

PhD. Byron Adrián Herrera Chávez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



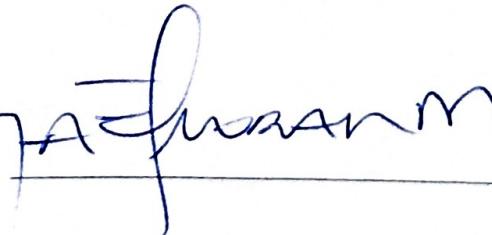
---

PhD. Cristian Javier Patiño Vidal  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Mgs. José Antonio Escobar Machado  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---



# CERTIFICACIÓN

Que, **CRISTIAN FABRICIO GUAMÁN GUALI** con CC: **0605544238**, estudiante de la Carrera de **AGRINDUSTRIA**, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL USO DE ENZIMAS COMERCIALES (MUCORPEPSINA TIPO L Y QUIMOSINA) EN LA CUANTIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL QUESO FRESCO OBTENIDOS A ESCALA SEMIINDUSTRIAL EN EL CETTEPS.”**, cumple con el 14% (9% Textos potencialmente generados por la IA, 4% Similitudes) de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO MAGISTER+**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 11 de diciembre de 2025



Mgs. Sebastián Guerrero L.  
**TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## DEDICATORIA

A lo largo de este recorrido académico, he tenido el privilegio de contar con personas cuyo apoyo y presencia han sido luz en los momentos de oscuridad, inspiración en los desafíos y compañía en cada paso de este camino. A todos ellos, les expreso mi más profundo y sincero agradecimiento.

En primer lugar, dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía y fortaleza constante. Por darme la sabiduría, la paciencia y la fe necesarias para seguir adelante, aun cuando las fuerzas parecían agotarse.

A mi amada familia, por su amor incondicional y por ser mi mayor motivación. A mis padres Guadalupe y Eliseo, gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis hermanas, por su compañía y palabras de aliento que me dieron impulso en los momentos más desafiantes.

A mis docentes y mentores, por compartir su conocimiento con generosidad y por su acompañamiento durante todo este proceso académico. Gracias por ser parte fundamental de mi formación profesional.

Y a las amistades que encontré en el camino, gracias por cada risa, cada consejo, cada momento de desahogo y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Su amistad ha sido un regalo invaluable.

A todos ustedes, gracias de corazón.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme el espacio, los recursos y el acompañamiento necesarios para mi formación profesional.

Extiendo mi sincero agradecimiento a los docentes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, quienes con su guía, conocimientos y constante motivación me orientaron en cada etapa del proceso. De manera especial, reconozco el acompañamiento académico y humano de mi tutor, el Ing. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga, así como de los docentes que estuvieron presentes en este camino, cuyo compromiso y experiencia fueron fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

# ÍNDICE GENERAL

<b>DECLARATORIA DE AUTORÍA</b>	
<b>DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR</b>	
<b>CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL</b>	
<b>CERTIFICADO ANTIPLAGIO</b>	
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>RESUMEN</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCION</b>	14
1.1    Antecedentes.....	14
1.2    Problema.....	15
1.3    Justificación.....	15
1.4    Objetivos.....	16
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	17
2.1    MARCO REFERENCIAL .....	17
2.2    MARCO TEORICO .....	19
2.2.1    Definición y Características del Queso Fresco .....	19
2.2.2    Clasificación .....	22
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGIA</b>	24
3.1    Tipo de Investigación. ....	24
3.2    Diseño Experimental .....	24
3.2.1    Materiales y equipos para la elaboración de queso fresco.....	26
3.2.2    Diagrama de flujo .....	26
3.2.3    Proceso de elaboración de queso fresco .....	27
3.3    Técnicas de Recolección de Datos .....	28
3.3.1    Recepción de la materia prima.....	29
3.3.2    Análisis de acidez .....	29

3.3.3	Análisis del contenido de grasa .....	29
3.3.4	Análisis de humedad.....	29
3.3.5	Medición de pH .....	29
3.3.6	Medición del rendimiento.....	29
3.3.7	Prueba sensorial .....	30
3.4	Población de Estudio y Tamaño de Muestra .....	30
3.5	Procesamiento de Datos.....	30
3.6	Métodos de Análisis .....	30
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>32</b>
4.1	Resultados de la variación en el proceso en la aplicación de dos tipos de enzimas.	32
4.1.1	Análisis de los resultados.....	37
4.2	Análisis de la eficiencia del proceso y la variabilidad de los atributos del queso....	38
4.2.1	Comparación de la Eficiencia del Proceso .....	38
4.2.2	Variabilidad en los Atributos del Queso.....	38
4.3	Resultados de la estandarización del proceso de elaboración del queso fresco .....	39
4.3.1	Revisión de Maquinarias Disponibles: .....	39
4.3.2	Especificaciones del Procedimiento: .....	40
4.3.3	Puntos de Control: .....	40
4.3.4	Estandarización del proceso.....	41
4.3.5	Análisis de la eficiencia del Procedimiento: .....	41
4.4	Resultados análisis sensorial. .....	41
4.4.1	Cremosidad:.....	42
4.4.2	Textura:.....	43
4.4.3	Salado: .....	44
4.4.4	Sabor y aroma:.....	45
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>47</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	47
5.2	RECOMENDACIONES .....	47
<b>BIBLIOGRÁFIA .....</b>		<b>49</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>51</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Variables de estudio .....</i>	25
<i>Tabla 2 Tiempos y temperaturas para la producción .....</i>	25
<i>Tabla 3 Prueba sensorial .....</i>	26
<i>Tabla 4 Datos de la materia prima (Mucorpepsina tipo L) .....</i>	33
<i>Tabla 5 Datos iniciales de la materia prima. (Quimosina).....</i>	33
<i>Tabla 6 Resultados fisicoquímicos (mucorpepsina).....</i>	34
<i>Tabla 7 Resultados fisicoquímicos (quimosina).....</i>	34
<i>Tabla 8 Resultados obtenidos por tipo de enzima .....</i>	35
<i>Tabla 9 Análisis estadístico.....</i>	36
<i>Tabla 10 Comparación de procesos.....</i>	38
<i>Tabla 11 Variación en los procesos .....</i>	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Diagrama de flujo queso fresco.</i> .....	26
<i>Figura 2 Grafica de control de tiempos y temperaturas durante el proceso.</i> .....	32
<i>Figura 3 tanque de pasteurizado.....</i>	39
<i>Figura 4 Prensa.....</i>	40
<i>Figura 5 Comparación de la cremosidad entre las dos enzimas .....</i>	42
<i>Figura 6 Comparación de la textura.....</i>	43
<i>Figura 7 Comparación de preferencia del salado .....</i>	44
<i>Figura 8 Preferencia del sabor y aroma entre las dos muestras .....</i>	45

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como propósito evaluar el efecto de dos enzimas coagulantes comerciales, mucorpepsina tipo L y quimosina, sobre la calidad del queso fresco elaborado a escala semiindustrial en el CETTEPS, con el fin de determinar cuál ofrece mejores características fisicoquímicas, sensoriales y de rendimiento. La investigación responde a la necesidad de optimizar el proceso de coagulación y estandarizar la producción semiindustrial, considerando que la actividad enzimática incide directamente en la textura, acidez, humedad y composición del producto final. Se empleó un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) bajo un diseño experimental completamente al azar, conformado por dos tratamientos (una enzima por tratamiento) y tres repeticiones, desarrollados en dos escalas: laboratorio y semiindustrial. Los análisis fisicoquímicos (pH, humedad, sólidos totales y rendimiento) se realizaron conforme a la norma NTE INEN 1528, complementados con la evaluación del comportamiento del proceso (cuajado, desueroado y prensado) y una prueba sensorial con un panel de 15 consumidores, utilizando una escala hedónica y un queso comercial como referencia. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos. La quimosina presentó valores superiores de pH (6,04), humedad (63,57 %) y rendimiento (16,02 %), mientras que la mucorpepsina mostró mayor concentración de sólidos totales (38,69 %), lo que indica una estructura más compacta. En ambas escalas se observó un incremento del rendimiento en la producción semiindustrial, destacando la quimosina como la más eficiente. En el análisis sensorial, la quimosina obtuvo mejores puntuaciones en cremosidad y textura, asociadas a una mayor retención de humedad, mientras que la mucorpepsina generó quesos más firmes y con sabor ligeramente más intenso. La estandarización del proceso permitió definir parámetros óptimos de pasteurización, cuajado, prensado y salado, reduciendo la variabilidad y mejorando la consistencia del producto. En conclusión, la quimosina se consolida como la enzima más adecuada para la producción de queso fresco a escala semiindustrial, debido a su mayor rendimiento y atributos sensoriales, mientras que la mucorpepsina constituye una alternativa para obtener quesos más firmes y con mayor contenido de sólidos.

**Palabras clave:** quimosina, mucorpepsina, queso fresco, enzimas comerciales, producción semiindustrial.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of two commercial coagulant enzymes, Mucorpepsin type L and Chymosin, on the quality of fresh cheese produced at a semi-industrial scale at CETTEPS, to determine which enzyme provides better physicochemical, sensory, and yield characteristics. The research addresses the need to optimize the coagulation process and standardize semi-industrial cheese production, considering that enzymatic activity directly influences texture, acidity, moisture, and final composition. A mixed-methods approach (quantitative and qualitative) was applied under a completely randomized experimental design, with two treatments (one enzyme per treatment) and three replications, conducted at two scales: laboratory and semi-industrial. Physicochemical analyses (pH, moisture, total solids, and yield) were performed according to NTE INEN 1528, complemented by process evaluation (curd formation, whey drainage, pressing) and a sensory test with a panel of 15 consumers using a hedonic scale and a commercial cheese as reference. Results revealed significant differences between treatments ( $p < 0.05$ ). Chymosin showed higher pH (6.04), moisture (63.57%), and yield (16.02%), whereas Mucorpepsin exhibited greater total solids content (38.69%), indicating a more compact gel structure. Yield improved at the semi-industrial scale for both treatments, with Chymosin being the most efficient. Sensory analysis indicated that Chymosin achieved better scores for creaminess and texture, associated with higher moisture retention, while Mucorpepsin produced firmer cheeses with a slightly more intense flavor. Process standardization allowed the definition of optimal parameters for pasteurization, coagulation, pressing, and salting, reducing variability and improving product consistency. In conclusion, Chymosin proved to be the most suitable enzyme for semi-industrial fresh cheese production due to its superior yield and sensory attributes, whereas Mucorpepsin represents an alternative for producing firmer cheeses with higher solids content.

**Keywords:** chymosin, mucorpepsin, fresh cheese, commercial enzymes, semi-industrial production.



### Reviewed by:

Mgs. Jessica María Guaranga Lema  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0606012607

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Antecedentes

El queso es el producto obtenido por coagulación de la leche cruda o pasteurizada (entera, semidescremada y descremada), constituido esencialmente por caseína de la leche en forma de gel más o menos deshidratado. Mediante este proceso se logra preservar el valor nutritivo de la mayoría de los componentes de la leche, incluidas las grasas, proteínas y otros constituyentes menores, generando un sabor especial y una consistencia sólida o semisólida en el producto obtenido. (López y Vélez-Ruiz., 2012)

Con la revolución industrial, la industria quesera experimentó avances significativos en la producción y distribución. La invención de la pasteurización permitió un mayor control de la calidad y la seguridad de los productos lácteos. Además, la industrialización llevó a la creación de instalaciones de producción de mayor escala, lo que aumentó la disponibilidad de quesos para un público más amplio (Reinheimer, 2021).

Dentro del proceso de elaboración de queso uno de los pasos más indispensables la coagulación de la caseína, provocada mediante la acción combinada de enzimas proteolíticas (cuajos de distintos tipos) y calcio. El proceso de formación del coágulo incluye 2 etapas. En la primera, se desarrolla un proceso enzimático modulado por la quimosina, la cual rompe los enlaces entre los aminoácidos fenilalanina y metionina presentes en la  $\kappa$ -caseína, liberándose el glicomacropéptido en la solución. (López y Vélez-Ruiz., 2012). En la segunda etapa, los agregados de para- $\kappa$ -caseína producen el coágulo. Hasta la etapa de coagulación, los procedimientos básicos en la elaboración de los diferentes tipos de quesos son muy similares; sin embargo, las etapas siguientes varía de acuerdo con el tipo de queso a producir.

De acuerdo a los datos descritos anteriormente, en este proyecto de investigación se busca identificar en exactitud la diferencia entre el uso de las enzimas (*mucorpepsina tipo L* y quimosina) para la cuantificación de la calidad del queso fresco a escala semiindustrial, puesto que se conoce que usar estas diferentes enzimas en el queso fresco provoca diferencias en cuanto a calidad o rendimiento, pero no se conoce con exactitud y no se tienen datos estadísticos que demuestren cual es mejor en cuanto a productividad.

Una vez se hayan realizado las pruebas de calidad con la implementación de las enzimas será posible determinar cuál es la mejor en base a datos de rendimiento y calidad en el queso, lo cual permita escoger cuál de estas es más apta para implementarla en una mayor producción.

Para lograr esta investigación se requerirá de uso de tecnología, máquinas y equipos lácteos semiindustriales los cuales proveerá la planta CETTEPS con la finalidad de comprobar las diferencias significativas de estas enzimas en el rendimiento del queso fresco.

## 1.2 Problema

Las enzimas son proteínas altamente específicas que desempeñan un papel fundamental en la coagulación de la leche durante la elaboración del queso fresco, al incidir directamente en su textura, sabor y rendimiento. No obstante, su comportamiento dentro del medio lácteo es complejo, ya que su actividad puede variar en función de factores como la temperatura, el pH y el tipo de leche utilizada, lo que dificulta una cuantificación precisa y reproducible. La determinación exacta de la actividad enzimática requiere técnicas de laboratorio sofisticadas y costosas, lo que representa una limitación en entornos productivos con recursos restringidos (Moral et al., 2015)

Otro aspecto relevante radica en la diversidad de enzimas coagulantes empleadas en la producción de queso fresco. Cada tipo de enzima puede generar efectos distintos sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto final, por lo que resulta esencial comprender su comportamiento e impacto en la calidad del queso. En particular, la *mucorpepsina* tipo L y la quimosina son enzimas de uso frecuente que pueden mostrar diferencias en su rendimiento y en las características del queso obtenido, lo que hace necesario su estudio comparativo.

La producción de queso a escala semiindustrial presenta desafíos adicionales en comparación con la producción a escala de laboratorio, ya que las variables del proceso como la temperatura, el pH, el tiempo de coagulación y la concentración de enzimas se vuelven más difíciles de controlar. En el laboratorio, estas condiciones se pueden mantener con mayor precisión; Sin embargo, a medida que aumenta el nivel de producción, el control se vuelve difícil si no se dispone de equipos y herramientas adecuados, lo que puede provocar cambios en las propiedades del producto terminado. (Suaza, 2020)

En este contexto, la problemática de la presente investigación se centra en la evaluación del efecto del uso de enzimas comerciales *mucorpepsina* tipo L y quimosina en la calidad del queso fresco elaborado a escala semiindustrial, con el fin de identificar cuál de ellas permite alcanzar mejores propiedades fisicoquímicas y un rendimiento recomendable bajo condiciones controladas de producción. En este contexto surgen interrogantes científicas como: ¿de qué manera influye el uso de estas enzimas en la calidad del queso fresco elaborado a escala semiindustrial?, ¿existen diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas del queso según la enzima utilizada?, y ¿cómo afecta la escala de producción al comportamiento y rendimiento de las enzimas durante la coagulación de la leche?

## 1.3 Justificación

Esta investigación se lleva a cabo debido a la necesidad de identificar la enzima más adecuada para la producción de queso fresco a escala semiindustrial. La aplicación de distintas enzimas comerciales permitirá determinar el tratamiento óptimo para la elaboración del queso, lo que contribuirá a mejorar el rendimiento del proceso y a reducir los costos de

producción. Los resultados obtenidos permitirán establecer parámetros técnicos que faciliten la estandarización del proceso y la obtención de un producto de calidad uniforme, aun cuando se trabaje a mayor escala.

Desde una perspectiva académica, este estudio contribuirá a la exploración de la literatura sobre información científica respecto a la acción de la *mucorpepsina tipo L* y la quimosina, enzimas comerciales, en la coagulación de la leche y la calidad del queso fresco. Los resultados serán el punto de referencia para futuros estudios que busquen la optimización de los procesos de transformación láctea.

También identificará la enzima orientada a la producción que mejore el rendimiento y la calidad para mejorar el uso de materias primas y recursos técnicos dentro del ámbito productivo. Mejorará la eficiencia del proceso de producción y la adaptación de las condiciones de trabajo a una escala semiindustrial sin comprometer las propiedades del producto final.

A nivel industrial, los resultados permitirán recomendar enzimas de alta calidad con rendimiento comprobado a las empresas lácteas, resultando en un rendimiento y calidad óptimos del queso fresco. Esto ayudará a asegurar el fortalecimiento tecnológico del sector y la rentabilidad y sostenibilidad de la producción semiindustrial.

## 1.4 Objetivos

### General

- Evaluar del efecto del uso de enzimas comerciales (*mucorpepsina tipo L* y quimosina) en la cuantificación de la calidad del queso fresco obtenidos a escala semiindustrial en el CETTEPS

### Específicos

- Medir la variación en el proceso con dos diferentes tipos de enzimas en el cambio de escala de laboratorio a semiindustrial.
- Analizar los cambios físico-químicos dentro de las características del queso con la aplicación de las enzimas en ciertas condiciones de tiempo y temperatura
- Examinar la eficiencia en el proceso de elaboración de queso al aplicar las dos diferentes tipos de enzimas y la variabilidad que estas generan en los atributos del queso de una escala de laboratorio a semiindustrial.
- Estandarizar el procedimiento del queso con las especificaciones y PCC establecidos para la capacidad de las maquinarias que contiene la planta del CETTEPS (Centro de transferencia tecnológica, saberes, producción y servicios).

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 MARCO REFERENCIAL

El primer proceso bioquímico importante en la elaboración del queso es convertir la leche en un gel blando llamado cuajada. Los primeros queseros descubrieron que era la composición abomasal de la carne la que conducía a la formación de cuajada. Así, desde los inicios de la producción quesera, empresas agrícolas especializadas suministraban a los queseros estómagos secos de vaca u oveja, o los concentraban o secaban para reducir los costes asociados a los riesgos de producción a finales del siglo XX (o almíbar líquido o en polvo) y proporcionar condiciones de producción más higiénicas (Liburdi et al, 2019)".

La escalabilidad industrial, es un paso clave para pasar de la investigación y desarrollo a la producción a lo grande, a gran escala. Según (Anaya & Pedroza, 2018) "escalar un proceso o equipo implica cambiarlo de su escala de investigación, como laboratorio o piloto, a escala industrial, para la producción", es un proceso lleno de dificultades técnicas, operativas, y también logísticas. Este cambio, no solo exige cambios en la infraestructura, sino también entender bien los factores que afectan eficiencia, la calidad, la rentabilidad, a esa nueva escala.

De acuerdo con (Darvin et al., 2020) La materia prima es crucial en la producción de alimentos, especialmente en la fabricación de queso, siendo la leche el insumo más importante. El control de calidad de estos insumos es de gran importancia, porque impacta la seguridad alimentaria, la calidad final, la eficiencia del proceso, y también la satisfacción del cliente. Al emprender la producción a escala semiindustrial, no solo se demanda materia prima excelente sino también una fórmula de producto bien hecha asegurando la calidad rendimiento, y consistencia, cumpliendo, encima, con las reglas. Desde un punto de vista financiero, tener una formulación ya establecida ayuda a controlar gastos de fabricación según el volumen.

El estudio de (Cuesta de Santos, 2018), revela, que el control de calidad en la producción de quesos a nivel semiindustrial es vital por varios motivos. En esta fase, las compañías viven una transición clave dejando atrás métodos artesanales por procesos que meten cosas de la producción a gran escala. Un control de calidad adecuado primordialmente garantiza la seguridad alimentaria previniendo contaminaciones y, por cierto, asegurando cumplir las normas en vigor. También, esto deja detectar y solucionar al momento cualquier problema con el producto identificando las causas detrás y metiendo mejoras al proceso. Señala asimismo que, por medio de un control de calidad que funciona, el producto permanece con muy alta aceptación en el mercado y eso impulsa el crecimiento de la empresa, ya que garantiza la uniformidad en las peculiaridades del producto durante un buen tiempo.

El estudio de (Moreno & Ramos, 2014) investigó el uso de quimosina transgénica en la elaboración de queso, evaluando su impacto en características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales. Los análisis incluyeron humedad, grasa, sólidos totales, pH, y la presencia de coliformes, *Salmonella*, hongos y levaduras, así como aspectos como el olor, sabor y textura del queso. Los resultados mostraron que no había diferencias significativas entre las variedades de queso analizadas, y los valores promedio se mantuvieron dentro de los parámetros de calidad, indicando que la quimosina transgénica no afectó las propiedades del queso. Esto sugiere que su uso puede ser una alternativa viable que optimice la producción y mejore la consistencia del producto en la industria quesera.

La investigación de (Furtado, 2017) sobre el rendimiento en la fabricación de quesos explora los métodos que emplean para evaluar y mejorar la eficiencia productiva, pone el foco en cómo los elementos clave que afectan la calidad y la efectividad del procesamiento, son esenciales para minimizar pérdidas. Se subraya la necesidad de un control preciso de factores como la cantidad de leche, el tiempo de coagulación y la temperatura para maximizar calidad y rentabilidad. Los resultados sugieren que un control adecuado de estos aspectos mejora la consistencia y el rendimiento del queso, consiguiendo así mayor éxito comercial, aseguran productos de alta calidad y bajan los costes.

El (Codex Alimentarius, 2020) fija regulaciones para el empleo de coagulantes enzimáticos en la producción quesera, se enfoca en que la quimosina y la *mucorpepsina* deben cumplir rigurosos criterios de seguridad y calidad. Esas normas pretenden asegurar que los quesos producidos con enzimas comerciales, sean seguros para el consumo y satisfagan las expectativas del cliente.

Fox (2017), en su estudio señaló que la quimosina es altamente específica para la ruptura de la k-caseína en la leche, por tanto, produce una formación de coágulos más uniforme y estable. Por otro lado, la *mucorpepsina*, obtenida de hongos como *Mucor miehei*, tiene una menor especificidad, lo que puede causar que las proteínas se descompongan más de lo adecuado, generando sabores residuales amargos en quesos frescos. Esto se ha realizado porque en la elección de la enzima coagulante podría influir directamente en la aceptabilidad sensorial del producto.

López y Recio (2018), investigaron la producción de hidrolizados proteicos en quesos frescos, llegando a la conclusión que la quimosina optimiza la funcionalidad del producto, especialmente en lo que concierne a la retención de humedad y su textura. Al contrario, los quesos frescos, elaborados con *mucorpepsina*, mostraron una retención de humedad considerablemente inferior, lo que podría influir negativamente en su textura y calidad en general.

En otro estudio, Mota et al. (2015), analizaron el rendimiento de quesos manufacturados con *mucorpepsina* como una opción barata frente a la quimosina. Si bien el rendimiento fue algo menor, demostraron cómo modificaciones en las condiciones de coagulación, por ejemplo, temperatura y pH, podrían mitigar estos efectos desfavorables. No

obstante, el análisis sensorial demostró que los quesos con *mucorpepsina* eran más propensos a sabores amargos, en comparación a los que llevaban quimosina.

Además, Singh & Cadwallader (2016), investigaron el impacto de la actividad proteolítica de la quimosina y la *mucorpepsina* en el perfil de sabor del queso fresco. Sus resultados indicaron que la quimosina produce quesos con un perfil sensorial más limpio y neutro, mientras que la *mucorpepsina* genera sabores residuales debido a su capacidad para degradar otras proteínas además de la k-caseína. Este hallazgo refuerza la preferencia por la quimosina en la producción de quesos frescos de alta calidad.

Según Walstra et al. (2016), el uso de quimosina aumenta el rendimiento del queso fresco por su habilidad para atrapar más proteínas y grasas durante la coagulación. Los investigadores encontraron que los coágulos creados con quimosina son más densos, presentando mejor retención de humedad, también ofreciendo una textura más cremosa. En cambio, la *mucorpepsina* elabora coágulos menos fuertes y con más separación de suero, esto a veces da como resultado un queso más seco y menos homogéneo.

Finalmente, Gobbetti et al. (2015), enfatizaron lo importante que son las tecnologías nuevas para usar mejor las enzimas durante la fabricación de queso. Los investigadores mencionaron que la quimosina recombinante, que se produce con biotecnología, es un método super eficiente y se reproduce con facilidad para la calidad y el rendimiento. Si bien la *mucorpepsina* sigue siendo barata, su aplicación demanda más cuidados para prevenir problemas relacionados con el sabor y la textura.

## 2.2 MARCO TEORICO

### 2.2.1 Definición y Características del Queso Fresco

El queso fresco es un producto lácteo que se distingue por su alto contenido de humedad y su textura suave y cremosa. A diferencia de otros quesos que pasan por procesos de maduración y envejecimiento, el queso fresco se consume en un estado relativamente joven. Esto le otorga un sabor suave y una versatilidad culinaria, ya que se presta tanto para preparaciones dulces como saladas. En su forma más básica, el queso fresco se elabora a partir de leche cruda o pasteurizada, a la que se le agrega un cultivo láctico y una enzima coagulante para inducir la formación de cuajada. Luego, el suero se drena, y el queso resultante se somete a un proceso de enfriamiento y salado (García, et. al, 2023).

El queso fresco también es rico en proteínas y tiene un bajo contenido de grasa. Es adecuado para planes de dieta, incluidos aquellos dirigidos a la pérdida de peso y la salud en general. Además, es una fuente de calcio, fósforo y otros minerales esenciales (Hernández, et. al, 2023).

### Definición de Cuajo

El cuajo es una enzima que juega un papel fundamental en el proceso de producción de queso fresco. Su función principal es coagular la caseína, una proteína presente en la

leche, para formar una masa sólida que eventualmente se convertirá en queso. El cuajo se obtiene típicamente del cuajar, que es la parte del estómago de animales rumiantes, como terneros, que contiene esta enzima.

El cuajo necesario para la coagulación de la leche y la formación del gel láctico, que es el primer paso en la producción de queso fresco. En este proceso, el cuajo descompone la caseína, y permite que las proteínas se unan, para retener el suero, cambiando la leche líquida a una mezcla casi sólida.

La cantidad y el tipo de cuajo que usas son de gran importancia para la textura y las características del queso fresco final. Es vital verificar que el cuajo empleado en la elaboración del queso fresco siga los estándares de calidad y seguridad alimentaria. De otra manera, así el tiempo y la cantidad de coagulación se controlen bien para obtener el mejor producto (Pérez, et. al, 2023).

### **Enzimas coagulantes**

#### **Mucorpepsina**

Una de las proteinasas aspárticas microbianas, fue descubierta como una enzima de coagulación de la leche para la fabricación de queso cuando hubo escasez de quimosina en terneros La *mucorpepsina* es ahora la principal enzima microbiana de coagulación de la leche utilizada en la industria, aunque la endotriapepsina de *Endotia parasitaria*, también se utiliza en pequeña medida. (Beppu & Nishiyama, 2013)

Es un tipo de coagulante fúngico obtenido principalmente a partir de ciertas especies de hongos del género *Mucor*, como *Mucor miehei* o *Mucor pusillus*. Su función principal es similar a la de la renina animal o los coagulantes microbianos, en el sentido de que ayuda en el proceso de coagulación de la leche, un paso crucial en la fabricación del queso.

#### **Ventajas y Características:**

Beppu & Nishiyama, (2013) menciona las siguientes ventajas y características:

- **Origen No Animal:** Al ser de origen fúngico, la *mucorpepsina* es una alternativa para la producción de quesos que requieren evitar ingredientes de origen animal.
- **Consistencia en la Producción:** Genera una coagulación consistente y controlable, lo que es importante en la producción a escala industrial y semiindustrial.
- **Consideraciones:**
- **Ajuste de la Fórmula y el Proceso:** Puede ser esencial que la formulación y el proceso de los productos producidos se ajusten según sea necesario cuando el proceso de producción cambie de un coagulante a otro (por ejemplo, cuajo animal a *mucorpepsina* tipo L).

- **Costos y Disponibilidad:** Los costos y la disponibilidad de estos coagulantes pueden variar en comparación con las fuentes tradicionales como la renina animal, lo que puede influir en la decisión de usarlos en la producción de quesos.

### **Quimosina**

Es un enzima proteolítico que se obtiene tradicionalmente del abomaso (cuarto estómago) de terneros jóvenes. Se encuentra, como enzima digestivo, mezclada con pepsina, siendo la proporción de quimosina, y la calidad del cuajo, mayor cuanto más joven es el animal. También se encuentra en otras especies animales, como el cerdo. Durante muchos siglos se ha utilizado como en la fabricación de queso el estómago de los terneros secado al sol y triturado. (Calvo, 2017)

La quimosina es una enzima clave en la elaboración de quesos, desempeñando un papel fundamental en el proceso de coagulación de la leche. Con los avances en la biotecnología, la quimosina ahora también se produce por medio de técnicas de fermentación utilizando microorganismos modificados genéticamente, lo que ha aumentado su disponibilidad y aceptabilidad, especialmente entre los consumidores preocupados por el bienestar animal.

### **Coagulación enzimática**

La coagulación enzimática es la desestabilización de las micelas de caseína de la leche para formar un gel. Esto se debe principalmente por la acción de enzimas proteolíticas como la quimosina, que rompe el enlace entre fenilalanina y metionina en la  $\kappa$ -caseína, liberando el glicomacropéptido y permitiendo la agregación de las micelas (Fox, 2017). Debido a que la quimosina es altamente específica, esto resulta en coágulos más uniformes, mientras que la *mucorpepsina*, que es menos selectiva, también puede desencadenar la formación de sabores amargos como resultado de una degradación excesiva de la proteína (Bolognesi et al., 2024).

### **Actividad proteolítica**

La actividad proteolítica tiene su impacto en la textura y el sabor del queso. Un control adecuado favorece una textura cremosa, mientras que un exceso puede generar péptidos amargos que afectan la experiencia sensorial, tal como notan (Singh & Cadwallader, 2016).

### **Sinéresis**

La sinéresis, que viene a ser la liberación del suero durante la formación del gel. Es necesario un control apropiado ya que así conduce a una consistencia óptima, previniendo fallos como humedad excesiva o grietas (Walstra et al., 2016).

### **Estructura de la caseína**

Las micelas de caseína son agregados de proteínas y minerales que confieren estabilidad a la leche. Durante la coagulación, la acción enzimática sobre la  $\kappa$ -caseína desestabiliza estas micelas, permitiendo la formación del coágulo. La estructura y composición de las micelas determinan la firmeza y retención de humedad en el queso (López & Recio, 2018).

### **Normas ecuatorianas para productos lácteos.**

Las regulaciones ecuatorianas establecen parámetros de calidad para la leche y el queso fresco:

- NTE INEN 09:2012: Requisitos para la leche cruda.
- NTE INEN 1528:2012: Requisitos para el queso fresco.

### **Procesos de escalamiento industrial en lácteos**

El escalamiento industrial implica adaptar procesos de laboratorio a producción semiindustrial o industrial, manteniendo la calidad y eficiencia. Este proceso requiere ajustes en variables como temperatura, tiempo y volumen, además de la implementación de equipos especializados para garantizar la homogeneidad del producto (Anaya & Pedroza, 2018)

#### **2.2.2 Clasificación**

##### **Tipos de quesos**

La NTE INEN 1528:2012 menciona que de acuerdo a su composición y características físicas el producto, se clasifica en:

- a) Segundo el contenido de humedad
  - Duro
  - Semiduro
  - Semiblando
  - Blando
- b) Segundo el contenido de grasa láctea
  - Rico en grasa
  - Entero o Graso
  - Semidescremado o bajo en grasa
  - Descremado o Magro

##### **Tipos de Quimosina**

- Animal: Tradicionalmente, la quimosina se extraía del cuajo de terneros. Este método es todavía utilizado para algunos quesos tradicionales y de especialidad.

- **Microbiana y Fermentación:** Hoy en día, la quimosina normalmente es producida mediante fermentación utilizando organismos genéticamente modificados, lo que permite una producción eficiente, sostenible y libre de preocupaciones éticas relacionadas con el uso de animales.
- **Vegetal:** También hay fuentes vegetales de enzimas que tienen características similares a la quimosina, aunque no son tan utilizadas.

### **Consideraciones en la Producción de Queso**

Según (Fox, 2017) se debe considerar:

- **Selección del Tipo de cuajo:** La elección entre quimosina animal, microbiana o vegetal puede según el costo, la disponibilidad, las preferencias del mercado y las regulaciones.
- **Control del Proceso:** La precisión en la dosificación del cuajo, así como el control del proceso de coagulación, son fundamentales para lograr las características de textura y sabor deseadas en el queso.
- **Cumplimiento de normativas:** Es necesario asegurar que el uso de cualquier tipo de cuajo cumpla con las normas alimentarias locales e internacionales.

## CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

### 3.1 Tipo de Investigación.

La investigación titulada “Evaluación del efecto del uso de enzimas comerciales (*mucorpepsina tipo L* y quimosina) en la cuantificación de la calidad del queso fresco obtenido a escala semiindustrial” se desarrolló con un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo y se caracteriza por su naturaleza experimental y de campo. Para su realización, se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la producción de queso a escala semiindustrial. Además, se considera una investigación de campo, ya que se llevó a cabo en el Centro de Transferencia Tecnológica, Saberes, Producción y Servicios (CETTEPS).

Se realizó una búsqueda detallada de información para establecer los insumos necesarios, así como las condiciones óptimas de tiempo, temperatura, y cantidades para llevar a cabo el proceso de elaboración del queso (NTE INEN 1528) en diferentes escalas. Además, se investigaron los aspectos críticos del escalamiento industrial, pasando de una producción a escala de laboratorio a una escala semiindustrial, con el fin de determinar las mejores condiciones para la producción.

Para lograr esto, se realizaron una serie de pruebas bajo diferentes condiciones con el fin de comparar las características del producto final. El resultado de esto no solo fue mejorar la calidad del queso fresco; también en la optimización del proceso de producción usando enzimas de alta calidad para garantizar un mejor rendimiento y consistencia de calidad para los quesos frescos.

### 3.2 Diseño Experimental

La investigación se llevó a cabo con un enfoque experimental, realizando pruebas para determinar las condiciones óptimas de temperatura, tiempos y cantidad de insumos necesarios. A partir de la evaluación de los atributos del producto final, se identificó el tratamiento más adecuado para la elaboración del queso. Después, los parámetros definidos a escala de laboratorio fueron ajustados y aplicados a una escala mayor, para la evaluación y validación de los resultados.

Se utilizó un diseño completamente aleatorio considerando dos tratamientos (*mucorpepsina* y quimosina) y tres repeticiones por tratamiento. El análisis de los datos se realizó empleando ANOVA, junto con la prueba de Tukey, el cual tuvo una significancia de *p* menor que 0,05. Para la evaluación sensorial se usó una ficha. Esta incluyó atributos tales como sabor, textura, aroma y cremosidad. Se utilizó, además, una escala hedónica de -5 a +5, donde, 0 simbolizaba el queso comercial a modo de referencia.

En la tabla 1 se presentan las variables de estudio.

**Tabla 1***Variables de estudio*

Variable	Descripción
Dependiente	Características físico químicas y microbiológicas
Independiente	Enzimas <i>mucorpepsina tipo L</i> y <i>quimosina</i>

En la tabla 2 se encuentran las condiciones de tiempo y temperatura para la elaboración del producto.

**Tabla 2***Tiempos y temperaturas para la producción*

ENZIMA	PARÁMETRO	PRIMERA PRODUCCIÓN	SEGUNDA PRODUCCIÓN	TERCERA PRODUCCIÓN
<b><i>MUCORPEPSINA TIPO L</i></b>	T de 65 °C pasteurización		65 °C	65 °C
	Tiempo de 30 pasteurización (min)		30	30
	T de 38 °C coagulación		38 °C	38 °C
	Tiempo de 45 coagulación (min)		45	45
<b><i>QUIMOSINA</i></b>	T de 65 °C pasteurización		65 °C	65 °C
	Tiempo de 30 pasteurización (min)		30	30
	T de 38 °C coagulación		38 °C	38 °C
	Tiempo de 45 coagulación (min)		45	45

Para el análisis, se realizó en dos escalas de producción: laboratorio y semiindustrial, utilizando las enzimas *Mucorpepsina tipo L* y *Quimosina*. Se evaluaron los siguientes parámetros físico-químicos del queso:

- pH
- Humedad
- Sólidos totales
- Rendimiento

**Tabla 3**  
*Prueba sensorial*

Atributo	Descripción	Puntuación (-5 a +5)
Sabor	Intensidad y equilibrio del sabor	
Textura	Firmeza y suavidad del queso	
Aroma	Perfil aromático del queso	
Creosidad	Sensación cremosa en boca	
Salado	Nivel de sal percibido	

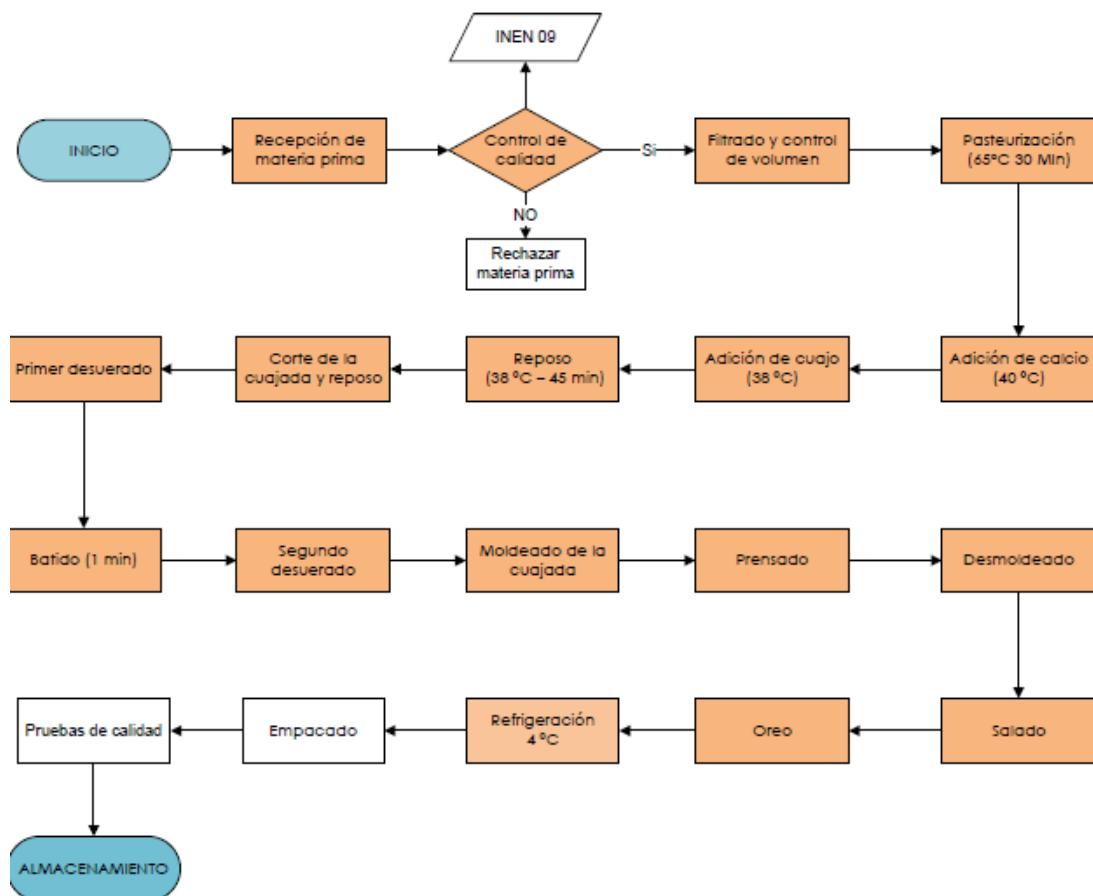
### 3.2.1 Materiales y equipos para la elaboración de queso fresco

Para el proceso de elaboración del queso fresco se utilizaron los siguientes materiales y equipos: Baldes, telas para filtrar, ollas, mallas, lira, moldes, milkotester, caldero, banco de hielo, olla doble fondo, termómetro, mesa de moldeo, prensa, cuarto frío, empacadora al vacío.

### 3.2.2 Diagrama de flujo

**Figura 1**

*Diagrama de flujo queso fresco.*



### **3.2.3 Proceso de elaboración de queso fresco**

#### **Recepción de la materia prima**

La leche, fue recibida previa verificación de su cumplimiento con los estándares de calidad establecidos por la norma INEN 09. A continuación, se llevó a cabo un control de volumen y se procedió con la filtración.

#### **Pasteurización**

Para el proceso de pasteurización se utilizó vapor de agua en una olla de doble fondo, además que durante el proceso se mantuvo una velocidad de batido constante para homogenizar la leche. equipo y homogeneizar la leche. Se continuó aplicando vapor de agua hasta que la temperatura alcanzó los 65°C. Una vez alcanzada la temperatura deseada, se cerraron las válvulas que regulaban el vapor de agua, manteniendo la leche a esta temperatura durante 30 minutos.

Luego, se redujo la temperatura haciendo circular agua fría a través del doble fondo, con el equipo de homogeneización encendido durante todo el proceso. Para acelerar el proceso, se abrieron las válvulas de la olla de doble fondo para eliminar el agua hasta llegar a una temperatura de 40°C para la adición de los otros insumos.

#### **Adición del Calcio y el Cuajo**

Al alcanzar una temperatura de 40 °C, se incorporó la solución de calcio, tras lo cual se continuó el enfriamiento de la leche mediante la circulación de agua fría en el doble fondo del tanque, hasta obtener una temperatura de 38 °C. En este punto del proceso, se interrumpió el funcionamiento del homogeneizador para proceder con la adición del cuajo. Para la primera enzima, de acuerdo a la ficha técnica, se emplearon 7 mL de cuajo por cada 100 L de leche, disueltos en agua en una proporción equivalente a 15 veces el volumen del cuajo utilizado. En el caso de la segunda enzima, se utilizó un sobre de cuajo por cada 75 L de leche. Con el fin de garantizar una distribución homogénea del cuajo, se mantuvo una agitación constante durante 5 minutos, seguida de un reposo de 45 minutos para permitir una coagulación óptima de la leche.

#### **Corte de la cuajada y reposo**

Después de cortar la cuajada con la ayuda de una lira y ajustarla al tamaño de un frijol, se deja reposar durante 5 minutos. El objetivo es liberar el suero atrapado dentro de la cuajada, lo que facilita el drenaje y ayuda a formar la textura del queso.

#### **Primer Desuerado**

Luego del corte de la cuajada, se retiró una pequeña cantidad de suero y se procedió a realizar un batido ligero durante 1 minuto. Estos pasos son fundamentales en el proceso de

producción de queso fresco para obtener la textura y consistencia deseadas en el producto final.

### **Segundo Desuerado**

Tras realizar el batido y dejar reposar la cuajada, se permitió que el suero fluyera y, posteriormente, se procedió a retirar el suero de la cuajada.

### **Moldeo**

Se continuó con la preparación de los moldes, que se lavaron y esterilizaron previamente con vapor caliente. Los moldes se seleccionaron según el tamaño deseado para el queso. Luego, se separó el suero de la cuajada y esta se transfirió a los moldes correspondientes, donde se dejó reposar para facilitar el drenaje del suero. Se realizó un primer volteo y se colocó una malla alrededor del queso.

### **Prensado**

Luego, se colocó el queso en sus moldes con una malla y un taco en la parte superior. En esta etapa, se aplicó presión con una máquina prensadora durante un tiempo de 1 hora, según para facilitar la eliminación del suero restante y a darle la forma y firmeza deseada al queso.

### **Salado**

El queso se sumerge en una tina con salmuera preparada a una concentración de 22 % de sal, donde permanece durante 30 minutos o más, según el nivel de sal que se desee alcanzar en el producto.

### **Oreo**

Este paso se llevó a cabo en un periodo de 24 horas a una temperatura de 4° C para eliminar el exceso de humedad del queso.

### **Empacado**

En el proceso de empacado, se seleccionaron envases estériles según el tamaño de los quesos, asegurándose de que no contengan objetos extraños. Se utilizó una empacadora al vacío para sellar los quesos bajo presión y se revisa que no haya fugas de aire. Los quesos frescos empacados se almacenaron en refrigeración, manteniendo una temperatura de 4 °C para preservar su calidad.

## **3.3 Técnicas de Recolección de Datos**

Para llevar a cabo la investigación, se emplearon diversas técnicas de recolección de datos. En primer lugar, se utilizó la observación directa para registrar el proceso de

producción y recopilar información sobre las etapas de elaboración del queso fresco. Además, se recolectaron datos de los análisis físico-químicos y microbiológicos con el objetivo de valuar la composición y la seguridad alimentaria del producto. Para realizar estos análisis fue necesario la toma de muestras de queso fresco para su posterior análisis en laboratorio, además se realizó una prueba de degustación del producto comparándolo con uno que se encuentra de manera comercial.

Los análisis de acidez, grasa, humedad y pH se realizaron siguiendo las recomendaciones de la NTE INEN 1528, que establece los métodos de referencia para la verificación de estos parámetros en quesos frescos.

### **3.3.1 Recepción de la materia prima**

Se verificó el cumplimiento de la NTE INEN 9:2012 – Leche cruda. Requisitos, que establece parámetros de calidad como acidez, densidad y ausencia de contaminantes para garantizar la inocuidad del producto.

### **3.3.2 Análisis de acidez**

Se evalúa la acidez titulable del queso para determinar expresado en el porcentaje de ácido láctico, para determinar su frescura y calidad. Este análisis se realizó mediante una volumetría de neutralización, con una solución de hidróxido de sodio estandarizada y como indicador fenolftaleína. La acidez es un parámetro clave para garantizar la frescura y calidad del queso.

### **3.3.3 Análisis del contenido de grasa**

El análisis de la grasa se realizó mediante el método de Gerber en donde se disuelve la muestra con ácido sulfúrico y alcohol amílico para separar la grasa mediante centrifugación.

### **3.3.4 Análisis de humedad**

Se mide el porcentaje de agua presente en el queso. Este análisis se realizó secando una muestra en una estufa a una temperatura controlada (generalmente  $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) hasta obtener un peso constante. El contenido de humedad influye directamente en la textura, vida útil y características sensoriales del queso fresco.

### **3.3.5 Medición de pH**

Una porción de queso fue homogenizada con agua destilada, y el pH fue medido con un potenciómetro previamente calibrado con soluciones buffer estándar (pH 4 y pH 7).

### **3.3.6 Medición del rendimiento**

El cálculo incluyó posibles ajustes por sólidos totales de la leche y pérdidas ocurridas durante el proceso. El objetivo fue evaluar la eficiencia del proceso de producción, así como

el impacto de factores como las enzimas en el rendimiento final. Este se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{kg de producto terminado}}{\text{kg de leche inicial}} * 100$$

### 3.3.7 Prueba sensorial

Se realizó una prueba sensorial para comparar las características organolépticas de los quesos, utilizando como referencia un queso comercial. El análisis se llevó a cabo con un panel 15 personas con edades entre 18 y 60 años que son consumidores frecuentes de queso fresco. Las muestras fueron codificadas con números aleatorios y presentadas en orden aleatorio a los evaluadores. Se calificaron atributos como sabor, olor, color y textura en una escala de -5 a 5, donde el queso comercial fue el punto de referencia (valor 0). Las calificaciones más alejadas de 0 indicaron mayores diferencias en las características del queso, mientras que los valores cercanos a 0 indicaron ausencia de diferencias significativas.

## 3.4 Población de Estudio y Tamaño de Muestra

La población de estudio está conformada por los dos tipos de quesos obtenidos a partir de la aplicación de los dos tipos de enzimas coagulantes (*mucorpepsina tipo L* y *quimosina*), de los cuales se realizaron tres repeticiones para cada una, dando un total de seis muestras de queso para el análisis.

Para las pruebas de degustación, la población de estudio estuvo conformada por consumidores de productos lácteos de la ciudad de Riobamba. Se seleccionó un panel de 15 personas conformado por consumidores frecuentes de queso.

## 3.5 Procesamiento de Datos

El procesamiento de los datos comenzó con la organización de la información recolectada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, donde se registraron las mediciones físico-químicas (acidez, pH, humedad, grasa y rendimiento) y los resultados de la prueba de degustación. Posteriormente, se realizó una revisión exhaustiva de los datos para garantizar su integridad, eliminando inconsistencias, valores atípicos y errores de transcripción.

## 3.6 Métodos de Análisis

Se calcularon estadísticas descriptivas, como la media, desviación estándar y coeficiente de variación, para resumir las características de cada tratamiento. En la prueba de degustación, los puntajes asignados por los panelistas a los atributos sensoriales (sabor, textura, olor y apariencia) fueron registrados y analizados mediante pruebas estadísticas no paramétricas para evaluar las diferencias entre los productos elaborados con las dos enzimas y el producto comercial.

Para identificar diferencias significativas en las variables físico-químicas entre los tratamientos, se aplican pruebas inferenciales, como el análisis de varianza (ANOVA), y, de ser necesario, la prueba de Tukey para comparaciones múltiples. Finalmente, los resultados fueron representados gráficamente mediante tablas y diagramas de barras, lo que facilitó la

visualización de las diferencias entre los tratamientos. El análisis y la interpretación de los datos se realizaron utilizando Microsoft Excel y Statgraphics, asegurando la validez y precisión en la identificación del tratamiento más efectivo.

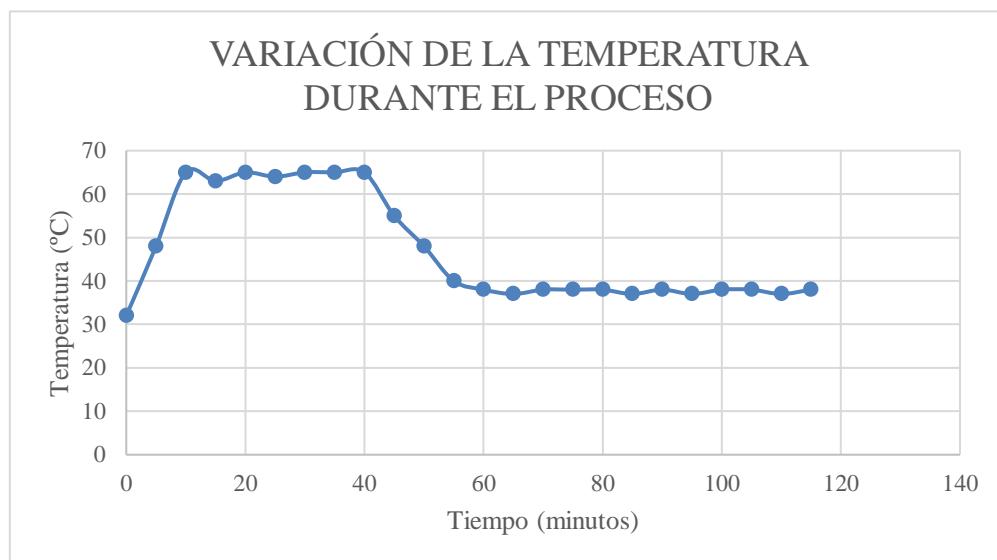
## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación del efecto del uso de enzimas comerciales (*mucorpepsina tipo L* y *quimosina*) en la calidad del queso fresco a escala semiindustrial se llevó a cabo mediante una serie de análisis físico-químicos y sensoriales. Estas pruebas permitieron recopilar información clave sobre el rendimiento, la textura y la composición del producto final, proporcionando una visión integral del impacto de las enzimas en el proceso de producción. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos recolectados, los cuales permitirán comprender mejor la influencia de estas enzimas y proponer mejoras para optimizar la calidad del queso fresco.

### 4.1 Resultados de la variación en el proceso en la aplicación de dos tipos de enzimas.

**Figura 2**

*Grafica de control de tiempos y temperaturas durante el proceso.*



La figura 2 muestra la variación de temperatura durante el proceso de pasteurización y cuajado de la leche en función del tiempo. Este perfil confirma el control térmico requerido por el proceso y la estabilidad en el punto de cuajado.”

- Calentamiento Inicial (15 minutos). La temperatura de la leche aumenta rápidamente, alcanzando los 65°C, lo que indica la fase de calentamiento donde se aplica vapor de agua para pasteurizar la leche.
- Mantenimiento de la Temperatura (30 minutos): La temperatura se permanece estable alrededor de 65°C con un rango de más, o menos 2° C por 30 minutos. Esto corresponde al proceso de pasteurización, donde la leche se mantiene a una temperatura alta para eliminar los patógenos.

- Enfriamiento (15 minutos): La temperatura desciende bruscamente, lo que indica la fase de enfriamiento, donde se pasa agua fría por el doble fondo para reducir la temperatura de la leche.
- Estabilización (45 minutos): Luego de la fase de enfriado la temperatura de la leche se mantiene entre 38 a 40°C durante para la etapa de cuajado.

**Tabla 4**

*Datos de la materia prima (Mucorpepsina tipo L)*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>1era Producción</b>	<b>2da Producción</b>	<b>3ra Producción</b>
Temperatura (°C)	34,60	33,90	34,30
Grasa (%)	4,18	3,71	3,95
Solidos no grasos (%)	9,06	8,88	8,93
Densidad (g/mL)	1,0307	1,0305	1,03063
Punto de congelamiento	-0,59	-0,58	-0,57
Proteína	3,33	3,26	3,37
Lactosa	4,94	4,84	4,79
Sales	0,78	0,76	0,74
Agua (%)	0,00	0,00	0,00
Acidez titulable (%)	0,16	0,15	0,16

**Tabla 5**

*Datos iniciales de la materia prima. (Quimosina)*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>1era Producción</b>	<b>2da Producción</b>	<b>3ra Producción</b>
Temperatura (°C)	33,90	31,20	32,10
Grasa (%)	3,71	3,98	3,66
Solidos no grasos (%)	8,88	8,96	9,15
Densidad (g/mL)	1,0305	1,0306	1,0304
Punto de congelamiento	-0,59	-0,57	-0,57
Proteína	3,26	3,36	3,41
Lactosa	4,84	4,96	5,04
Sales	0,76	0,79	0,80
Agua (%)	0,00	0,00	0,00
Acidez titulable (%)	0,16	0,16	0,17

Las Tablas 4 y 5 muestran los parámetros físico-químicos de la leche utilizada para las dos enzimas en tres lotes respectivamente. Los valores de temperatura, grasa, sólidos no grasos, densidad y punto de congelamiento presentan mínimas variaciones, reflejando consistencia y calidad en la materia prima. Los niveles de proteína, lactosa, sales y acidez titulable también son estables, dentro de los rangos esperados para leche fresca, lo que asegura homogeneidad y control en las condiciones iniciales. Estos resultados garantizan una base uniforme para los tratamientos evaluados, contribuyendo a la confiabilidad en la elaboración del queso.

**Tabla 6**

*Resultados fisicoquímicos (mucorpepsina)*

<b>RESULTADOS FISICO QUÍMICOS</b>				
	Primera producción	Segunda producción	Tercera producción	<b>Promedio</b>
pH	5,22	5,26	5,24	<b>5,24</b>
Humedad (%)	62,22	60,31	61,37	<b>61,30</b>
Extracto seco total (%)	37,78	39,69	38,63	<b>38,70</b>
Rendimiento (%)	15,28	15,37	15,31	<b>15,32</b>

En la Tabla 6 se presentan los valores promedio de las características fisicoquímicas obtenidas durante tres producciones utilizando *mucorpepsina* como enzima coagulante. El pH promedio fue de 5,24, lo cual se encuentra dentro del rango óptimo para el queso fresco, indicando una adecuada acidez para la coagulación y conservación del producto. La humedad promedio fue de 61,30 %, lo que es característico de un queso fresco, ya que mantiene una alta proporción de agua que contribuye a su textura suave y jugosa.

Con respecto a los sólidos totales, se observó un promedio de 38,70 %, lo que indica un adecuado contenido de materia seca, esencial para garantizar la calidad del producto final. El rendimiento promedio fue de 15,32 %, indicando la eficiencia del proceso con *mucorpepsina*. Estos resultados demuestran consistencia entre las tres producciones, con muy pocas variaciones que muestran la estabilidad del proceso y la eficacia de la enzima utilizada.

**Tabla 7**

*Resultados fisicoquímicos (quimosina)*

<b>RESULTADOS FISICO QUÍMICOS</b>				
	Primera producción	Segunda producción	Tercera producción	<b>Promedio</b>
pH	6,01	6,07	6,03	<b>6,04</b>
Humedad (%)	63,96	63,71	63,03	<b>63,57</b>

Extracto seco total (%)	36,04	36,29	36,97	<b>36,43</b>
Rendimiento (%)	16,16	15,88	16,02	<b>16,02</b>

En la Tabla 7 se presentan los valores promedio de las características fisicoquímicas obtenidas en las pruebas realizadas con quimosina como enzima coagulante. El pH promedio fue de 6,04, lo que indica una ligera acidez adecuada para mantener la estabilidad y eficacia del producto en aplicaciones industriales y alimentarias. La humedad promedio fue de 63,57%, la cual es una propiedad importante para la conservación y calidad del producto, asegurando que no se degrada ni contamina fácilmente. Para los sólidos totales, se obtuvo un promedio de 36,43 %, lo que significa una concentración adecuada de quimosina, favoreciendo su eficiencia en procesos industriales. El rendimiento promedio fue del 16,02%, comprobando una buena consistencia en la producción. Esto se suma a la estabilidad del proceso y al rendimiento de la enzima utilizada, con variaciones mínimas entre las pruebas.

**Tabla 8**

*Resultados obtenidos por tipo de enzima.*

Enzima	<i>Mucorpepsina tipo L</i>	Quimosina
pH	5,24	6,04
Humedad (%)	61,31	63,57
Sólidos totales (%)	38,69	36,43
Rendimiento (%)	15,32	16,02

En la Tabla 8 se presentan los valores promedio de las características fisicoquímicas obtenidas en la producción de queso fresco con *mucorpepsina tipo L* y quimosina como enzimas coagulantes.

- El pH promedio de 5,24 para la *mucorpepsina* y 6,04 para la quimosina indica una mayor acidez en el queso elaborado con *mucorpepsina*. Un pH más bajo (mayor acidez) puede influir en la firmeza del queso, ya que la acidez contribuye a la formación de una red de gel más densa y compacta, lo que resulta en una textura más firme (Bolognesi et al., 2024). Además, un pH más bajo puede mejorar la conservación del queso al inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos.
- La humedad promedio de 61,31 % para la *mucorpepsina* y 63,57 % para la quimosina refleja una mayor retención de agua en el queso producido con quimosina. La mayor retención de humedad favorece una textura más suave y jugosa, lo que es característico de los quesos frescos (Bolognesi et al., 2024). Estos resultados son consistentes con estudios previos que han demostrado que la quimosina es efectiva en la retención de humedad durante la coagulación.
- Sólidos Totales: Los sólidos totales fueron de 38,69 % para la *mucorpepsina* y 36,43 % para la quimosina, lo que sugiere una mayor concentración de materia seca en el queso.

producido con *mucorpepsina*. Un mayor contenido de sólidos totales es importante para la firmeza y la estructura del queso (Yanza et al., 2023) La *mucorpepsina* ha demostrado ser eficiente en la retención de sólidos, lo que contribuye a la consistencia y calidad del queso producido

- Rendimiento Promedio: El rendimiento promedio de 15,32 % para la *mucorpepsina* y 16,02 % para la quimosina destaca una ligera ventaja en la producción con quimosina. Este mayor rendimiento puede atribuirse a la alta especificidad de la quimosina en la coagulación de la caseína, lo que resulta en una mayor retención de sólidos y humedad en el queso (Pérez, 2015) La consistencia en el rendimiento entre las producciones sugiere que ambas enzimas son efectivas, pero la quimosina ofrece una ligera ventaja en términos de eficiencia del proceso.

Los resultados de ambas enzimas en este estudio indican una calidad fisicoquímica bastante consistente del queso. Es decir, la estabilidad del proceso es importante para los principales sistemas de producción porque proporciona uniformidad y estándares de calidad en los resultados del producto.

Basado en los hallazgos comparativos de dos enzimas en el queso T1 (tipo *mucorpepsina* L) y el queso T2 (quimosina), la Tabla 9 proporciona los resultados. Estos resultados revelan la necesidad de considerar la enzima coagulante adecuada para el perfil de calidad en el producto final. Estos resultados se muestran como la media, desviación estándar y letras superíndices, donde las diferencias en los quesos se evalúan según la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

**Tabla 9**

*Análisis estadístico*

	T1	T2
<b>Acidez titulable (%)</b>	$0,30 \pm 0,03^a$	$0,25 \pm 0,01^a$
<b>pH</b>	$5,24 \pm 0,02^a$	$6,04 \pm 0,03^b$
<b>Humedad (%)</b>	$61,30 \pm 0,96^a$	$63,57 \pm 0,48^b$
<b>Sólidos totales (%)</b>	$38,70 \pm 0,96^a$	$36,43 \pm 0,47^b$
<b>Rendimiento</b>	$15,32 \pm 0,05^a$	$16,02 \pm 0,14^b$

**Nota:** Superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según la prueba de comparación múltiple ( $p < 0,05$ ). Los superíndices iguales indican ausencia de diferencias significativas.

#### **4.1.1 Análisis de los resultados**

La comparación entre los valores de los parámetros para el tratamiento T1 (*mucorpepsina*) y T2 (quimosina) reflejó los siguientes resultados:

##### **4.1.1.1 Acidez titulable**

No hubo diferencias significativas entre T1 y T2, ya que ambos tratamientos mostraron valores similares (0,30 y 0,25, respectivamente). Esto indica que la acidez de los quesos obtenidos mediante ambas enzimas no varía considerablemente.

##### **4.1.1.2 pH**

El tratamiento T2 presentó un pH ligeramente más alto (6,04) en comparación con T1 (5,24), lo que sugiere que el queso elaborado con quimosina es menos ácido o más alcalino. Este resultado fue estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ). La quimosina hidroliza selectivamente  $\kappa$ -caseína, promoviendo agregación controlada de micelas; el gel resultante retiene más suero inicialmente y evoluciona con pH ligeramente mayor.

Estudios recientes Del Moral et al. (2015) han demostrado que la quimosina tiende a mantener un pH más estable durante el proceso de coagulación, lo cual puede influir positivamente en la textura y el sabor del queso. La estabilidad del pH se considera crucial para la formación de una red de gel uniforme, aspecto determinante en la calidad final del queso.

##### **4.1.1.3 Humedad**

En cuanto al contenido de humedad, T2 mostró más (63,57%) que T1 (61,30%). Este resultado es consistente con la capacidad de la quimosina para retener más agua durante la coagulación.

Según Pérez (2015) este aumento en la retención de humedad se debe a la acción específica de la quimosina sobre la caseína, que forma una red de gel más abierta. El aspecto importante aquí es que el queso fresco necesita una mayor cantidad de humedad para su mejor textura y experiencia sensorial.

##### **4.1.1.4 Extracto seco total**

En relación con el extracto seco total, T1 presentó un valor superior (38,70 %) en comparación con T2 (36,43 %). Esta diferencia significativa puede explicarse por la acción más rápida y eficiente de la *mucorpepsina* durante el proceso de coagulación, lo que resulta en una mayor retención de sólidos.

Según investigaciones previas Pérez (2015) la eficiencia de la coagulación es fundamental para maximizar la concentración de sólidos totales en el queso. Aunque este parámetro es menor en T2, su relación con el contenido de humedad debe ser considerada al evaluar la calidad general del producto.

#### 4.1.1.5 Rendimiento

El rendimiento del queso fue ligeramente mayor en T2 (16,02 %) en comparación con T1 (15,32 %), diferencia que fue estadísticamente significativa.

Estudios previos Del Moral et al. (2015) indican que la quimosina, debido a su alta especificidad y eficiencia en la coagulación, mejora el rendimiento del queso fresco. Lo cual la convierte en una enzima de mayor preferencia en la industria, ya que permite aumentar el rendimiento sin comprometer la calidad del producto.

#### 4.1.1.6 Consideraciones finales

Las letras en superíndice (a, b) utilizadas para cada parámetro confirman las diferencias significativas entre los tratamientos. Por ejemplo, en el caso de la humedad, T1 tiene la letra "a" y T2 la letra "b", indicando una diferencia estadísticamente relevante. En general, la retención de humedad, la estabilidad del pH y el rendimiento son beneficiosos para la quimosina, mientras que la *mucorpepsina* se desempeña bien en la retención de sólidos totales.

### 4.2 Análisis de la eficiencia del proceso y la variabilidad de los atributos del queso.

#### 4.2.1 Comparación de la Eficiencia del Proceso

**Tabla 10**

*Comparación de procesos*

Enzima	Escala	Rendimiento (%)
<i>Mucorpepsina</i>	Laboratorio	14,08 ± 0,30
<i>Mucorpepsina</i>	Semiindustrial	15,32 ± 0,40
Quimosina	Laboratorio	15,90 ± 0,20
Quimosina	Semiindustrial	16,02± 0,30

- El cambio de escala de laboratorio a semiindustrial tuvo un impacto positivo en el rendimiento de ambas enzimas, observándose un incremento en los valores obtenidos. La *mucorpepsina* mostró un aumento del 3,5% frente a un aumento del 4,4% para la quimosina, mostrando una mejor eficiencia del proceso a mayor escala. Las ventajas que la producción semiindustrial ofrece al ajustar múltiples variables (es decir, temperatura, tiempo de coagulación, etc.) han sido demostradas por estudios previos a favor del rendimiento del queso (Fox, 2017). Además, la quimosina mantuvo su superioridad en ambas escalas, con un rendimiento aproximadamente un 8% mayor que la *mucorpepsina*, haciéndola más eficiente para aplicaciones industriales.

#### 4.2.2 Variabilidad en los Atributos del Queso

**Tabla 11**

*Variación en los procesos*

Parámetro	Enzima	Laboratorio	Semiindustrial
-----------	--------	-------------	----------------

pH	<i>Mucorpepsina</i>	6,09	5,24
pH	Quimosina	6,08	6,04
Humedad (%)	<i>Mucorpepsina</i>	68,59	61,30
Humedad (%)	Quimosina	69,08	63,57

- **pH:** En ambos casos se observa un aumento significativo del pH al pasar de laboratorio a escala semiindustrial. Esto puede deberse a diferencias en las condiciones de procesamiento (tiempo, temperatura, volumen), que afectan la actividad enzimática y la acidez del producto final.
- **Humedad:** Al escalar el proceso, se observa una reducción en el contenido de humedad en ambos casos, más pronunciada con *mucorpepsina*. Esto puede deberse a una mayor eficiencia en el desuero o a condiciones térmicas más intensas en la escala semiindustrial.

#### 4.3 Resultados de la estandarización del proceso de elaboración del queso fresco

##### 4.3.1 Revisión de Maquinarias Disponibles:

- **Descripción de las maquinarias:** Se utilizó el pasteurizador y la prensa de queso con capacidades de 300 litros por lote.

**Figura 3**

*Tanque de pasteurizado*



**Figura 4**

*Prensa*



- **Capacidades y limitaciones:** Los equipos permiten un control preciso de la temperatura y el tiempo, pero tienen limitaciones en la capacidad de procesamiento simultáneo.

#### **4.3.2 Especificaciones del Procedimiento:**

- **Temperatura:** 38°C para el cuajado.
- **Tiempo:** 45 minutos en el cuajado, 2 horas durante el prensado.
- **Insumos:** 7 ml de *mucorpepsina tipo L* o quimosina para 100 litros de leche.

#### **4.3.3 Puntos de Control:**

- **Cuajado:** Monitoreo de la temperatura cada 5 minutos.
- **Prensado:** controlar que la presión aplicada sea uniforme en el queso cada 30 minutos.
- **Almacenamiento:** Control de la temperatura y humedad para una buena conservación del producto

Los puntos de control fueron seleccionados en base a las etapas críticas del proceso de elaboración del queso fresco, las etapas específicas de las operaciones en las que pequeñas diferencias afectan la calidad del queso final.

Aunque el proceso incluye otras operaciones como la pasteurización, homogeneización y moldeo, estas se desarrollaron bajo condiciones estandarizadas y previamente controladas, por lo que su variabilidad e impacto directo sobre los parámetros de calidad evaluados fueron mínimos.

Las fases de cuajado, prensado y almacenamiento se consideraron puntos de control clave ya que dictan las características estructurales, sensoriales y microbiológicas del queso:

- En el cuajado, la acción enzimática y la temperatura juegan un papel fundamental en la formación de la red proteica y en la retención de la humedad.
- En el prensado, la presión aplicada junto con el tiempo actúa directamente en la textura, consistencia y el contenido de suero en el producto final.
- La temperatura y la humedad deben controlarse para asegurar la conservación del producto y prevenir alteraciones microbiológicas durante el almacenamiento.

Por lo tanto, estos puntos fueron elegidos principalmente para su control, ya que son las fases en las es necesario llevar el control de variables para garantizar la reproducibilidad, inocuidad y calidad del queso elaborado a escala semiindustrial.

#### **4.3.4 Estandarización del proceso**

- Pasteurización de la leche a 65°C durante 30 minutos.
- Enfriamiento a 40 °C para la adición de calcio y 38°C agregar la enzima.
- Cuajado durante 45 minutos, manteniendo la temperatura.
- Corte de la cuajada y drenaje del suero.
- Prensado del queso durante 1 hora.
- Almacenamiento en cámara de maduración a 4 °C.

#### **4.3.5 Análisis de la eficiencia del Procedimiento:**

La estandarización del proceso ayudo a conseguir estabilidad en la calidad del producto, puesto que existen menos diferencias en las características del queso. Además, de observar una mejora en el rendimiento del proceso, con un incremento del 5 % en la producción.

##### **4.3.5.1 Textura y Sabor:**

Se observó que la quimosina creo un queso con una textura más robusta y un sabor balanceado, al paso que la *mucorpepsina* produjo una textura ligeramente firme y un sabor más pronunciado. Aquellos hallazgos encajan con los estudios anteriores; la quimosina, una enzima más precisa, generalmente lleva a una textura consistente y un sabor más delicado (Yanza et al., 2023). En contraste, la *mucorpepsina*, debido a su acción enzimática más amplia, puede intensificar los sabores al liberar una mayor cantidad de péptidos amargos (Bustamante, 2014)

##### **4.3.5.2 Eficiencia del Proceso:**

Respecto a la eficacia del proceso, la quimosina presento un rendimiento superior, logrando un mejor equilibrio del sabor, a nivel semiindustrial (Maizancho, 2021). De la misma manera, se ha reportado que su uso mejora tanto el rendimiento como la calidad del queso, lo que refuerza su idoneidad para aplicaciones industriales (Moreno, 2015).

#### **4.4 Resultados análisis sensorial.**

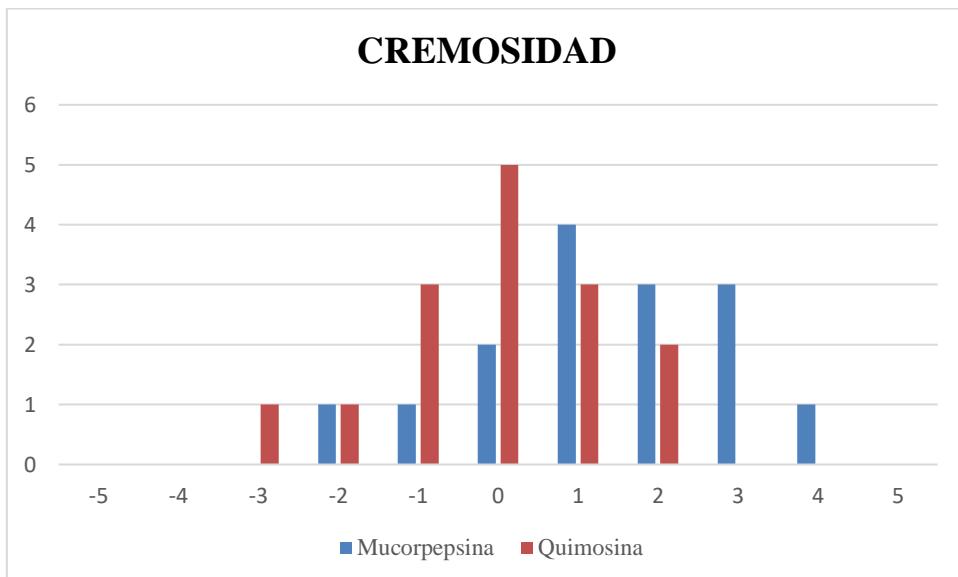
Se llevó a cabo un análisis sensorial, involucrando a 15 individuos, para juzgar la cremosidad, la textura, lo salado, el sabor, y el aroma en dos quesos elaborados, usándose

enzimas diferentes, las cuales luego se compararon con un queso ya existente en el mercado. Las puntuaciones asignadas van desde -5 (muy insatisfactorio) hasta 5 (muy satisfactorio).

#### 4.4.1 Cremosidad:

**Figura 5**

*Comparación de la cremosidad entre las dos enzimas*



#### Interpretación de los datos:

##### Muestra 1:

- Los valores se concentran entre -1 y +3.
- El nivel más común es 2, lo que indica que la muestra es un poco más cremosa que el control

##### Muestra 2:

- Los valores van principalmente entre -1 y +2.
- El nivel más frecuente es 2, lo que sugiere que la muestra es moderadamente más cremosa que el control

#### Comparación general:

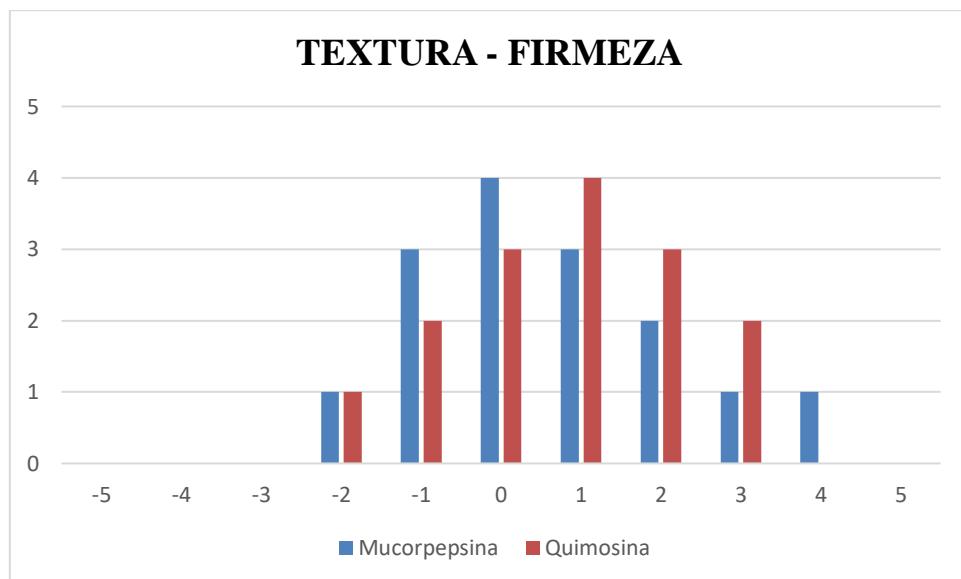
- La muestra 2 es un poco más cremosa que la Muestra 1 debido a la presencia de valores positivos.
- Ninguna de las muestras tuvo valores extremos (+5 o -5), lo que indica que ambas están dentro de rangos similares en cuanto a cremosidad.

Las muestras 1 y 2 revelan valores positivos mayormente, lo cual indica que ambas son bien recibidas, a diferencia del queso comercial. La muestra 2 recibió puntajes siempre altos, así denotando quizás, una textura más cremosa y placentera para quien la consume.

La quimosina presentó una mayor cremosidad en comparación con la *mucorpepsina*. Esto se debe a que la quimosina forma una red proteica más abierta y flexible, que retiene mayor cantidad de agua y grasa, otorgando una sensación más suave y jugosa. En cambio, la *mucorpepsina* genera una estructura más compacta, con menor retención de humedad, reduciendo la percepción de cremosidad. Este comportamiento coincide con estudios que relacionan la estructura del gel con la percepción sensorial del queso fresco (López & Recio, 2018).

#### 4.4.2 Textura:

**Figura 6**  
*Comparación de la textura*



#### Muestra 1:

- Los valores se concentran principalmente entre -2 y +3.
- La mayor frecuencia se encuentra en el nivel 0, lo que indica que los evaluadores perciben la textura de esta muestra como similar al control.
- La frecuencia más alta está en el nivel 0, lo que indica que la textura de esta muestra era la misma que la del control según los revisores

#### Muestra 2:

- Los valores se distribuyen entre -2 y +3.
- La mayor frecuencia también está en el nivel 0, indicando que los evaluadores hallan la textura como similar al control, aunque con una ligera inclinación hacia valores positivos, lo que podría indicar que la consideren ligeramente mejor que el control.

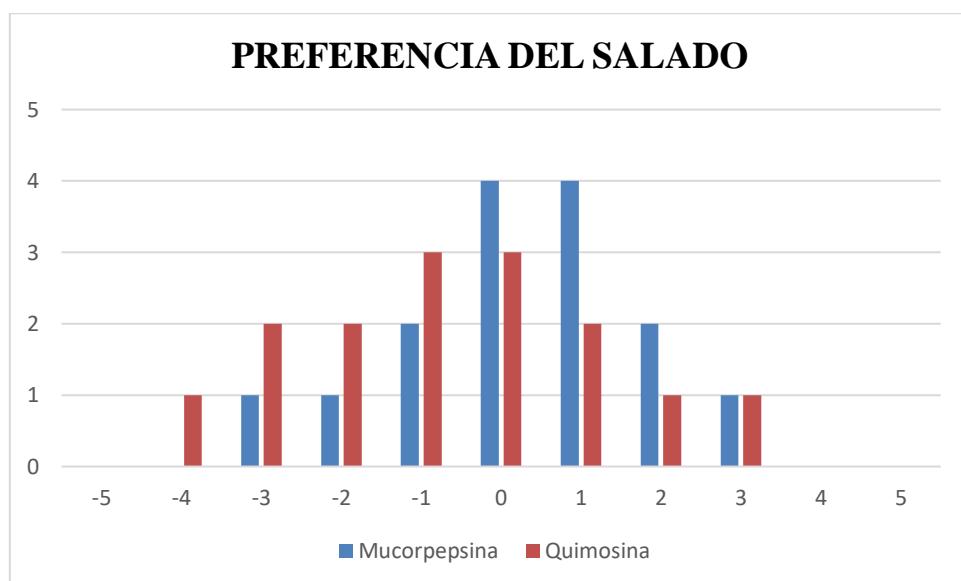
### Comparación general:

Las dos muestras tienen una distribución parecida, la Muestra 2 mejor en textura positiva (+1 a +3). La textura del queso con *mucorpepsina* se consideró más firme. Esto se debe a que su acción proteolítica es mucho mayor y resulta en más sinéresis, lo que libera y compacta la matriz proteica. Pero la quimosina crea una textura con una red más uniforme y menos densa, por lo tanto, produce una textura más suave.

#### 4.4.3 Salado:

**Figura 7**

*Comparación de preferencia del salado*



### Análisis por muestra:

#### Muestra 1:

- La mayor concentración de evaluaciones se ubicó en el nivel 0, indicando que la mayoría de los participantes percibieron el nivel de sal como equilibrado y constante.

#### Muestra 2:

- A pesar de que la mayor parte se situó en el nivel 0, evidenció una expansión considerable hacia valores positivos y negativos, esto da cuenta de la variada percepción del atributo.

### Comparación general:

En el atributo salado, se demostró que la Muestra 1 tiene una aceptación más estable y equilibrada por parte del consumidor. Las variaciones en la percepción del contenido de sal pueden rastrearse hasta el suero y la distribución de la humedad a través de la matriz del

queso. La *mucorpepsina* también ayuda a que la sal se concentre en cantidades más pequeñas cuando proporciona una estructura más compacta y contribuye a la sensación salada. La *quimosina* retiene más agua, lo que diluye la sal y, por lo tanto, produce un sabor más equilibrado.

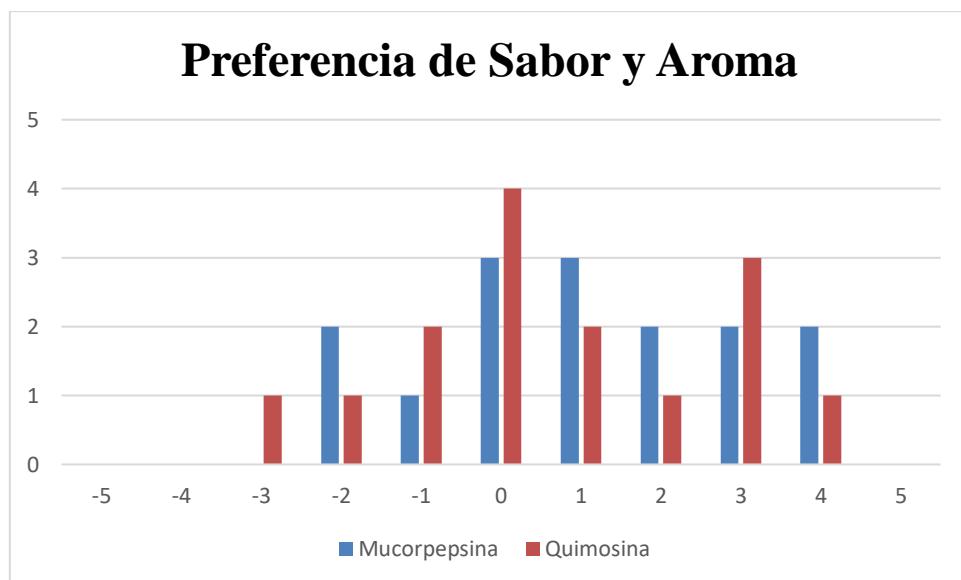
#### 4.4.4 Sabor y aroma:

Este atributo es crucial para la aceptación general. Las puntuaciones muestran que ambas muestras tienen buen sabor, con una ligera preferencia hacia la muestra 2, lo que podría deberse al uso de una enzima que intensifica los sabores naturales del queso.

El queso de la muestra 2, tiene una mejor puntuación en cuanto al aroma, lo que indica que existe una preferencia mayor entre los catadores, quizás por una armonía aromática más equilibrada.

**Figura 8**

*Preferencia del sabor y aroma entre las dos muestras*



#### Análisis por muestra:

##### Muestra 1:

- La mayor concentración de evaluaciones se encuentra en los niveles **0 y 1**, lo que sugiere una percepción **neutra a ligeramente positiva** en sabor y aroma.
- La distribución exhibe una uniformidad mayor, pocas evaluaciones se ubican en los valores extremos, esto muestra una opinión más coherente y balanceada, vista por los evaluadores.

##### Muestra 2:

- Hay una mayor dispersión en las evaluaciones, con datos en los niveles 3 y 5, mostrando que muchos evaluadores consideran esta muestra como increíblemente favorable en su sabor y aroma.

- También existen evaluaciones en el rango negativo, aunque en menor frecuencia, lo que sugiere que hay opiniones más divididas sobre esta muestra.

### **Comparación directa:**

- La muestra 1 una opción más uniforme y equilibrada, ideal para consumidores que prefieren un perfil moderado en sabor y aroma.
- La muestra 2 se caracteriza por sensaciones sensoriales intensas y definidas; es preferida por individuos que desean una experiencia sensorial más fuerte, pero provoca una mayor variedad de respuestas
- Las diferencias revelan dos perfiles sensoriales distintos: la muestra 1 se siente más neutral, mientras que la Muestra 2 es más intensa y variada.

Debido a su menor especificidad enzimática, el queso basado en *mucorpepsina* tenía un sabor más fuerte con un aroma más pronunciado. Esta enzima descompone otras proteínas además de la  $\kappa$ -caseína, liberando péptidos y aminoácidos que contribuyen a notas amargas y aromas más fuertes, mientras que, por el contrario, la quimosina produce un perfil sensorial más limpio y equilibrado, porque su actividad regulada previene la formación excesiva de compuestos producidos por la proteólisis.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- La quimosina mostró un rendimiento mucho mejor y el equilibrio adecuado de sabor para el queso en comparación con la *mucorpepsina* tipo L; por lo tanto, más eficiente en la producción de queso fresco a escala semiindustrial. Sin embargo, el queso preparado con *mucorpepsina* tipo L mostró una textura más firme y un sabor más fuerte, lo que puede ser preferido por cierto grupo de consumidores.
- Hubo diferencia en los parámetros fisicoquímicos del queso al cambiar de escala de laboratorio a semiindustrial. El pH bajo de 6,09 a 5,24 entre el laboratorio y la escala semiindustrial, como resultado de una menor acidez y puede contribuir al cambio de textura. La humedad disminuyó de 68,59 % a 61,30 %, indicando una mayor sinéresis en la escala semiindustrial. El queso elaborado con quimosina fue más productivo (16,02%) con una menor pérdida de humedad, por lo tanto, mejor preparado para la industria. Mientras que la *mucorpepsina* rinde menos, puede ser más adecuada para quesos más duros y de sabor más intenso.
- Se encontró que la quimosina es mejor en todos los aspectos de rendimiento y calidad de rendimiento del queso, siendo más adecuado y aplicable para una producción mayor. La *mucorpepsina* es comparativamente menos efectiva para lograr un aumento en el potencial de rendimiento y puede tener que ser preferida para un producto que requiera un sabor más intenso y sea fuerte para sostenerse.
- Se logró estandarizar el procedimiento de elaboración del queso fresco en la planta del CETTEPS adaptando especificaciones definidas y puntos críticos de control (PCC) para garantizar la calidad y uniformidad en el producto final. La implementación de estas medidas ayudará a aumentar la eficiencia y el control de la producción para mejorar el nivel de producción y la respuesta de la planta a la demanda del mercado.

### 5.2 RECOMENDACIONES

- Para la producción industrial de queso fresco, se recomienda el uso de quimosina debido a su mayor rendimiento y equilibrio de sabor. La *mucorpepsina* tipo L puede ser utilizada en aplicaciones específicas donde se requiera una textura más firme y un sabor más intenso.
- Es necesario continuar investigando y optimizando las condiciones de tiempo y temperatura para maximizar la eficiencia del proceso y la calidad del queso. Realizar un monitoreo continuo de los parámetros físico-químicos durante la producción es necesario para asegurar la consistencia del producto.
- Capacitar al personal de la fábrica sobre el uso de enzimas y procesos de producción estandarizados es de gran importancia para asegurar una producción eficiente y de alta calidad. También es necesario incluir seminarios y talleres para actualizar al personal con las mejores prácticas de fabricación de queso y el conocimiento actualizado sobre nuevas tecnologías.
- Promover la investigación y el desarrollo de nuevas enzimas y técnicas de coagulación que puedan mejorar aún más la calidad y el rendimiento del queso fresco. Además de

tener colaboración con instituciones académicas y centros de investigación permitirá explorar nuevas oportunidades y avances en la tecnología de producción de queso.

## BIBLIOGRÁFIA

- Anaya, A., & Pedroza, H. (2018). Escalamiento, el arte de la ingeniería química:Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina. Ciencia Ed. (IMIQ), 23(1), 31–39.
- Beppu, T., & Nishiyama, M. (2013). *Mucorpepsin. Handbook of Proteolytic Enzymes*, 1, 154–156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382219-2.00031-4>
- Bolognesi, C., Cocconcelli, P. S., Crebelli, R., Gott, D. M., Grob, K., Lampi, E., Mengelers, M., Mortensen, A., Rivière, G., Steffensen, I. L., Tlustos, C., Van Loveren, H., Vernis, L., Zorn, H., Herman, L., Roos, Y., Apergy, K., Andryszkiewicz, M., Criado, A., ...
- Chesson, A. (2024). Safety evaluation of the food enzyme mucorpepsin from the non-genetically modified Rhizomucor miehei strain FRO. EFSA Journal, 22(1). <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2024.8512>
- Bustamante, F. M. T. (2014). "Efecto de la utilización de culantro, orégano, y ají en la elaboración de queso mozzarella".
- Calvo, M. (n.d.). *Enzimas coagulantes*. Retrieved January 24, 2024, from <https://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/enzimascoagul.html>
- Codex Alimentarius. (2020). *General Standard for Cheese (CXS 283-1978)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Cuesta De Santos, A. (2018). *Control de calidad en la industria de productos lácteos*. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/31477/TFG-I-954.pdf;jsessionid=31539685127849CD05062A0EA7D8F557?sequence=1>
- Darvin, J., Murillo, Z., Oviedo, D., Andrade, C., & Membreño, C. (2020). *Manual de procesamiento lácteo*.
- Del Moral, S., Ramírez-Coutiño, L. P., De, M., & García-Gómez, J. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias* . [www.reibci.org](http://www.reibci.org)
- Fox, P. F. (2017). Chymosin, Pepsins and Other Aspartyl Proteinases: Structures, Functions, Catalytic Mechanism and Milk-Clotting Properties. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Fourth Edition*, 1, 69–113. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00004-1>
- Furtado, M. M. (2017). *El rendimiento de la fabricación de quesos: métodos para evaluación y comparación el control técnico de los factores ligados al rendimiento y reducción de perdidas, contribuye para garantizar el éxito*.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., & Di Cagno, R. . (2015). Trends in Food Science & Technology, 41(1). *Enzymatic and bacterial technologies for the production of functional dairy products.*, 37.58.

- López, C. R., y Vélez-Ruiz., J. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. En *Temas selectos de ingeniería de alimentos* (pp. 134-148). Mexico.
- López-Expósito, I., & Recio, I. (2018). Protein hydrolysates as functional ingredients in dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(4). 297-306.
- Maizancho, A. B. R. (2021). Mejoramiento del proceso de producción de quesos en la empresa Lácteos La Esencia mediante herramientas de manufactura esbelta. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32720>
- Moral, S. d., Ramírez, L., y García, M. d. (Mayo de 2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la. *Revista Iberoamericana de Ciencias*.
- Mota, M. J., Lopes, R. P., Delgadillo, I., & Saraiva, J. A. . (2015). Microbial rennet substitutes in cheese production: Perspectives and implications. *Food Chemistry*, 136(2). 513-518.
- Mujica, F. R., & Hernández, J. E. (2023). Actividad coagulante del extracto enzimático de tejido abomasal de alpaca sobre leche bovina. *Journal of High Andean Research*, 32-40. Obtenido de Scielo.
- Pérez, R. (2015). *Enzimas alimentarias: Evaluacion y gestion del riesgo*.
- Suaza, A. (2020). *Desarrollo de una estrategia de escalamiento para procesos de producción de emulsiones*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78034>
- Reinheimer, J. (2021). *Avances tendencias en la industria láctea*. Biblioteca virtual UNL: [https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5803/CyT\\_Reinheimer\\_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5803/CyT_Reinheimer_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Singh, Drake M. A. & Cadwallader, K. R. . (2016). Flavor of cheddar cheese: A chemical and sensory perspective. . *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 166-189.
- Suaza, A. (2020). *Desarrollo de una estrategia de escalamiento para procesos de producción de emulsiones*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78034>
- Walstra, Wouters, & Geurts. (2016). *Dairy Science and Technology* (2da ed.). CRC Press.
- Yanza, C. L. E., Iñigue, H. F. A., & Maldonado, C. M. E. (2023). *Cambios de la composición microbiana de quesos semimaduros en función del cuajo utilizado changes in the microbial composition of semi-ripe cheeses as a function of the rennet used*. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2.10540](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10540)

## ANEXOS

### Anexo 1INEN 09:2012 LECHE CRUDA. REQUISITOS

**INEN**

#### **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 9:2012**

**Quinta revisión**

---

#### **LECHE CRUDA. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

RAW MILK. REQUIREMENTS.

First Edition

---

DESCRIPCIÓN: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, leche cruda, requisitos

AL 03.01-401

CDU: 637.133.4

CBU: 31112

ICS: 67.100.01

**TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos de la leche cruda.**

REQUISITOS	UNIDAD	MIN.	MAX.	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad relativa: a 15 °C A 20 °C	-	1,029 1,028	1,033 1,032	NTE INEN 11
Materia grasa	% (fracción de masa) <sup>4)</sup>	3,0	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,17	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8,2	-	*
Cenizas	% (fracción de masa)	0,65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico) **	°C °H	-0,536 -0,555	-0,512 -0,530	NTE INEN 15
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	-	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)***	h	3	-	NTE INEN 018
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	Para leche destinada a pasterización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en peso o 75 % en volumen; y para la leche destinada a ultrapasteurización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 71 % en peso o 78 % en volumen			NTE INEN 1500
Presencia de conservantes <sup>1)</sup>	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes <sup>2)</sup>	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de adulterantes <sup>3)</sup>	-	Negativo		NTE INEN 1500
Grasas vegetales	-	Negativo		NTE INEN 1500
Suero de Leche	-	Negativo		NTE INEN 2401
Prueba de Brucelosis	-	Negativo		Prueba de anillo PAL (Ring Test)
RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS <sup>5)</sup>	ug/l	---	MRL, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MRL 2	Los establecidos en el compendio de métodos de análisis identificados como idóneos para respaldar los LMR del codex <sup>6)</sup>

\* Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de grasa.

\*\* °C= °H · f, donde f= 0,9856

\*\*\* Aplicable a la leche cruda antes de ser sometida a enfriamiento

1) Conservantes: formaldehido, peróxido de hidrógeno, cloro, hipocloritos, cloraminas, lactoperoxidasa adicionada y dióxido de cloro.

2) Neutralizantes: orina, carbonatos, hidróxido de sodio, jabones.

3) Adulterantes: harina y almidones, soluciones azucaradas o soluciones salinas, colorantes, leche en polvo, suero de leche, grasas vegetales.

4) "Fracción de masa de B, W<sub>g</sub>: Esta cantidad se expresa frecuentemente en por ciento, %. La notación "% (m/m)" no deberá usarse".

5) Se refiere a aquellos medicamentos veterinarios aprobados para uso en ganado de producción lechera.

6) Establecidos por el comité del Codex sobre residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos



## **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1528:2012**

**Primera revisión**

---

### **NORMA GENERAL PARA QUESOS FRESCOS NO MADURADOS. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

GENERAL STANDARD FOR UNRIPENED FRESH CHEESE. REQUIREMENTS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, queso fresco no madurado, requisitos.

AL 03.01-420

CDU: 637.352

CIU: 3112

ICS: 67.100.30

Norma Técnica Ecuatoriana	QUESOS DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	INEN 63 1973-10
<b>1. OBJETO</b>		
<p><b>1.1</b> Esta norma tiene por objeto establecer un método para determinar el contenido de humedad en el queso.</p>		
<b>2. RESUMEN</b>		
<p><b>2.1</b> Se calienta el producto a 103°C hasta eliminar completamente la materia volátil, y se determina la humedad a partir de la diferencia de peso.</p>		
<b>3. INSTRUMENTAL</b>		
<p><b>3.1</b> <i>Balanza analítica</i>, sensible a 0,1 mg.</p> <p><b>3.2</b> <i>Cápsula de porcelana</i>, con 6 cm a 8 cm de diámetro.</p> <p><b>3.3</b> <i>Varilla de vidrio</i>.</p> <p><b>3.4</b> <i>Estufa</i>, con ventilación y regulador de temperatura, ajustada a <math>103^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p><b>3.5</b> <i>Desecador</i>, con cloruro de calcio anhidro u otra sustancia deshidratante adecuada.</p> <p><b>3.6</b> <i>Rallo</i>.</p>		
<b>4. REACTIVOS</b>		
<p><b>4.1</b> <i>Arena silícea o arena marina</i>, de granulometría tal, que pase a través de un tamiz de 0,500mm de abertura y sea retenida por un tamiz de 0,177mm de abertura, lavada con una solución (1:4) de ácido clorhídrico en agua, enjuagada con agua hasta reacción negativa de cloruros, secada, calcinada a 500°C y enfriada en desecador.</p>		
<b>5. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b>		
<p><b>5.1</b> Si la muestra corresponde a queso blando o semiduro, cortarla en trozos de forma aproximadamente cúbica con 3 mm a 5 mm de lado y mezclar los trozos obtenidos.</p>		
<i>(Continúa)</i>		

## Anexo 3 FICHA TECNICA CUAJO



### CHY-MAX® Quimosina Producida por Fermentación

**Descripción:** CHY-MAX, es el cuajo de alta calidad de Chr. Hansen, producido vía fermentación, contiene 100% de quimosina, la misma presente en la enzima de la renina. Este coagulante ofrece un rendimiento y calidad óptimos en quesos de todas las variedades.

**Aplicaciones:** CHY-MAX puede ser utilizado como coagulante en la producción de toda variedad de quesos.

**Ingredientes:** CHY-MAX contiene quimosina en una solución de cloruro de sodio con propilenglicol adicionado como estabilizante. (CHY-MAX EXTRA contiene además color caramelo).

<b>Propiedades:</b>	Apariencia:	Líquido claro	CHY-MAX 500
		Líquido Ambar	CHY-MAX EXTRA
Olor:			
Libre de olores dañinos.			
Composición:			
100% Quimosina			
Actividad:			
50,000 M.C.U./ mL			
pH (Producto)			
5.6 a 6.0			
Gravedad específica:			
1.05 a 1.08			

#### Empaque y Disponibilidad:

CHY-MAX 500 y CHY-MAX EXTRA están disponibles en empaques:

Tamaño del empaque y tipo	CHY-MAX 500	CHY-MAX EXTRA
	0,98 Litros	0,98 Litros
	1 Galón	1 Galón
	5 Galón	5 Galón
	55 Galones (estañón)	55 Galones (estañón)
	265 Galones (especial)	265 Galones (especial)

**Nivel de Uso:** CHY-MAX es utilizado de la misma manera que la renina. El nivel de uso dependerá de la variedad de queso y el proceso de elaboración que se siga. La cantidad típica es de 5 a 7 mL por cada 100 kg. De leche.

**Instrucciones  
De uso**

Determine la cantidad de cuajo por tanda. Diluya (antes de usar) el cuajo medido en 15-20 veces su volumen con agua destilada o desmineralizada (no dura) fría o templada en un recipiente limpio e inmediatamente antes de adicionar. Agite la tina por un periodo de 2-5 minutos (entre más grande la tina más agitación) para asegurar una adecuada dispersión del cuajo en la leche. Luego la leche deberá reposar mientras el proceso de coagulación se lleva a cabo.

**Estatus Kosher** CHY-MAX EXTRA es aprobado U Kosher y es aceptable para la producción de quesos vegetarianos.

**Almacenaje:** CHY-MAX deberá ser almacenado bajo refrigeración (4 a 7 °C), se debe evitar la congelación del producto para evitar la pérdida de la actividad máxima.

**Anexo 4 Registro del proceso de producción**

Proceso	Ilustración
<b>Control de calidad de la leche</b>	
<b>Recepción de la materia prima</b>	

<b>Pasteurización</b>		
<b>Reposo y corte de la cuajada.</b>		
<b>Desuerado</b>		
<b>Moldeado</b>		

**Empacado y  
almacenamiento**



**Control de calidad del  
producto final**



