



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Tecnología Superior en Procesamiento de Lácteos

Evaluación de la actividad coagulante de cuajos de diferente origen a
distintas condiciones de pH

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo/a Superior en
Procesamiento de Lácteos

Estudiantes

Bryan Ricardo Guzmán Toledo

Johanna Maricela Fajardo Bermeo

Director

Ing. María Alicia Peña González

Cuenca – Ecuador

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis hijos, son mi inspiración constante, mi razón para esforzarme y alcanzar mis metas. A través de cada paso de este viaje académico, ustedes han sido mi mayor apoyo y motivación. Que este logro sea un testimonio del amor y el compromiso que tengo con ustedes. Gracias por ser mi luz en los días oscuros y por celebrar conmigo en los días de triunfo. Que este trabajo sea también un legado de perseverancia y dedicación que deseo transmitirles. A mis padres, siempre están presentes en cada paso que doy en esta vida, brindándome su amor incondicional y apoyo inquebrantable, en los altibajos, han sido mis faros en la oscuridad. En cada momento de alegría, sus corazones están conmigo, y en los momentos difíciles, vuestra fortaleza me sostiene. Gracias por enseñarme el valor del amor, la honestidad y el trabajo arduo. Vuestra presencia en mi vida es un regalo inestimable que atesoro cada día.

Johanna Fajardo

Este trabajo va dedicado a Dios, cuya guía y bendiciones han hecho posible este sueño. A mi familia, cuyo amor incondicional y apoyo inquebrantable han sido mi ancla en las tormentas y mi luz en los momentos de victoria. A cada persona que, con su aliento y colaboración, ha sido parte fundamental en el cumplimiento de este objetivo.

Bryan Guzmán

Agradecimientos

En este momento de culminación académica, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por iluminar mi camino y darme la fortaleza para enfrentar los desafíos que encontré durante mi tiempo en la universidad. También quiero agradecer sinceramente a mis estimados profesores por su guía, apoyo y conocimientos impartidos a lo largo de este viaje académico, han sido pilares fundamentales en mi desarrollo académico y profesional. A través de su sabiduría y experiencia, han ayudado a dar forma a mis ideas. Sin su orientación, este logro no habría sido posible.

Johanna Fajardo.

Primero y, ante todo, agradezco a mi familia por su constante apoyo, comprensión y aliento a lo largo de este arduo proceso. Su amor incondicional ha sido mi fuente de fortaleza y motivación inquebrantable. A todas aquellas personas que han sido pilares fundamentales en el camino hacia la culminación de esta tesis.

Agradezco a mis seres queridos, cuya presencia y ánimo han sido un bálsamo en los momentos de duda y fatiga. Su respaldo incondicional ha sido invaluable, a mis profesores y asesores, les agradezco por su orientación, sabiduría y paciencia durante el desarrollo de este proyecto. Sus enseñanzas y consejos han sido fundamentales para mi crecimiento académico y personal.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con sus conocimientos, consejos, y ánimos a la realización de esta tesis, les expreso mi más sincero agradecimiento. Sin su colaboración, este logro no hubiera sido posible.

Finalmente, agradezco a Dios por brindarme la fuerza, la perseverancia y la sabiduría para superar cada obstáculo en este camino. Su guía ha sido mi luz en los momentos de oscuridad. Este logro no solo es mío, sino de todos ustedes que han sido parte de este viaje. ¡Gracias por formar parte de este importante capítulo en mi vida!

Bryan Guzmán.

Resumen

El proceso de coagulación de la leche es un factor determinante para la producción de quesos de alta calidad. La eficacia de este proceso puede variar por algunos factores tales como: el pH, el origen del cuajo y la composición porcentual de elementos disueltos en la leche. Por lo tanto, en este informe técnico, se evaluó la actividad coagulante de dos tipos de cuajo (animal y microbiano) en diferentes condiciones de pH. Los resultados revelaron que la fuerza de coagulación y la consistencia de la cuajada varían en gran medida en función del origen del cuajo utilizado y nivel de pH. Se observó que el cuajo de origen microbiano muestra una mayor adaptabilidad a diversas condiciones de pH, en comparación del cuajo de origen animal. Además, se encontró que la fuerza de coagulación es más alta a pH 5.5, pero va disminuyendo en condiciones alcalinas, y en el caso del cuajo de origen animal no hubo proteólisis en pH básico.

Palabras claves: Coagulación, Enzimas proteolíticas, Fuerza de cuajo, pH, Proteólisis.

Abstract

The process of milk coagulation is a determining factor in the production of high-quality cheeses. The efficacy of this process can vary due to several factors such as pH, the origin of the rennet, and the percentage composition of dissolved elements in the milk. Therefore, in this technical report, the coagulating activity of two types of rennet (animal and microbial) was evaluated under different pH conditions. The results revealed that the coagulation strength and the consistency of the curd vary significantly depending on the origin of the rennet used and the pH level. It was observed that microbial rennet shows greater adaptability to various pH conditions compared to animal rennet. Additionally, it was found that the coagulation strength is highest at pH 5.5 but decreases under alkaline conditions, and in the case of animal rennet, no proteolysis occurred at basic pH.

Keywords: Coagulation, Proteolytic enzymes, Rennet strength, pH, Proteolysis.

Objetivo general	3
1. Procedimiento.....	4
1.1 Toma de muestra	4
1.2 Control de calidad de la leche.....	4
1.3 Control de densidad	4
1.4 Control de pH	5
1.5 Control de acidez.....	5
1.6 Ajuste del pH de las muestras.....	5
1.7 Adición del agente acidificante o neutralizante:.....	6
1.8 Adición de los cuajos:.....	6
1.9 Determinación de Fuerza de cuajo	7
1.10 Medición y drenado del suero	7
2. Resultados.....	8
2.1 Control de calidad.....	8
2.2 Calculo de la Fuerza de cuajo.....	8
2.3 Evaluación del drenado de suero de las muestras.....	12
3. Conclusiones.....	14
Bibliografía.....	16
Anexos.....	17

Índice de tablas

Tabla 1. Condiciones de pH a realizar la investigación con cuajo animal y microbiano	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Resultado del control de calidad.....	8
Tabla 3. resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen animal a pH 5.5	9
Tabla 4. resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen microbiano a pH 5.5	9
Tabla 5. resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen animal a pH 6.7	10
Tabla 6. resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen microbiano a pH 6.7	10
Tabla 7. resultado de la fuerza del cuajo del cuajo de origen animal a pH 7.5	11
Tabla 8. resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen microbiano a pH 7.5	11
Tabla 10. resultado del desuerado de la cuajada con cuajo microbiano	13

Índice de anexos

Anexo 1. Densidad.	17
Anexo 2. pH.....	17
Anexo 3. Acidez	17
Anexo 4. Ajuste de pH de las muestras	18
Anexo 5. Adición de las enzimas coagulantes	18
Anexo 6. Medición del suero drenado.....	19
Anexo 7. Cuajada resultante de la enzima de origen animal.....	20
Anexo 8. Cuajada resultante de la enzima de origen microbiano	20

Introducción

La coagulación de la leche es un proceso crucial en la industria quesera que marca el inicio de la transformación de la leche en queso. Este proceso, que ha sido perfeccionado a lo largo del tiempo, resulta fundamental para dar valor agregado a la leche y aumentar su tiempo de vida útil.

El proceso de cuajado en la producción de queso es catalizado por la acción de enzimas proteolíticas, conocidas como peptidasas, en particular la aspártica endopeptidasa y la quimosina. Estas enzimas tienen la capacidad de hidrolizar (romper mediante la adición de una molécula de agua) enlaces peptídicos específicos dentro de las proteínas presentes en la leche. La κ -caseína es una de las principales proteínas y es el sustrato sobre el cual actúa el cuajo, ya que su estructura contiene varios enlaces peptídicos que pueden ser hidrolizados por la acción de la aspártica endopeptidasa y la quimosina. El proceso de coagulación puede dividirse en dos etapas, inicialmente la hidrólisis enzimática y finalmente la agregación. Durante la hidrólisis, el enlace Phe105-Met106 de la κ -caseína por la acción de las enzimas es fragmentado, formando una porción hidrofóbica: para κ -caseína y una hidrofílica: caseinmacropéptido. Como resultado de esta acción las micelas modificadas comienzan a ser susceptibles de agregarse (Lucey, 2002). Durante la etapa de agregación predominan los puentes-Ca, las fuerzas de Van der Waals, las interacciones hidrofóbicas y puentes hidrógeno (Sbodio & Revelli, 2012).

Tradicionalmente se utilizaba el cuajo de origen animal, el cual es extraído del cuarto estómago de los terneros entre 10 y 30 días de nacidos, donde existe mezclas de quimosina de 88 a 94% y pepsina del 6 a 12 % (Ruiz-Rojas, 2005). La limitada disponibilidad de estómagos de terneros para la fabricación del cuajo y los altos precios de este producto en el mercado, son algunas de las razones que han generado problemas para satisfacer esta demanda, por lo que ha sido necesaria la introducción de otros coagulantes sustitutos del tradicional cuajo de ternero, como son los cuajos de origen microbiano que son obtenidos por la fermentación controlada de cepas seleccionadas de microorganismos en condiciones de laboratorio. El cuajo microbiano puede estar compuesto por quimosina, proteasas y pepsina, La composición exacta del cuajo de origen microbiano puede variar según el fabricante, la cepa utilizada y la aplicación específica.

La acción catalítica de las enzimas coagulantes en la fabricación de quesos puede variar debido a una variedad de factores, entre ellas la condición de pH de la leche y el origen del cuajo, por ello es importante realizar la prueba de la fuerza de cuajo, que consiste en determinar la capacidad de una determinada cantidad de cuajo para coagular una cantidad específica de leche en un tiempo determinado.

Objetivo general

Evaluar la actividad coagulante del cuajo de origen animal y microbiano en distintas condiciones de pH

Objetivos específicos

- Realizar un control de calidad de la leche antes iniciar el proceso
- Ajustar los valores de pH según las variables de estudio
- Determinar la fuerza de cuajo y rendimiento de los diferentes ensayos

1. Procedimiento

1.1 Toma de muestra

La leche cruda utilizada para los ensayos de coagulación fue obtenida del ordeño matutino de la zona de San Miguel de Putushi, Azuay. Se tomaron 1000 ml de leche en un recipiente de vidrio previamente esterilizado y se transportó a los laboratorios de CampusTech UDA.

1.2 Control de calidad de la leche

Para controlar la calidad inicial de la muestra de leche se tomaron como referencia los parámetros establecidos en la NTE INEN 09:2012 para leche cruda.

1.3 Control de densidad

Para determinar la densidad de la leche se procedió de la siguiente manera

- Se agregó una muestra representativa de la leche en una probeta de 250 ml por las paredes de la misma para evitar que se forme espuma, que puede interferir en la lectura.
- Se sumergió el lactodensímetro suavemente dentro de la probeta con la muestra y se realizó un pequeño giro, se esperó hasta que flote libremente y no toque las paredes del recipiente.
- Se procedió a tomar lectura de la densidad y la temperatura
- Finalmente se aplicó la fórmula para la corrección del valor de de la densidad por la diferencia de temperatura (NTE INEN 9:2012). La ecuación utilizada fue la siguiente: $d_{20} = d + 0.0002(t - 20)$.

Donde: d_{20} = densidad relativa a 20°C

d = densidad de la leche.

t = temperatura de la muestra durante la determinación en °C.

0.002= factor de corrección.

1.4 Control de pH

- Se tomó una muestra de 50 ml de leche.
- Una vez homogeneizada la muestra, se sumergió el electrodo del potenciómetro previamente calibrado y se tomó la lectura en el momento en que se estabilizó el valor.

1.5 Control de acidez

- Se realizó mediante el método de titulación, para lo cual, se tomó el vaso de precipitación y se adicionó 10 ml de la muestra de leche
- Se agregaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador de acidez, este reactivo cambia de color cuando se alcanza el punto final de la titulación.
- Se llenó una bureta con 25 ml de solución de hidróxido de sodio (NaOH) de concentración 0,1 N.
- Se realizó la titulación dejando caer gota a gota el hidróxido de sodio hasta lograr el viraje de color a ligeramente rosado y se registró la cantidad de NaOH empleado (1.8ml).
- Finalmente se realizó el cálculo de acidez con los datos obtenidos, aplicando la siguiente fórmula:

$$x = \frac{NT*VT*0.090}{VM}*100$$

Donde: NT= concentración del titulante

VT= volumen del titulante.

0.090= factor de conversión en grados dornic.

VM= volumen de la muestra.

1.6 Ajuste del pH de las muestras

El rango de pH considerado a investigar será de (5.5, 6.7 y 7.5), se empleará ácido clorhídrico 1N e hidróxido de sodio 1N.

1.7 Adición del agente acidificante o neutralizante:

Para lograr la acidificación, se agregó el ácido clorhídrico a la leche de manera gradual y continua, agitando suavemente para asegurar una distribución uniforme. Se tomó la lectura del pH y se adicionó el ácido hasta logra el valor de 5,5. De igual manera se trabajó con el hidróxido de sodio, hasta ajustar el valor de pH a 7.5

Para esta determinación se trabajó con las siguientes muestras:

Tabla 1.

Condiciones de pH a realizar la investigación con cuajo animal y microbiano.

Muestra	Tipo de cuajo
M1 Leche pH 5,5	Animal
M2 Leche pH 6,7 (testigo)	Animal
M3 Leche pH 7.6	Animal
M4 Leche pH 5,5	Microbiano
M5 Leche pH 6,7 (testigo)	Microbiano
M6 Leche pH 7.6	Microbiano

Nota. *Cada una de las determinaciones se realizaron por triplicado.

1.8 Adición de los cuajos:

Cuajo de origen animal

El cuajo de origen animal fue preparado de la siguiente manera. Los trozos de estómago se colocaron en una solución de salmuera, la sal ayuda a preservar el cuajo y a extraer las enzimas necesarias para la coagulación, también se adicionó suero de leche, y jugo de limón, para activar las enzimas coagulantes presentes en el estómago, esta mezcla se dejó reposar durante tres días.

Una vez que esta preparación estuvo lista se filtraron los sólidos y se extrajo la solución de este preparado, después se procedió a tomar 1 ml de cuajo y se colocaron en 50 ml de leche en baño maría a 40°C.

Cuajo de origen microbiano

Para el cuajo microbiano se utilizó un cuajo comercial de la marca BioCuajo de presentación líquida (proteasa ácida).

En la preparación del cuajo microbiano se diluyó en un tubo de ensayo 5 ml cuajo con 5 ml de agua destilada como indica el fabricante, se homogenizó y se tomó 1 ml de esta muestra para agregar en 50 ml de leche en baño maría a 40°C.

1.9 Determinación de Fuerza de cuajo

La fuerza de un cuajo se expresa como la relación entre el volumen de leche coagulada por una unidad de volumen de cuajo en unas condiciones determinadas, Así, las unidades de Soxhlet indican los litros de leche coagulada por un litro de cuajo en 40 minutos (2400 segundos) a 37°C. Se puede calcular la fuerza de cuajo con la siguiente fórmula. (Amiot, 1991).

$$F = \frac{2400 V}{Tv}$$

Donde: F = Fuerza de cuajo. V = Volumen de la leche en mililitros.

v = Volumen de cuajo. T = Tiempo de coagulación en segundos

1.10 Medición y drenado del suero

Se filtró cada una de las cuajadas, para lo cual se utilizó embudos de cristal, filtros de gasa y probetas graduadas, después de que la cuajada drenó todo el suero se procedió a registrar la medida de la cantidad de suero expulsado.

2. Resultados

2.1 Control de calidad

Los valores obtenidos del control de calidad (Tabla 2.) se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la NTE INEN 09:2012 para recepción de leche cruda, por lo que, la leche utilizada en el estudio fue de óptima calidad.

Tabla 2.

Resultado del control de calidad

Muestra	pH	Acidez (%)	Densidad g/cm³
1	6.7	0.15	1.027
2	6.7	0.15	1.027
3	6.7	0.14	1.027
Promedio	6,7 ± (0,0)	0,146 ± (0,0057)	1,027 ± (0,0)

2.2 Calculo de la Fuerza de cuajo

Para realizar esta prueba se calcula midiendo el tiempo desde que el cuajo es adicionado a la muestra de leche hasta que se produce el primer coagulo en una temperatura de 40°C.

Los resultados de las tablas 3 y 4 muestran que a pH 5.5 el cuajo de origen animal tiene una fuerza de (2141.9) mientras que la de origen microbiano (2139.3), sin embargo, no hay una diferencia significativa en este parámetro. Por lo que, se podría indicar que el origen del cuajo no es un factor influyente para la coagulación en estas condiciones de pH. Cabe destacar, que la cuajada obtenida usando el cuajo microbiano fue más compacta, maciza y brillante en comparación de la cuajada resultante del cuajo de origen animal que fue más blanda, elástica y opaco, pero con un tamaño ligeramente mayor.

Tabla 3.*Resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen animal a pH 5.5*

Leche pH 5.5	Formula: $F = \frac{2400 * V}{T * v}$	Resultado
Muestra 1	$F = \frac{2400 * 50}{60 * 1}$	2000
Muestra 2	$F = \frac{2400 * 50}{51 * 1}$	2353.9
Muestra 3	$F = \frac{2400 * 50}{58 * 1}$	2068.9
Promedio		2141.9 ± (187.6)

Tabla 4.*Resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen microbiano a pH 5.5*

Leche pH 5.5	Formula $F = \frac{2400 V}{T v}$	Resultado
Muestra 1	$F = \frac{2400 * 50}{50 * 1}$	2400
Muestra 2	$F = \frac{2400 * 50}{56 * 1}$	2142.8
Muestra 3	$F = \frac{2400 * 50}{64 * 1}$	1875
Promedio		2139.3 ± (262.5)

En cuanto a la fuerza de cuajo a pH 6.7, se evidencia una diferencia significativa en el resultado obtenido, siendo en el caso del cuajo de origen microbiano (2453.5), y la del cuajo de origen animal (1933.5). Esto nos indica una mayor eficiencia por parte del cuajo de origen microbiano en este pH, también cabe recalcar que la cuajada resultante del cuajo

de origen microbiano fue menos compacta, brillante y lisa que en condición de pH de 5.5, y en comparación con la cuajada obtenida de la enzima de origen animal que mostró grietas, deformidades, textura blanda y un tamaño ligeramente mayor.

Tabla 5.

Resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen animal a pH 6.7

Leche pH 6.7	Formula: $F = \frac{2400V}{Tv}$	Resultado
Muestra 4	$F = \frac{2400 * 50}{67 * 1}$	1791
Muestra 5	$F = \frac{2400 * 50}{63 * 1}$	1904.7
Muestra 6	$F = \frac{2400 * 50}{57 * 1}$	2105
Promedio		1933.5 ± (158.9)

Tabla 6.

Resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen microbiano a pH 6.7

Leche pH 6.7	Formula: $F = \frac{2400V}{Tv}$	Resultado
Muestra 13	$F = \frac{2400 * 50}{41 * 1}$	2926.8
Muestra 14	$F = \frac{2400 * 50}{50 * 1}$	2400
Muestra 15	$F = \frac{2400 * 50}{59 * 1}$	2033.8
Promedio		2453.5 ± (448.9)

Finalmente, en condición de pH 7,5 es donde se pudo evidenciar una diferencia muy notoria, mientras que el cuajo de origen microbiano pudo coagular la leche, el cuajo de origen animal no fue capaz, sin embargo, en el cálculo de la fuerza de cuajo de origen microbiano se obtuvo un valor de 1454, el cual si se compara con las otras condiciones resulta menor, también reportamos que la cuajada obtenida en estas condiciones fue muy blanda, deforme y poco consistente.

Tabla 7.

Resultado de la fuerza del cuajo del cuajo de origen animal a pH 7.5

Leche pH 7.5	Formula: $F = \frac{2400 V}{Tv}$	Resultado
Muestra 7	$\frac{2400 V}{Tv}$	No hubo cuajada
Muestra 8	$\frac{2400 V}{Tv}$	No hubo cuajada
Muestra 9	$\frac{2400 V}{Tv}$	No hubo cuajada

Tabla 8.

Resultado de la fuerza de cuajo del cuajo de origen microbiano a pH 7.5

Leche pH 7.5	Formula: $F = \frac{2400 V}{Tv}$	Resultado
Muestra 16	$F = \frac{2400 * 50}{78 * 1}$	1538.4
Muestra 17	$F = \frac{2400 * 50}{84 * 1}$	1428.5
Muestra 18	$F = \frac{2400 * 50}{86 * 1}$	1395.3
Promedio		1454 ± (74.8)

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron evidenciar que el cuajo de origen microbiano tiene mejor capacidad para adaptarse a distintas condiciones de pH con respecto al natural de origen animal y de manera general podemos decir que en la cuajada del cuajo de origen microbiano mostro mejor rendimiento, textura más firme y compacta con respecto al cuajo de origen animal.

2.3 Evaluación del drenado de suero de las muestras

Esta prueba consiste en medir la cantidad de suero obtenida de la cuajada durante el proceso de coagulación. La medición se realizó recolectando y cuantificando el suero drenado en recipientes graduados.

Tabla 9.

Resultado del desuerado de la cuajada con cuajo animal.

Muestra	Suero (ml)
pH 5.5	33.3
pH 6.7	20.0
pH 7.5	No hubo cuajada

De acuerdo a la tabla 9, la muestra con pH 5.5 tuvo la mayor cantidad de suero drenado de (33.3 ml), seguida por la muestra con pH 6.7 (20.0 ml) y la muestra con pH 7.5 que no experimentó coagulación, lo que resultó en la ausencia de drenado de suero. Indicando que un pH muy alto puede inhibir la coagulación de la leche y afectar negativamente el proceso de fabricación del queso. Por otro lado, se evidencia que si la leche está acidificada se tendrá un menor rendimiento por la pérdida mayor de suero de la leche.

Tabla 9.

Resultado del desuerado de la cuajada con cuajo microbiano.

Muestra	Suero (ml)
pH 5.5	35.6
pH 6.7	33.6
pH 7.5	30.6

Como se observa en la tabla 10, hay una disminución gradual en la cantidad de suero drenado a medida que aumenta el pH, siendo que a pH 5.5 fue donde más suero se obtuvo. Destacamos también que las cuajas que obtuvimos usando este cuajo tuvo un mejor rendimiento que el cuajo de origen animal.

3. Conclusiones

Con el desarrollo de este informe técnico se pudieron llegar a las siguientes conclusiones:

- Le leche utilizada para el estudio cumplió con todos los requisitos de calidad establecidos por la NTE INEN 9: 2012 para la recepción de leche cruda.
- Se utilizó hidróxido de sodio y ácido clorhídrico en las muestras de leche para ajustar el pH dentro del rango de establecido dentro del estudio.
- Con respecto a la fuerza de cuajo se logró evidenciar que la enzima de origen microbiano tiene una mejor capacidad de coagulación y adaptación a diferentes condiciones de que el cuajo de origen animal. No obstante, es importante destacar que a medida que la leche se vuelve más alcalina, la actividad coagulante se ve restringida, lo que puede incidir negativamente en la calidad del producto final. Así mismo, notamos que a pH 7.5 el cuajo de origen animal no pudo coagular la leche, mientras que el de origen microbiano sí. Finalmente se evidenció que en leches ácidas el rendimiento de la cuajada es menor, de ahí la importancia de que la leche que se utilice en producción de quesos sea de óptima calidad.

Recomendaciones

- Estudiar un rango más amplio de valores de pH para tener mayor información sobre el desempeño de los dos tipos de cuajo.
- Estandarizar la preparación del cuajo natural de origen animal.
- Realizar un estudio microbiológico del cuajo natural de origen animal.

Bibliografía

Alais, C. (1970). Ciencia de la leche: principios de técnica lechera.

Amiot, J., & Almudí, R. O. (1991b). Ciencia y tecnología de la leche: principios y aplicaciones.

Morrillo, O. Efectos del pH, NaCl, CaCl₂ y la temperatura sobre la fuerza de cuajo de tres coagulantes/cuajos. <https://oaji.net/articles/2017/4924-1495547282.pdf>

R. Veisseyre (1982). Fabricación de productos lácteos (2.a ed.).

Sbodio, O. A., Tercero, E. J., Zannier, M. S., & Revelli, G. R. (2010). Tratamiento Térmico de Leche: Influencia del pH y CaCl₂ en la Elaboración de Queso Cuartirolo. *Información Tecnológica*, 21(5). <https://doi.org/10.4067/s0718-07642010000500014>

Ventura, S. M. (1950). Fuerza y cálculo del cuajo.

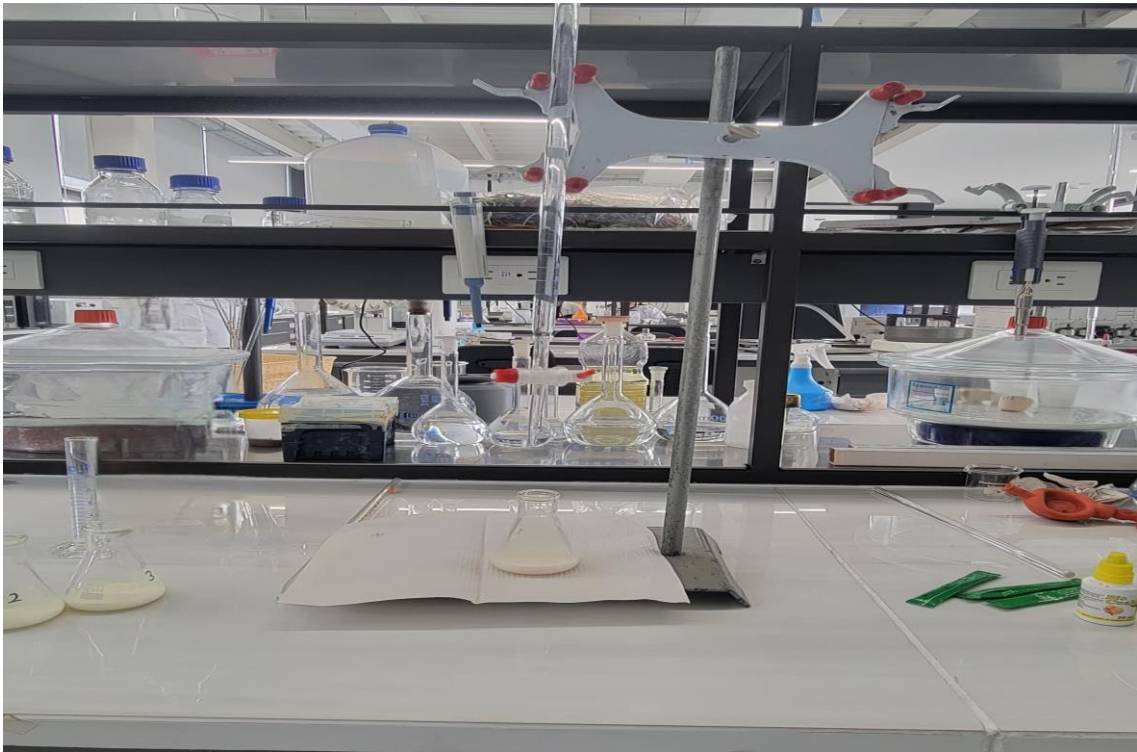
Anexos



Anexo 1. Determinación de densidad.



Anexo 2. Determinación de pH.



Anexo 3. Determinación de Acidez.



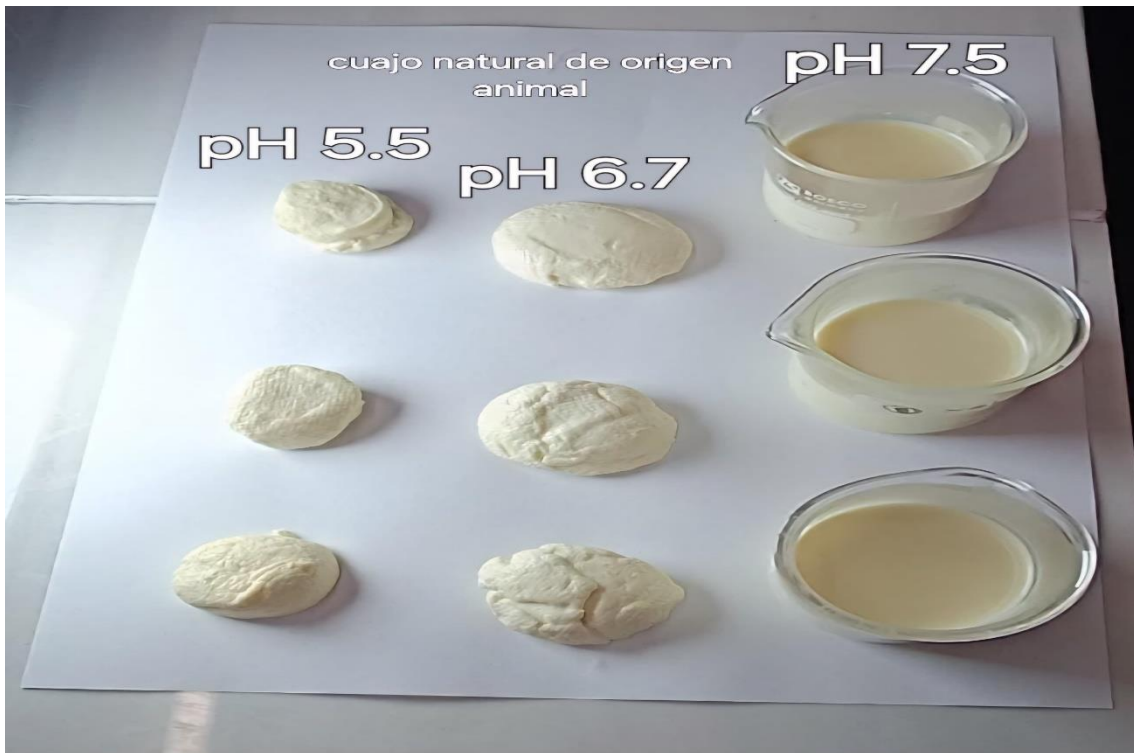
Anexo 4. Ajuste de pH de las muestras.



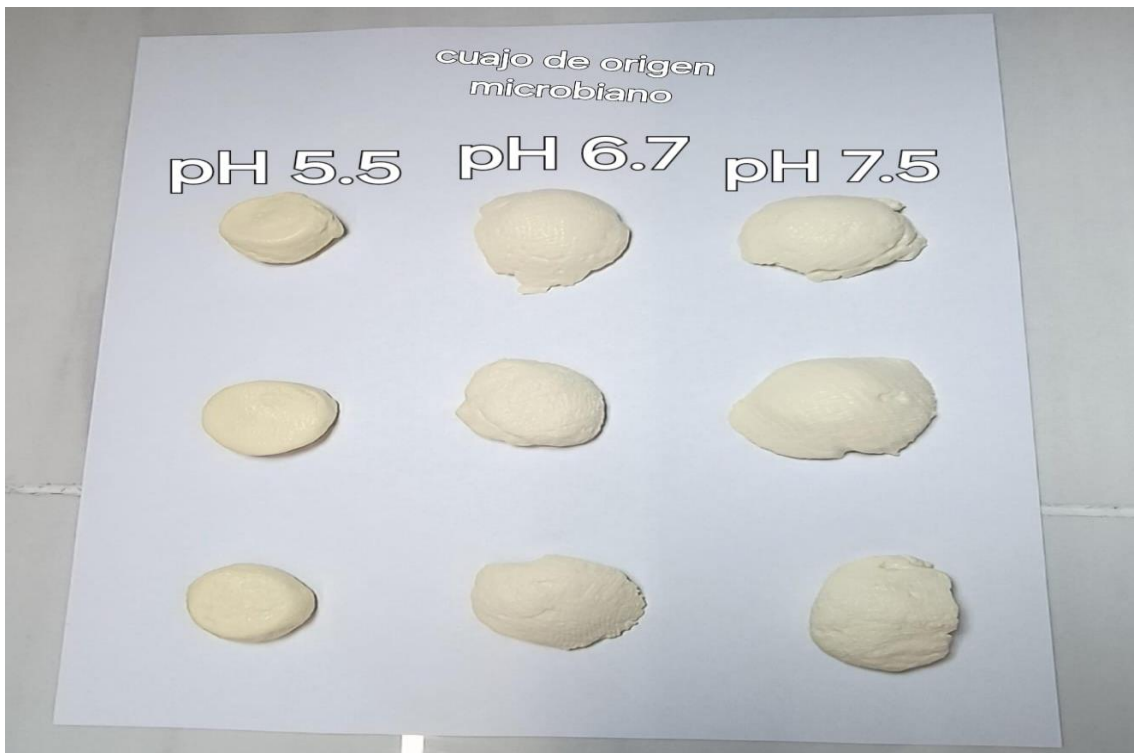
Anexo 5. Adición de las enzimas coagulantes.



anexo 6. Medición del suero drenado.



Anexo 7. Cuajada resultante de la enzima de origen animal.



Anexo 8. Cuajada resultante de la enzima de origen microbiano