



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**

**Instituto de Ciencias Agropecuarias**

**Área Académica de Ingeniería Agroindustrial e  
Ingeniería en Alimentos**

**MAESTRÍA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

“Comparación de quesos semimadurados elaborados con leche bovina, caprina y mezcla (bovina-caprina) coagulada con extracto de ortiga (*Cniduscolus multilobus*)”

**TESIS**

Que para obtener el Grado de:  
Maestra en Ciencia de los Alimentos

**PRESENTA**

Margarita Itzel Esteves Vargas

Director:

Dra. Aurora Quintero Lira

Codirector:

Dr. Javier Piloni Martini

Asesores:

Dr. Sergio Soto Simental

Dr. José Antonio Rodríguez Ávila

24 de Enero 2024



COORDINACION DE INVESTIGACION Y POSGRADO DEL ICAP

Actas de la reunión del Comité de Tesis de Maestría en Ciencia de los Alimentos  
Apertura:

La reunión ordinaria para evaluar los avances de la tesis intitulada: "Comparación de quesos semimadurados elaborados con leche bovina, caprina y mezcla (bovina-caprina) coagulada con extracto de ortiga (*Cnidocolus multilobus*)", que desarrolla la estudiante Margarita Itzel Esteves Vargas

Asistentes:

Dra. Aurora Quintero Lira

Dr. Javier Piloni Martini

Dr. Sergio Soto Simental

Dr. José Antonio Rodríguez Ávila

A. Revisión de Trabajo de Tesis

Observaciones:

El comité revisó con antelación el trabajo de tesis en extenso propuesto por la estudiante, comunicando a la estudiante, Margarita Itzel Esteves Vargas, oportunamente las correcciones, adiciones y/o modificaciones que debería considerar para mejorar su trabajo y poder continuar con el proceso de obtención de grado. La estudiante atendió de forma conveniente las sugerencias del comité.

B. Acuerdos

En esta fecha, se comunica atentamente que el comité conformado por los profesores firmantes, otorgamos nuestra autorización para que la estudiante imprima su trabajo final de tesis, y continúe con los trámites necesarios para la obtención del grado de maestría respectivo.

ATENTAMENTE

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 24 de enero de 2024

Dra. Aurora Quintero Lira

Dr. Javier Piloni Martini

Dr. Sergio Soto Simental

Dr. José Antonio Rodríguez Ávila



Avenida Universidad Km. 1 s/n, Exhacienda Aquetzalpa,  
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600  
Teléfono +52 (771) 71 72000 ext. 2425  
[maestria\\_alimentos@uaeh.edu.mx](mailto:maestria_alimentos@uaeh.edu.mx)

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)

## **Agradecimientos**

Mamá por tu apoyo incondicional, por siempre creer en mí y apoyarme en cada meta. Cada uno de mis logros siempre será completamente tuyo, gracias por tanto amor, comprensión y por alentarme en los días más difíciles.

Cesar gracias por ser mi cómplice en la vida, por ser mi mayor apoyo para cumplir esta meta, por todos los días que te levantaste temprano para llevarme a la escuela, por todas las noches que te desvelaste conmigo haciendo tareas y por esos viajes a Puebla. Sin tu grande apoyo esto no se hubiera cumplido, gracias infinitas.

Lilis de mi corazón te agradezco por ser la persona que me ha alentado a continuar en este camino, tu presencia en mi vida siempre va a ser un ejemplo y un camino a seguir. Muchas gracias por ser mi guía e inspiración, mi más grande admiración y cariño para ti y Sofis.

Dra. Aurora Quintero muchas gracias por haber aceptado ser mi guía en este camino, por todas las enseñanzas, su paciencia sobretodo y por confía en mí, gracias por siempre recibirme con una sonrisa y por alentarme todos los días a seguir mejorando. Admiro mucho su entrega y dedicación a cada uno de sus alumnos

Dr. Javier Piloni muchas gracias por su inmensa paciencia, por tomarse el tiempo de resolver cada duda por más pequeña que sea, por todas las correcciones y por ser siempre un gran ejemplo a seguir en este camino.

Dr. Sergio Soto le agradezco mucho por todas sus asesorías, por la paciencia en sus enseñanzas, por siempre mostrar esa disponibilidad para recibirme y apoyarme. Gracias por hacer más ameno este camino.

## Índice

<b>Resumen</b> .....	VII
<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1 Justificación .....	2
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>3</b>
2.1 Objetivo General .....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
2.3 Hipótesis .....	4
<b>3. Marco teórico</b> .....	<b>5</b>
3.1 Ortiga .....	5
3.2 Tipos de Coagulantes .....	6
3.3 Purificación e identificación de proteínas .....	7
3.4 Leche .....	9
3.5 Leche de caprina .....	9
3.6 Queso .....	10
3.7 Clasificación del queso .....	10
3.8 Queso semimadurados.....	12
3.9 Proceso de elaboración de queso semimadurado.....	12
<b>4. Materiales y métodos</b> .....	<b>15</b>
4.1 Recolección de la planta .....	15
4.2 Identificación de la planta .....	16
4.3 Purificación de proteínas del tallo de ortiga .....	17
4.4 Análisis del patrón electroforético de las proteínas del tallo de ortiga.....	17
4.5 Zimografía electroforética .....	18
4.6 Análisis químico proximal del tallo de ortiga .....	18
4.6.1 Humedad.....	18
4.6.2 Cenizas.....	19
4.6.3 Proteína.....	19
4.6.4 Grasa.....	20
4.6.5 Fibra .....	21
4.7 Elaboración del extracto de ortiga.....	22
4.8 Análisis fitoquímico del extracto de ortiga .....	22
4.8.1 Alcaloides .....	22
4.8.2 Insaturaciones .....	22
4.8.3 Oxhidrilos fenólicos .....	22
4.8.4 Sesquiterpenlactonas .....	23
4.8.5 Flavonoides .....	23
4.8.6 Saponinas.....	23
4.8.7 Cumarinas .....	23
4.8.8.Esteroles.....	23

4.8.9 Taninos.....	23
4.8.10 Antocianinas.....	24
4.9 Análisis de la calidad de la leche y lactosuero.....	24
4.10 Tiempo de coagulación.....	24
4.11 Elaboración de quesos semimadurados.....	24
4.12 Análisis de rendimiento del queso.....	25
4.13 Análisis químico proximal del queso semimadurado.....	25
4.13.1 Grasa.....	26
4.13.2 Contenido de cloruros.....	26
4.14 Análisis de perfil de textura.....	27
4.15 Análisis del perfil de ácidos grasos.....	27
4.16 Análisis de resultados.....	28
<b>5. Resultados y discusión.....</b>	<b>29</b>
5.1 Identificación de la planta.....	29
5.2 Análisis del patrón electroforético.....	29
5.3 Zimografía electroforética.....	30
5.4 Análisis químico proximal del tallo de ortiga.....	31
5.4.1 Humedad.....	32
5.4.2 Cenizas.....	32
5.4.3 Proteína.....	32
5.4.4 Grasa.....	33
5.4.5 Fibra.....	33
5.6 Análisis fitoquímico del extracto de tallo de ortiga.....	34
5.7 Análisis del tiempo de coagulación.....	35
5.8 Análisis de la calidad de la leche.....	36
5.9 Análisis de rendimiento.....	36
5.10 Análisis químico proximal del queso.....	37
5.11 Análisis del perfil de textura del queso.....	39
5.12 Análisis del perfil de ácidos grasos del queso.....	41
<b>6 Conclusiones.....</b>	<b>44</b>
Referencias.....	46
Anexo.....	57

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Análisis químico proximal del tallo de ortiga.....	33
<b>Tabla 2.</b> Análisis fitoquímico del extracto de tallo de ortiga.....	34
<b>Tabla 3.</b> Análisis del tiempo de coagulación.....	35
<b>Tabla 4.</b> Análisis de la calidad de la leche.....	36
<b>Tabla 5.</b> Análisis de rendimiento del queso.....	37
<b>Tabla 6.</b> Análisis proximal del queso.....	38
<b>Tabla 7.</b> Análisis de textura.....	40

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Elaboración de queso semimadurado.....	14
<b>Figura 2.</b> Arbusto de ortiga.....	15
<b>Figura 3.</b> Montaje de muestras de ortiga para su identificación.....	16
<b>Figura 4.</b> Patrón electroforético de la proteína de ortiga.....	30
<b>Figura 5.</b> Zimografía electroforética de proteína del tallo de ortiga.....	31
<b>Figura 6.</b> Coagulación con extracto de tallo de ortiga y coagulación con quimosina..	35
<b>Figura 7.</b> Perfil de ácidos grasos de quesos elaborados con leche de caprina. ....	42
<b>Figura 8.</b> Perfil de ácidos grasos de quesos elaborados con leche bovina. ....	42
<b>Figura 10.</b> Perfil de ácidos grasos de quesos elaborados con leche mezcla (bovina-caprina).....	43

## Resumen

La ortiga es un arbusto que se encuentra en regiones tropicales y subtropicales, tiene de 3 a 6 m de altura, sus hojas largas y gruesas se dividen en cinco lóbulos lanceolados, tiene tallos largos cubiertos de tricomas. En México se ha localizado en Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. En la región huasteca del estado de Hidalgo, la ortiga se utiliza tradicionalmente en la producción de queso fresco. En esta práctica, el tallo se utiliza como agente coagulante, proporcionando resultados similares a los coagulantes comerciales. El objetivo de esta investigación fue caracterizar el extracto de tallo de ortiga (*Cnidoscolus multilobus*) mediante un análisis químico proximal, así como la identificación de la planta para su uso en la elaboración de quesos. Las muestras de ortiga fueron recolectadas en el municipio de Huauchinango en el estado de Puebla, posteriormente se realizó la identificación de la planta en el Herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en cuanto a los análisis químicos proximales del extracto del tallo de la ortiga se obtuvieron los siguientes resultados: humedad 87.38%, cenizas 1.01%, proteína 2.57%, grasa 3.14%, fibra cruda 4.58%. Como conclusión podemos decir que las muestras de planta fueron identificadas como ortiga con nombre científico *Euphorbiaceae Cnidoscolus multilobus*. La incorporación del extracto del tallo de la ortiga como coagulante de origen vegetal propone un método alternativo a los utilizados actualmente por la industria alimentaria, en el que se ha visto favorecido el contenido de proteínas y el rendimiento del producto final.

## 1. Introducción

La coagulación es el principal fenómeno implicado en la transformación de la leche en queso, ya que es considerado un paso fundamental para determinar las características organolépticas y el rendimiento del producto final. Actualmente existen tres mecanismos que provocan la modificación de las micelas de caseínas dando lugar a la coagulación de la leche: la acidificación, debida a la adición de ácidos o a la actividad de bacterias ácido-lácticas, la acción de enzimas como la quimosina que es extraída del estómago de rumiantes o una combinación de los dos procesos denominada coagulación mixta (Feijoo-Siota et al., 2018). Tradicionalmente los quesos han sido elaborados utilizando como coagulante una preparación obtenida del estómago de terneras preferentemente jóvenes que es rica en enzimas que el animal usa naturalmente para el proceso de digestión de los alimentos (Moreno et al., 2018), sin embargo debido al incremento de la población y por lo tanto de la demanda de producto la disponibilidad de estómagos de rumiantes se volvió incapaz de cubrir la creciente demanda para la producción de quesos por lo que fue necesaria la búsqueda de fuentes alternativas. La industria alimentaria inició con la producción de proteínas recombinantes mediante microorganismos modificados genéticamente dando así el origen a los coagulantes de origen microbiano, los cuales funcionan de manera muy similar a los coagulantes de origen animal añadiendo ventajas como una mejor estandarización del producto y un mayor tiempo de vida de anaquel (Martínez -Álvarez et al., 2020). En menor uso se encuentran los coagulantes de origen vegetal, los cuales se caracterizan por ser extractos de plantas con producción de metabolitos secundarios como proteasas capaces de coagular las caseínas de la leche, el uso de estos extractos de plantas se ha observado con mayor frecuencia en las regiones del Mediterráneo y Australia, sin embargo la búsqueda de nuevas y mejores alternativas en la producción de quesos ha llevado descubrimiento y la implementación de nuevos coagulantes obtenidos de diferentes especies vegetales (Martínez-Ruiz et al., 2008). Los coagulantes vegetales pueden ser obtenidos a partir de frutos, semillas, tallos, raíces, savia, hojas o flores de diversas especies vegetales, normalmente tras un proceso de maceración en agua (Feijoo-Siota et al., 2018). La implementación de cuajos vegetales ha mostrado no solo mejorar las características organolépticas proporcionando sabores y aromas (Vergara-Álvarez et al., 2018), sino que también un aumento en el rendimiento de la leche en la producción de queso (Martínez-Ruiz et al., 2008).

## 1.1 Justificación

El uso de sustancias alternativas para la elaboración de queso como los coagulantes de origen vegetal, favorecen la diversificación de productos que habitualmente se pueden encontrar en el mercado, ofreciendo de esta manera diferentes características organolépticas como sabores, aromas y texturas, sin embargo actualmente hay poca información acerca del uso de coagulantes vegetales y estos están únicamente destinados a la producción de quesos a baja escala arraigados así al sector artesanal, por lo cual se considera importante realizar estudios para conocer los métodos de acción y las sustancias contenidas en las plantas que otorgan el poder coagulante y buscar su mayor implementación. El consumo de queso de cabra en México es muy bajo, esto se puede atribuir principalmente a que algunas de sus características organolépticas no son tan agradables ya que son consideradas fuertes, estas propiedades pueden depender de diferentes factores como la alimentación de la cabra, la higiene de la ordeña, del método de elaboración del queso y de los aditivos añadidos al producto. Sin embargo, se sabe que la leche de cabra contiene características nutricionales como un tamaño de glóbulo de grasa más pequeño en comparación con los glóbulos contenidos en la leche de vaca, que mejora la absorción y causa menor sensibilidad, que podrían ser útiles para la población por lo que buscar alternativas que mejoren la aceptación del producto puede implicar el incremento en el consumo del queso de cabra. Actualmente se ha reportado poca información del uso de la ortiga como coagulante vegetal en la elaboración de queso, por esto se considera importante el estudio de la planta realizando su identificación y el análisis de sus componentes, haciendo énfasis en el contenido de proteínas con características enzimáticas asociadas a la coagulación de la caseína de la leche.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto coagulante del extracto del tallo de ortiga (*Cnidocolus multilobus*) en la elaboración de quesos semimadurados con leche bovina, caprina y mezcla (bovina-caprina).

### **2.2 Objetivos Específicos**

Identificar la planta de la ortiga en el herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo HGOM.

Describir las características fitoquímicas y proximales del tallo y el extracto de ortiga con el propósito de proponerlo como coagulante en la elaboración de queso.

Caracterizar las proteínas del tallo de ortiga mediante el empleo de técnicas electroforéticas para evaluar su posible función proteolítica.

Elaborar quesos semimadurados con leche bovina, caprina y mezcla de ambas (bovina-caprina) utilizando extracto de ortiga como coagulante vegetal y un coagulante comercial para evaluar las diferencias en las características proximales, el perfil de textura y el perfil de ácidos grasos.

### 2.3 Hipótesis

El extracto obtenido del tallo de ortiga (*Cnidocolus multilobus*) contiene proteínas con propiedades proteolíticas que le permiten ser utilizado como coagulante de origen vegetal en la elaboración de quesos semimadurados con leche bovina, caprina y mezcla de ambas (bovina-caprina) disminuye el tiempo de coagulación y mejora el rendimiento del producto final.

### 3. Marco teórico

#### 3.1 Ortiga *Cnidoscolus multilobus*

La familia *Euphorbiaceae* está constituida por alrededor de 8700 especies, es considerada una de las más grandes a nivel mundial ocupando el sexto lugar en diversidad, su distribución es subcosmopolita, y aunque está mejor representada en las regiones tropicales y subtropicales, varios representantes se extienden a las zonas templadas de ambos hemisferios, se calcula que en México la familia *Euphorbiaceae* representa más del 3 % de la flora vascular calculada para el país (Escobar, 2021). El género *cnidoscolus* se encuentra ampliamente distribuida en regiones de bosques caducifolios y campos xerófilos, en el continente americano se han identificado especies desde los Estados Unidos hasta el norte de Argentina con el mayor centro de diversificación en Brasil y México (Moura et al, 2019), se calcula que 20 especies del género *cnidoscolus* son endémicas de México (Jiménez-Arellanes et al., 2014). En la actualidad se describen 5 especies de arbustos de ortiga diferenciadas principalmente por la forma de sus hojas. Ortiga estrella (*cnidoscolus aconitifolius mill*) sus hojas tienen hasta 5 lóbulos y la presencia de tricomas es mínima, la ortiga mansa (*lamium amplexicaule*) presenta de 3 a 5 lóbulos los cuales presentan tricomas visibles, la ortiga plegada (*cnidoscolus urens*) sus hojas tienen hasta 5 lóbulos dando una forma de abanico, presenta tricomas en el tallo y hojas, la ortiga picuda (*cnidoscolus souzae*) sus hojas contienen de 5 a 7 lóbulos alargados, no contienen tricomas y por último la ortiga (*cnidoscolus multilobus*) con grandes hojas pecioladas (Herrera-Gaibor et al., 2020). La Ortiga *Euphorbiaceae* *cnidoscolus multilobus* se considera originaria de México y se ha registrado en los estados de Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Se encuentra presente en un clima cálido, semicálido y templado desde el nivel del mar hasta los 2600 msnm. Asociada a vegetación perturbada de manglar, bosques tropicales caducifolio y perennifolio, bosque mesófilo de montaña y bosque de encino. Este arbusto se caracteriza por sus tallos largos generalmente cubiertos por tricomas, mide de 3 a 6 m, sus hojas son alternas largamente pecioladas de 25 cm de largo y 30 cm de ancho. Sus flores blancas están conformadas por sépalos blancos unidos en la base

con un tamaño no mayor a 15 mm y se disponen en pequeños ramos, sus frutos son en forma de cápsula con 3 semillas (Lagunes-Olivares et al., 2017). Este arbusto es considerado como maleza en algunas regiones y es utilizado generalmente como cerco vivo, esto se le atribuye principalmente a que los tricomas que recubren la planta producen una reacción urticante al entrar en contacto con la piel (CONABIO, 2009). A lo largo del tiempo la ortiga ha sido utilizada en la medicina tradicional para curar diferentes malestares tales como el mal aire, el dolor de muelas, las mordeduras de perro, las enfermedades venéreas, las infecciones vaginales, el sarampión y la erisipela, como antirreumático y antihemorrágico y para producir leche materna (Jiménez-Arellanes et al., 2014). También se ha utilizado como coagulante de origen vegetal en la elaboración de queso fresco en la región huasteca, en donde de manera tradicional se agregaba un trozo de ortiga a la leche de vaca hirviendo para producir la precipitación de las caseínas, su efecto coagulante es atribuido a la presencia de enzimas que provocan la desnaturalización de las proteínas de la leche de manera similar a la quimosina (Guyomarc'h et al., 2007).

### 3.2 Tipos de Coagulantes

Según una antigua leyenda, el queso fue inventado de manera accidental en el Oriente Medio, esto ocurrió cuando pastores nómadas utilizaron los estómagos de rumiantes para transportar la leche en su camino por el desierto, la elevada temperatura del lugar y las enzimas que se encontraban de manera natural en el interior del odre dieron lugar a la coagulación de la leche dando así al origen a lo que ahora llamamos queso (Harboe et al., 2010). En la industria alimentaria son utilizados 3 tipos de coagulantes en la elaboración de quesos, estos se pueden clasificar según su origen como: animales, microbianos y vegetales. El coagulante de origen animal coloquialmente conocido como “cuajo” se obtiene del abomaso de terneras preferiblemente jóvenes, el cuajo se elaboraba tradicionalmente colocando un trozo de abomaso en una solución salina, el poder coagulante del cuajo es atribuido a la presencia quimosina una enzima proteolítica de carácter digestivo (Ramírez, 2015). En el año de 1940 el crecimiento industrial en la elaboración de queso forzó la búsqueda de enzimas alternativas al coagulante de origen animal, debido a esto surge la producción

de proteasas extraídas de microorganismos, la cuales además de proporcionar un producto estandarizado y con una mayor vida de anaquel proporciona coagulantes de origen microbiano con características específicas para los diferentes tipos de quesos, una de las enzimas más utilizadas es la proteinasa de *Rhizomucor miehei*, conocida como mucorpepsina, que actúa de manera muy similar a la quimosina ( del Moral et al., 2015). A pesar de que son poco utilizados los coagulantes de origen vegetal no son algo nuevo, extractos de plantas se han empleado desde la antigüedad para la manufactura de quesos, existen vestigios que datan desde los años 50 a.C. El más conocido actualmente utilizado es el extracto de las flores de *Cynara cardunculus*, tradicionalmente conocido como cardo (Luo et al., 2018), que se utiliza en España y Portugal para elaborar quesos de oveja y de cabra, muchos de ellos cuentan con denominación de origen protegida. Los extractos del cardo también son utilizados en Italia para elaborar un queso con leche de vaca denominado Caciotta y en Marruecos una variedad llamada Jben (Abd El- Sal et al., 2017). La familia de las Solanáceas también ha mostrado un papel interesante en el ámbito de coagulantes vegetales, su variedad incluye plantas de uso comestible, medicinal, venenosas, ornamentales y malezas. En México, en algunas regiones del estado de Chihuahua, el fruto de la planta *Solanum elaeagnifolium* mejor conocida como “trompillo” se utiliza tradicionalmente en la elaboración de quesos (Vargas-Requena et al., 2008). Antiguamente las especies vegetales *Galium verum* eran utilizadas para la producción de quesos inclusive su el nombre científico de la especie hace referencia a su capacidad coagulante en griego *gala* significa leche y *verum* significa verdadero, comúnmente también se le conoció como cuajaleche, además de ser utilizada como coagulante, también daba color al queso de oveja y cabra en determinadas zonas de Inglaterra (Feijoo-Siota et al., 2018).

### 3.3 Purificación e identificación de proteínas

La identificación de proteínas permite inferir o atribuir propiedades a algún alimento o sustancia según las proteínas que contenga, actualmente se emplean 3 principales fases para llegar a la identificación las cuales incluyen la purificación, la identificación en la que se incluyen métodos para analizar

características como el peso molecular o la estructura que posee y por último el uso de un software bioinformático comparativo (Camacho et al., 2022). Las plantas tienen muy poca proteína en comparación con el tejido animal, ya que solo el 1-2% de la célula es el citoplasma, que es donde se encuentra la proteína, el resto de la célula vegetal contiene compuestos no proteicos que interfieren en la extracción de proteínas y la determinación del perfil electroforético de la planta. El primer paso en la purificación de proteínas es la lisis celular, que permite la liberación de componentes de los espacios intracelulares y su principal función es preservar la integridad de la proteína (López, 2012). El objetivo fundamental de la purificación por fenol es mejorar la disociación de las proteínas, se ha demostrado que el uso de cloroformo junto con el fenol aumenta el rendimiento de los ácidos nucleicos ya que el cloroformo desnaturaliza las proteínas y mejora la separación de las fases orgánica y acuosa. Otras ventajas son la eliminación de lípidos por el cloroformo y la reducción de la cantidad de agua retenida en la fase orgánica (Checa-Rojas, 2018). La electroforesis en gel de poliacrilamida fue la primera técnica proteómica desarrollada que utiliza una corriente eléctrica para separar las proteínas, este método es utilizado en la mayoría de los casos para iniciar la caracterización de una molécula del tipo proteína, es decir ayuda a determinar otros parámetros como lo es el peso molecular, punto isoeléctrico y número de cadenas polipeptídicas de las proteínas (Beeton-Kempen, 2020). La zimografía es un método electroforético para la medición e identificación de la actividad proteolítica de las proteínas separadas en la electroforesis. El método se basa en un gel de dodecil sulfato de sodio el cual se sumerge en un sustrato (proteína) que es degradado por las proteasas durante un periodo de incubación. Esta posteriormente se lleva con una tinción con azul de coomassie el cual revela los sitios donde ocurre la proteólisis manifestándose en forma de bandas blancas sobre un fondo azul oscuro. Dentro del rango mostrado (ancho de banda), la intensidad de la banda se puede relacionar linealmente con la concentración de la proteasa, esta técnica es relativamente sencilla y práctica ya que revela en qué zona, tamaño y banda se presenta la característica de una proteasa por lo cual se utiliza como un método de caracterización de proteínas (Leber et al., 1997).

### 3.4 Leche

La leche es el producto integral de un ordeño total, higiénico e ininterrumpido, de una hembra lechera sana, bien alimentada y descansada que debe recogerse inmediatamente, enfriarse y no contener calostro. Según el Codex Alimentarius la leche es la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o elaboración ulterior. Actualmente en México se producen al año 13 millones 239 mil 779 toneladas de leche bovina siendo los líderes productores los estados de Jalisco, Coahuila y Durango, utilizando principalmente las razas de ganado bovino Holstein, Suizo y Jersey, la leche es considerada uno de los productos de la canasta básica en la población mexicana, se estima un consumo per cápita de 124.3 L (SIAP, 2022). La leche es considerada como uno de los pilares en el crecimiento y desarrollo de la población desde su infancia ya que no solo es una fuente importante de energía alimentaria, su consumo regular también contribuir considerablemente a la ingestión necesaria de nutrientes como el calcio, magnesio, selenio, riboflavina, vitamina B12 y ácido pantoténico. En cuanto a los macronutrientes, las grasas constituyen alrededor del 3 % del contenido sólido de la leche de vaca, en cuanto a las proteínas se estiman que son aproximadamente el 3.5 % el contenido de proteínas de la leche es una mezcla de numerosas fracciones proteicas diferentes y de distintos pesos moleculares (Agudelo et al., 2005). Las caseínas son fosfoglucoproteínas, es decir son moléculas que contienen tanto residuos de carbohidratos como de fosfatos, prácticamente todas las moléculas de caseína están asociadas entre sí integrando las micelas, pero existen una cantidad que se encuentran en solución. Hay varias fracciones que componen la caseína ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\kappa$  caseína) y otras fracciones en menor proporción como son la lactoalbúmina y la lactoglobulina (Brunner, 1981; Severin et al., 2005).

### 3.5 Leche de caprina

En comparación con la leche bovina la leche caprina tiene una menor producción siendo Coahuila y Guanajuato los estados con mayor producción anual con cifras de 44 mil 957 miles de litros y 43 mil 767 miles de litros respectivamente (SIAP, 2020). El estado de Coahuila se caracteriza por ser el principal productor de

queso artesanal elaborado a partir de leche de cabra (Narváez et al., 2017). El queso es realizado de manera artesanal por pequeños productores, por lo tanto, la distribución de leche de cabra y sus derivados suele ser local (Chacón et al., 2009, Santos et al., 2018). La leche de cabra contiene agua, proteínas, grasas, azúcares, minerales y vitaminas (Pérez-Sánchez et al., 2020). Sus ácidos grasos son fácilmente absorbibles en el intestino debido al tamaño de sus glóbulos grasos (Pedregosa-Cabrero et al., 2020). La proteína láctea tiene todos los aminoácidos esenciales y se destaca por el elevado contenido en aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina). Durante el proceso de elaboración de los quesos se produce hidrólisis de las caseínas, lo que, además de contribuir a la adquisición de características organolépticas particulares, hace que aumente la digestibilidad de la proteína sin alterarse su valor nutritivo (de Cangas et al., 2019). La leche de cabra puede ser utilizada en la elaboración de muchos productos como dulce de leche (Wanderley et al., 2005), yogurt (Rojas et al., 2007), leches fermentadas (Kullisaar et al., 2003), leche en polvo (Pérez-Sánchez et al., 2020) mantequilla (Pal et al., 2017), sin embargo, el queso es el derivado de cabra con mayor producción (SIAP, 2020).

### 3.6 Queso

El queso es considerado el producto derivado de la leche más consumido, según el Codex Alimentarius el queso es el producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína no sea superior a la de la leche, obtenido mediante: la coagulación total o parcial de la proteína de la leche, desnatada/descremada, parcialmente desnatada/descremada, crema, crema de suero o leche de mantequilla o de cualquier combinación de estos materiales, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos (Codex, 2018).

### 3.7 Clasificación del queso

Se estima que existen a nivel mundial más de 2000 tipos de quesos. A fin de agruparlos se los puede clasificar en función de diferentes atributos los cuales toman en cuenta el proceso de elaboración o las características físico-químicas y son:

### Tipo de leche

- Queso de leche de vaca.
- Queso de leche de cabra.
- Queso de leche de oveja.
- Queso de leche de búfala.
- Queso de mezclas de otras leches pudiendo ser muy variados dependiendo del tipo de mezcla y la cantidad de leche que se utiliza de cada especie.

### Contenido de grasa

- Extra graso: Tiene un mínimo del 60% del extracto seco.
- Graso: Entre 60 y 45 % del extracto seco.
- Semigraso: Entre 45 y 25 % del extracto seco.
- Magros: Entre 25 y 10 % del extracto seco.
- Descremados: Máximo de 10 % del extracto seco.

### Porcentaje de humedad:

- Baja humedad hasta 35,9 %.
- Mediana humedad: entre 36 y 45,9 %.
- Alta humedad entre 46 y 54,9 %.
- Muy alta humedad: no menor al 55 %

### Maduración:

- Queso fresco: Es el producto que está listo para el consumo después del proceso de fabricación.
- Queso madurado: Es el producto que es sometido a maduración, dentro de esta clasificación se encuentran los quesos semimadurados con un proceso de

maduración desde 30 días y los quesos madurados con más de 70 días de maduración (Ramírez-López et al., 2012).

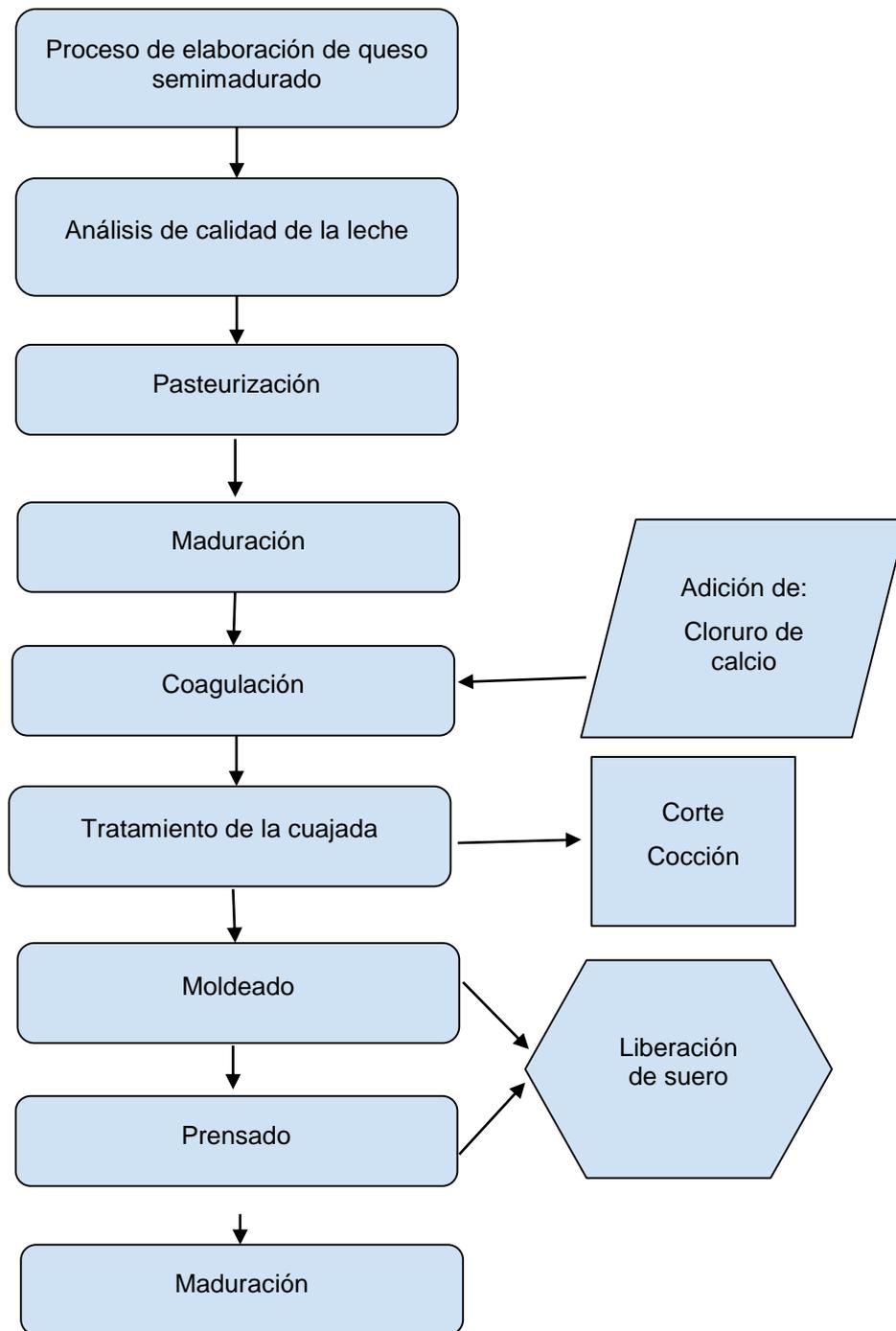
### 3.8 Queso semimadurados

Los quesos semimadurados se caracterizan por ser de pasta dura, semidura o blanda y puede tener o no corteza; estos son sometidos a un proceso de maduración mínimo de 30 días bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, puede tener o no adición de microorganismos. El someter los quesos a estas condiciones busca provocar en él cambios bioquímicos y físicos característicos del producto del que se trate, lo que permite prolongar su vida de anaquel, el cual puede o no requerir condiciones de refrigeración (Ramírez-López et al., 2012).

### 3.9 Proceso de elaboración de queso semimadurado

En la figura 1 se detalla el proceso que se lleva a cabo para la elaboración de queso semimadurado, iniciando con un análisis de la calidad de la leche, para obtener un queso de calidad y un buen rendimiento del producto la leche debe ser rica en grasa y proteína, no debe contener antibióticos, detergentes o desinfectantes que influyan en el sabor del queso e inhiban la proliferación de los 9 microorganismos responsables de las características de este alimento, para este paso es importante determinar el contenido de humedad, cenizas, materia grasa, proteína y fibra. El acondicionamiento de la leche consiste en la higienización de la leche esto incluye el filtrado, para eliminar partículas de suciedad, posteriormente, se somete a procesos de normalización de materia grasa y a un tratamiento de pasteurización orientado a eliminar microorganismos patógenos, así como otros microorganismos responsables del deterioro o alteración del queso. Al pasteurizar la leche se produce una insolubilización del calcio que normalmente tiene la leche. El calcio es necesario para una buena coagulación, por eso es necesario agregar cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) luego de pasteurizar, se agregan de 0.2 a 0.4 g por cada litro de leche. En caso de que al queso se le vayan a agregar microorganismos para la fermentación del producto la leche se somete a un proceso de maduración en el que estos microorganismos son adicionados. La coagulación de la leche es la transformación de la misma,

pasando de líquida a tener un aspecto gelatinoso y semisólido. Una vez terminada la coagulación, se procede al corte de la cuajada en pequeños trozos, el corte consiste en la ruptura del coágulo en fragmentos con el objeto de aumentar la superficie de desuerado, para salir el suero se requiere de acciones mecánicas además del corte, también se puede realizar la agitación y la cocción. Después de que la cuajada se ha cortado y se ha eliminado parte del suero, se introduce en los moldes y a continuación se realiza el prensado que puede hacerse bien en prensas o por apilado de los mismos quesos. La sal da sabor a los quesos, facilita el desuerado, ayuda a la conservación de los mismos evitando la proliferación de algunos microorganismos y mohos y por último interviene en la formación de la corteza del queso, la salazón se puede hacer de varias formas: añadiendo sal a la leche, sal a la cuajada antes del moldeado o una vez prensado el queso se sumerge en salmuera. Por último, el queso es sometido a un proceso de maduración, en este paso se debe controlar la temperatura y la humedad del local. Los quesos se deben colocar en estanterías, parrillas o soportes de fácil limpieza y desinfección, debiéndose voltear con frecuencia. Normalmente el ambiente posee una temperatura de 8 a 15 °C y un 75 a 90 % de humedad (Ramírez-López et al., 2012).



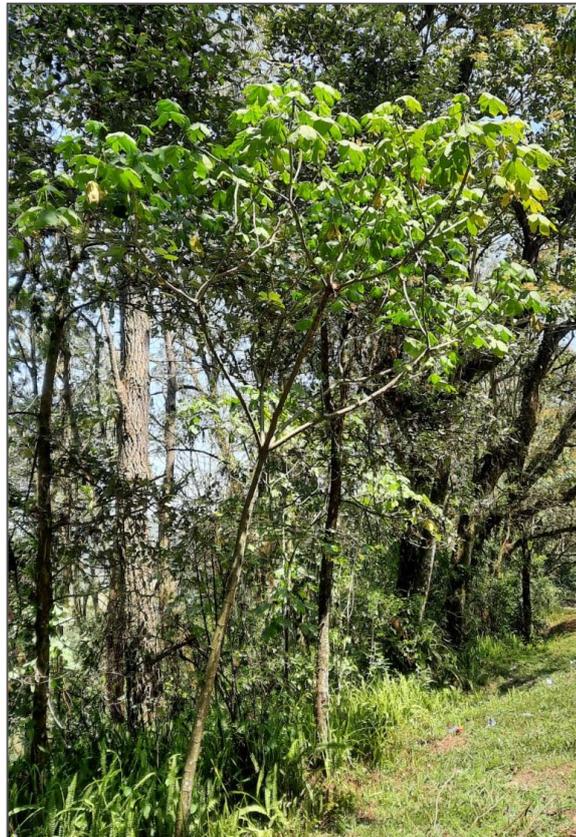
**Figura 1.** Elaboración de queso semimadurado.

(Ramírez-López et al., 2012).

## 4. Materiales y métodos

### 4.1 Recolección de la planta

La recolección de la planta ortiga se realizó en el municipio de Huauchinango perteneciente al estado de Puebla, ubicado en las coordenadas 20°11'29.2"N 98°02'19.9"W con una altitud de 1,520 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura local media de 26 °C y una humedad del 83 %, características de climas semicálidos ideales para el crecimiento de la planta (ITER, 2020). La recolección fue realizada únicamente en arbustos con una longevidad aproximada de 3 años, esto según información proporcionada por pobladores locales. Las muestras recolectadas fueron trasladadas para su análisis al Laboratorio Multidisciplinario del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. En la figura 2, se observa un arbusto de ortiga con una altura aproximada de 5 m.



**Figura 2.** Arbusto de ortiga (*Cnidocolus multilobus*). (Foto propia)

## 4.2 Identificación de la planta

Muestras de las hojas y el tallo de la ortiga recolectada se sometieron a un proceso de secado durante 30 días, en este proceso se colocaron las muestras del arbusto en papel y se dejaron a un secado libre bajo el sol. Una vez que las muestras estaban totalmente secas se procedió al montaje de las muestras en papel cartulina libre de ácidos, el montaje se realizó con ayuda de resistol blanco escolar, por último, los montajes se etiquetaron para su preservación en el archivo del herbario (Ortuño, 2014). Una vez entregado el montaje de las muestras estas fueron trasladadas al herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo HGOM para su identificación.

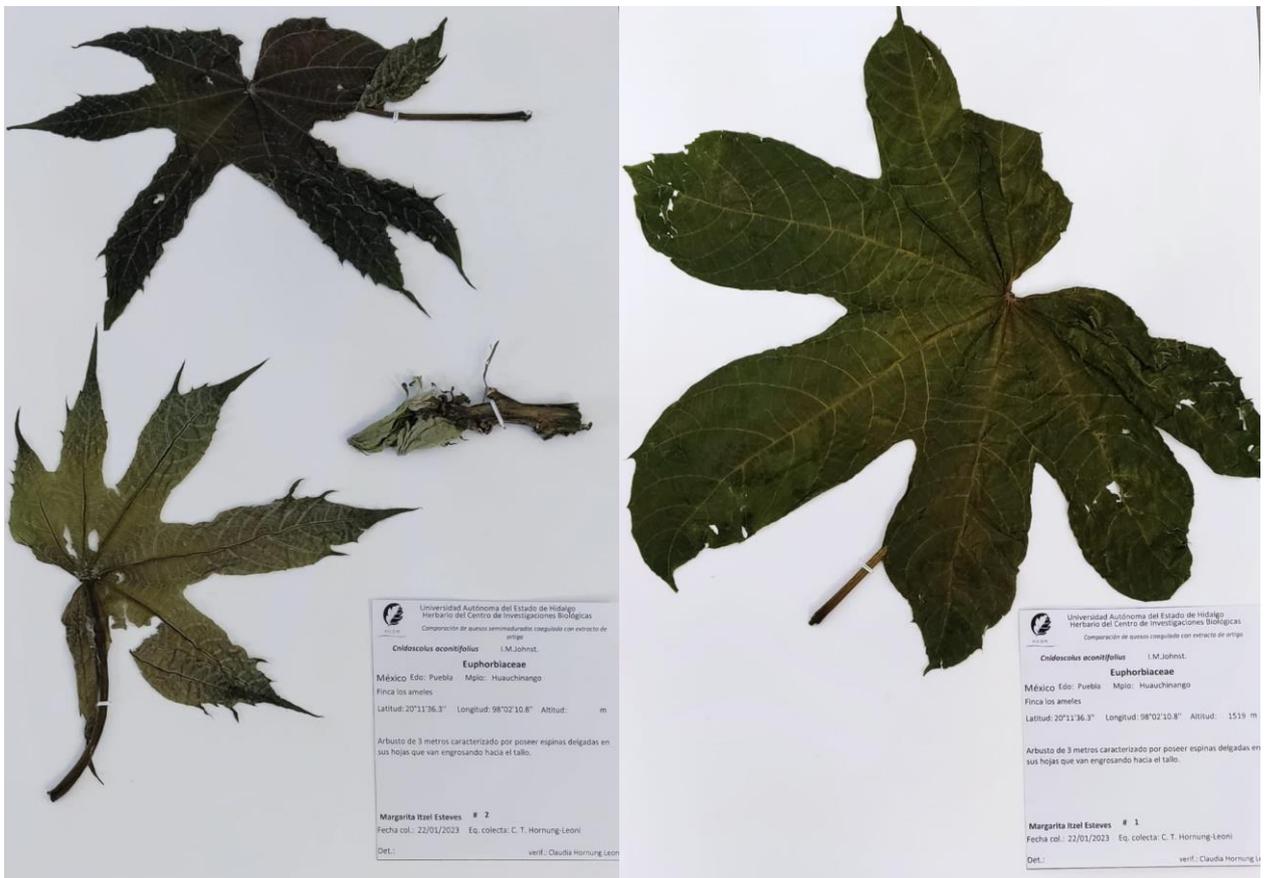


Figura 3. Montaje de muestras de ortiga (*Cnidoscolus multilobus*) para su identificación.

### 4.3 Purificación de proteínas del tallo de ortiga

Para la purificación de las proteínas del tallo de ortiga se utilizó 1 g de muestra y se trituró utilizando el homogeneizador marca Polytron modelo PT 2500, a la muestra triturada se le adicionaron 6 ml de fenol con un pH 8.8 y 5 ml de buffer (Tris, SDS, glicerol y agua destilada), posteriormente se aplicaron 5 pulsos de 1 min en el homogeneizador alternados por 1 min en hielo, después de los 5 pulsos la muestra se mantuvo en hielo 10 min más y se centrifugó en un equipo marca Velab CBS series a 4000 rpm durante 30 min, posterior al centrifugado se tomó la fase orgánica y se depositó en un tubo de 50 ml y se agregaron 25 ml de acetato de amonio en metanol ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ), se agitó y se dejó reposar 16 h a  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ . Una vez pasado el tiempo de reposo se centrifugó la muestra a 4000 rpm durante 30 min para obtener una pastilla de precipitado y se descartó el sobrenadante, la pastilla se lavó con 5 ml de acetato de amonio en metanol por duplicado y se centrifugó a 4000 rpm por 10 min después de cada lavado, posteriormente se lavó de igual manera la pastilla con acetona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ) al 80 % 2 veces y se realizó un último lavado con etanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) al 70 %, la pastilla se resuspendió en 100  $\mu\text{L}$  de buffer y se conservó en congelación hasta su análisis (Sánchez, 2023).

### 4.4 Análisis del patrón electroforético de las proteínas del tallo de ortiga

Para el análisis del patrón electroforético de las proteínas del tallo de ortiga se tomaron 4  $\mu\text{L}$  de la muestra de proteína de tallo de ortiga purificada y se colocaron en un gel SDS-PAGE en condiciones desnaturalizantes, se utilizó el marcador molecular Precision Plus de Biorad como referencia de peso molecular y 1  $\mu\text{g}$  de lisozima sigma #L6876-1G como referencia de cantidad. Se corrió en un gel de poliacrilamida al 12 % a 70 V por 2.5 h. Posteriormente se desmontó el gel y se colocó en solución de coomassie coloidal. Finalizada la electroforesis, se realiza un primer paso de fijación, incubando los geles en una solución 50 % metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) y 50 % agua durante 1 h a temperatura ambiente. A continuación, se retira la solución de fijación y se incuban los geles en solución de tinción de azul de coomassie (G-250) durante 16 h a temperatura ambiente. Finalmente, se destiñen los geles con agua bidestilada, hasta alcanzar el contraste adecuado para la identificación de bandas (Sánchez, 2023).

#### 4.5 Zimografía electroforética

Para la identificación de actividad proteolítica en la proteína purificada de tallo de ortiga se tomaron 4 µL de la muestra y se colocaron en un gel SDS-PAGE al 12 % de acrilamida de una dimensión. Se corrió en un gel de poliacrilamida al 12 % a 70 V por 2.5 h. Posteriormente se desmontó el gel y se sumergió en una solución rica en caseína durante 1 h a 95 °C, se incubaron los geles en solución de tinción de azul coomassie (G-250) durante 16 h a temperatura ambiente y finalmente, se destiñen los geles con agua bidestilada, hasta alcanzar el contraste adecuado para la identificación de bandas (Sánchez, 2023).

#### 4.6 Análisis químico proximal del tallo de ortiga

##### 4.6.1 Humedad

La determinación de humedad se realizó por triplicado, mediante la metodología que describe la AOAC (2020) en el método 925.45, el cual se basa en la pérdida de peso por calentamiento, se utilizaron charolas de aluminio previamente sometidas a peso constante y se colocó una muestra de 10 g de tallo de la ortiga, la muestra se sometió a calentamiento a 105 °C por 4 h en una estufa marca BioBase, una vez pasado el tiempo las muestras se colocaron en un desecador por 15 min, por último se pesaron las muestras secas en una balanza analítica. Los resultados se calcularon de acuerdo la fórmula siguiente:

$$\%Humedad = \frac{B - A}{PM} * 100$$

Donde:

B: Peso de la charola con la muestra.

A: Peso de la charola con la muestra seca.

PM: Peso de la muestra.

#### 4.6.2 Cenizas

Se utilizó la metodología de la AOAC (2020) método 923.03 la cual se basa en la incineración de las muestras, se utilizaron crisoles a peso constante, en los cuales se colocaron 5 g de muestra del tallo para someterlos a una incineración, posteriormente se introdujeron las muestras en una mufla marca MSL 550°C por 3 h, posteriormente se pesaron en una balanza analítica marca Velab. Los resultados se calcularon de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{B - A}{PM} * 100$$

Donde:

B: Peso del crisol con cenizas.

A: Peso del crisol vacío.

PM: Peso de la muestra.

#### 4.6.3 Proteína

Para la determinación de proteínas se usó el método de Microkjeldahl, el cual se basa en la digestión de materia orgánica con ácido sulfúrico y una mezcla digestora que se elaboró con 20 g sulfato cúprico ( $\text{CuSO}_4$ ) y 200 g sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ). Para dicho análisis se tomó 1 g de muestra en un matraz Kjeldahl y se adicionaron 15 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y 5 g de la muestra digestora. Se realizó la digestión durante 3 h en un equipo Microkjeldahl, posteriormente al cambio de coloración en la mezcla (negro a verde) se dejó en calentamiento por una hora, una vez pasado el tiempo se realizó la destilación con hidróxido de sodio (NaOH) al 30%, obteniendo el destilado en un matraz Erlenmeyer el cual contendrá ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) al 2 %, por último se tituló con ácido sulfúrico 0.1 N, para así conocer la concentración total de nitrógeno, esto según la metodología de la AOAC (2020).

El nitrógeno contenido total se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{V1 - V2 * N * 0.014}{PM} * 100$$

Donde:

V1: ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastado en la titulación

V2: ml blanco de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastado

N: Normalidad de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

PM: Peso de la muestra en g

0.014: Miliequivalentes de N

Para obtener el porcentaje de proteína se utilizó la siguiente fórmula:

% Proteína: (% N) (6.25)

#### 4.6.4 Grasa

Se determinó siguiendo la metodología de la AOAC (2020) se usaron cartuchos de celulosa a peso constante, en los que se agregaron las muestras libres de humedad las cuales se colocaron en un extractor soxhlet y un sistema de extracción büchi, con vasos de misma marca, se agregaron 200 ml de éter de petróleo y se dejaron por 6 h, se secaron en una estufa marca BioBase a 70°C, se colocaron las muestras en un desecador y se pesaron. El porcentaje de grasa se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Extracto etéreo} = \frac{B - A}{PM} * 100$$

Donde:

B: Peso del vaso Büchi con grasa

A: Peso del vaso a peso constante

PM: Peso muestra

#### 4.6.5 Fibra

La determinación de fibra se realizó mediante la metodología de la AOAC (2020) donde se inicia con muestras libres de humedad y de grasa, estas se colocaron en un vaso de Berzelius, con 200 ml de ácido sulfúrico 0.255 N, se llevaron a ebullición en un equipo de extracción por 30 min, una vez pasado este tiempo se realizaron lavados con agua caliente hasta que el pH fue neutro, se colocaron las muestras nuevamente en los vasos Berzelius con 200 ml de una solución de hidróxido de sodio 0.313 N y se llevaron a ebullición por 30 min. Posteriormente se filtraron y lavaron con 50 ml de ácido sulfúrico 0.255 N, 150 ml de agua caliente y 25 ml de etanol. Las muestras se pasaron a un crisol a peso constante y se dejaron secar por 2 h a 130 °C en una estufa marca BioBase, una vez frías se pesaron. Por último, se calcinaron en una mufla (MSL) a 530 °C por 30 min y una vez frías se pesaron. Los resultados se calcularon bajo la siguiente fórmula:

$$\%Fibra = \frac{\text{Peso crisol con muestra seca} - \text{Peso crisol con muestra calcinada}}{\text{Peso real de la muestra}} * 100$$

#### 4.7 Elaboración del extracto de ortiga

Para la elaboración del extracto se realizó un lavado de los tallos de ortiga con agua destilada y se cortaron en trozos de aproximadamente 1 cm de largo para facilitar su manejo, posteriormente se tomaron 50 g de los tallos y se agregaron 20 ml de agua destilada, para proceder a moler con ayuda de una licuadora convencional marca Oster, una vez molidas las muestras se procedió a filtrar el extracto con un paño español y se almacenó en recipientes de plástico asépticos y se conservó en congelación hasta su uso, todo esto basado en la metodología descrita por González en 2018.

#### 4.8 Análisis fitoquímico del extracto de ortiga

Se realizó un análisis fitoquímico del extracto de ortiga en el que se analizó la presencia o ausencia de metabolitos secundarios mediante reacciones de colorimetría en las que un cambio de coloración puede representar un resultado positivo o negativo (Raaman, 2006), los procedimientos para cada reacción se mencionan a continuación:

##### 4.8.1 Alcaloides

Para determinar la presencia de alcaloides se colocó 1 ml del extracto de tallo de ortiga en un tubo de ensayo y se añadieron 3 gotas de reactivo de Mayer ( $\text{HgCl}_2 + \text{KI}$ ), posteriormente se agitó por 1 min, la aparición de una coloración blanca cremosa denotará la presencia de alcaloides.

##### 4.8.2 Insaturaciones

La aparición de un precipitado de color café al agregar gotas de permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) en 1 ml de extracto de tallo de ortiga indicara la presencia de insaturaciones.

##### 4.8.3 Oxhidrilos fenólicos

La presencia de oxihidrilos fenólicos en 1 ml de extracto de tallo de ortiga se podrá observar con la aparición de una coloración rojo- violeta al agregar 3 gotas de cloruro de hierro ( $\text{FeCl}_3$ ).

#### 4.8.4 Sesquiterpenlactonas

Para analizar la presencia de sesquiterpenlactonas se utilizó 1 ml de extracto de tallo de ortiga al que se le añadieron 4 gotas de mezcla de ácido pícrico ( $C_6H_3N_3O_7$ ) en etanol e hidróxido de sodio en agua, una coloración naranja-rojiza indicaría la presencia de sesquiterpenlactonas.

#### 4.8.5 Flavonoides

Se utilizó 1 ml de extracto de tallo de ortiga al cual se le añadió 1 ml de ácido sulfúrico concentrado, una coloración roja o púrpura indicaría presencia de quinonas, amarilla de flavonas y naranja-guinda de flavononas.

#### 4.8.6 Saponinas

En esta reacción se añadió 1 ml de cloroformo ( $CHCl_3$ ) y 1 ml de ácido sulfúrico, a 1 ml del extracto de tallo de ortiga, una coloración amarilla o café indicaría la presencia de saponinas.

#### 4.8.7 Cumarinas

La presencia de cumarinas se verá reflejada en la desaparición de la coloración azul al agregar 1 ml de hidróxido de sodio y 1 ml de ácido clorhídrico (HCL) a 1 ml de extracto de tallo de ortiga.

#### 4.8.8 Esteroles

La formación de un anillo azul indicaría la presencia de esteroides, en esta reacción se agregaron 1 ml de anhídrido acético ( $C_4H_6O_3$ ) y 1 ml de ácido sulfúrico, a 1 ml del extracto de tallo de ortiga

#### 4.8.9 Taninos

Para esta reacción se agregó 1 ml de extracto de tallo de ortiga, 2 ml de agua destilada y 3 gotas de cloruro de hierro al 0.1 %, una coloración verde-azul indicaría la presencia de catequinas y una coloración negra-azul de taninos gálicos.

#### 4.8.10 Antocianinas

Una coloración roja-violeta indicaría la presencia de antocianinas al añadir 1 ml de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y 2 ml de ácido clorhídrico a 1 ml de extracto de tallo de ortiga.

#### 4.9 Análisis de la calidad de la leche y lactosuero

La calidad de la leche y el suero obtenido una vez elaborados los quesos, se evaluaron mediante el uso de un analizador de leche marca Lactoscan Milkotronic modelo MCC el cual determinó los parámetros de grasa, sólidos, sólidos no grasos, lactosa, proteínas, pH y densidad, la metodología que se utilizó es la indicada por el fabricante (Auxilab, 2021) esto se aplicó para las 3 muestras de leche bovina, caprina y mezcla (bovina-caprina) y también para los lactosueros obtenidos en la elaboración de las muestras de queso, todos los análisis fueron realizados por triplicado.

#### 4.10 Tiempo de coagulación

El tiempo de coagulación es el tiempo que se requiere para que se presente la coagulación enzimática después de agregar el medio coagulante (Sbodio, 2012). Para la determinación del tiempo de coagulación se comparó el uso del extracto de tallo de ortiga como coagulante contra la quimosina un coagulante de venta comercial se utilizaron 2 muestras de 1 L de leche, a una de las muestras se le agregaron 10 ml de extracto de ortiga y a la otra muestra se le agregaron 3 gotas de quimosina y se midió el tiempo en que se presentó la coagulación, el análisis fue realizado por triplicado.

#### 4.11 Elaboración de quesos semimadurados

Se elaboraron 6 diferentes muestras de quesos con dos tipos de coagulantes: extracto de ortiga y quimosina, y con 3 tipos de leche bovina, caprina y mezcla (50 % bovina-50 % caprina). Para los quesos elaborados con extracto de ortiga como coagulante se siguió la metodología empleada por Márquez y colaboradores (2009) con modificaciones, la leche se pasteurizó sometiendo la

leche a un calentamiento de 63 °C durante 30 min, una vez pasteurizada la leche se calentó a 90 °C, una vez llegada la temperatura se le añadió el extracto del tallo de ortiga como coagulante vegetal en una proporción de 1 % y cloruro de calcio según la metodología empleada por González en 2018 se agito para fomentar la precipitación de los coágulos, posteriormente se eliminó el suero de la cuajada para agregar la sal, por último se realizó el prensado de la cuajada en moldes de plástico por apilamiento durante 24 h, el desmoldado del queso se realizó una vez terminado el tiempo del prensado, para la maduración del queso este fue sometido a una temperatura de 8 °C con una humedad del 75 % en un cámara de refrigeración por 30 días, durante este tiempo los quesos se voltearon cada 3 días para un secado uniforme. Para los quesos control se utilizó quimosina como coagulante con la proporción indicada por el fabricante de 1 ml por cada 10 L de leche, se utilizó la metodología empleada por Márquez y colaboradores (2009) solo cambio el calentamiento de la leche a 32 °C para su coagulación tardando 32 min, la maduración fue realizada en la misma condición que los quesos elaborados con extracto de ortiga como coagulante.

#### 4.12 Análisis de rendimiento del queso

El rendimiento quesero es un parámetro que corresponde a la expresión matemática de la cantidad de queso obtenida a partir de una determinada cantidad de leche y normalmente expresada como Kg de queso por 100 Kg de leche en porcentaje. En la industria láctea es importante calcular el rendimiento quesero ya que este nos indicará que tan bueno es el proceso utilizado para la fabricación del queso o que tan óptimos son los coagulantes utilizados para la fabricación del mismo (Dalla, 2016).

#### 4.13 Análisis químico proximal del queso semimadurado

Los análisis de humedad, cenizas y proteína fueron realizados siguiendo la metodología descrita en la sección 4.5.

#### 4.13.1 Grasa

Para determinar el porcentaje de grasa en queso se llevó a cabo el método ácido-butiro-métrico establecido por Codex Alimentarius (CXS 283). El cual consistió en colocar 3 g de los quesos en la copa del butirómetro para queso Van Gulik, se agregó ácido sulfúrico con una densidad de 1.522 g/ml hasta cubrir completamente la copa, posteriormente se adiciono 1 ml de alcohol isoamílico (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O). Para finalizar se adiciona más ácido sulfúrico hasta llegar al 35 % en la escala del butirómetro. Las muestras se colocaron en una centrífuga Gerber. Para finalizar se tomó la lectura de forma directa del porcentaje de grasa.

#### 4.13.2 Contenido de cloruros

La estimación de cloruros en queso se basa en el fundamento de digerir la materia orgánica con la presencia de permanganato de potasio, ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) y nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>) titulando posteriormente con tiocianato de potasio (KSCN) y utilizando como indicador sulfato férrico amoniacal. Se utilizó el método de Durán y colaboradores. (2010), la técnica consistió en colocar 2 g de queso en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, añadiendo 25 ml de nitrato de plata 0.1 N y 25 ml de ácido nítrico con una pureza del 70%. El matraz con la solución se colocó en una parrilla de calentamiento, donde posteriormente se agregaron 10 ml de permanganato de potasio y se llevó a una ebullición lenta por 5 min. Posteriormente se retiró de la parrilla y se agregaron 100 ml de agua destilada y 5 ml de sulfato férrico amoniacal (solución saturada). Para finalizar se tituló con tiocianato de potasio 0.1 N hasta el vire de color. Los resultados de cloruro se calcularon de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\%NaCl = \frac{(A - B) * N * Meq NaCl}{M} * 100$$

Donde:

A: mL AgNO<sub>3</sub> 0.1N

B: mL de KSCN

N: Normalidad

M: Peso de la muestra en g

Meq NaCl: 0.0585

#### 4.14 Análisis de perfil de textura

La determinación de textura se realizó en los distintos tratamientos de queso elaborados, siguiendo la metodología de González y colaboradores (2015), las muestras analizadas fueron cortadas en forma de cubo con dimensiones de 1 x 1 x 1 cm, se realizaron 10 repeticiones respectivamente para cada tratamiento. Los parámetros evaluados fueron dureza, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. La determinación de textura se realizó con ayuda de un texturómetro marca CTE-4500 equipado con una celda de carga de 4.5 Kg y una sonda TA/100 a una velocidad de 1mm/s<sup>-1</sup> por una distancia de 10 mm.

#### 4.15 Análisis del perfil de ácidos grasos

Se realizó el análisis del perfil de ácidos grasos de los tratamientos de queso elaborados mediante cromatografía de gases para este procedimiento se utilizaron muestras de grasa extraídas utilizando el método butirométrico de los tratamientos de queso elaborados, a una gota de grasa se le agregó 1 ml de boro en metanol y se sometió a calentamiento a baño maría durante 10 min, posteriormente se agregaron 0.5 ml de agua y 0.5 ml de hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>), al lograr la separación de la muestra utilizada esta se inyectó al cromatógrafo de gases para su análisis (Chávez et al., 2023).

#### 4.16 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos mediante los experimentos se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , además de un análisis no paramétrico para la evaluación sensorial, utilizando como herramienta el software de estadística IBM SPSS Statistics (IBM® SPSS® 2019 ver.19 USA).

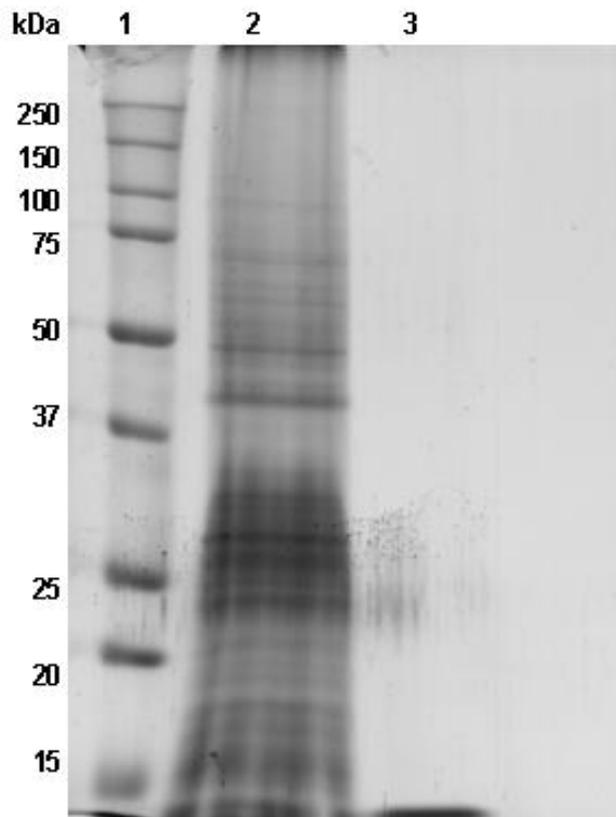
## 5. Resultados y discusión

### 5.1 Identificación de la planta

Anatomía foliar: Se observó presencia de una epidermis uniestratificada, papilosa con células triangulares en la epidermis adaxial y abaxial de la médula y rectangulares en el mesófilo. Presenta un mesófilo bifacial, con una capa de parénquima en empalizada, y de 4-8 capas de parénquima esponjoso. Además, recubiertas por drusas y tricomas. La anatomía foliar descrita se puede observar en la figura 3, en la cual se presenta una hoja fresca de la ortiga. Anatomía peciolar: Pecíolo en sección transversal elíptico y otras veces lenticular, con una cutícula lisa gruesa de 7-9 haces vasculares formando un cilindro, con 5 capas de fibras discontinuas que rodean al floema. Con drusas, y tricomas simples (Ortuño, 2014). Según las características evaluadas en los montajes de las muestras de la planta recolectadas, el herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo HGOM otorgó la identificación de la planta como la especie *Cnidoscolus multilobus* que pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, mejor conocida como ortiga o mala mujer. *Anexo 1*.

### 5.2 Análisis del patrón electroforético

Para el análisis del patrón electroforético se realizó la determinación de la integridad de proteína contenida en las muestras mediante una electroforesis de poliacrilamida SDS-PAGE 1D. Se aplicaron 4µl de la muestra en el siguiente orden: en el Carril 1, marcador molecular. Carril 2, muestra tallo de ortiga carril 3, 1µg de Lisozima pura como referente de carga y cantidad de proteína. Se puede observar en la figura 4 el patrón de bandas. Se estimó el contenido de proteína en la muestra de tallo de ortiga de 8.7 µg/µl. La lectura del patrón electroforético se realizó mediante el densitómetro calibrado GS-900 de Biorad. En la lectura del patrón se observó que la mayor concentración proteica se encuentra entre los 25 y 37 de peso molecular, resultados similares fueron reportados por González (2018) en donde menciona que la mayor concentración proteica se encontró entre los 31 y 38 de peso molecular.

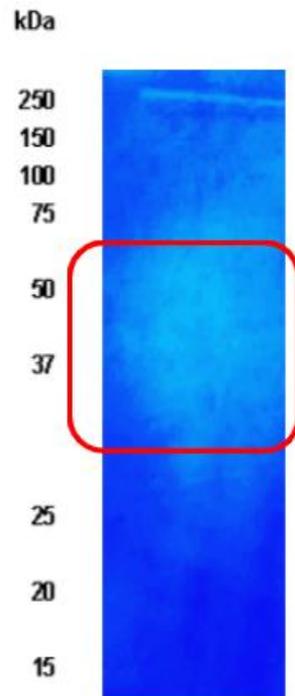


**Figura 4.** Patrón electroforético de la proteína del tallo de ortiga. Carril 1) Marcador molecular, carril 2) Proteína del tallo de ortiga y carril 3) Lisozima.

### 5.3 Zimografía electroforética

La zimografía electroforética se realizó con el fin de identificar proteínas con características proteolíticas presentes en la ortiga, en la figura 5 se observa el resultado obtenido en la zimografía electroforética, en la banda de la proteína se puede apreciar un espacio no tan pigmentado el cual es denominado “zona clara”, esta zona indica la acción de proteínas con características proteolíticas al impedir la pigmentación con la solución de tinción en el espacio donde la proteína que hidroliza a la caseína realizó su acción. Una vez obtenido el gel de poliacrilamida de la zimografía electroforética se compara con el gel obtenido en el análisis del patrón electroforético para identificar el peso molecular en el que se encuentra la zona clara (Sánchez, 2023). Se identificó la zona clara entre los 30 y 62 de peso molecular mostrando un resultado positivo para la presencia de proteínas con características proteolíticas con acción en caseína presentes en

el tallo de ortiga, los resultados obtenidos en la estimación del peso molecular son similares a los reportados en el trabajo de investigación de González (2018) en donde se identificó la zona clara de la proteína del tallo de ortiga entre los 32 y 65 de peso molecular, estimando la presencia de 6 proteínas con características proteolíticas presentes.



**Figura 5.** Zimografía electroforética de proteína del tallo de ortiga.

#### 5.4 Análisis químico proximal del tallo de ortiga

Los tallos de ortiga recolectados fueron trasladados al laboratorio de análisis múltiples en el Instituto de Ciencias Agropecuarias para su análisis, los tallos fueron lavados con agua destilada para eliminar impurezas y posteriormente se realizó un corte para obtener un tamaño de alrededor de un cm de longitud, esto para facilitar su manejo en los análisis posteriores. En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis químico proximal del tallo de ortiga en porcentaje.

#### 5.4.1 Humedad

Para su óptimo crecimiento la ortiga requiere de suelos húmedos y ricos en nitrógeno, por lo tanto el contenido de humedad es una de las características clave del tallo de esta planta (Álvarez Guamán, 2020), las muestras de ortiga evaluadas en el estudio mostraron un contenido de humedad del 87.38 %, superior a lo reportado por González-Lemus (2019), para la misma planta ortiga con un 77.92 % de humedad y por (Álvarez-Guamán, 2020), para la ortiga (*Urtica dioica*) con 77.59 % y ligeramente menor a lo reportado por Rodríguez (2021), estos cambios en el contenido de humedad se pueden atribuir a la variación geográfica y especie.

#### 5.4.2 Cenizas

Las cenizas representan el contenido de minerales que tiene una planta, las cenizas están compuestas principalmente por óxido de silicio, seguido en proporción comparativamente pequeña por compuestos de Potasio (K), Fósforo (P), Aluminio (Al), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y microelementos como el hierro (Fe) y zinc (Zn), todos estos minerales son obtenidos principalmente del suelo en el que crece la planta (Arias-Cedeño et al., 2021). Las muestras de tallo de ortiga mostraron un contenido de 1.01 % de cenizas, un contenido menor a lo mencionado por González-Lemus (2019) y Rodríguez (2021) con porcentajes de 1.81 y 1.60 % respectivamente.

#### 5.4.3 Proteína

En cuanto al contenido de proteínas se obtuvo un porcentaje de 2.57 %, significativamente menor a lo reportado, ya que se han encontrado valores entre el 6 y 8 % de contenido de proteína (González-Lemus, 2019 y Rodríguez, 2021). Las diferencias en el contenido de proteína se atribuyen a que las muestras de ortiga analizadas fueron recolectadas en áreas geográficas distintas y en diferentes periodos del año.

#### 5.4.4 Grasa

En las muestras del tallo de ortiga se encontró un contenido de grasa de 0.31 %, el contenido de grasa se puede atribuir a la presencia de algunos metabolitos secundarios y a ácidos grasos según Lagunes-Olivares et al. (2017) en la ortiga se han encontrado triterpenos beta-amirina, ácido oleanólico y  $\beta$ -sitosterol, también se ha destacado la presencia de taninos y flavonoides, así como la presencia de los ácidos como el oleico, palmítico, mirístico y el ácido esteárico.

#### 5.4.5 Fibra

La fibra se encuentra compuesta por todas aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas, que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas; una en medio ácido y otra en medio alcalino. El principal componente de la fibra es la celulosa siendo un aproximado del 90% del total de la fibra y en menor cantidad se encuentran la hemicelulosas y la lignina (García-Ochoa et al., 2008). Las muestras del tallo de ortiga mostraron un contenido de fibra de 4.88%, estos resultados son comparables a los obtenidos por González-Lemus (2019) y Rodríguez (2021) con porcentajes de 5.58 % y 5.50 % respectivamente.

**Tabla 1.** Análisis proximal del tallo de ortiga

<b>Parámetro</b>	<b>Tallo</b>
<b>% Humedad</b>	87.38 $\pm$ 0.30
<b>% Cenizas</b>	1.01 $\pm$ 0.05
<b>% Proteínas</b>	2.57 $\pm$ 0.05
<b>% Grasa</b>	0.31 $\pm$ 0.02
<b>% Fibra</b>	4.88 $\pm$ 0.711
<b>pH</b>	5.39 $\pm$ 0.03

Los resultados se presentan en medias  $\pm$  desviación

## 5.6 Análisis fitoquímico del extracto de tallo de ortiga

En el análisis fitoquímico del extracto de ortiga se encontraron resultados positivos para sesquiterpenlactonas que se caracterizan por su función en actividades biológicas entre las cuales destacan, la actividad citotóxica, antioxidante, antiviral, antimicrobiana, antifúngica, antiinflamatoria, analgésica y flavonoles y también se encontraron resultados positivos para flavonoles que son pigmentos con actividad antioxidante (Abhipriya Patra et al., 2022). Otros estudios han mostrado presencia de flavonoides, fenoles, taninos, saponinas y alcaloides (Akachukwu et al., 2014 y Obichi et al., 2015). Las diferencias en los metabolitos secundarios encontrados se atribuyen a qué el extracto cuenta con una proporción de agua añadida y en el caso de los otros estudios se utiliza como muestra extracto puro de ortiga, lo que nos indica que a una mayor concentración se podrían encontrar una mayor cantidad de metabolitos. La ausencia de metabolitos como saponinas y alcaloides es considerada como un aspecto positivo ya que son metabolitos relacionados con sabores amargos que son indeseados en los productos comestibles. Los resultados de análisis fitoquímico del extracto de ortiga se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Análisis fitoquímico del extracto de ortiga

<b>Metabolitos</b>	<b>Ortiga</b>
<b>Alcaloides</b>	-
<b>Insaturaciones</b>	-
<b>Oxidrilos Fenólicos</b>	-
<b>Sesquiterpenlactonas</b>	+
<b>Flavonoides</b>	+
<b>Saponinas</b>	-
<b>Cumarinas</b>	-
<b>Esteroles</b>	-
<b>Taninos</b>	-
<b>Antocianinas</b>	-

Los resultados marcados con (+) indican presencia los resultados marcados con (-) indican ausencia de los metabolitos.

### 5.7 Análisis del tiempo de coagulación

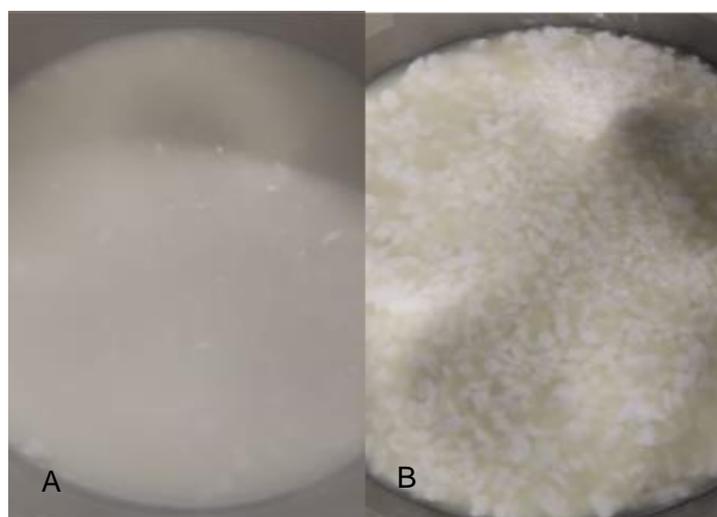
En la tabla 3 se muestran los resultados de la comparación del tiempo de coagulación del extracto de ortiga contra la quimosina también conocida como cuajo. Los resultados señalan que el tiempo de coagulación del extracto de ortiga es mucho menor con un tiempo aproximado de 1.17 min en comparación con el uso de quimosina con un tiempo de coagulación de 32.61 min. Resultados similares fueron obtenidos por González en 2018 en el que reporta un tiempo de coagulación de 2.28 min.

**Tabla 3.** Tiempos de coagulación extracto de ortiga y quimosina.

Coagulante	Tiempo de coagulación (min)
Extracto	1.17 ± 0.18
Quimosina	32.61 ± 0.20

Los resultados se presentan en medias ± desviación estándar.

La quimosina tiende a formar una aglomeración de las proteínas formando un solo coágulo el cual se corta para liberar por completo el lactosuero, en cambio al utilizar el extracto de ortiga como coagulante la proteína se precipita en pequeños coágulos, esta diferencia también fue descrita por Rodríguez (2021).



**Figura 6.** Coagulación con extracto de tallo de ortiga y coagulación con quimosina. A) Coagulación con extracto de tallo de ortiga, B) Coagulación con quimosina.

## 5.8 Análisis de la calidad de la leche

En los resultados obtenidos mediante el lactoscan (tabla 4), la calidad de la leche bovina y caprina se encontraron dentro de los rangos establecidos según la NOM-155-SSA1-2012, los parámetros obtenidos en la leche mezcla (bovina-caprina) muestran que no se disminuyó la calidad en la leche en comparación con las muestras de leche bovina y caprina, estos resultados son similares a los descritos por Baquero-Saldarriaga y Chacón-Villalobos (2022) en donde no se encontraron diferencias significativas en el uso de leche mezcla (bovina-caprina) para la elaboración de una leche saborizada de fresa.

**Tabla 4.** Análisis de calidad de la leche

Tipo de leche	Grasa	Sólidos no grasos	Sólidos	Densidad	Lactosa	Proteína	pH
<b>Vaca</b>	4.10 ± 0.02 <sup>c</sup>	9.14 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.76 ± 0.01 <sup>a</sup>	29.99 ± 0.08 <sup>a</sup>	4.85 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.31 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.98 ± 0.04 <sup>a</sup>
<b>Cabra</b>	1.93 ± 0.03 <sup>a</sup>	8.35 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.01 <sup>a</sup>	31.17 ± 0.12 <sup>b</sup>	4.58 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.11 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.94 ± 0.06 <sup>a</sup>
<b>Mezcla</b>	3.07 ± 0.94 <sup>b</sup>	9.96 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>a</sup>	33.39 ± 0.17 <sup>b</sup>	5.30 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.61 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.49 ± 0.01 <sup>b</sup>

Los resultados se presentan en medias ± desviación estándar de tres repeticiones. Las letras diferentes (a,b y c) indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

## 5.9 Análisis de rendimiento

En la tabla 5 se observan los resultados del análisis de rendimiento de los quesos, el queso elaborado con extracto de ortiga como coagulante obtuvo un rendimiento del 13.60 % que fue mayor en comparación con el queso elaborado con quimosina como coagulante con un rendimiento del 10.31%. González-Lemus (2018) mostró también un mayor rendimiento en la elaboración de quesos frescos con extracto de ortiga como coagulante con rendimiento de 13.58% en comparación de quesos frescos elaborados con quimosina como coagulante. El incremento en el rendimiento del queso se atribuye a una mayor retención de nutrientes en la cuajada en este caso principalmente de proteínas, en la tabla 5 se observa un mayor contenido de proteína en el tratamiento en el que se usó extracto de tallo de ortiga como coagulante.

**Tabla 5.** Análisis de rendimiento del queso

<b>Coagulante</b>	<b>Rendimiento %</b>
<b>Extracto</b>	13.60 %
<b>Quimosina</b>	10.30 %

#### 5.10 Análisis químico proximal del queso

Se elaboraron 6 tratamientos diferentes utilizando leche bovina, caprina y mezcla al 50% (bovina-caprina) y se comparó el uso del extracto del tallo de ortiga y la quimosina como coagulante. Los resultados de los análisis químicos proximales realizados a los 6 tratamientos se encuentran en la tabla 6.

Según la NOM-121-SSA1-1994 el porcentaje de humedad en quesos semimadurados no debe ser mayor al 45%, en los resultados obtenidos se encontraron dos tratamientos con valores ligeramente arriba de lo establecido el tratamiento CE con 45.18% y el tratamiento MQ con 45.28%.

El contenido de grasa en los tratamientos se observó disminuido en los tratamientos CE y ME con un porcentaje de grasa de 23.50, la NOM-121-SSA1-1994 indica un porcentaje de grasa mínimo del 25%, la disminución en el contenido de grasa se puede relacionar al aumento de contenido de proteína (Mayta-Hancco et al., 2019).

En los tratamientos en los que se usó el extracto del tallo de ortiga como coagulante se observó un contenido mayor de proteína en comparación con los quesos en los que se usó quimosina como coagulante, esto se atribuye a la presencia de una o más enzimas coagulantes contenidas en el extracto de acuerdo a lo reportado por Chavez et al. (2017), formando precipitaciones de proteína más rápidas ya que hidrolizan distintos enlaces de la K caseína a diferencia de la quimosina que solo hidroliza el enlace 105-106 Phe-Met de acuerdo a Estrada et al. (2019).

**Tabla 6.** Análisis proximal del queso.

<b>Variable (%)</b>	<b>CQ</b>	<b>CE</b>	<b>MQ</b>	<b>ME</b>	<b>BQ</b>	<b>BE</b>
<b>Cenizas</b>	2.58 ± 0.15 <sup>a</sup>	2.39 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.69 ± 0.27 <sup>a</sup>	2.54 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.84 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.07 <sup>a</sup>
<b>Humedad</b>	43.66 ± 5.00 <sup>a</sup>	45.18 ± 4.78 <sup>b</sup>	45.28 ± 0.33 <sup>ab</sup>	42.24 ± 2.05 <sup>a</sup>	43.69 ± 2.68 <sup>a</sup>	42.02 ± 3.14 <sup>a</sup>
<b>Grasa</b>	30.50 ± 0.70 <sup>b</sup>	23.50 ± 0.70 <sup>a</sup>	34.50 ± 2.12 <sup>b</sup>	23.50 ± 0.70 <sup>a</sup>	34.00 ± 2.12 <sup>b</sup>	33.00 ± 1.41 <sup>b</sup>
<b>Proteína</b>	17.85 ± 1.32 <sup>bc</sup>	18.58 ± 2.70 <sup>c</sup>	11.98 ± 1.72 <sup>a</sup>	15.17 ± 2.24 <sup>b</sup>	13.87 ± 3.6 <sup>a</sup>	16.25 ± 2.33 <sup>b</sup>
<b>Cloruros</b>	4.40 ± 0.07 <sup>a</sup>	4.35 ± 0.07 <sup>a</sup>	4.55 ± 0.07 <sup>a</sup>	4.55 ± 0.14 <sup>a</sup>	4.60 ± 0.21 <sup>a</sup>	4.25 ± 0.00 <sup>a</sup>

Los resultados se presentan en medias ± desviación estándar. Las letras diferentes (a, b y c) indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

Tratamientos: CQ Leche caprina-quimosina, CE Leche caprina-extracto de tallo de ortiga, MQ Leche mezcla-quimosina, ME Leche mezcla-extracto de tallo de ortiga, BQ Leche bovina-quimosina y BE Leche bovina-extracto de tallo de ortiga.

### 5.11 Análisis del perfil de textura del queso

En cuanto al perfil de textura (tabla 7) obtenido se muestra que los quesos semimadurados elaborados con extracto de ortiga tienen una menor dureza y lo que hace que sean considerados más blandos que los quesos semimadurados elaborados con cuajo, resultados similares fueron reportados por en los que menciona que los quesos elaborados con coagulantes vegetales tienden a ser más suaves y cremosos (Martínez-Ruiz et al., 2008).

Otros quesos elaborados con coagulantes vegetales han mostrado comportamientos similares en los que se muestran cortezas firmes con un interior suave en quesos madurados esto se atribuye a que a medida que el contenido de grasa disminuye la concentración de proteínas aumenta y se obtienen quesos más firmes, duros, secos y granulosos (Banks et al., 2007).

**Tabla 7.** Análisis de textura de los quesos elaborados.

<b>Variable</b>	<b>CQ</b>	<b>CE</b>	<b>MQ</b>	<b>ME</b>	<b>BQ</b>	<b>BE</b>
<b>Dureza (N)</b>	16.72±1.72 <sup>b</sup>	11.06 ±3.53 <sup>a</sup>	12.50±3.04 <sup>a</sup>	9.89 ± 4.43 <sup>a</sup>	10.27±2.33 <sup>a</sup>	19.82 ± 18.96 <sup>a</sup>
<b>Adhesividad (mJ)</b>	-0.33 ±0.21 <sup>a</sup>	-0.99 ±1.03 <sup>b</sup>	-0.14 ±0.07 <sup>a</sup>	-0.39 ± 0.28 <sup>a</sup>	-0.83 ± 0.28 <sup>b</sup>	-1.30 ± 2.23 <sup>b</sup>
<b>Resiliencia</b>	0.26 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.10 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.11 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.07 <sup>b</sup>
<b>Cohesión</b>	0.51 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.27 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.30 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.39 ± 0.06 <sup>ab</sup>
<b>Elasticidad</b>	0.68 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.86 <sup>b</sup>
<b>Masticabilidad (N)</b>	5.83 ± 0.81 <sup>a</sup>	1.94 ± 1.30 <sup>a</sup>	4.07 ± 1.25 <sup>a</sup>	2.10 ± 1.54 <sup>a</sup>	3.96 ± 1.05 <sup>a</sup>	9.80 ± 23.25 <sup>b</sup>

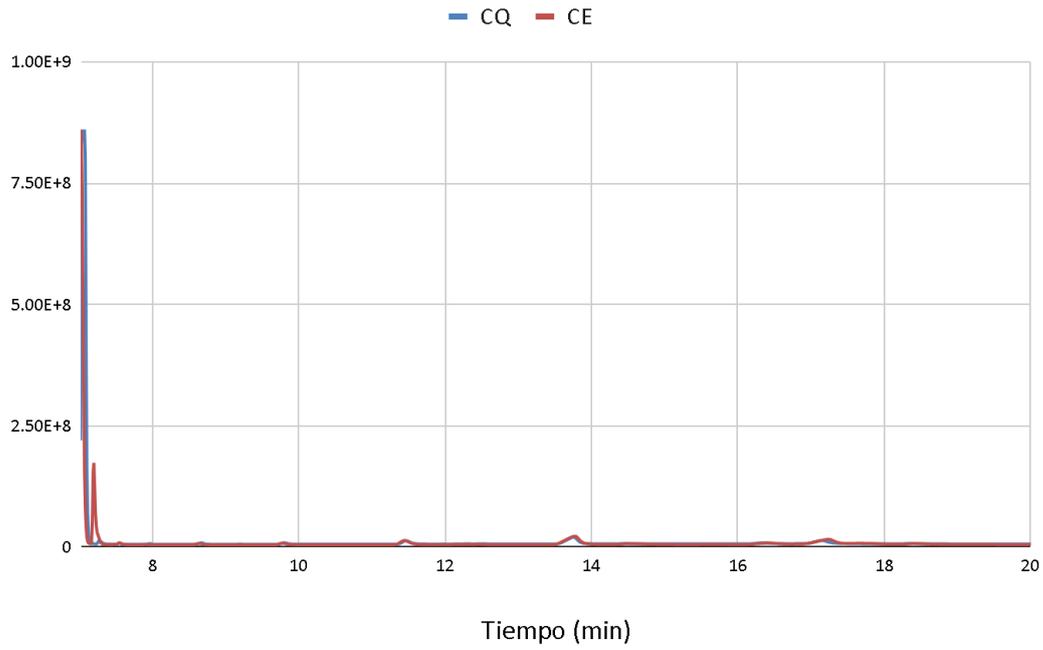
Los resultados se presentan en medias ± desviación estándar. Las letras diferentes (a, b y c) indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

Tratamientos: CQ Leche caprina-quimosina, CE Leche caprina-extracto de tallo de ortiga, MQ Leche mezcla-quimosina, ME Leche mezcla-extracto de tallo de ortiga, BQ Leche bovina-quimosina y BE Leche bovina-extracto de tallo de ortiga.

### 5.12 Análisis del perfil de ácidos grasos del queso

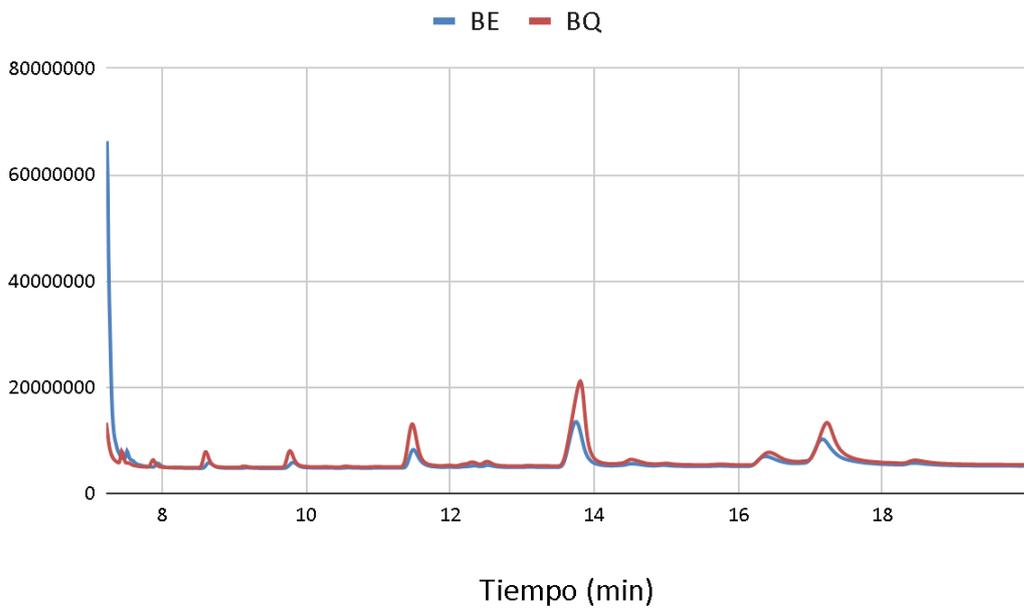
La lipólisis es uno de los principales cambios bioquímicos que se producen durante la maduración del queso. Los ácidos grasos libres liberados durante la lipólisis contribuyen, junto con los compuestos volátiles y los productos de la proteólisis, directamente al sabor del queso (Marilley et al., 2004). Los análisis del perfil de ácidos grasos de los tratamientos de queso elaborados mediante cromatografía de gases indican presencia de ácidos grasos del C8:0–C18:2 en todos los tratamientos elaborados los cuales son característicos de quesos semimadurados (Mayta-Hancco, 2019), sin embargo, se observa una actividad lipolítica menor en los tratamientos en los que se utilizó extracto de tallo de ortiga como coagulante.

En las figuras 7,8 y 9 se observa la presencia de los mismos picos en la comparación de los tratamientos, pero el contenido es menor, mostrado en picos más pequeños, esto puede indicar menor presencia de agentes lipolíticos en los tratamientos elaborados con extracto de tallo de ortiga como coagulante. Esto puede deberse a la mayor actividad lipolítica de la quimosina utilizada, ya que la quimosina es uno de los principales agentes lipolíticos en la maduración del queso (Collins, 2003). Resultados similares fueron obtenidos por Glaoui et al. (2013) en donde se comparó el perfil de ácidos grasos en la elaboración de 3 quesos utilizando diferentes coagulantes, en el que el queso elaborado con quimosina como coagulante tuvo una mayor actividad lipolítica.



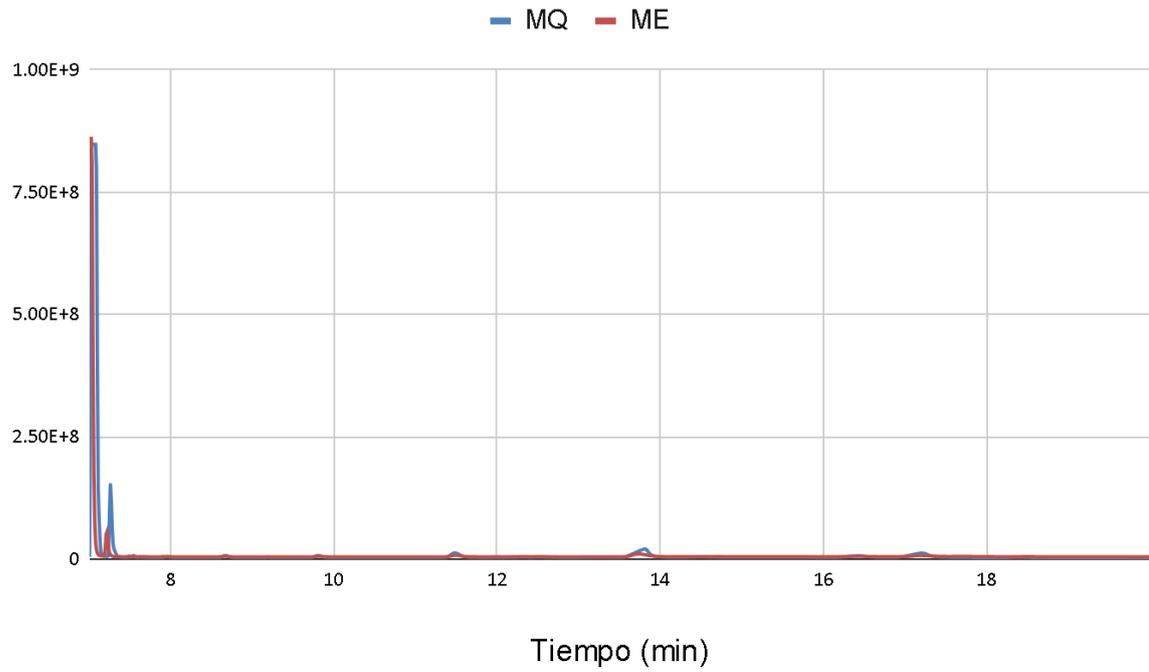
**Figura 7.** Perfil de ácidos grasos de quesos elaborados con leche caprina.

CQ) Muestra de queso elaborado con quimosina como coagulante. CE) Muestra de queso con extracto de ortiga como coagulante.



**Figura 8.** Perfil de ácidos grasos de quesos elaborados con leche bovina.

BQ) Muestra de queso elaborado con quimosina como coagulante. BE) Muestra de queso con extracto de ortiga como coagulante.



**Figura 9.** Perfil de ácidos grasos de quesos elaborados con leche mezcla (bovina-caprina).

MQ) Muestra de queso elaborado con quimosina como coagulante. ME) Muestra de queso con extracto de ortiga como coagulante.

## 6 Conclusiones

-Las muestras de planta recolectada fueron identificadas por el herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo HGOM como la especie *Cnidocolus multilobus* perteneciente a la familia *Euphorbiaceae*.

-El contenido mayor de proteínas en el tallo de ortiga se encuentran entre el rango de 23 a 37 kDa y se observó actividad proteolítica entre el rango de 30 a 62 kDa.

-El extracto de tallo de ortiga contiene flavonoides y sesquiterpenlactonas, metabolitos secundarios con actividad antioxidante que le pueden conferir propiedades nutricionales adicionales.

-El tiempo de coagulación del extracto de tallo de ortiga es menor en comparación con la quimosina, el coagulante comercial más utilizado actualmente por la industria quesera.

-El uso de leche mezcla (bovina-caprina) no mostró interferencia en la calidad de la leche, ni en el queso elaborado.

-Los tratamientos en los que se utilizó extracto de tallo de ortiga como coagulante mostraron un mayor contenido de proteína y un mayor rendimiento en comparación con los tratamientos elaborados con quimosina como coagulante.

-La textura de los tratamientos en los que se utilizó extracto de tallo de ortiga como coagulante fue más suave, en comparación con los tratamientos elaborados con quimosina los cuales tuvieron una textura más firme.

-El perfil de ácidos grasos en los tratamientos en los que se utilizó quimosina

como coagulante mostró una mayor actividad lipolítica en comparación con los tratamientos en los que se utilizó el extracto de tallo de ortiga como coagulante, favoreciendo la textura y el sabor de los quesos.

Como perspectivas para investigaciones futuras se podría continuar con el análisis y la identificación de la o las enzimas que contiene el extracto del tallo de ortiga para complementar la información de su funcionamiento como coagulante vegetal en la elaboración de queso.

## Referencias

Abd El-Sal, B., Ibrahim, O., El-Sayed. H. (2017). Purification and characterization of milk clotting enzyme from artichoke (*Cynara cardunculus L.*). Flowers as coagulant on white soft cheese. *Int J Dairy Sci* 12:254–265.

Abhipriya Patra, S. Abdullah and Rama Chandra Pradhan. (2022). Review on the extraction of bioactive compounds and characterization of fruit industry by-products. *Patra et al. Bioresources and Bioprocessing*, 9;14.

Akachukwu, D., Okafor, P. y Ibegbulem, C. (2014). Contenido fitoquímico de las hojas de *Cnidioscolus aconitifolius* y efecto toxicológico de su extracto acuoso de hojas en ratas wistar. *J. Investig. Bioquímica*, 3, pp. 26-31.

Álvarez Guamán, L. A. (2020). Evaluación del proceso de deshidratación de las hojas de ortiga verde *Urtica dioica* sobre su contenido de flavonoides, saponinas y triterpenos para la elaboración de tisana (Tesis ingeniería). Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

AOAC. (2020). Método analítico para la determinación de cenizas. FAO.

AOAC. (2020). Métodos de análisis para la determinación de nitrógeno y constituyentes nitrogenados en alimentos. FAO.

AOAC. (2020). Métodos analíticos para la determinación de humedad. FAO.

Arias-Cedeño, Q., López-Sánchez, R., Sainz-Rosales, L. R., Verdecia-Casanova, M.V., y Eichler- Löbermann, B. (2021). Potencial fertilizante de cenizas de bagazo de caña de azúcar de industrias azucareras. *Revista Cubana de Química*, 33(3), 452-466.

Auxilab. (2021). Lactoscan, analizador de leche y derivados. 30 de Abril del 2022, de Rogo-Sampaic Sitio web: [https://www.auxilab.es/es/noticias/159/Lactoscan%](https://www.auxilab.es/es/noticias/159/Lactoscan%20analizador%20de%20leche%20y%20derivados)

Banks JM. (2004). The technology of low-fat cheese manufacture. *Int J Dairy Technol* 57: 199-207.

Baquero-Saldarriaga y Chacón-Villalobos. (2022). Características fisicoquímicas y sensoriales de leches saborizadas elaboradas con leche caprina y bovina. *Agronomía Mesoamericana*, 33, 1-16.

Beeton-Kempen, N. (2020). Proteómica: principios, técnicas y aplicaciones. Obtenido de <https://www.news-courier.com/proteomics/articles/proteomics-principles-techniquesand-applications-343804>

Brunner, J. R. (1981). Cow Milk Proteins: Twenty-Five Years of Progress<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 64(6), 1038-1054.

Camacho, C., Elizalde, J. & Ruiz, E. (2022). Proteómica, nueva herramienta científica. Obtenido de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menuitem-27/17-ciencia-hoy/1465-proteomica-nueva-herramienta-cientifica>

Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H. & Wilkinson, M.G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13: 841-866.

Chacón, A. & Pineda, M. (2009). Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "crottin de chavignol". *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), pp. 297-309.

Chacón-Villalobos, Alejandro; Pineda-Castro, María Lourdes; Méndez-Rojas, Sandra Gabriela Efecto de la proporción de leche bovina y caprina en las características del dulce de leche *Agronomía Mesoamericana*, vol. 24, núm. 1, enero-junio, 2013, pp. 149-16.

Chavez Garay, D., Gutiérrez Méndez, N., Valenzuela Soto, M., & García Triana, A. (2017). Partial characterization of a plant coagulant obtained from the berries of *Solanum elaeagnifolium*. *CyTA*, 14(2), 200-205.

Checa-Rojas, A. (2018) Extracción fenólica de proteínas. Conogasi, Conocimiento para la vida.

CODEX. (2018). Norma general del codex para el queso. Normas Internacionales de los Alimentos Codex Alimentarius.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. *Euphorbiaceae Cnidoscolus multilobus*. (2009). <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/cnidoscolus-multilobus/fichas/ficha.htm>. Consultado: Noviembre, 2021.

de Cangas, R., Llavona, A., Lopez, P., Aguirre, S. & Hernández, A. (2019) Development of fresh cheese with probiotic cultures and vegetable ingredients. *Tecnología Química*, 39(1), pp. 49-63.

del Moral, S., Ramírez, L., & García-Gómez, M. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2334-2501.

Duran, L., Sánchez, C., Palmero, J., Chaparro, L., Garcia, T., & Sánchez, E. (2010). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de quesos de cabra en Carora, estado Lara, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 28(4), 467-476.

Escobar, K. (2021). Anatomía foliar y del pecíolo de especies del género *Cnidoscolus* Pohl. (*Euphorbiaceae*) en el estado de Puebla [Tesis de Licenciatura, 4643]. Repositorio institucional BUAP.

Estrada, O., Ariño, A., & Román, M. (2019). Elaboración de queso de pasta dura con coagulante vegetal *Cynara Cardunculus* L): efecto en el rendimiento quesero y composición del lactosuero. Madrid: Aida.

Faccia, M., Picariello, G., Trani, A., Loizzo, P., Gambacorta, G., Lamacchia, C., & Di Luccia, A. (2012) Proteolysis of Caciocotta cheese made from goat milk coagulated with caprifig (*Ficus carica sylvestris*) or calf rennet. *Eur Food Res Technol* 234:527–533.

Feijoo-Siota, L., Rama, J., Sánchez-Pérez, A., & Villa, T. (2018) Expression, activation and processing of a novel plant milkclotting aspartic protease in *Pichia pastoris*. *J Biotechnol* 268:28- 39.

Glaoui, O., Zantar, S., Bakkali, M. y Laglaoui, A. (2013) Lipolysis and Proteolysis During the Ripening of Fresh Moroccan Goats' Milk Cheese. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 8 (2): 201-206.

García Ochoa, Omar Eduardo, Infante, Ramón Benito, & Rivera, Carlos Julio. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(1), 25-30.

Gonzalez-Lemus, U., Quintero- Lira, A., Piloni-Martini, J., Campos Montiel, R., Reyes-Mungía, A., Martínez-Trujillo, M., & Güemes-Vera, N. (2019). Elaboration of Panela-type Cheese with Nettle Leaf Extract (*Euphorbiaceae Cnidocolus aconitifolius*) for the Comparison of Physical-chemical Parameters. Tulancingo Hidalgo: ICAp.

González, U. (2018). *Extracción del compuesto tecno-funcional de la ortiga (Euphorbiaceae Cnidocolus aconitifolius) para la utilización como coagulante de origen vegetal en quesos frescos tipo panela*. [Tesis de maestría, UAEH].

González, J. D. T., morelos, K. J. G., & correa, D. A. (2015). Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Ciencia Tecnología Alimentaria*. Vol.14 No.2 64-75.

Guyomarc'H, F., Mahieux, O., Renan, M., Chatriot, M., Gamberre, V. & Famelart, M. (2007). Changes in the acid gelation of skim milk as affected by heat-treatment and alkaline pH conditions. *Le Lait*, INRA Editions. 87 (2), pp.119-137.

Guzman, L. E., Tejada, C., de la Ossa, Y. J., & Rivera, C. A. (2015). Análisis comparativo de perfiles de textura de quesos frescos de leche de cabra y vaca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 139- 147.

Harboe, M., Broe, M, & Qvist, K. (2010). The production, action and application of rennet and coagulants. In: Law BA, Tamime AY (eds) *Technology of Cheesemaking*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, pp 98–129.

Herrera-Gaibor, C. L., & Pinto-Bastidas, R. V. (2020). Aprovechamiento de la hoja de chaya (*Cnidoscolus Aconitifolius*) para el desarrollo de una línea de vinagretas (Tesis de licenciatura). Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

ITEN, I.E. de N. norma técnica ecuatoriana inen 1528. norma general para quesos frescos no madurados. REQUISITOS. Primera Edición. Quito.

Jiménez-Arellanes, M., García-Martínez, I. Rojas-Tomé, S. (2014). Biological potential of medicinal species of *Cnidoscolus* genus. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 45 (4).

Kullisaar, T., Songisepp, E., Mikelsaar, M., Zilmer, K., Vihalemm, T., & Zilmer, M. (2003). Antioxidative probiotic fermented goats' milk decreases oxidative stress-mediated atherogenicity in human subjects. *British Journal of Nutrition*, 90(2), pp. 449-456.

Lagunes-Olivares, F., Avila-Badillo, F., Guerrero-Castillo, J. y Estrada, I. (2017). Propiedades Coagulantes de la Ortiga (*Cnidoscolus Multilobus*) en productos lácteos. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*. 4(10), pp. 1-12.

Leber, T. M., & Balkwill, F. R. (1997). Zymography: a single-step staining method for quantitation of proteolytic activity on substrate gels. *International Biochemistry*, 249(1), 24-28.

López, L. (2012). Extracción de proteínas a partir de hojas y semillas de *Pentacalia nítida* y evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto proteico acuoso. Obtenido de

[https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11802/LopezQuimbayoLi naDaniela2012.pdf?sequence=1](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11802/LopezQuimbayoLi%20Daniela2012.pdf?sequence=1)

Luo, J., Xiao, C., Zhang, H., Ren, F., Lei, X., Yang, Z., & Yu, Z. (2018). Characterization and milk coagulating properties of *Cynanchum otophyllum* Schneid. proteases. *J Dairy Sci* 101:2842–2850.

Marilley, L. y Casey M.G. (2004). Flavours of cheese products: metabolic pathways. analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*, 90: 139-159.

Martinez-Alvarez, M., Remón-Díaz, D., Ribot-Enríquez, A., Riverón-Alemán, Y., Capdevila-Varela, J., Hernández-Monzón, A., Peña-Portillo, G., & Martínez-Vasallo, A. (2020). Evaluación de coagulante lácteo porcino en la elaboración de queso fresco artesanal. *Revista de Salud Animal*, 42(2).

Martínez-Ruiz, N. & López-Díaz, J. (2008). Optimización de la extracción y estandarización de un cuajo vegetal para la elaboración de queso asadero. *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 6, pp. 173-176.

Mayta-Hancco, J., Trujillo, A.J. Y Juan, B. (2019). Tecnología de los quesos bajos en grasa. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1382-1394.

Moreno, G., Villegas, C., Flores, A. (2018). Evaluación de la acción coagulante de enzimas de origen animal en la elaboración de derivados lácteos. Ecuador: *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.

Moura, L., Silva, J., Lopes, T., Benjamin, S., Brito, F., Magalhães, F., Florean,

E., de Sousa, D. y Guedes, M. (2019). Ethnobotanic, phytochemical uses and ethnopharmacological profile of genus *Cnidoscolus* spp. (*Euphorbiaceae*): A comprehensive overview. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 109, 1670-1679.

Narváez, B., Cruz, M., Hernández, F., Flores, M., Martínez, D. & Rangel Ortega, S. (2017). Selection of lactic acid bacterias from Coahuila artisanal goat cheese for their use as starter cultures. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), pp. 45-52.

Norma Oficial Mexicana NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018, Queso-Denominación, especificaciones, información comercial y métodos de prueba., SECRETARÍA DE ECONOMÍA, Estados Unidos Mexicanos.

NMX-F-089-S-. (1978). Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos. México.

NMX-F-090-S. (1978). Determinación de fibra cruda en alimentos. México.

Obichi, E., Monago, C. y Belonwu, D. (2015). Efecto del extracto acuoso de hojas de *Cnidoscolus aconitifolius* (familia *Euphorbiaceae*) sobre algunas enzimas antioxidantes y parámetros hematológicos de una dieta alta en grasas y ratas albinas diabéticas wistar inducidas por estreptozotocina. *Aplicación J. ciencia Reinar. Administrar*, 19, 201-209.

Ortuño, J. M. I. (2014). *Bases y fundamentos agronómicos*.

Pal, M., Dudhrejiya, P., & Pinto, S. (2017). Goat Milk Products and their significance. *Beverage & food world*, 44 (7), pp. 21-25.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias.

Pedregosa-Cabrero, A., López-Ruiz, Ángel., & Olalla-Herrera, M. (2020). Innovation in the development of melted cheese for slicing from fresh goat cheese. *Ars Pharmaceutica*, 61(1), pp. 49-56.

Pérez-Sánchez, A., Crespo-Zafra, L., Ramos-López, L., García-Noa, E., & Matos-Mosqueda, L. (2020). Estudio técnico-económico de la producción de leche de cabra en polvo. *Revista EIA*, 17(33), pp. 1–13.

Raaman, N. (2006). *Phytochemical Techniques*. India: New India Publishing.

Ramírez, S. (2015). El cuajo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. Medellín.

Ramírez-López, C., & Vélez-Ruiz, J. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 131-148.

Rodríguez, B. (2021). Análisis microbiológico y fisicoquímico en queso fresco tipo panela elaborado con coagulante vegetal del tallo de ortiga (*Euphorbiaceae Cnidoscolus aconitifolius*). [Tesis de maestría, UAEH].

Rojas, W., Chacón, A. & Pineda, M. (2007). Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2), 221-237.

Sánchez, M. Á. Z. (2023). *Caracterización de inulinasa de kluyveromices fragilis CDBL-278 y de invertasa de saccharomyces cereviseae por dicroísmo circular.*

Santos, R., Flores, J., Cervantes, F., Salas, J. & Sagarnaga, L. (2018). Opportunities for goat farmers in Guanajuato, Mexico, in the marketing of fine cheese. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9 (3), pp. 601-613.

Sbodio, O. A. (2012). Coagulación de la leche. Desarrollo de un dispositivo para el "monitoreo" online del proceso. Argentina: Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Coahuila, líder en leche de caprino. (2022). <https://www.gob.mx/pronabive/prensa/coahuila-lider-en-leche-de-caprino?idiom=es>.

Severin, S., & Wenshui, X. (2005). Milk biologically active components as nutraceuticals: review. *Food Science Nutrition*, 45(7-8), 645-656.

Vargas-Requena, C., Hernández-Santoyo A., Jiménez-Vega, F., & López-Díaz, J. (2008). Purificación y caracterización parcial de una proteasa tipo cucumisina presente en *Solanum elaeagnifolium*. *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 6, 161-164.

Vergara-Álvarez, W., Márquez, M. & Hernández-Ramos, E., (2018). Sensory acceptance and shelf life of fresh cheese made with dry bromelain extract as a coagulating agent. *DYNA*, 86 (210), pp. 270-275.

Wanderley, M., Lima, P., Soares, L., Costa, A., Bonomo, R., Carneiro, J. C., Leal, C., Veloso, C., Bonomo, P. & Fontan, R. (2005). Effect of the goat milk in sensory

quality and processing time of doce de leite. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(5), pp. 315-318.

## Anexo

### Anexo 1- Carta de Identificación de las plantas

 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Área Académica de Biología

Mineral de la Reforma, Hgo., 29 de mayo del 2023.

Dra. Aurora Quintero Lira/ LN Margarita I. Esteves Vargas  
Maestría en Ciencias de los Alimentos.

Por medio de la presente, con base en su solicitud (29/03/2023), el material e imágenes proporcionadas, hacemos constar la identificación de las muestras de Ortiga correspondiente al proyecto de la Maestría de Ciencias de los Alimentos titulado "Comparación de quesos elaborados con leche bovina, caprina y mezcla utilizando extractos de Ortiga como coagulante", mismo que desarrolla la alumna de posgrado Margarita I. Esteves Vargas bajo la dirección de la Dra. Aurora Quintero Lira.

A través de revisiones de descripciones y claves botánicas y la experiencia del personal del Herbario HGOM, podemos afirmar que la muestra (1 voucher) corresponde a:

Especie	Familia	Colector y #	Localidad
<i>Oxidoscolus multilobus</i> (Pax) I.M.Jahnst	Euphorbiaceae	Margarita Esteves Vargas # 1	Huachinango, Edo. Puebla

Se recibe el material correspondiente a la muestra M. Esteves Vargas # 1 (hojas), junto con la información de la etiqueta y herborizado para ser depositado como material del herbario HGOM. Se expide esta constancia para los fines que a las interesadas convenga.

Ciudad del Conocimiento  
Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5  
Código Postal: Mineral de la Reforma,  
Hidalgo, México C.P. 42164  
Teléfono: +52 (771) 71 720-95 ext. 9640, 6542  
Fax: 2133  
www.uaeh.edu.mx

 [www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
 Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
 Área Académica de Biología  
 Departamento de Botánica

Sin más por el momento,  
 Atentamente,

Dra. Claudia Teresa Hornung Leoni  
 Profesora Investigadora Titular/ Curadora del herbario HGOM  
 Lab. Sistemática Vegetal, Área Académica de Biología, ICB.



HGOM

M. en C. Manuel González Lebesma  
 Profesor Investigador Titular  
 Lab. Sistemática Vegetal, Área Académica de Biología, ICB.

ccp. archive

Ciudad del Conocimiento  
 Carretera Pachuca-Tlaxiaco km 4.5  
 Ciudad del Conocimiento, Mineral de la Reforma,  
 Hidalgo, México. C.P. 42104  
 Teléfono: +52 (571) 74 726 90 ext. 0040, 0042  
 Fax: 0112  
 e-mail: icbi@uaeh.edu.mx



[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)