**Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.**

# PERFIL AROMÁTICO Y ATRIBUTOS DE CALIDAD EN QUESO CHIHUAHUA CUAJADO CON BAYAS DE TROMPILLO (*Solanum elaeagnifolium*)

---

Por:

**Pedro González Pérez**

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE FISIOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS DE LA ZONA TEMPLADA

Cómo requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

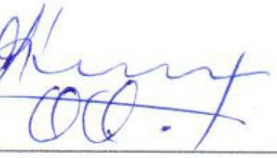
Cuauhtémoc, Chihuahua Octubre 2020

**APROBACIÓN**

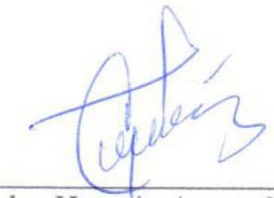
Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Pedro González Pérez la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.

Dr. David Roberto Sepúlveda Ahumada
Director de Tesis

Dr. Néstor Gutiérrez Méndez
Codirector



Dra. Guadalupe Isela Olivas Orozco
Integrante del comité de tesis



Dr. Carlos Horacio Acosta Muñiz
Integrante del comité de tesis

## DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en la tesis "Perfil Aromático y Atributos de Calidad en Queso Chihuahua Cuajado con Bayas de Trompillo (*Solanum elaeagnifolium*)" es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor Pedro González Pérez, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de quien ocupe la titularidad de la Dirección General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director(a) de tesis.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.
Coordinación de Programas Académicos

CIAD

Dr. Pablo Wong González
Director General

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo prestados durante el posgrado.

Doy gracias al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), tanto al personal académico como administrativo por su ayuda durante mi estancia.

Agradezco finalmente a los miembros de mi comité de tesis, al Dr. David R. Sepúlveda Ahumada, Dra. Guadalupe I. Olivas Orozco, Dr. Néstor Gutiérrez Méndez y Dr. Carlos H. Acosta Muñiz, por haberme brindado todo su apoyo, asesoría y consejos los cuales fueron fundamentales para la culminación de mi tesis de investigación.

**DEDICATORIA**

*A mi familia*

*En especial a mis padres, porque gracias a su cariño, guía, apoyo y por esas enseñanzas de trabajo he llegado a realizar una meta más en mi vida, fruto del inmenso apoyo y confianza que en mi depositaron y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales que es el legado más grande que pudiera recibir y por lo cual les estaré eternamente agradecido con cariño y respeto.*

**CONTENIDO**

**APROBACIÓN** ..... 2
**DECLARACIÓN INSTITUCIONAL** ..... 3
**AGRADECIMIENTOS** ..... 4
**DEDICATORIA** ..... 5
**CONTENIDO** ..... 6
**LISTA DE FIGURAS** ..... 8
**LISTA DE CUADROS** ..... 10
**RESUMEN** ..... 12
**ABSTRACT** ..... 13
1. **INTRODUCCIÓN** ..... 14
2. **ANTECEDENTES** ..... 16
2.1. Clasificación y Distribución de Enzima Proteolíticas ..... 16
2.1.1. Cisteín Proteasas (CPs) ..... 16
2.1.2. Serín Proteasas (SPs) ..... 17
2.1.3. Metaloproteasas (MPs) ..... 18
2.1.4. Proteasas Aspárticas (PAs) ..... 19
2.2. Aplicaciones de las Proteasas Vegetales en la Fabricación de Alimentos ..... 20
2.2.1. Uso de Proteasas de Origen Vegetal en la Fabricación de Quesos ..... 21
2.2.2. Uso de Proteasas de Origen Vegetal para el Procesamiento de Carne ..... 22
2.2.3. Uso de Proteasas de Origen Vegetal en Jugos y Bebidas Alcohólicas ..... 23
2.3. Tipo de Enzimas Utilizadas en la Fabricación de Queso ..... 24
2.3.1. Coagulantes Microbianos ..... 25
2.3.2. Cuajos Recombinantes ..... 25
2.3.3. Cuajos Vegetales ..... 26
2.4. Generalidades de la Planta *S. elaeagnifolium* ..... 27
2.4.1. *S. elaeagnifolium* como Fuente de Proteasas para la Coagulación de la Leche ..... 28
3. **HIPÓTESIS** ..... 30
4. **OBJETIVOS** ..... 31
4.1. Objetivo General ..... 31
4.2. Objetivos Específicos ..... 31
5. **MATERIALES Y MÉTODOS** ..... 32
5.1. Recolección de Bayas y Preparación de Extractos de Trompillo ..... 32
5.2. Determinación del Contenido de Proteínas ..... 33
5.3. Actividad Proteolítica ..... 33
5.4. Actividad de Coagulación en la Leche ..... 34
5.5. Volumen de Extracto vegetal de Trompillo en la fabricación de quesos ..... 35

**CONTENIDO (continuación)**


5.6. Determinación Lipasa en Extractos Vegetales de Trompillo ..... 35
5.7. Fabricación de Queso Chihuahua ..... 35
5.8. Rendimiento Quesero ..... 36
5.9. Análisis Proximal ..... 36
5.10. Determinación de pH ..... 38
5.11. Capacidad de Fusión ..... 39
5.12. Análisis de Perfil de Textura ..... 39
5.13. Evaluación del Color ..... 40
5.14. Recuento de Bacterias Aerobias en Placa ..... 40
5.15. Análisis de Compuestos Volátiles ..... 41

6. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN** ..... 42
6.1. Caracterización Proteolítica de Extracto Vegetal de Trompillo y Cuajo Chy-max ..... 42
6.2. Determinación de Cantidad de Extracto Vegetal de Trompillo para la Fabricación de Quesos ..... 45
6.3. Determinación de Lipasas en Extracto Vegetal de Trompillo ..... 46
6.4. Análisis Proximal ..... 46
6.5. pH ..... 48
6.6. Capacidad de Fusión ..... 49
6.7. Análisis de Perfil de Textura ..... 51
6.7.1. Dureza ..... 51
6.7.2. Adhesividad ..... 53
6.7.3. Elasticidad y resiliencia ..... 54
6.7.4. Cohesividad y Gomosidad ..... 56
6.7.5. Masticabilidad ..... 58
6.8. Evaluación de Color ..... 59
6.9. Color del Dorado del Queso ..... 61
6.10. Recuento de Bacterias Aerobias en Placa ..... 65
6.11. Análisis de Compuestos Volátiles ..... 67

7. **CONLUSIONES** ..... 75

8. **RECOMENDACIONES** ..... 76

9. **REFERENCIAS** ..... 77

10. **ANEXOS** ..... 84
10.1 Datos Crudos ..... 84
10.2. Análisis Estadístico ..... 100
10.3. Tablas Complementarias ..... 127

## LISTA DE FIGURAS


| Figura | | Página |
|---|---|---|
| 1 | Mecanismos de escisión de las cuatro clases principales de proteasas..... | 19 |
| 2 | Flores y bayas amarillas de *Solanum elaeagnifolium* var. *Cavanilles*..... | 27 |
| 3 | Variación del tiempo de coagulación de la leche con extractos vegetales de *S. elaeagnifolium* según el volumen del extracto., con ajuste matemático..... | 45 |
| 4 | Identificación de lipasas en extracto vegetal de *S. elaeagnifolium.*..... | 46 |
| 5 | Evolución de pH de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante..... | 49 |
| 6 | Capacidad de fusión de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante ..... | 51 |
| 7 | Dureza de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante..... | 53 |
| 8 | . Adhesividad de quesos Chihuahua cuajados con *extracto vegetal* de S. elaeagnifolium y cuajo Chy-max *quimosina recombinante.*..... | 54 |
| 9 | Elasticidad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinan……... | 55 |
| 10 | Resiliencia de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante..... | 56 |
| 11 | Cohesividad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante..... | 57 |
| 12 | Gomosidad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante…… | 58 |
| 13 | Masticabilidad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante…… | 59 |
| 14 | Medidas de color croma de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante……... | 60 |
| 15 | Medidas de color Hue de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante…… | 61 |

## LISTA DE FIGURAS (continuación)


| Figura | | Página |
|---|---|---|
| 17 | Medidas del color croma del dorado de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante…… | 63 |
| 18 | Medidas del color Hue del dorado de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante…… | 64 |
| 19 | Diferencia total de color ΔE entre el dorado de queso Chihuahua con cuajo Chy-max y *el dorado* de Queso Chihuahua *con extracto* vegetal de trompillo S. elaeagnifolium……..... | 64 |
| 20 | Índice de pardeamiento del dorado de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante…… | 65 |
| 21 | Evolución durante la maduración de bacterias mesófilas aerobias viables de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max..... | 66 |
| 22 | Área de compuestos volátiles (ácidos y compuestos aromáticos) identificados en queso Chihuahua cuajados con dos tipos de cuajo: extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y Chy-max quimosina recombinante en diferentes tiempos de maduración. ……... | 72 |
| 23 | Área de compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos y esteres) aislados de queso Chihuahua cuajados con dos tipos de cuajo: extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y Chy-max quimosina recombinante en diferentes tiempos de maduración. ……... | 73 |
| 24 | Área de compuestos volátiles (compuestos organoclorados, cetonas y lactonas) aislados de queso Chihuahua cuajados con dos tipos de cuajo: extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y Chy-max quimosina recombinante en diferentes tiempos de maduración. …… | 74 |

## LISTA DE CUADROS


| Cuadro | | Página |
|---|---|---|
| 1 | Diferentes tipos de quesos producidos a partir de coagulantes de origen vegetal..... | 22 |
| 2 | Aplicación de diferentes proteasas de origen vegetal en procesamiento de carnes.……..... | 23 |
| 3 | Aplicación de diferentes proteasas de origen vegetal en procesamiento de jugos y bebidas alcohólicas.....……..... | 24 |
| 4 | Contenido proximal de las bayas amarillas secas de *Solanum elaeagnifolium* recolectados en otoño.....……..... | 28 |
| 5 | Cantidad de proteína, actividad proteolítica y actividad coagulante en extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium* y Chy-max quimosina recombinante..... | 44 |
| 6 | Composición química y rendimiento del queso Chihuahua fabricados con Chy-max quimosina recombinante y extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium*..... | 48 |
| A 1 | Datos crudos de los contenidos de proteína (mg/mL) en cuajo Chy-max y extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium.*..... | 84 |
| A 2 | Datos Crudos de Actividad coagulante en la leche de extracto de trompillo de *S. elaeagnifolium* utilizando diferentes volúmenes en la leche y cuajo Chy-max. ……..... | 84 |
| A 3 | Datos crudos de actividad proteolítica de extractos de trompillo *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max. ……..... | 85 |
| A 4 | Composición Proximal en base seca y rendimiento de quesos Chihuahua cuajados con Chy-max y extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium.*..... | 86 |
| A 5 | Datos crudos de composición Proximal en base húmeda de quesos Chihuahua cuajados con Chy-max y extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium*.…..... | 86 |
| A 6 | Datos Crudos de pH medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*..... | 86 |
| A 7 | . Datos Crudos de capacidad de fusión (unidades Schreiber) medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con *cuajo* Chy-max y extracto de trompillo S. elaeagnifolium. ……..... | 87 |
| A 8 | Datos Crudos de evaluación de color medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*. ……... | 88 |

## LISTA DE CUADROS (continuación)


| Cuadro | | Página |
|---|---|---|
| A 10 | Datos Crudos de análisis de perfil de textura medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*. ……... | 92 |
| A 11 | Datos Crudos de análisis de conteos microbianos medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*. ……... | 94 |
| A 12 | Datos crudos de compuestos volátiles (ácidos y compuestos aromáticos) aislados de queso Chihuahua ..... | 95 |
| A 13 | Datos crudos de compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos, compuestos nitrogenados esteres y anhidros carboxílicos) aislados de queso Chihuahua. …. | 96 |
| A 14 | Datos crudos de compuestos volátiles (cetonas organoclorado y lactonas) aislados de queso Chihuahua ..... | 98 |
| A 15 | pH medido en diferentes tiempos de maduración de quesos Chihuahua fabricados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max. ……. | 127 |
| A 16 | Capacidad de fusión de quesos Chihuahua fabricados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max. …….. | 127 |
| A 17 | Análisis de perfil de textura medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con Cuajo Chy-max y extracto vegetal de *S. elaeagnifolium*. ……... | 128 |
| A 18 | Valores medios de Croma*, Hue*, y diferencias totales de color ΔE medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max. …….. | 129 |
| A 19 | Valores medios de Croma*, Hue*, IP (índice de pardeamiento) y diferencias totales de color ΔE medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max..... | 130 |
| A 20 | Compuestos volátiles (ácidos y compuestos aromáticos) aislados de queso Chihuahua ..... | 131 |
| A 21 | Compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos, compuestos nitrogenados esteres y anhidros carboxílicos) aislados de queso Chihuahua. …… | 132 |
| A 22 | Compuestos volátiles (Compuestos organoclorados, lactonas y cetonas) aislados de queso Chihuahua ..... | 133 |

## RESUMEN

Las bayas de trompillo han sido utilizadas en la región de Chihuahua como agente de coagulación en la fabricación de un queso de tipo filata conocido como asadero. El uso del cuajo de origen animal es el que presentan mejores características en quesos. La quimosina recombinante es el mejor sustituto al cuajo de origen animal. El cuajo de origen microbiano presenta deficiencias en el desarrollo de sabores amargos. Respecto a los cuajos vegetales utilizados en la fabricación de quesos, pueden modificar la composición fisicoquímica y acelerar en la formación de compuestos volátiles. Para evaluar estas modificaciones durante la maduración al usar coagulantes vegetales, se utilizó el extracto vegetal de trompillo como coagulante en la fabricación del queso Chihuahua y como control se usó el cuajo Chy-max que contenía quimosina recombinante. Los extractos vegetales de trompillo presentaron 3 veces más actividad proteolítica, pero 129 veces menor actividad coagulante y menor contenido de proteínas. Los quesos elaborados con extracto vegetal de trompillo presentaron un bajo contenido de proteínas, pero un contenido de humedad mayor que los quesos con cuajo Chy-max. Los extractos de trompillo fomentaron una mayor disminución en el pH y una mayor capacidad de fusión durante la maduración del queso Chihuahua. El uso de extracto vegetal de trompillo modificó el color de los quesos, mostrando una mayor luminosidad. El color del dorado del queso después de ser calentados también se modificó, presentando un color marrón intenso en menor tiempo de maduración. El análisis de perfil de textura de los quesos también fue modificado durante la maduración con el uso del extracto vegetal de trompillo, presentando quesos con mayor dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad, pero con menor elasticidad y resiliencia. Los extractos vegetales de trompillo provocaron un mayor desarrollo y liberación de compuesto volátiles debido a la presencia de lipasas identificadas en los extractos vegetales. El uso de este extracto vegetal promueve el desarrollo de las características fisicoquímicas, así como sabores y aromas en menor tiempo de maduración.



**Palabras claves:** *Solanum elaeagnifolium,* queso Chihuahua, compuestos volátiles, cuajos vegetales.

## ABSTRACT

Trompillo berries have been used in the Chihuahua region as a clotting agent in the manufacture of a filata-type cheese known as asadero. The use of rennet of animal origin presents the best characteristics in cheeses. Recombinant chymosin is the best substitute for rennet of animal origin. Rennet of microbial origin has deficiencies in the development of bitter flavors. Regarding the vegetable rennet used in the production of cheeses, can modify the physicochemical composition, and accelerate the formation of volatile compounds. To evaluate these modifications during ripening when using vegetable coagulants, we used the trompillo vegetable extract as a coagulant in the manufacture of Chihuahua cheese, and Chy-max rennet containing recombinant chymosin was used as a control. Plant extracts of trompillo presented 3 times more proteolytic activity, but 129 times less coagulant activity and lower protein content. The cheeses made with trompillo vegetable extract had a low protein content, but a higher moisture content than the Chy-max rennet cheeses. Trompillo vegetable extracts promoted a greater decrease in pH and a greater melting capacity during the ripening of the Chihuahua cheese. The use of trompillo vegetable extract modified the color of the cheeses, showing a greater luminosity. The browning color of the cheese after being heated changed, presenting an intense brown color in less time of maturation. The analysis of the texture profile of the cheeses was also modified during maturation with the use of trompillo vegetable extract, showing cheeses with greater hardness, adhesiveness, cohesiveness, rubberiness and chewiness, but with less elasticity and resilience. The trompillo plant extracts caused a greater development and release of volatile compounds due to the presence of lipases identified in the plant extracts. The use of this plant extract promotes the development of the physicochemical characteristics, as well as flavors and aromas in a shorter maturation time.



**Key words:** Solanum elaeagnifolium, Chihuahua cheese, volatile compounds, vegetable rennet.

# 1. INTRODUCCIÓN

La planta de *Solanum elaeagnifolium Cav.* conocido como trompillo en México es una planta endémica del noreste de México y el suroeste de los Estados unidos de América (Vibrans, 2006). En condiciones ideales la planta produce hasta 60 frutos. Las bayas inmaduras son verdes y carnosas, pero cuando maduran a finales del verano y principios de otoño son secas y adquieren un color amarillo o negro (Chávez-Garay *et al.*, 2015; Pueyo *et al.*, 2018).

La planta se ha extendido a varias regiones del mundo y es considerada una maleza por el impacto negativo que ocasiona en la agricultura y producción ganadera (Chávez-Garay *et al.*, 2015). Sin embargo, las bayas maduras de trompillo fueron utilizadas por los indios Pima de suroeste de los Estados Unidos de América como agente de coagulación de la leche. En algunas regiones de Chihuahua, México, las bayas amarillas de la planta se han utilizado durante décadas en la fabricación de un queso artesanal conocido como asadero (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2012).

Se ha reportado que solo las bayas maduras de trompillo presentan una actividad coagulante en la leche. Las enzimas presentes en los extractos vegetales de las bayas de trompillo producen una hidrolisis inespecífica en la κ-caseína y β-caseína, pero no en las proteínas del suero (del Rocío Martínez-Ruiz *et al.*, 2013). Otros autores han informado que las enzimas de trompillo degradan a la κ-caseína y la β-caseína, en fragmentos de menor peso molecular. La actividad proteolítica sobre la κ-caseína, es muy extensa ya que es eliminada y no está presente en el queso (Chávez-Garay *et al.*, 2015). Con respecto a la actividad proteolítica en la β-caseína es mínima y en la α-caseína no se considera importante. Los principales productos de la hidrolisis de caseína por las enzimas de trompillo se distribuyen por debajo de los 20 KDa (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2019).

El papel principal de las enzimas es cuajar la leche, pero también contribuyen a la proteólisis durante la maduración de la mayoría de los quesos, particularmente en variedades de cocción media y baja (Bansal *et al.*, 2007). Se han determinado que los cuajos de origen animal son las que presentan mejor actividad coagulante en la leche con sabores y aromas deseables en queso. Las proteasas microbianas, quimosina recombinante y las proteasas vegetales se han utilizado como sustituto en la coagulación de la leche (Jacob *et al.*, 2011; Roseiro *et al.*, 2003). Las proteasas microbianas presentan una actividad específica baja en la leche, que es una deficiencia y en el desarrollo de un sabor amargo en quesos madurados (Zaheer y Gupta, 2019). La quimosina

recombinante es considerada como el mejor sustituto del cuajo animal, al presentar una alta especificidad proteolítica en la κ- caseína ($Phe_{105}$-$Met_{106}$), y al no presentar cambios significativos en propiedades de textura, sabor, aroma, y rendimiento (Kumar *et al.*, 2010; Zaheer y Gupta, 2019). Sin embargo, no hay estudios que relacionen los cambios de sabor y aroma en quesos cuajados con proteasas vegetales. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el perfil aromático y los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la maduración del queso Chihuahua cuajado con trompillo *S. elaeagnifolium.*

# 2. ANTECEDENTES

## 2.1. Clasificación y Distribución de Enzima Proteolíticas

Las enzimas son proteínas que forman parte de las células de todos los seres vivos. Debido a su capacidad de acelerar la velocidad de reacciones químicas son consideradas como catalizadores biológicos y son esenciales para que la célula este metabólicamente activa. Las proteasas de las plantas están involucradas en muchos aspectos de la fisiología y el desarrollo de las plantas, estas proteasas degradan proteínas no funcionales en aminoácidos, pero también son reguladores al determinar el destino de las proteínas, regulando diferentes procesos en respuesta a las señales ambientales y de desarrollo (Van der Hoorn, 2008).

Las proteasas escinden enlaces peptídicos que pueden ser internos para endopeptidasas, N-terminal para aminopeptidasas o C-terminal para carboxipeptidasas. Todas las proteasas polarizan el grupo carbonilo del enlace peptídico del sustrato al estabilizar el oxígeno en una abertura de oxianión, lo que hace que el átomo de carbono sea más vulnerable al ataque de un nucleófilo activado (Van der Hoorn, 2008) (figura 1 a ). Las proteasas vegetales pueden hacer esto de cuatro maneras principales, lo que da los nombres a cuatro clases catalíticas: cisteín proteasas (CPs), serín proteasas (SPs), metaloproteasas (MPs) y proteasas aspárticas. (PAs) (figura 1b).

### 2.1.1. Cisteín Proteasas (CPs)

La familia de las proteasas de cisteína engloba a todas aquellas proteasas que presentan un residuo de cisteína en su centro catalítico. Los genomas de las plantas codifican aproximadamente 140 cisteína proteasas que pertenecen a 15 familias de 5 clanes (CA, CD, CF, CO y CE). La mayoría de la cisteína proteasas pertenecen a la familia C1, conocida como la familia papaína (CA) (Van der Hoorn, 2008). Muchas proteasas de cisteína juegan un papel en la muerte celular programada (PCD), en respuesta a las señales de desarrollo y a los patógenos. Otras regulan el destino de las

células epidérmicas, el tiempo de floración y el desarrollo de polen o embriones (Feijoo-Siota y Villa, 2011).

Las plantas ofrecen una opción para la extracción de proteasas de cisteína, ya que se originan naturalmente en diferentes tejidos de plantas, en especial, en plantas tropicales como la carica papaya (papaína, quimopapaína, caricaína y glicil-endopeptidasa), tienen una importancia comercial, debido a la fuerte actividad proteolítica que presenta contra una amplia gama de sustratos de proteínas y porque son activos en un amplio rango de pH y temperatura (Mazorra-Manzano *et al.*, 2013).

### 2.1.2. Serín Proteasas (SPs)

Las proteasas de serina son hidrolasas que degradan enlaces peptídicos de péptidos y proteínas, y que poseen en su centro activo un aminoácido de serina esencial para la catálisis enzimática. Con más de 200 miembros, son la clase más grande de enzimas proteolíticas en plantas (Guevara *et al.*, 2018). Se divide en 14 familias de 9 clanes, en donde cada clan describe a un grupo de enzimas estrechamente relacionadas en secuencia y estructura (Feijoo-Siota y Villa, 2011). Estas enzimas se han encontrado y extraído en diferentes tejidos como, en semillas de cebada, soya, y arroz (Feijoo-Siota y Villa, 2011); en flores, tallos, hojas y raíces de maíz, tomate y frijol (Guevara *et al.*, 2018); y en frutos de melón, naranja y kiwi (Mazorra-Manzano *et al.*, 2013).

Las plantas representan una fuente importante de estas enzimas. Recientemente un gran número de SPs han sido aisladas de diferentes especies. Estas proteasas vegetales presentan diferentes características, varían entre los 20 a 100 kDa, encontrándose la mayoría entre los 60 - 80 kDa. El pH óptimo para su actividad se encuentra entre 9.0 - 11.0, excepto algunas enzimas aisladas de cebada la cuales son más activas en el rango de 6.0 - 6.5 y puntos isoeléctricos variados entre 4.4 y 6.2 en pH.

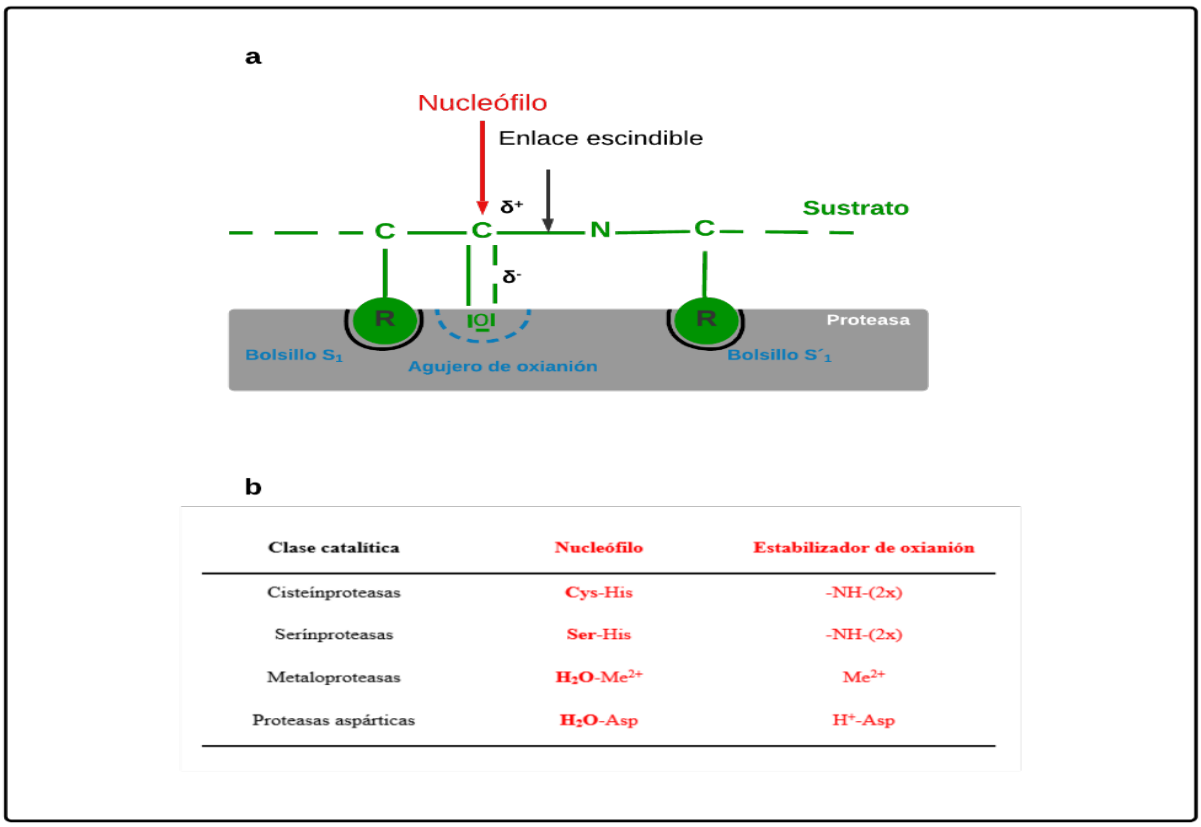
### 2.1.3. Metaloproteasas (MPs)

Son enzimas que generan proteólisis, y que en su funcionamiento es necesaria la presencia de metales como átomos de zinc o cobalto. Son las más diversas en términos de estructura y función. Los MPs participan en la nodulación, la diferenciación de plástidos, termotolerancia, la regulación del tamaño de brote de la raíz, la sensibilidad a los conjugados de auxinas y la meiosis, aquí se describen algunas familias de este tipo de proteasas (Van der Hoorn, 2008).

Las aminopeptidasas de leucina (LAP) son MPs omnipresentes, que se cree que participan en la regulación de la vida media de las proteínas en las plantas, que está muy influenciada por el residuo de aminoácido N-terminal. Además del LAP común, que está presente de manera constitutiva en todas las especies de plantas, algunas plantas de la familia de las solanáceas tienen LAP adicionales expresados en los órganos reproductivos regulados por aumento en condiciones de estrés hídrico, heridas y la infección de patógenos.

Las metaloproteinasas de matriz MMP son una familia de proteasas dependientes de zinc y calcio, caracterizada por un dominio catalítico altamente conservado que contiene una secuencia de unión a zinc seguida de una metionina. Los miembros de esta familia se han encontrado principalmente en mamíferos y en plantas como soya, pepino, alfalfa y tabaco, pero solo unos pocos se han caracterizados (Guevara *et al.*, 2018).

**Figura 1** Mecanismos de escisión de las cuatro clases principales de proteasas.




a) La proteína del sustrato (verde) se une a través de los residuos de aminoácidos (R) al sitio de unión al sustrato de la proteasa (gris) al interactuar con los bolsillos de sustrato (S) de la enzima. El enlace peptídico escindible es adyacente a un grupo carbonilo, que está polarizado por la enzima al estabilizar el agujero de oxianión (azul); Esto hace que el carbono de carbonilo sea vulnerable al ataque nucleofílico.
(b) Las principales diferencias entre las clases catalíticas son la naturaleza del nucleófilo y el estabilizador de oxianión. La cisteína y la serina proteasas usan un residuo Cys o Ser como nucleófilo, activado por histidina (His) en el sitio activo. El orificio de oxianión generalmente está estabilizado por dos residuos en la columna vertebral de la proteasa. Las metaloproteasas y las proteasas aspárticas usan agua como nucleófilo, activada por interacciones electrostáticas con el ion metálico ($Me^{2+}$) o el aspartato (Asp), respectivamente. El oxianión de estas proteasas es estabilizado por $Me^{2+}$ y Asp, respectivamente. Fuente: (Van der Hoorn, 2008).

### 2.1.4. Proteasas Aspárticas (PAs)

Las proteasas aspárticas son un grupo de enzimas proteasas que usan una molécula activada unida a uno o más residuos de aspartato. Se denomina proteasas aspárticas porque los residuos de aspartato son ligados de la molécula de agua activada (Guevara *et al.*, 2018; Rawlings y Barrett, 2013). Las PAs se han encontrado en animales, plantas y virus, relacionadas con diferentes funciones fisiológicas como la digestión de nutrientes (quimosina y pepsina A), defensa contra

patógenos (catepsina D), interacción polen-pistilo (Cardosina A), control de la presión sanguínea (renina) y degradación de hemoglobina (plasmepsinas)

Las proteasas aspárticas de plantas se han purificado y caracterizado a partir de una gran variedad de tejidos como semillas, flores y hojas de arroz, cebada, pepino, calabaza, papa y cardo. (Van der Hoorn, 2008). Las proteasas aspárticas intervienen en la degradación de proteínas vegetales en respuesta a patógenos, mecanismos de procesamiento de almacenamiento de proteínas (Guevara *et al.*, 2018).

Esta clase de enzimas se han utilizado en la industria de los alimentos principalmente en la fabricación de quesos. La quimosina es la que se utiliza comúnmente en la coagulación de la leche, que se obtiene de los estómagos de terneros. Proteasas aspárticas de algunas plantas se han utilizado exitosamente en la coagulación de la leche por poseer características similares a la de la quimosina (Roseiro *et al.*, 2003).

## 2.2. Aplicaciones de las Proteasas Vegetales en la Fabricación de Alimentos

Las enzimas juegan un papel importante en el área de los alimentos tanto en productos tradicionales como novedosos. Hoy en día la producción de todos los alimentos comerciales o sus ingredientes incluyen enzimas o reacciones catalizadas por enzimas (Kuddus, 2019). El papel de las enzimas sobre el procesamiento de los alimentos ha sido reconocido durante siglos, incluso antes del conocimiento sobre las enzimas, se han utilizado en una serie de procesos como el ablandamiento de carnes con hojas de papaya, preparación de salsa de soya, en la coagulación de la leche para la fabricación de quesos y elaboración de cervezas vino y vinagre (Meshram *et al.*, 2019). Además, las enzimas también funcionan bien para controlar el tiempo de proceso, enriquecer el sabor, mejorar la textura, aumentar la vida útil y disminuir el uso de aditivos químicos para alimentos. Una ventaja de las enzimas es su alta actividad catalítica, que las convierte en la mejor opción rentable de ingredientes (Singh *et al.*, 2019).

### 2.2.1. Uso de Proteasas de Origen Vegetal en la Fabricación de Quesos

La fabricación de queso implica el uso cuajo origen animal que contiene la proteasa quimosina que es la principal proteasa de agente de coagulación, que escinde la cadena $Fen_{105}$-$Met_{106}$ de la κ-caseína para la coagulación de la leche. Sin embargo, las proteasas recombinantes, microbiano y vegetales han reemplazado con éxito al cuajo de origen animal. En este sentido, las proteasas vegetales, obtenidas de diferentes tejidos, incluyendo frutas, flores, tallos, látex, poseen propiedades catalíticas con diversas condiciones de pH y temperatura para coagular la leche (Mazorra-Manzano *et al.*, 2018).

Desde la antigüedad diferentes extractos de plantas se han agregado a la leche para facilitar el paso de coagulación en la fabricación de queso, lo que representa una práctica artesanal en muchas regiones del mundo. Las proteasas de origen vegetal más adecuadas para la elaboración de quesos son las plantas de las especies de cardo *Cynara cardunculus* y *Cynara scolymus* que contiene una alta cantidad de proteasas conocidas como cardosinas y cinasas que presentan actividad de coagulación en la leche similares a la de la quimosina de origen animal (Alavi y Momen, 2020).

Los extractos de cardo *Cynara cardunculus* y *Cynara scolymus* se ha utilizado exitosamente durante siglos en la producción artesanal tradicional de quesos de leche de oveja como Serra de estrella, manchego y serena, este último con estatus de denominación de origen protegida (Mazorra-Manzano *et al.*, 2018). La forma de emplear estas plantas como agente de coagulación de la leche es primeramente cosechando las flores en verano, antes de secarse y se agregan a la leche de dos técnicas principales: 1) las flores se mezclan con la leche durante unos minutos, y luego se filtra la leche, 2) se maceran las flores secas en una pequeña cantidad de agua con sal y luego se agrega el filtrado a la leche. Con este método, la coagulación de la leche es el resultado de la acción de cardosinas y ciprosinas un tipo de proteasa aspártica que tienen una alta especificidad hacia la κ-caseína (Gomes *et al.*, 2019).

Existen otras plantas que pertenecen a otros grupos de proteasas catalíticas que se consideran como una opción atractiva para la fabricación de quesos como se muestra en el Cuadro 1. Proteasas del grupo de la cisteína como la papaína de papaya, bromelina de piña, zingibaina de jengibre y actinidina de kiwi; y del grupo de serinas la cucumisina de melón.

**Cuadro 1.** Diferentes tipos de quesos producidos a partir de coagulantes de origen vegetal.

| Tipo de queso | Tipo de leche | Nombre de la proteasa | Fuente de la proteasa | Referencia |
|---|---|---|---|---|
| Experimental | Vaca | CpCP3 | *Calotropis procera* | (Silva *et al.*, 2020) |
| Cheddar | Vaca | Combinación extracto enzimático de Silybum marianum y quimosina recombinante | *Silybum marianum* | (Colombo *et al.*, 2018) |
| Burgos | Vaca | Cardosina y ciprosina | *Cynara cardunculus* | (Timón *et al.*, 2019) |
| Gouda | Vaca | Cardosina | *Cynara scolymus L* | (Llorente *et al.*, 2014) |
| Manchego | Oveja | Cardosina y ciprosina | *Cynara cardunculus* | (Prados *et al.*, 2006) |
| Crema | Vaca | | *S. elaeagnifolium* | (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2019) |

### 2.2.2. Uso de Proteasas de Origen Vegetal para el Procesamiento de Carne

El sabor, la jugosidad y la terneza son parámetros importantes en la aceptabilidad de la carne por parte del consumidor. La dureza de carne es una característica resultante del tejido conectivo con la interacción de las proteínas miofibrilares (Abdel-Naeem y Mohamed, 2016). El proceso de ablandamiento de la carne implica la hidrólisis limitada controlada de las proteínas del tejido conectivo compuestos de colágeno y elastina y la estructura miofibrilar compuestos de actina y miosina. La proporción relativa de estos componentes determina la composición estructural de un corte de carne, y por lo tanto influye en su terneza. En consecuencia, la interrupción de estas proteínas estructurales conduce al ablandamiento de la carne (Ionescu *et al.*, 2008).

A lo largo de los años, soluciones de ablandamiento y proteasas vegetales se han utilizado para acelerar el ablandamiento de la carne mediante inyección, infusión o marinado. Se han realizado investigaciones en busca de nuevas formas naturales y ecológicas para mejorar la terneza de productos cárnicos.

Una forma prometedora para lograr este objetivo es mediante la aplicación de proteasas proteolíticas de origen vegetal, sin embargo, las proteasas de origen microbiano también se han

utilizado de forma exitosa, pero las primeras son las que se prefieren más por las siguientes razones: (1) las proteasas vegetales son funcionales en un amplio rango de temperatura y pH; (2) existe menos preocupación sobre la posible toxicidad o de riesgo biológico ya que su fuente de origen a menudo proviene de materiales alimenticios fácilmente consumibles; y (3) puede proporcionar ingresos económicos a los agricultores (Tantamacharik *et al.*, 2018).

Las proteasas tienen una amplia aplicación en el procesamiento de carnes como se muestra en el Cuadro 2 en donde incluyen a la papaína de la resina de la papaya, la bromelina del tallo de la piña, la ficina de la fruta del higo, la actidinina del kiwi y la zingibaina de rizomas de jengibre.

**Cuadro 2.** Aplicación de diferentes proteasas de origen vegetal en procesamiento de carnes.

| Tipo de carne | Tipo de producto cárnico | Nombre de la proteasa | Fuente de la proteasa | Referencia |
|---|---|---|---|---|
| Camello | Carne para hamburguesa | *Zingibaina* | Rizomas de *Zingiber officinalis Roscoe* | (Abdel-Naeem y Mohamed, 2016) |
| Vaca | Inyecciones en músculo semimembranoso | *Actinidaína* | *Actinidia deliciosa* | (Mameli, 2005) |
| Esturión chino | Hidrolizados de proteínas de músculos de pescados | *Papaína* | *Carica papaya L* | (Noman *et al.*, 2018) |
| Vaca | Jamón | Bromelina | *Ananas comosus* | (Ionescu *et al.*, 2008) |

**2.2.3.** Uso de Proteasas de Origen Vegetal en Jugos y Bebidas Alcohólicas

Desde la antigüedad las enzimas han jugado un papel importante en la producción de diferentes alimentos. Uno de los ejemplos es la producción de bebidas como el jugo de frutas, whiskey, cerveza y vino. Para evitar el problema de turbidez en estas bebidas, el tratamiento mediante la adición de enzimas proteolíticas ha sido el método con mejores resultados (Esti *et al.*, 2013).

Se ha estudiado el uso de pectinasa y proteasa como la bromelina y la papaína en el tratamiento de clarificación en diferentes jugos de fruta, cerveza y vino como se muestra en el Cuadro 3. En el tratamiento de clarificación de jugos generalmente implica la adición de pectinasas y proteasas como agentes de clarificación, un ejemplo es la bentonita para eliminar la nube, los sedimentos y los componentes activos de turbidez, estos componentes son partículas de pectina, proteínas, polifenoles y fenoles oxidados en suspensión. La forma de eliminar estas partículas en suspensión es mediante la adición de proteasas o pectinasas, mediante la desestabilización electrostática catalizada por la pectinasa o proteasas de partículas de pectina o proteína suspendidas que causan nubes o neblinas en los jugo turbios (Meyer *et al.*, 2001).

**Cuadro 3.** Aplicación de diferentes proteasas de origen vegetal en procesamiento de jugos y bebidas alcohólicas.

| Tipo de bebida | Nombre de la proteasa | Fuente de la proteasa | Referencia |
|---|---|---|---|
| Vino blanco | *Bromelina* | *Ananas comosus* | (Benucci *et al.*, 2011) |
| Zumo de cereza | *Bromelina* | *Ananas comosus* | (Meyer *et al.*, 2001) |
| Vino blanco | *Papaína* | *Carica papaya L.* | (Esti *et al.*, 2013) |
| Cerveza clara | *Papaína* | *Carica papaya L.* | (Fernández-Lucas *et al.*, 2017) |

## 2.3. Tipo de Enzimas Utilizadas en la Fabricación de Queso

En la actualidad, el proceso de elaboración de la mayoría de los quesos requiere de la coagulación de la leche mediante la adición de cuajos que contienen enzimas solubles. Los cuajos tradicionales utilizados para cuajar la leche se preparan a partir del estómago de los terneros o corderos mediante la extracción con soluciones salinas de NaCl al 15 %. Las principales enzimas contenidas en tales cuajos son dos proteinasas aspárticas que son la quimosina y la pepsina. La quimosina es la proteinasa principal en la actividad de coagulación de leche ya que aproximadamente el 90 %

depende de tal proteinasa, mientras que el 10 % depende de la pepsina (Jaros y Rohm, 2017).
La baja disponibilidad de la quimosina de su fuente natural y la creciente demanda de queso conlleva a la búsqueda y desarrollo de nuevas enzimas que sustituyan adecuadamente a la quimosina de origen animal. Diferentes fuentes de proteasas son capaces de coagular la leche que a continuación se describen.

### 2.3.1. Coagulantes Microbianos

El 30 % de los quesos producidos en todo el mundo se elaboran con cuajos microbianos. Los cuajos microbianos son proteasas extracelulares de microorganismos que actúan de forma similar a los cuajos de estómagos de ternera y son, parcialmente, adecuados para la producción de queso. Tales coagulantes pueden fácilmente producirse por fermentación lo que hace que tengan una disponibilidad casi ilimitada (Jacob *et al.*, 2011; Walstra *et al.*, 2005). Microorganismos como mohos y bacterias, son las que se pueden producir enzimas alternativas a los cuajos de origen animal en la coagulación de la leche. Bacterias como: *Bacillus cereus, B. polymyxa, B. mesentericus, B. coagulants* y *B. subtilis* han sido usadas en la fabricación de quesos.
También se han utilizado enzimas derivados de mohos como: *Cryphonectria parasítica, Rhizomucor pusillus* var. *Lindt,* y *Rhizomucor miehei.* Se ha demostrado que el uso enzimas de algunas especies de mohos presentan una mayor actividad proteolítica en la coagulación de la leche lo que puede conducir a una pérdida de productos de la degradación de proteínas que se pierden en el desuerado. Sin embargo, también se pueden generar diversos compuestos aromáticos que puedan modificar el sabor y aroma de los quesos fabricados con este tipo de cuajos.

### 2.3.2. Cuajos Recombinantes

Satisfacer la demanda industrial de la quimosina de ternera se ha visto en detrimento por la baja disponibilidad de estómagos de ternera de donde se obtiene la quimosina (Jacob *et al.*, 2011).. La

ingeniería genética ha permitido la producción de la versión recombinante de la quimosina de ternera a un nivel más alto que de su fuente natural a partir de bacterias (*E. coli*), levadura (*Kluveryomyces lactis*) y mohos (*Aspergillus niger* var. *Awamori*) .

La quimosina recombinante es, por mucho, la enzima de coagulación genéticamente modificada más importante, que se obtiene clonando ADN complementario de la proquimosina para posteriormente colocarlos en hospederos como bacterias y levaduras. La producción de la quimosina comienza con el aislamiento de ARN mensajero de las células de abomaso del huésped, y la transcriptasa inversa transfiere la información al ADN complementario.

La quimosina recombinante de *E. coli, Aspergillus niger y Kluyveromyces lactis* son consideradas como los mejores sustitutos al no detectarse diferencias significativas en todas las propiedades importantes, como el rendimiento, la textura, el olor, el sabor y la maduración del queso cuando se utiliza quimosina recombinante y natural en la elaboración del queso (Kumar *et al.*, 2010; Zaheer y Gupta, 2019).

### 2.3.3. Cuajos Vegetales

Los cuajos de origen vegetal representan una alternativa en la coagulación de la leche para la fabricación de quesos. Estas enzimas se pueden obtener de diferentes tejidos como frutas, flores, tallos. Se han probado diferentes fuentes enzimas de origen vegetal como las flores de la especie de plantas de cardo, que pertenecen al mismo grupo que la quimosina proteinasa aspártica, (EC.3.4.23), que son consideradas las proteasas más adecuadas para la elaboración de quesos. Existen otros grupos catalíticos que coagulan la leche como la cisteína proteasa (EC, 3.4.22) y las serinas proteasas, (EC. 3.4) (Mazorra-Manzano *et al.*, 2018).

El uso de coagulantes vegetales representa una práctica tradicional para la fabricación de quesos artesanales como la Serra de Estrela, Serpa y Torta del Casar. Estos quesos son altamente valorados en España y Portugal y que han sido protegidos con una “denominación de origen” (Tedeschi *et al.*, 2013). En México, se utilizan las bayas maduras de una planta silvestre de *Solanum elaeagnifolium* en la fabricación de un queso de tipo filata conocida como asadero (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2012).

## 2.4. Generalidades de la Planta *S. elaeagnifolium*

Actualmente la planta de *Solanum elaeagnifolium* se distribuye del centro de Estados Unidos de América al centro de México y también parte de Sudamérica y las Antillas. En México se han registrado en diferentes zonas del país principalmente en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, especialmente en zonas con una intensiva actividad agrícola donde se cultivan maíz, manzana y tomate (Knapp *et al.*, 2017).

La planta es una hierba perenne, densamente cubierta de pelillos ramificados de color grisáceo-plateado, y generalmente con espinas delgadas, rectas y rígidas, de hasta 5 mm de largo, de color café-amarillento, ubicadas en los tallos y con frecuencia sobre las venas de las hojas y en el cáliz. El tamaño de la planta llega a medir hasta 1 m de alto con hojas oblongas, oblongo-lanceolados o lineares, de 1 hasta 15 cm de largo y hasta 4 cm de ancho. Las flores son de color azul, morada y en algunas ocasiones blancas de 1.5 cm, con sépalos de 1.5 cm de largo, el fruto globoso, de hasta 1.5 cm de diámetro, café-amarillento, más o menos cubierto por pelos estrellados, semillas de hasta 3 mm de diámetro como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.** Flores y bayas amarillas de *Solanum elaeagnifolium* var. Cavanilles

Se reproduce por semillas y por pedazos de rizomas o de raíz. Es está última vía de reproducción vegetativa lo que la hace una maleza nociva y a veces muy abundante en parcelas de cultivo. Puede producir brotes de raíz a una distancia de 6 m de la planta madre. La dispersión de semillas se lleva a cabo por varias vías: por simple caída, por el agua, en el interior de animales y por maquinaria. Las semillas requieren temperaturas fluctuantes para su germinación (Vibrans, 2006).

En la Cuadro 4 se muestra composición química de las bayas amarillas secas de *Solanum*

*elaeagnifolium.* Las bayas cosechadas en la temporada de otoño contienen una humedad baja, que en su mayoría son semillas protegidas por una cáscara seca y quebradiza. En este punto el contenido de fibra y lípidos es alto. Las frutas contienen un alto contenido de proteínas de 12 g por cada 100 g de frutas secas. Entre las proteínas contenidas en las bayas, hay algunas proteasas que presentan actividad coagulante en la leche y que se utilizan en la fabricación de queso.

**Cuadro 4.** Contenido proximal de las bayas amarillas secas de *Solanum elaeagnifolium* recolectados en otoño

| Componente | Valor medio |
|---|---|
| Humedad | 5.80 ± 0.10 |
| Proteínas | 13.80 ± 0.30 |
| Lípidos | 5.00 ± 0.01 |
| Cenizas | 5.80 ± 0.08 |
| Carbohidratos * | 12.80 |
| Fibra | 56.8 ± 2.00 |

**Fuente.** (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2019) (*) estimado por diferencia.

### 2.4.1. *S. elaeagnifolium* como Fuente de Proteasas para la Coagulación de la Leche

En el norte de México las bayas amarillas de *S. elaeagnifolium* fueron utilizados por los indios Pima en el norte del país y suroeste de los Estados Unidos de América como agente de coagulación de la leche para la fabricación de diferentes quesos. En algunas regiones de Chihuahua, México las bayas amarillas de la planta se utilizan durante décadas en la fabricación de un queso artesanal conocido como asadero (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2012; Mazorra-Manzano *et al.*, 2018).

En 1916 y 1924 (Bodansky) reportó la actividad coagulante en la leche de las enzimas contenidas en las bayas de *S. elaeagnifolium.* Encontró que solo las bayas amarillas de la planta coagulan la leche, mientras que las bayas verdes (inmaduras) y de color café no presentan actividad coagulante debido a que en las bayas verdes las enzimas que coagulan la leche permanecen inactivas y en las bayas cafés se han degradado.

Se han hecho diversos estudios sobre las propiedades catalíticas que presentan las proteasas de las

bayas de *S. elaeagnifolium* sobre las proteínas de la leche, principalmente en la κ- caseína. Se sabe que el peso molecular de estas proteasa oscilan de 50 a 70 kDa (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2019; Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2012). Dichas proteasas en comparación con la quimosina recombinante presentan una mayor actividad proteolítica sobre las proteínas de la leche, pero una capacidad coagulante en la leche baja.

Según el análisis SDS-PAGE, la proteasa de los frutos de *S. elaeagnifolium* hidrolizan caseínas, pero no proteínas de suero. El coagulante derivado de plantas *S. elaeagnifolium* hidrolizan los cuatro tipos de caseínas: $\alpha_{s1}$, $\alpha_{s2}$, β y κ-caseína (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2019).

# 3. HIPÓTESIS

El uso de un extracto acuoso de las bayas maduras de *Solanum elaeagnifolium* como agente coagulante en la manufactura de queso Chihuahua modificará su composición fisicoquímica y la formación de compuestos aromáticos durante el proceso de maduración.

# 4. OBJETIVOS

## 4.1. Objetivo General

Evaluar los perfiles aromáticos y atributos de calidad en la maduración del queso Chihuahua cuajado con extractos de trompillo y quimosina recombinate como control.

## 4.2. Objetivos Específicos

- Obtener y caracterizar el coagulante vegetal de las bayas de *Solanum elaeagnifolium*.
- Elaborar queso Chihuahua utilizando el coagulante vegetal y cuajo Chy-max.
- Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del queso Chihuahua.
- Evaluar los perfiles aromáticos en queso Chihuahua.

# 5. MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron bayas de trompillo *S. elaeagnifolium* que fueron almacenadas en congelación hasta su uso. Las bayas fueron molidas y suspendidas en una solución reguladora durante 24 h. Las bayas molidas suspendidas fueron filtradas. Al filtrado se consideró como el extracto vegetal. Se determinó el contenido de proteínas, actividad coagulante en la leche, actividad proteolítica en el extracto de trompillo y cuajo Chy-max. Al extracto de trompillo se le hizo una prueba de lipasas.

Para la fabricación del queso Chihuahua se formaron dos lotes de 10 l de leche. Los dos lotes de leche se sometieron a una pasteurización lenta (63 °C / 30 min). A una temperatura de 32 ° C se les adicionó un cultivo iniciador mesofílico para aumentar la acidez en 2 °D. Una vez que alcanzaron a subir 2 °D en acidez, a cada lote de leche se le adicionó un cuajo diferente. Al primer lote se le adicionó cuajo Chy-max y al segundo lote se le adicionó un extracto vegetal de *S. elaeagnifolium.* A partir de este paso el proceso de fabricación fue normal hasta el envasado. Los quesos fueron almacenados para su maduración durante 120 días. El proceso de fabricación de los quesos se repitió 3 veces, cada repetición se llevó a cabo en un día diferente. A lo largo de 120 días, se evaluaron diferentes parámetros tales como propiedades de fusión, compuestos volátiles, análisis de perfil de textura análisis, análisis proximal, pH, color y análisis microbiológico tomando muestras cada 15 días.

## 5.1. Recolección de Bayas y Preparación de Extractos de Trompillo

Las bayas amarillas se recolectaron en la temporada de otoño en los alrededores de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. A Las bayas recolectadas se les retiró el pedúnculo y se almacenaron a -80 °C hasta su posterior uso. Para los extractos enzimáticos se siguió la metodología utilizada por Gutiérrez-Méndez *et al.* (2019). Las bayas fueron maceradas con un buffer de acetato de sodio (50 mM, 5% NaCl, pH = 5) en una relación 1:10 (p/v). La mezcla se mantuvo durante 24 h a 4 °C con agitación magnética. El líquido macerado se vertió en tubos cónicos y se centrifugó a 3200 x *g*

durante 15 minutos a 4 °C. El sobrenadante se filtró a través de un papel Whatman no. 1. El filtrado y centrifugado de los extractos se hizo 2 veces. El filtrado final se consideró como el extracto enzimático y se almacenó a -20 ° C en tubos de plástico.

## 5.2. Determinación del Contenido de Proteínas

El contenido de proteínas en el extracto vegetal de trompillo y cuajo Chy-max se cuantificó con el método de unión al colorante azul de Coomassie utilizando albúmina de suero bovino a concentraciones de 1, 2, 3 y 4 mg/mL por el método de Bradford (Bradford, 1976).

## 5.3. Actividad Proteolítica

Para la actividad proteolítica del extracto vegetal de trompillo se siguió una metodología reportada por Gutiérrez-Méndez *et al.* (2019), se añadieron 130 µl de solución de caseína (0,66% p / v) con 25 µl de coagulante vegetal y se incubaron a 37 °C durante 10 minutos. La reacción proteolítica se terminó mediante la adición de 130 µl de ácido tricloroacético (100 mM). La solución hidrolizada de caseína se centrifugó a 3000 × *g* durante 15 minutos a 10 °C para sedimentar las caseínas no hidrolizadas. Se tomó un volumen de 250 µL del sobrenadante y se colocó en un tubo vacío. A este tubo se añadieron 625 µL de $Na_2CO_3$ (500 mM) y 125 µL de solución de Folin Ciocalteu (0.2 N), y se incubó a 37 ◦ C durante 30 minutos. El sobrenadante se leyó a 750 nm en un lector de microplacas (Biotek, Elx808, Winooski, VT, EE. UU.). Los datos fueron interpretados con la curva de calibración hecha con estándares de tirosina.

## 5.4. Actividad de Coagulación en la Leche

La actividad de coagulación en la leche se estimó tanto con el coagulante vegetal como con la quimosina (Chy-Max, Chr Hanse, Horsholm, Dinamarca) de acuerdo con la metodología descrita por Chávez-Garay *et al.* (2015). Se añadieron diez mililitros de leche pasteurizada con 4 µL de $CaCl_2$ (4.5 M) y 40, 80, 120, 160, 180 y 200 µL del extracto enzimático o 1 µL de Quimosina. La leche se incubó a 40 ºC en un baño de agua y se observó la formación de cuajada girando el tubo de ensayo manualmente hasta que se distinguieran agregados.

La actividad de coagulación de la leche se calculó con la siguiente ecuación:

$$UCL = \frac{V_{leche}}{V_{coagulante}} x \frac{40}{T_{coagulación}} \quad (1)$$

$$ACL.específico \frac{U/mL_{coagulante}}{Proteína} \quad (2)$$

Los resultados se expresaron como unidades de coagulación Soxhlet (UCL). Las unidades Soxhlet o las unidades de coagulación de la leche (UCL) representan el volumen de leche que puede ser coagulada por una unidad de volumen de coagulante en 40 minutos a 35 °C. En esta ecuación, la $T_{coagulación}$ es el intervalo de tiempo requerido para coagular la leche, mientras que $V_{leche}$ y $V_{coagulante}$ representan los mililitros de leche y coagulante utilizados en la reacción enzimática. Además, la actividad específica de coagulación de la leche (ACL específica) se calculó con la ecuación (2). Proteína es la concentración de proteína expresada en mg / ml de coagulante vegetal, y $mL_{coagulante}$ es el volumen de coagulante utilizado. El ACL específico se expresó como U / mg de proteína coagulante.

## 5.5. Volumen de Extracto Vegetal de Trompillo en la Fabricación de Quesos

Para determinar la cantidad de extracto vegetal necesario para de coagulación de leche se utilizó la metodología descrita en la sección 5.4. Para el control que fue cuajo Chy-max se agregó 1 µL a 10 mL de leche. Para el extracto vegetal se usaron diferentes volúmenes: 40, 80, 120, 160, 180 y 200 µL a 10 mL de leche. El volumen de extracto vegetal se determinó empleando una curva de calibración tomando como referencia el tiempo en que la enzima del cuajo Chy-max coagula la leche.

## 5.6. Determinación Lipasa en Extractos Vegetales de Trompillo

Para la identificación de lipasas en los extractos vegetales de trompillo de *S. elaeagnifolium* se siguió la metodología descrita por Griebeler *et al.* (2011). Para ello se tomaron 30 µL de extracto de trompillo de *S. elaeagnifolium* y se inocularon en placas de agar que contenían: agar 1.5 % p/v, monooleato de sorbitán, 0.1 % v/v, y tributirina 1 % p/v. Se utilizó como control positivo 1 µL de enzima de fosfolipasa y como control negativo 1 µL de agua destilada. Las placas con las muestras inoculadas se incubaron a 37 °C durante 24 h. La hidrolisis de la lipasa se identificó mediante la formación de una zona clara alrededor del área de donde fueron inoculadas las muestras.

## 5.7. Fabricación de Queso Chihuahua

Para la manufactura del queso Chihuahua, se siguió la metodología reportada por Tunick *et al.* (2008). A 20 l de leche se dividido en dos lotes. Ambos lotes se sometieron a una pasteurización baja (63 °C por 30 minutos) y el enfriado a 33 °C para agregar 0.5 g de cultivo iniciador mesofílico. Cuando la acidez de la leche aumentó 2 °D (40 -30 min) se adicionó 1 mL de cuajo recombinante Chy-max (100 % Quimosina, CHY-MAX M, Chr. Hansen´s Lab. Copenhagen, Denmark) a un lote

de leche y al otro lote de leche 129 mL de extracto vegetal de trompillo (determinado en la sección 5.4). La leche se agitó durante 2 minutos y se dejó reposar por 30 minutos para que la leche formara un gel firme. Para el corte de la cuajada se utilizó una lira horizontal y una lira vertical haciendo cortes de 1 cm de cada lado aproximadamente y se dejó reposar por 5 min. La cuajada se agito por 10 min. Para el cocido de la cuajada se calentó a 37 °C, aumentando la temperatura a 1 °C cada 2 minutos, posteriormente se desueró completamente. Para el chedarizado, la cuajada se mantuvo a 37 °C hasta que se alcanzó una acidez de 50 °D (60 min.). La cuajada se cortó en cubos de 2.5 cm de lado y se agregó 20 g de NaCl. Los cubos se colocaron en moldes para ser prensados durante 16 h. Después de prensarlos, los quesos fueron seccionados en 8 partes y empacados al vacío para almacenarlos durante 120 días a 4 °C. El análisis de los quesos se determinó cada 15 días hasta completar los 120 días. El proceso de todos los quesos se hizo por triplicado, cada repetición se llevó a cabo en días diferentes.

## 5.8. Rendimiento Quesero

Para el rendimiento quesero se registraron el peso de la leche bronca y del queso. Los quesos se pesaron después del prensado y antes de empacarlos al vacío. El rendimiento (R) se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Peso\ queso}{Peso\ leche\ no\ pasteurizada} * 100 \quad (3)$$

## 5.9. Análisis Proximal

**Contenido de humedad** (AOAC International, 2000c). A charolas secas a peso constante se les agregó de 1 a 2 g de queso finamente rallado. Luego, la charola ya con la muestra se calentó en una estufa Shel Lab modelo 1370GM-2 (Sheblon Manufacturing, Inc., Oregón, EE. UU.) a una

temperatura de 105 °C durante 2 h. A continuación, esta se dejó enfriar en un desecador y se registró el pesó. El contenido de humedad en la muestra se calculó con la ecuación.

$$\text{Materia seca (\%)} = \frac{(P-P1)}{P2} x\ 100 \quad (4)$$

$$\text{Húmedad (\%)} = 100 - \text{Materia seca (\%)} \quad (5)$$

En dónde:

P = Peso de la charola con la muestra seca (g).

P1 = Peso de la charola con la muestra húmeda (g).

P2 = Peso de la muestra húmeda (g)

**Proteínas** (AOAC International, 2000b). Se utilizó el método Kjeldahl para la determinación del contenido de proteína del queso A un tubo de digestión con 0.2 g de queso finamente rallado, se añadió 0.6 g de selenio (catalizador). La muestra en tubos de digestión se le agregó 5 mL de $H_2SO_4$ concentrado. El tubo se fijó en la unidad de la digestión del aparato Kjedahl a 420 °C durante 90 minutos. Luego se dejó enfriar, y se adicionó 10 mL de agua destilada y se pasó al destilador. Se adicionó NaOH (50%) hasta que dejó de reaccionar. Se destiló por 5 minutos recuperando 40 mL del precipitado en un tubo Falcón con 10 mL de ácido bórico (4%), en el cual se vierte el digesto destilado hasta que la solución viró a verde. Se pasó la solución a un matraz Erlenmeyer y se tituló con HCl (0.1 N) hasta la coloración violeta original. El contenido de proteína se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Proteína (\%)} = \left(\frac{\text{TituladoxNormalidad del ácidox1.4007}}{\text{Peso de la muestra}}\right)(6.38) \quad (6)$$

Donde 6.38 es el factor de conversión de nitrógeno a proteína.

**Grasas por el método de Gerber** (AOAC International, 2012). Se pesó 3 g de queso y fue colocado dentro de la copilla de vidrio acoplado a un tapón de caucho cónico, una vez colocada la muestra, se ensambló la copilla de vidrio dentro del butirómetro cerrando completamente con el caucho cónico. Se agregó 15 mL de ácido sulfúrico 50:50 a través de la abertura superior del butirómetro y se colocó en baño maría a 65 °C. Se agitó constantemente hasta disolver la muestra de queso. Una vez disuelto, se dejó 15 minutos en baño maría. Se agregó 1 mL de alcohol isoamílico y con precaución ácido sulfúrico 50:50 hasta llegar a la graduación de 35 % en la columna de grasa. La abertura superior pequeña del butirómetro se tapó con un caucho y se invirtió 10 veces. Los butirómetros se destaparon y colocaron en baño maría a 65 °C durante 5 minutos. A continuación, se centrifugó durante 10 minutos a una temperatura de 65 °C. Se colocaron en baño maría durante 5 minutos y finalmente la lectura se hizo con los valores dados en la escala del butirómetro.

**Cenizas** (AOAC International, 2000a). Se agregó 2 g de queso finamente rallado en un crisol de porcelana a peso constante. El material se calentó en la vitrina de gases para carbonizar la materia orgánica hasta que el humo causado por la carbonización se deje de apreciar. A continuación, el crisol con la muestra se trasladó a una mufla a 550 °C durante 2 h. Se enfrió en un desecador y se registró el peso. El contenido de cenizas se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P_1 - P}{P_2} * 100 \quad (7)$$

P = Peso del crisol solo

$P_1$ = Peso del crisol con muestra incinerada

$P_2$ = Peso de la muestra

## 5.10. Determinación de pH

La medición de pH en el queso de determino utilizando la metodología de Ong y Shah (2009), se suspendieron 20 g de queso rallado en 12 mL de agua destilada, posteriormente el pH se determinó utilizando un potenciómetro HI 422I (Hanna Instruments, Rhode Island, EUA).

## 5.11. Capacidad de Fusión

La capacidad de fusión de quesos se determinó mediante las pruebas de Schreiber, descrita por Cais-Sokolińska *et al.* (2018). Los quesos cortados en forma de cilindro (altura 5 mm, diámetro 41 mm), fueron colocados en una placa Petri de vidrio de borosilicato Pyrex (15 mm x 100 mm) y tapados. Posteriormente fueron calentados en un horno a 232 °C durante 5 minutos. Las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos. La expansión de las muestras circulares se midió usando una plantilla con una escala de un conjunto de círculos concéntricos dividido en 8 partes colocadas boca arriba en el fondo de la caja Petri. Para la construcción de la plantilla se siguió la metodología de Altan *et al.* (2005), el diámetro del círculo más interno fue de 41 mm y el diámetro de los círculos posteriores aumentó en 2.5 mm enumeradas secuencialmente de 0 a 10. La capacidad de fusión de Schreiber se determinó con la media de 8 lecturas de perímetros en una escala de 0 a 10 unidades.

## 5.12. Análisis de Perfil de Textura

Se evaluó el perfil de textura de los quesos Chihuahua periódicamente durante su maduración siguiendo la metodología de García-Gómez *et al.* (2019). Las muestras de queso se cortaron en cubos de 1.5 cm de cada lado, los cuales se dejaron a temperatura de medio ambiente hasta alcanzar los 25 °C. El análisis se efectuó utilizando un texturómetro TA. XTplus (Stable Micro Systems Ltd., Londres, Reino Unido), con una fuerza de compresión de 0.05 N y una sonda de compresión de 75 mm de diámetro (P/75). Cada cubo de queso se comprimió hasta un 75% de su altura original dos veces, utilizando una velocidad de 0.100 cm/s y un retraso de 5 s entre la segunda compresión y la primera. Se calcularon los parámetros de perfil de textura a través del software Texture Exponent Lite versión 4.0.130.0 (Stable Micro Systems Ltd; 2007).

## 5.13. Evaluación del Color

Las mediciones de color en el queso se realizaron en diferentes tiempos de maduración usando un colorímetro Minolta Konica Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, INC, Japón). La evaluación del color se realizó por triplicado haciendo mediciones directas en el queso y en el dorado del queso. Se determinaron los valores L*, a* y b* y a partir de ellos y con la ecuación 9 y 10 se usaron para calcular los valores de croma y hue (Hunter, 1975). El índice de pardeamiento se evaluó en los quesos fundidos utilizando la ecuación 11. Las diferencias totales del color ΔE fue determinada con la ecuación 8.

$$\Delta E = (\Delta L *^2 + \Delta a *^2 + \Delta b *^2)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$C = (a *^2 + b *^2)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$h = \arctan\left(\frac{b*}{a*}\right) \quad (10)$$

$$IP = 100 * \left(\frac{\left(\frac{a+1.75*L}{5.645*L+a-3.012*b}\right)-0.31}{0.17}\right) \quad (11)$$

## 5.14. Recuento de Bacterias Aerobias en Placa

Para la cuenta de bacterias aerobias totales se utilizó el procedimiento establecido por NOM-092-SSA1-1994. Se extrajo una porción de 10 g de cada bloque de queso y se agregó 90 ml de solución reguladora de fosfato de sodio. Después de 2 minutos de maceración, se tomó 1 mL de la dilución primaria y se transfirió a otro recipiente conteniendo nueve veces el volumen del diluyente estéril, y así sucesivamente haciendo 7 diluciones ($10^{-7}$) a la temperatura apropiada, evitando el contacto entre la pipeta y el diluyente. Se tomó 0.1 mL de la dilución 1 ($10^{-1}$), 4 ($10^{-4}$) y 7 ($10^{-7}$) para la

siembra por superficie en agar nutritivo. Las placas se incubaron aeróbicamente durante 24–48 horas a 37 ° C. Luego se enumeraron las bacterias aerobias totales placas. Para la técnica de cuenta en placa, se consideraron aquellas en las que se puedan contar de 25 a 250 colonias.

## 5.15. Análisis de Compuestos Volátiles.

Para el análisis de compuestos volátiles se siguió la metodología descrita Januszkiewicz *et al.* (2008). Los compuestos se extrajeron mediante la técnica de microextracción en fases sólida (SPME) utilizando una fibra de 1 cm de longitud recubierta con una película de (85 µm) Carboxen / polidimetilsiloxano (Supelco, Bellefonte, PA, EE. UU.), para su posterior análisis mediante cromatografía de gases espectrometría de masas (GC-MS).

Las muestras de queso se prepararon de la siguiente manera: En un vial de 4 ml (Nalgene Nunc International, NY, EE. UU.) se colocaron 1.5 g de queso rallado y 1mL de solución de NaCl 3 M. Luego, la fibra CAR / PDMS se ubicó en el espacio de cabeza del contenedor y se mantuvo durante 50 min a 55 ° C. La fibra se retrajo y se inyectó en la entrada del cromatógrafo para su desorción por 3 minutos a 250 ° C. La concentración de compuestos volátiles se determinó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (Varian Saturn 2100D GC/MS), Con una columna capilar CP-Sil 8CB-MS (30 m x 0,25 mm; espesor de película de 25 m), utilizando las siguientes condiciones: temperatura inicial de 40 ° C mantenida durante 3 minutos, calentando a 220 ° C a 10 ° C min-1 y mantenida durante 10 minutos, calentando a 250 ° C a 10 ° C min-1 , y manteniendo durante 1 min. Los compuestos fueron identificados de acuerdo con la base de datos del software del equipo y sus espectros de masas en comparación con los reportados en la literatura. Los quesos fueron muestreados cada 15 días durante 120 días.

# 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 6.1. Caracterización Proteolítica de Extracto Vegetal de Trompillo y Cuajo Chy-max

En el Cuadro 5 se muestran los valores de la caracterización de los extractos vegetales de trompillo y del cuajo Chy-max que contiene quimosina recombinante. El contenido de proteínas en el extracto vegetal de trompillo fue menor que en el cuajo Chy-max ($p < 0.05$). El rendimiento de proteínas en las bayas de trompillo es bajo, debido a que la baya es alta en contenido de fibra (> 50 %) y al ser un material fibroso impide la extracción de las proteínas. (Chávez-Garay *et al.*, 2015).
El contenido y pureza de proteínas afecta en cuanto a la cantidad de cuajo que se necesita para lograr cuajar la leche (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2019). Un cuajo con un alto contenido de proteínas como el cuajo Chy-max que contiene quimosina recombinante necesitaría menor cantidad y un cuajo con menor contenido de proteínas e impuro como el extracto vegetal de trompillo se necesitaría mayor extracto para lograr cuajar la leche.
Las bayas de trompillo proveen un bajo rendimiento de proteínas en comparación con plantas de la misma especie y otras diferentes plantas que se han utilizado como agentes coagulantes en la leche. Por ejemplo, los extractos de la planta de jazmín *Araujia hortorum* contienen 5.4 mg/mL de proteínas (Priolo *et al.*, 2000), los extractos de las flores de la planta de cardo *Cynara cardunculus,* contienen 18.70 y 41.60 mg/mL en flores frescas y secas respectivamente (Amira *et al.*, 2018), y en extractos de la planta de *Solanum dubium* contienen 2.10 mg/mL (Ahmed *et al.*, 2009).
El extracto vegetal presentó una mayor actividad proteolítica que el cuajo Chy-max ($p < 0.05$). La actividad proteolítica especifica fue mucho mayor utilizando el extracto vegetal que el cuajo Chy-max. El extracto vegetal de trompillo fue seis veces más proteolítico que el cuajo Chy-max, esto probablemente se debe a que los extractos enzimáticos contienen una mezcla de diversas enzimas proteolíticas además de las que cuajan la leche. También puede atribuirse a la capacidad inespecífica de la enzima coagulante del extracto enzimático sobre la κ-caseína de la leche (Gutiérrez-Méndez *et al.*, 2019).
Diferentes estudios sobre la caracterización de proteasas vegetales han reportado que los extractos vegetales presentan una actividad proteolítica inespecífica sobre las proteínas de la leche.

Gutiérrez-Méndez *et al.* (2019) reportó que el extracto vegetal de trompillo hidroliza cuatro tipos de proteínas $\alpha_{s1}$-, $\alpha_{s2}$-, β- y κ-caseína. A diferencia del extracto vegetal el cuajo Chy-max que contiene quimosina recombinante tiene una actividad proteolítica limitada sobre $\alpha_{s1}$-, $\alpha_{s2}$- y β-caseína y en la κ-tiene una actividad intensa y con una capacidad específica, particularmente sobre la cadena $Phe_{105}$-$Met_{106}$ (Horne y Banks, 2004). Los extractos vegetales de cardo que contienen cardosinas A y B, al igual que la quimosina escinden el enlace peptídico $Phe_{105}$-$Met_{106}$ de la κ-caseína (Alavi y Momen, 2020).

El extracto vegetal de trompillo presentó una actividad coagulante baja en comparación con el cuajo Chy-max que presentó 129 veces más actividad coagulante en la leche. La actividad coagulante específica en la leche utilizando cuajo Chy-Max fue 69 veces superior que al utilizar el extracto vegetal.

Normalmente los cuajos derivados de plantas presentan una actividad coagulante en la leche baja a diferencia de la quimosina recombinante que tiene una actividad coagulante elevada, esto puede ser por que los cuajos vegetales presentan una capacidad inespecífica en la κ-caseína, provocando una agregación de las micelas en un tiempo más prolongado, por el contrario, la quimosina recombinante presenta una alta especificidad hacia la κ-caseína y esto hace que el tiempo de agregación de la micelas de caseína sea en corto tiempo (Chávez-Garay *et al.*, 2015).

Los valores de la actividad coagulante de los extractos de trompillo presentadas en este estudio son mayores a los presentados por Gutiérrez-Méndez *et al.* (2019) quienes reportaron valores de 978.36 U/mL e inferiores a los reportados por Chávez-Garay *et al.* (2015), obteniendo valores de 3125 U/mL en los extractos de semillas del fruto de la misma planta. Las diferencias que presentan los extracto enzimaticos de la misma planta en las propiedades de coagulación en la leche, es debido a que se emplean diferentes formas de extracción y en diferentes tejidos de la planta Por ejemplo Chávez-Garay *et al.* (2015) reportaron actividades coagulantes en la leche de trompillo de 2564 U/mL y 3225 U/mL con 0.5 % y 5 % de NaCl respectivamente en la parte de la cascarilla; 3125 U/mL y 4347 U/mL con 0.5 y 5 % de NaCl respectivamente en semillas. Otro extractos vegetales han reportado una baja actividad coagulante en comparacion con los extractos vegetales de trompillo como los frutos de la planta de *Withania coagulans* que presentaron 40.00 ± 3.00 U/mL (Salehi *et al.*, 2017) y en plantas de cardo *Cynara cardunculus* mostraron una actividad coagulante de 54.05 (García *et al.*, 2015).

La actividad coagulante en la leche es un parámetro importante en la evaluación de las

preparaciones enzimáticas como potenciales coagulantes en la fabricación de queso. Para la evaluación del nuevo extracto enzimático debe ser capaz cuajar a la leche en condiciones en las que se procesa la leche para la fabricación de queso.

La relación entre actividad coagulante en la leche y actividad proteolítica (ACL/AP) fue más alta para la quimosina recombinante 1144.85 ± 70.92, a diferencia de los valores mostrados para los extractos de *S. elaeagnifolium* 2.92 ± 0.23. La relación entre la actividad coagulante en la leche y actividad proteolítica está relacionada con la especificidad de las proteasas hacia las proteínas de la leche. Aquellas proteasas que muestran altos valores de ACL/AP están asociadas con un alto rendimiento de la cuajada ya que la actividad coagulante es alta y la actividad proteolítica es baja. Por el contrario, una proporción en ACL/AP baja resulta en una cuajada débil y de bajo rendimiento. Cuanto mayor sea la relación ACL/AP, mejor será el uso de coagulante para la fabricación de queso, porque el tiempo de coagulación es corto y el volumen de coagulante necesario es bajo (Horne y Banks, 2004; Mazorra-Manzano *et al.*, 2018). La mayoría de los cuajos de plantas han mostrado relaciones ACL/AP más bajas que la quimosina. Sin embargo, algunas plantas como *Cynara sp. flores, Solanum sp. bayas y C. procera* tienen valores de relación ACL/AP más altas que otras plantas.

**Cuadro 5.** Cantidad de proteína, actividad proteolítica y actividad coagulante en extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium* y Chy-max quimosina recombinante.

| **Parámetros** | **Tipo de coagulante** | |
|---|---|---|
| | **Extracto vegetal** | **Chy-max** |
| Proteína (mg/mL) | $2.26 \pm 0.38^{b}$ | $4.18 \pm 0.21^{a}$ |
| Actividad proteolítica (AP; U Tyr/mL) | $402.89 \pm 31.70^{a}$ | $132.69 \pm 6.53^{b}$ |
| Actividad proteolítica específica (U. Tyr/mg proteína) | $198.64 \pm 14.03^{a}$ | $31.63 \pm 1.60^{b}$ |
| Actividad coagulante en la leche (ACL; UCL/mL) | $1172.49 \pm 18.93^{b}$ | $151853.34 \pm 11714.02^{a}$ |
| Actividad específica de coagulación en la leche (ACL /mg de proteína) | $518.80 \pm 52.72^{b}$ | $36270.70 \pm 2797.93^{a}$ |
| Relación: ACL / AP | $2.92 \pm 0.23$ | $1144.85 \pm 70.92$ |

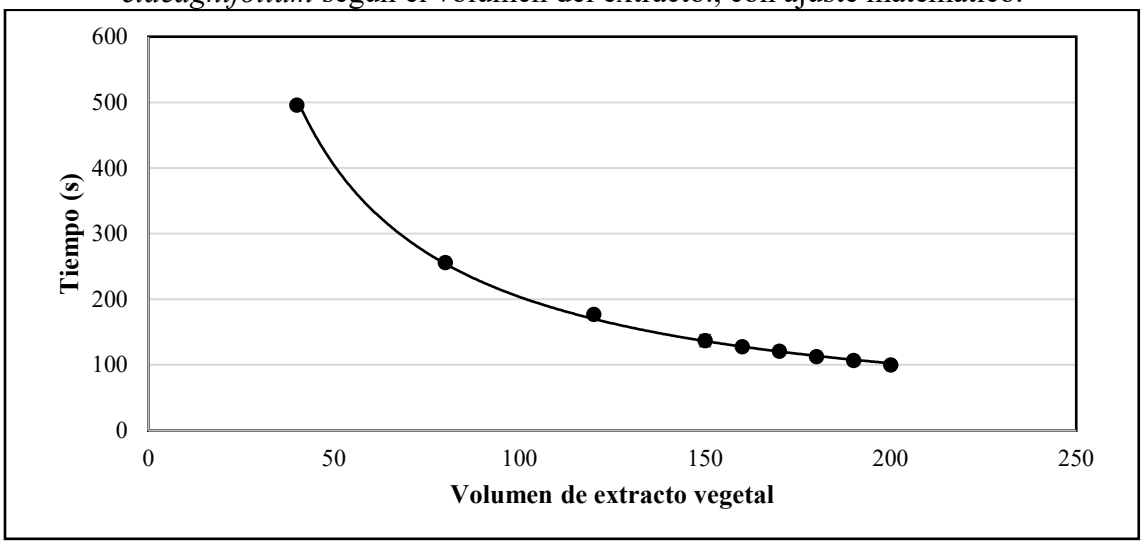
U. Tyr = unidades de tirosina (mM), donde cada unidad se interpreta como la liberación de tirosina en mM. UCL= unidades coagulantes, donde una unidad coagulante es la cantidad de proteína que coagula 10 mL de leche de vaca en 40 minutos a 37 °C. ACL= actividad coagulante en la leche, AP = Actividad proteolítica Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias en la misma fila seguidas de una letra diferente son estadísticamente diferentes (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

6.2. Determinación de Cantidad de Extracto Vegetal de Trompillo para la Fabricación de Quesos

La Figura 3 muestra la variación en el tiempo de coagulación según el volumen del extracto vegetal. El tiempo máximo de coagulación fue de 496 s al utilizar 40 µL de extracto vegetal. A medida que el volumen de extracto vegetal aumentaba el tiempo de coagulación en la leche disminuía. El tiempo mínimo de coagulación fue de 100 s al usar un volumen de extracto de 200 µL. El cuajo Chy-max mostró un tiempo de coagulación menor (159 s) y con un menor volumen de cuajo (1 µL).

Estos resultados demuestran que el cuajo Chy-max tiene una actividad coagulante superior que el extracto vegetal. La Figura 3 también muestra un ajuste matemático de un modelo cinético exponencial descrito por Payens *et al.* (1977) con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.998$. Este comportamiento cinético fue similar a los reportados García *et al.* (2015), quienes evaluaron la influencia de diferentes concentraciones de extractos vegetales de cardo en el tiempo de coagulación usando una regresión exponencial con una $R^2$ de 0.998. A partir de la ecuación de la regresión: $y = 19498x^{-0.99}$ se determinó que se necesita 129 mL de extracto vegetal para igualar el tiempo de coagulación de 1 mL de cuajo Chy-max.

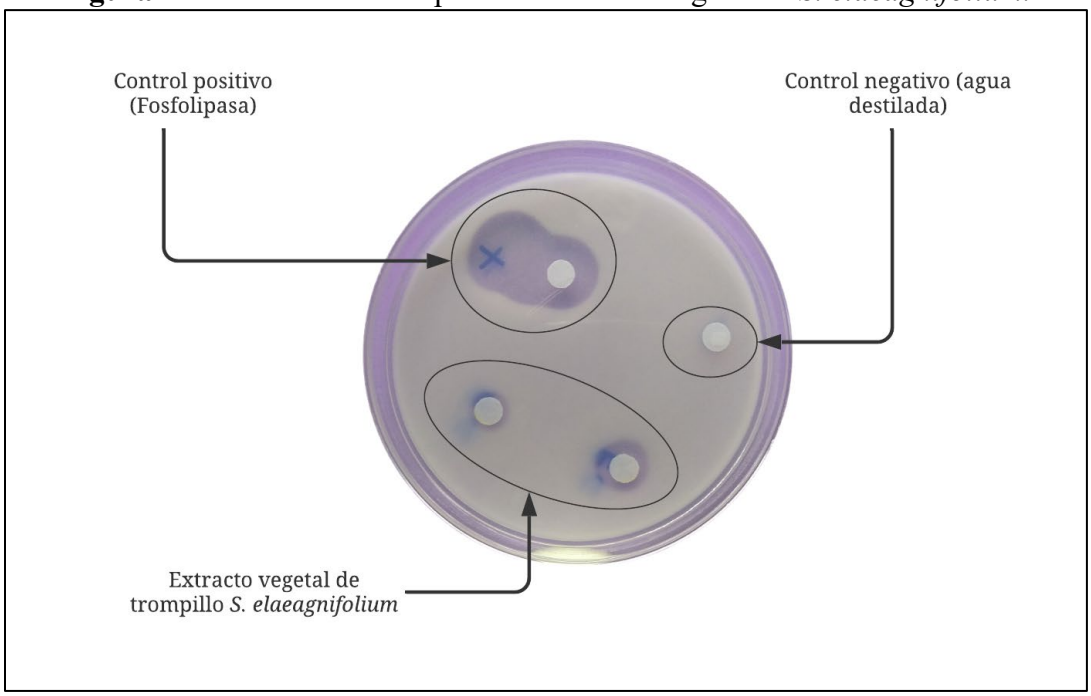
**Figura 3.** Variación del tiempo de coagulación de la leche con extractos vegetales de *S. elaeagnifolium* según el volumen del extracto., con ajuste matemático.



## 6.3. Determinación de Lipasas en Extracto Vegetal de Trompillo

En la Figura 3 se presentan los halos producidos por la hidrolisis de la tributirina. El área inoculada de extracto vegetal presentó halos de hidrolisis y en la parte superior donde se inoculó una enzima de fosfolipasa para la hidrolisis de la tributirina. Estos halos indican la presencia de lipasas en el extracto vegetal. La presencia de lipasas en cuajos utilizados en la fabricación de quesos es importante, ya que genera procesos lipolíticos que imparten sabores al queso. La presencia de otras enzimas además de la lipasa y enzimas coagulantes que se presentan actualmente en el resto de cuajos (Ferrandini *et al.*, 2012).

**Figura 4**. Identificación de lipasas en extracto vegetal de *S. elaeagnifolium.*




## 6.4. Análisis Proximal

El contenido de humedad en quesos cuajados con el extracto vegetal de trompillo fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$), en comparación con quesos cuajados con cuajo Chy-max. Los

cambios observados, se debe al tiempo de separación de la cuajada del suero durante la agitación. En los quesos con cuajo Chy-max al tener una cuaja firme se observó una rápida separación de la cuajada y suero, mientras que en los quesos con el extracto vegetal de trompillo al presentar una cuajada débil se observó una lenta separación de la cuajada y suero. Al estar en mayor tiempo en contacto con el suero, la red de proteínas de la cuajada eventualmente absorbe el suero y es retenida en la cuajada (Johnson *et al.*, 2001), y las caseínas hidrolizadas retienen más agua por una elevada hidrolisis del extracto de trompillo sobre las caseínas. Diferentes quesos elaborados con coagulantes vegetales presentan un mayor contenido de humedad, aunque no significativos en el producto terminado. Gutiérrez-Méndez *et al.* (2019) elaboraron queso crema cuajado con extracto vegetal de trompillo*,* donde reportaron un contenido de humedad de 61.90 % que es superior a los quesos elaborados con quimosina 59.50 %.

El contenido de proteínas se presenta en base seca. El queso de trompillo presentó un menor contenido de proteínas en comparación con el queso-Chy-max ($p < 0.05$). El bajo contenido en proteínas de los quesos fabricados con extracto vegetal es debido a la solubilización de proteínas derivada de la hidrólisis y la inespecificidad en las caseínas de la leche que degrada y se eliminan durante el desuerado, de esta forma reduce el contenido de proteínas y rendimiento. El contenido de grasa se presenta en base seca. El queso de trompillo mostró un mayor contenido de grasa en comparación con quesos de cuajo Chy-max ($p < 0.05$). El contenido de cenizas se presenta en base seca. El queso de trompillo mostró cambios estadísticamente significativos ($p < 0.05$), en comparación con queso de cuajo Chy-max. El contenido de carbohidratos se presenta en base seca. El queso de trompillo no presentó cambios en el contenido de carbohidratos al compararlo con el queso de cuajo Chy-max ($p < 0.05$). El contenido de humedad, proteína y grasa de todos los quesos estuvieron dentro de los rangos establecidos por la NMX-F-738-COFOCALEC (2017), donde establece en 45% de humedad como máximo, 23% de proteínas como mínimo y 28% de grasa como mínimo.

El extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* mostró una bajo rendimiento en la fabricación de queso Chihuahua en comparación con los quesos cuajados con cuajo Chy-max que contenía quimosina recombinante que mostraron un alto rendimiento ($p < 0.05$.)

**Cuadro 6.** Composición química y rendimiento del queso Chihuahua fabricados con Chy-max quimosina recombinante y extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium*

| Parámetro | Extractos vegetal | Chy-max |
|---|---|---|
| Humedad (g/100 g) | $40.69 \pm 0.21^{a}$ | $38.18 \pm 0.31^{b}$ |
| Proteína (g/100 g) | $37.16 \pm 0.22^{b}$ | $39.16 \pm 0.17^{a}$ |
| Grasa (g/100 g) | $54.07 \pm 0.76^{a}$ | $52.64 \pm 0.23^{b}$ |
| Cenizas (g/100 g) | $5.88 \pm 0.18^{a}$ | $5.48 \pm 0.11^{b}$ |
| Carbohidratos (g/100 g)* | $2.89 \pm 0.63^{a}$ | $2.72 \pm 0.23^{a}$ |
| Rendimiento (%) | $8.01 \pm 0.14^{b}$ | $9.30 \pm 0.41^{a}$ |

* Estimado por diferencia. Los datos mostrados para proteína, grasa, cenizas y carbohidratos son en materia seca. Los valores son medias, con desviación estándar, de tres repeticiones de quesos; medias en la misma fila seguidas de una letra diferente son estadísticamente diferentes (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

## 6.5. pH

El pH de todos los quesos disminuyó a lo largo de los 120 días de maduración. Los primeros días el pH disminuyó drásticamente. Después del día 30 el pH fue disminuyendo paulatinamente hasta llegar a un pH de 4.70. El efecto del coagulante se presentó en los primeros días. El queso elaborado con el extracto vegetal de trompillo fue significativamente menor en comparación con el queso elaborado con cuajo Chy-max ($p > 0.05$). Después del día 105 el pH de los dos quesos ya no presentó diferencias significativas.

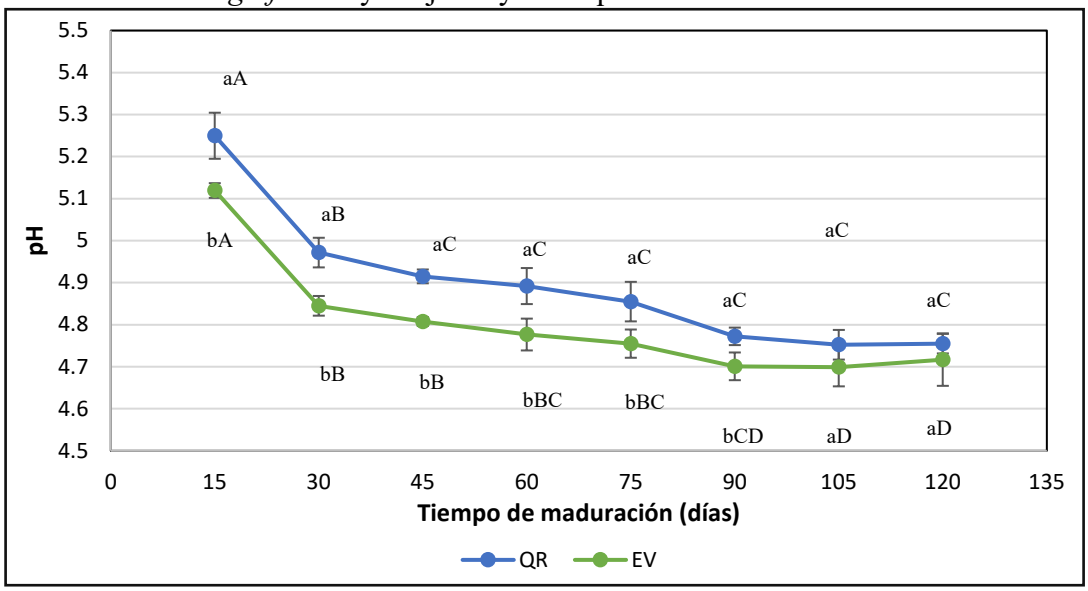
El valor del pH es importante ya que indica la producción de ácido durante el proceso de elaboración y maduración del queso. El descenso en el pH de los quesos durante la fabricación antes del saldado depende de la producción del ácido láctico. Una disminución adicional en el pH después del salado en seco depende de la lactosa residual y su capacidad de amortiguación. La cantidad de lactosa en el queso dependerá de la velocidad a la que la cuajada absorba la NaCl. La capacidad de amortiguación está determinada por las concentraciones de proteínas, fosfato y en menor media iones de calcio (Ong *et al.*, 2017).

La producción de ácido durante la maduración es el resultado de la fermentación de la lactosa residual por microorganismos iniciadores y probióticos, así como lo reportan Ong y Shah (2009) quienes evaluaron durante 24 semanas la influencia de dos temperaturas de maduración en la supervivencia de bacterias probióticas y los cambios en la composición y perfiles de ácidos grasos

en queso Cheddar.

La disminución drástica en el pH al inicio de la maduración del queso de trompillo pudiera atribuirse al pH de los extractos de trompillo que contenían diferentes ácidos orgánicos. Los valores bajos en pH de quesos con extracto vegetal de trompillo probablemente afectaron a una liberación del suero, ya que al desempacar los quesos se observaron pequeñas porciones de suero. Este comportamiento fue reportado por Ong y Shah (2009) en quesos Cheddar madurados durante 24 semanas a 8 °C. Los autores atribuyen este comportamiento a los enlaces proteína-proteína inducidos en la matriz de caseína a medida que el pH disminuye y conduce a la sinéresis.

**Figura 5.** Evolución de pH de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante.




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

## 6.6. Capacidad de Fusión

Las propiedades de fusión de quesos Chihuahua se presentan en la Figura 6. La capacidad de fusión de los quesos aumentó a través del tiempo. El aumento de la capacidad de fusión fue rápido en las

muestras de queso cuajado con el extracto vegetal de trompillo. Tanto así que después del día 30 ya no se logró medir en la escala de Schreiber. El aumento en la capacidad de fusión fue más lento a través del tiempo para las muestras de quesos con cuajo Chy-max en comparación con los fabricados con el extracto vegetal de trompillo.

Los quesos fabricados con extracto vegetal de trompillo presentaron una mayor capacidad fusión comparados con los quesos fabricados con cuajo Chy-max. Los cambios de los quesos inducidos por el calor se han reportado por Olson *et al.* (2011), quienes reportaron un aumento en las unidades de Schreiber a lo largo de 16 semanas de maduración. Baranowska y Tomaszewska-Gras (2018) reportó que el contenido de humedad y grasa afecta a las propiedades de fusión de los quesos. Los autores reportaron en quesos de pasta filata con mayor contenido de humedad (42 %) presentan cambios significativos a lo largo del tiempo, en cambio los quesos con menor contenido de humedad (37 %) no presentaron cambios significativos a través del tiempo, y cuanto mayor es el contenido de grasa en los quesos (48 %) mayor es la capacidad de fusión. El pH también afecta a la capacidad de fusión de los quesos, la disminución del pH solubiliza el calcio que se pierden de las partículas de caseínas y esto da como resultado una asociación más débil entre las moléculas de caseínas, lo que aumenta la fusión y flujo del quesos cuando se calienta (Lucey *et al.*, 2003).

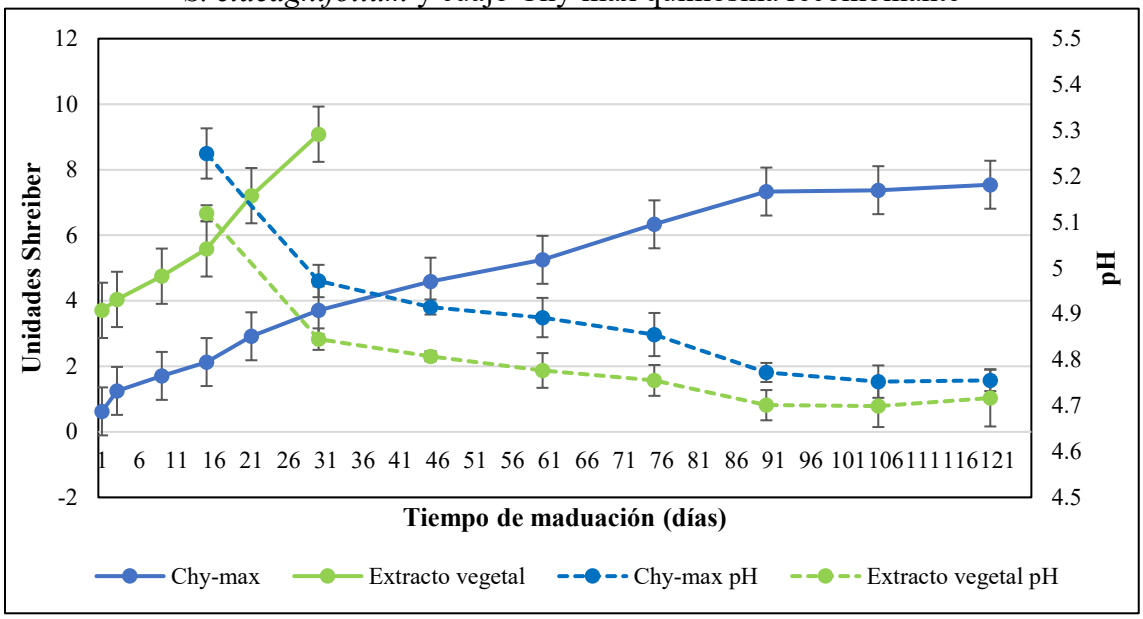
Los cambios en la humedad y la grasa libre inducidos por el calor forman la base de las propiedades de fusión. El flujo y la extensión de la masa del queso fundido durante el horneado puede atribuirse a la fusión de grasas que se completan a los 42 °C, contracción de la red del fosfato de calcio de la paracaseína, la humedad y el aceite liberado que actúan como lubricantes en la matriz del queso (Ozturk *et al.*, 2018).

Este comportamiento que presentaron los quesos con extracto vegetal se debe a la alta proteólisis que existe sobre las proteínas del queso, principalmente sobre la $\alpha_1$-caseína que le brinda la estructura de los quesos. Por lo tanto, la pérdida de estas proteínas es debido a la proteólisis que debilita las interacciones entre proteínas y serían responsables de los cambios en la textura y capacidad de fusión (Lawrence *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2011).

Las propiedades de capacidad de fusión, es un parámetro importante, específicamente para los quesos que son consumidos después de un tratamiento térmico. Esta capacidad de fusión del queso evalúa la facilidad y el grado en que el queso fluirá al calentarse. Una elevada capacidad de fusión de los quesos con el extracto vegetal de trompillo puede ser considerada como una ventaja, ya que se puede obtener un queso con una capacidad de fusión deseable en menor tiempo de maduración.

El queso de trompillo a partir del día 3 presentan una buena capacidad de fusión en comparación con los quesos cuajados con Chy-max que presentaban una buena capacidad de fusión hasta el día 30.

**Figura 6**. Capacidad de fusión de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Las unidades son representadas en unidades de Schreiber en una escala de 1 a 10 unidades

## 6.7. Análisis de Perfil de Textura

### 6.7.1. Dureza

La dureza es la fuerza necesaria para lograr una deformación determinada. La dureza de todos los quesos disminuyó durante 120 días de maduración como se muestra en la Figura 7. La dureza de todos los quesos disminuyó en 49.46 % de dureza a lo largo de la maduración. A Partir del día 45 se vio un cambio significativo en la dureza de todos los quesos.

Los primeros días de maduración el queso de trompillo no presentó cambios al compararlo con el

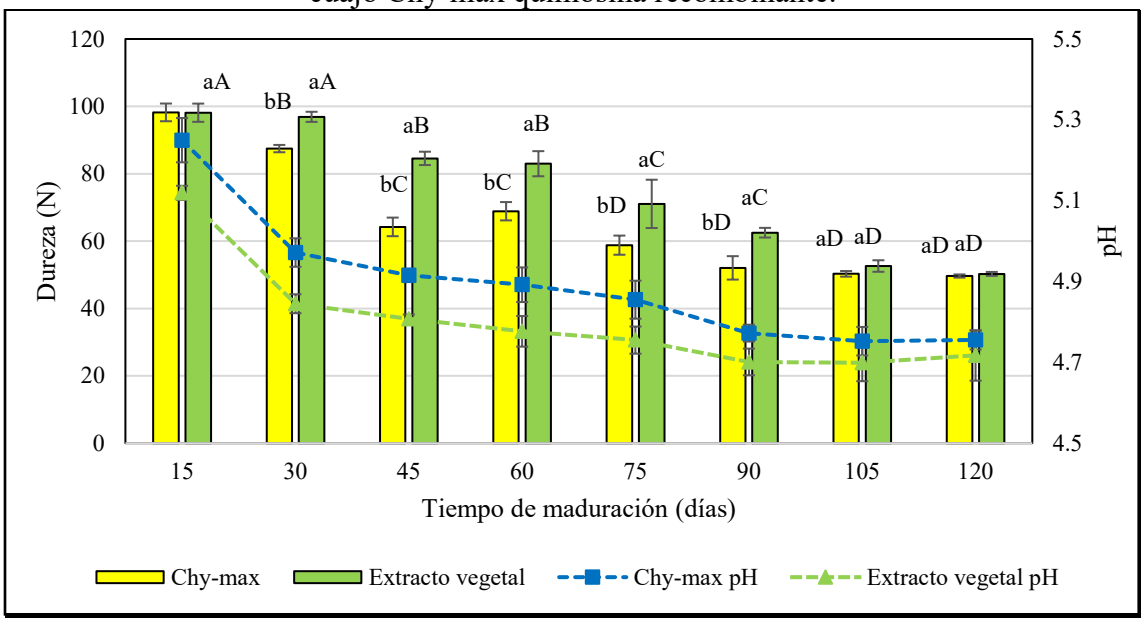
queso de cuajo Chy-max ($p < 0.05$). Después del día 30 el queso de trompillo cambió de manera significativa hasta el día 105 ($p < 0.05$), sin embargo, en el día 120 el queso de trompillo y queso de cuajo Chy-max ya no presentaron cambios.

Los cambios que se presentaron de ablandamiento de los quesos se asocian en parte al grado de proteólisis causado por el coagulante residual que degrada las moléculas de caseína. La gráfica muestra que el queso de trompillo fue más lento que el queso de cuajo Chy-max debido a diversos factores como tipo de cuajo utilizado, la concentración de cuajo, el tiempo de coagulación y temperatura de maduración (Ong *et al.*, 2017), aunque los quesos fueron madurados a una misma temperatura y el tiempo de coagulación fue la misma, la concentración de proteína no fue la misma. Además del grado de proteólisis, existen otros factores que influyen en los cambios de dureza de los quesos como el pH que es un factor en la solubilización del fosfato coloidal. Un pH de 5.0 aumenta la solubilización del fosfato de calcio coloidal disminuyendo las interacciones entre proteínas y mejorando la solvatación de las caseínas y la hidratación de la matriz proteica (Ibáñez *et al.*, 2016). Debido a lo anterior, a partir del día 100 ya no presentaron cambios por la influencia del tipo de coagulante, posiblemente en ese momento ya todos los cambios estructurales posibles han sucedido.

Existen diferentes estudios que demuestran el uso de diferentes cuajos en la fabricación de quesos modifica las propiedades físicas durante la maduración. Mylvaganam (2020) evaluó durante 60 días las propiedades físicas y químicas de queso Cheddar elaborados con dos tipos de cuajo: con quimosina recombinante y con extracto vegetal de kesnai *S. asper.* El autor reportó que los quesos con extracto vegetal de kesnai eran significativamente menos duros comparados con los quesos producidos con quimosina recombinante, atribuyendo a una intensa actividad proteolítica de la enzima de kesnia sobre las caseínas.

Otros autores reportan que el uso de diferentes cuajos en la fabricación de queso no modifica la dureza de los quesos al compararlos con quesos fabricados con otra enzima, por ejemplo Soodam *et al.* (2015) informó que los quesos fabricados con quimosina de camello al compararlos con los quesos con cuajo microbiano no presentaron cambio significativos ($p < 0.05$), pero si cambian por el tiempo de maduración.

**Figura 7.** Dureza de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante.

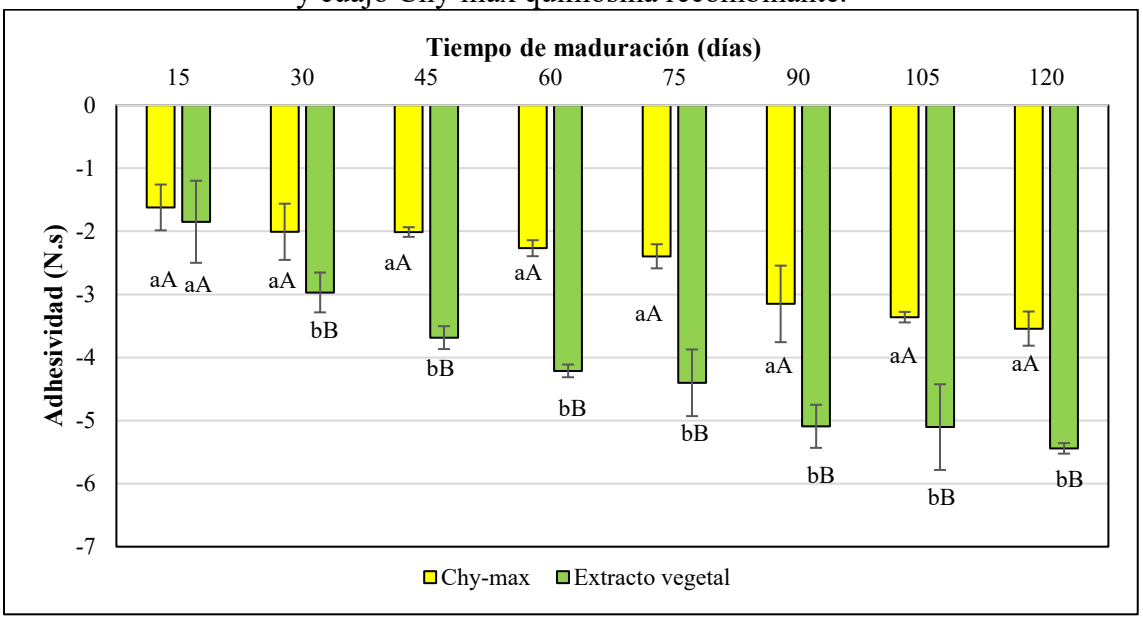



Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

### 6.7.2. Adhesividad

La adhesividad es el trabajo necesario para vencer la fuerza de atracción entre la superficie del queso y la superficie de la placa que entra en contacto con el alimento. La adhesividad de todos los quesos aumentó a lo largo del tiempo. El aumento de la adhesividad a largo de la maduración en queso de trompillo fue más alto que en el queso de Chy-max. El queso de trompillo mostró un 45.48 % mayor adhesividad que en el queso de Chy-max en el día 45. En el día 120 de maduración, el extracto vegetal dio a los quesos un 34.90 % más adhesividad que los obtenidos con cuajo Chy-max. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). El aumento de la adhesividad en queso de trompillo fue rápido y los cambios de presentaron en poco tiempo a diferencia del queso de cuajo Chy-max que fue lento y prolongado a través del tiempo. Este comportamiento en la adhesividad del queso de cuajo Chy-max probablemente se debe a que eran más secos en su superficie al tener una proteica integra que mantiene ligados en el interior. En el caso del queso de trompillo, la ruptura causada en la estructura de proteína por el extracto vegetal permite la liberación del suero y grasa a la superficie volviéndolo pegajoso con la sonda del instrumento.

**Figura 8.** . Adhesividad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante.



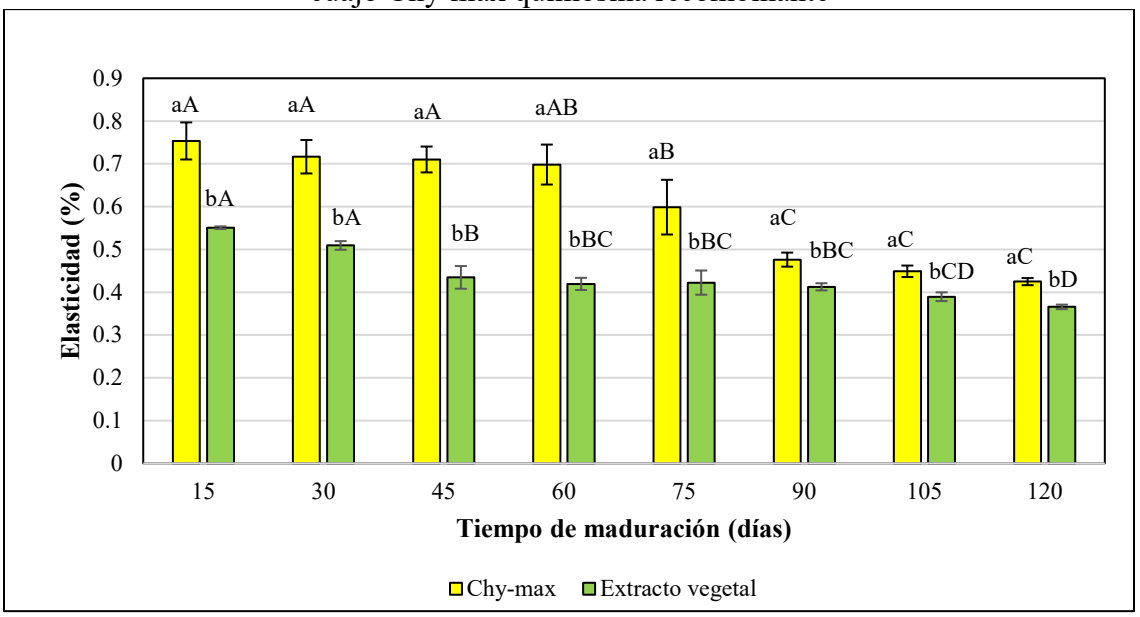

Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

### 6.7.3. Elasticidad y Resiliencia

La elasticidad y resiliencia son parámetros similares que determinan la recuperación del quesos a su forma original después de una compresión, por eso se discuten juntos. La elasticidad es la capacidad que tiene la muestra deformada para recuperar su forma inicial. La elasticidad de todos los quesos disminuyó a través de los días de maduración como se muestra en la Figura 9. Al inicio de los días de maduración el queso de cuajo Chy-max mostró un 26.66 % más de elasticidad que en el queso de trompillo. Al final de la maduración la elasticidad del queso de trompillo fue menor en 14.28 % en comparación con el queso de cuajo Chy-max. Las diferencias entre tratamiento fueron significativas en todos los tiempos medidos. La resiliencia es la capacidad que tiene el queso de volver a su forma original después de la primera compresión. La resiliencia de todos los quesos disminuyó a través de los días de maduración como se muestra en la Figura 10. Al inicio de los días de maduración el queso de trompillo fue un 72.95 % menos resiliente que el queso de cuajo Chy-max. El queso con cuajo Chy-max disminuyó de forma rápida entre los días 30 al 75, después del día 75 el cambio fue lento. En el queso de trompillo la disminución de la resiliencia fue lenta.

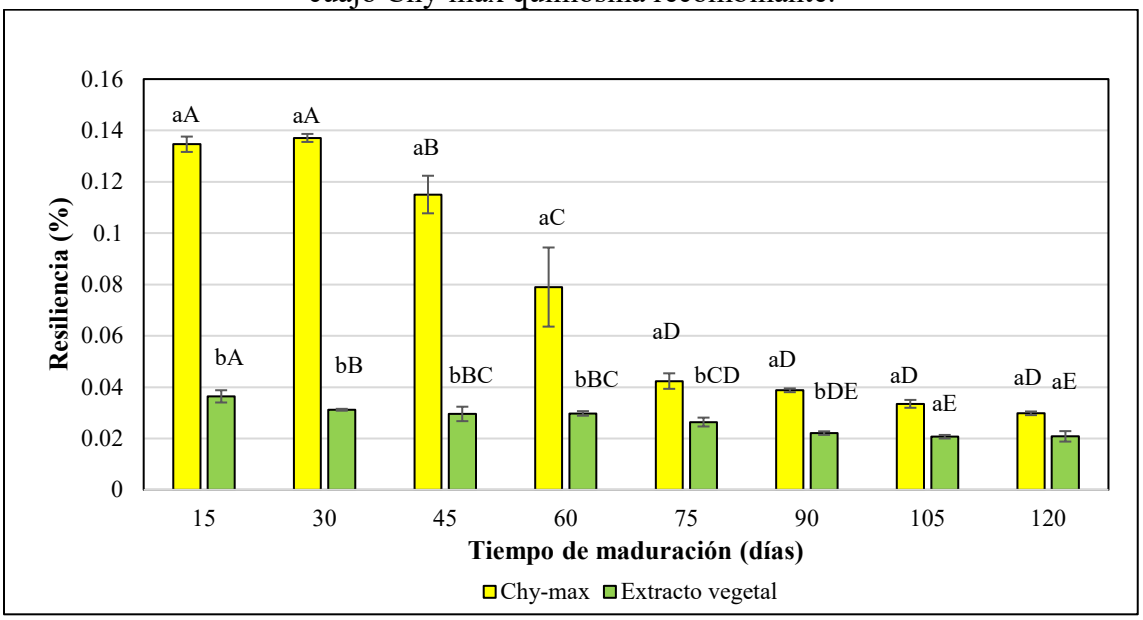
Al final de la maduración la resiliencia del queso-trompillo fue menor en 30.11 % en comparación con el queso de cuajo Chy-max. La estructura proteica de los quesos es la responsable de la elasticidad y de la resiliencia. La estructura proteica es la responsable de que los quesos sean elásticos y de que sean capaces de volver a su estado original después de una deformación, la elasticidad y resiliencia se ven reducidos por la desintegración de la estructura proteica.

**Figura 9.** Elasticidad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Figura 10.** Resiliencia de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante.



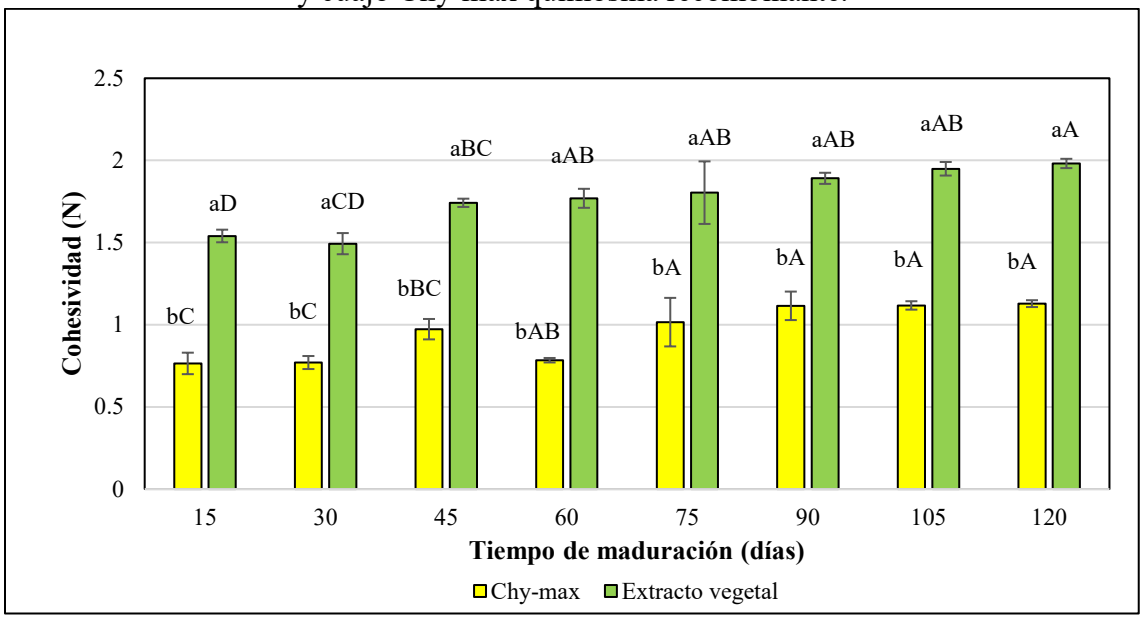

Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

### 6.7.4. Cohesividad y Gomosidad

La cohesividad y la gomosidad se discuten juntos porque son parámetros similares que evalúa la fuerza necesaria para deformar y desintegrar el queso. La cohesividad es el grado en el que el queso puede deformarse antes de romperse debido a la fuerza de los enlaces internos que mantiene la estructura del queso. La cohesividad de todos los quesos aumentó paulatinamente a través de los días de maduración como se muestra en la Figura11. El queso de trompillo mostró una mayor cohesividad en comparación con los quesos de cuajo Chy-max a lo largo de la maduración. La gomosidad es la fuerza necesaria para desintegrar un alimento. La gomosidad de todos los quesos disminuyó lentamente a través de los días de maduración como se muestra en la Figura 12. En el queso de trompillo la disminución en la gomosidad se presentó en el día 45, mientras que el queso de cuajo Chy-max los cambios se presentaron durante en el día 60 de maduración. El queso de trompillo mostró valores más altos en comparación con el queso de cuajo Chy-max en todos los días medidos.

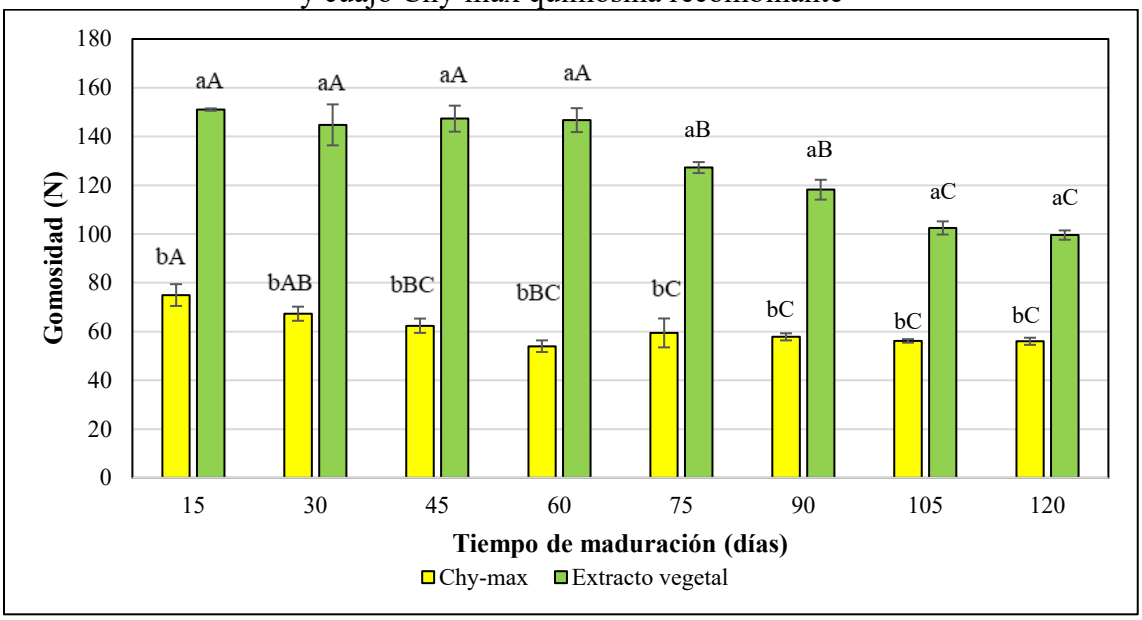
La mayor cohesividad en el queso de trompillo puede atribuirse en el desarrollo de una cuajada débil y un desuerado lento. La cuajada retendrá el agua a través de la red de caseínas, esto es una desventaja ya que puede desarrollar un cuerpo más débil y pastoso durante la maduración del queso (Johnson *et al.*, 2001). Estas características fueron observadas en el queso-Chy-max al día 45.

**Figura 11**. Cohesividad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante.




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Figura 12**. Gomosidad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante

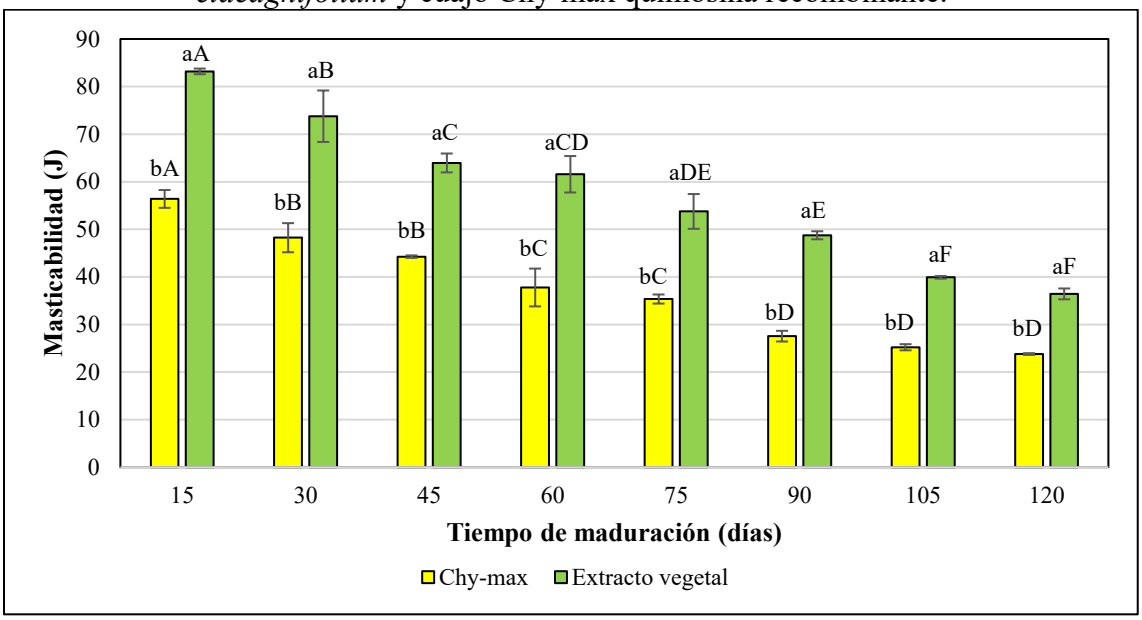



Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

### 6.7.5. Masticabilidad

La masticabilidad es la fuerza necesaria para masticar un alimento sólido a un estado listo para tragar, es un producto de dureza, cohesión y elasticidad. La masticabilidad de todos los quesos disminuyó a través de los días de maduración. Al inicio de los días de maduración el queso de trompillo mostro un 32.22 % más de masticabilidad que el queso de cuajo Chy-max. Al final de la maduración la masticabilidad del queso de trompillo fue mayor en 34.70 % en comparación con el queso de cuajo-Chy-max. La disminución de la masticabilidad a través del tiempo siempre fue proporcional entre el queso de trompillo y queso de cuajo Chy-max siendo el queso de trompillo con mayor masticabilidad. esto puede estar relacionado con la cohesividad y gomosidad, ya que los quesos más pastosos y cohesivos son más difíciles de masticar.

**Figura 13**. Masticabilidad de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante.




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

## 6.8. Evaluación de Color

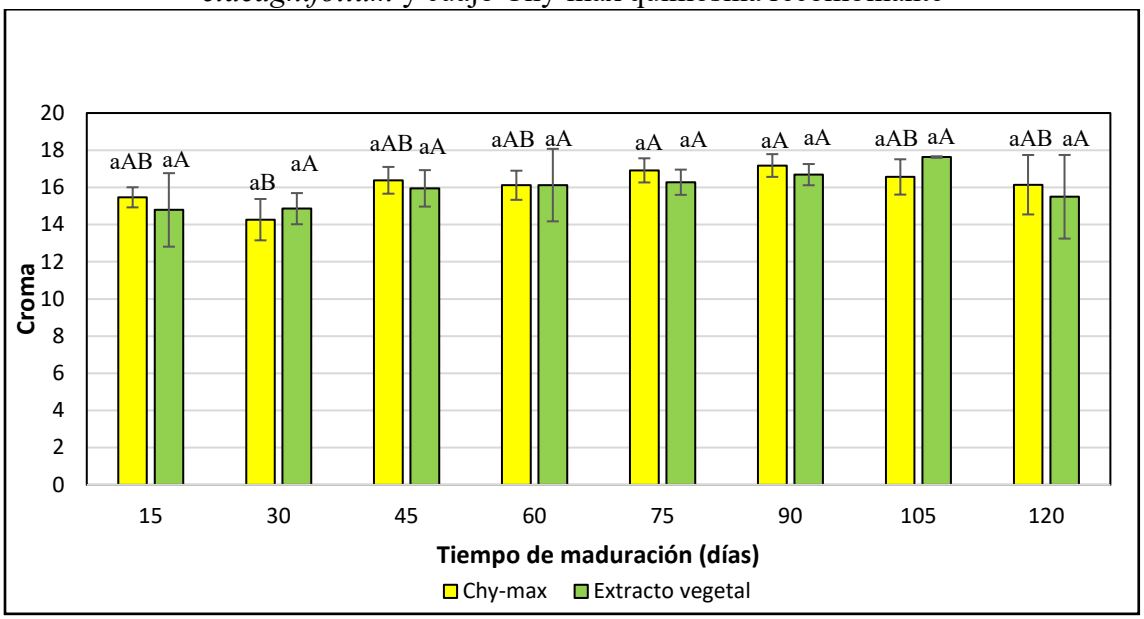
Los valores de croma de quesos Chihuahua se muestran en la Figura 14. Los valores de croma en queso de trompillo no cambiaron a través del tiempo, mientras que en quesos de cuajo Chy-max variaron significativamente. La influencia del cuajo usado no influyó en los valores de croma de los quesos comparados al no mostrar cambios significativos ($p < 0.05$). Los quesos mostraron un color de croma alto que indica que se obtuvieron quesos con un color intenso.

Los valores de hue de quesos Chihuahua se muestran en la Figura 15. Los valores de hue variaron para todos los quesos a lo largo de la maduración. Los valores de hue en quesos fueron más altos entre los días 60 a 90. Los valores de hue en queso de trompillo mostraron cambios significativos ($p < 0.05$), mientras que en queso de cuajo Chy-max no mostraron cambios significativos ($p < 0.05$) durante la maduración. El queso de trompillo comparado con el queso de cuajo Chy-max mostró cambios significativos ($p < 0.05$). Los valores de hue de los quesos mostraron tonos de color entre el verde y amarillo que va de 60 a 120° en el círculo cromático. Los cambios de color durante el

almacenamiento se muestran en Figura 16. Los valores de ΔE mostraron un aumento a lo largo de la maduración

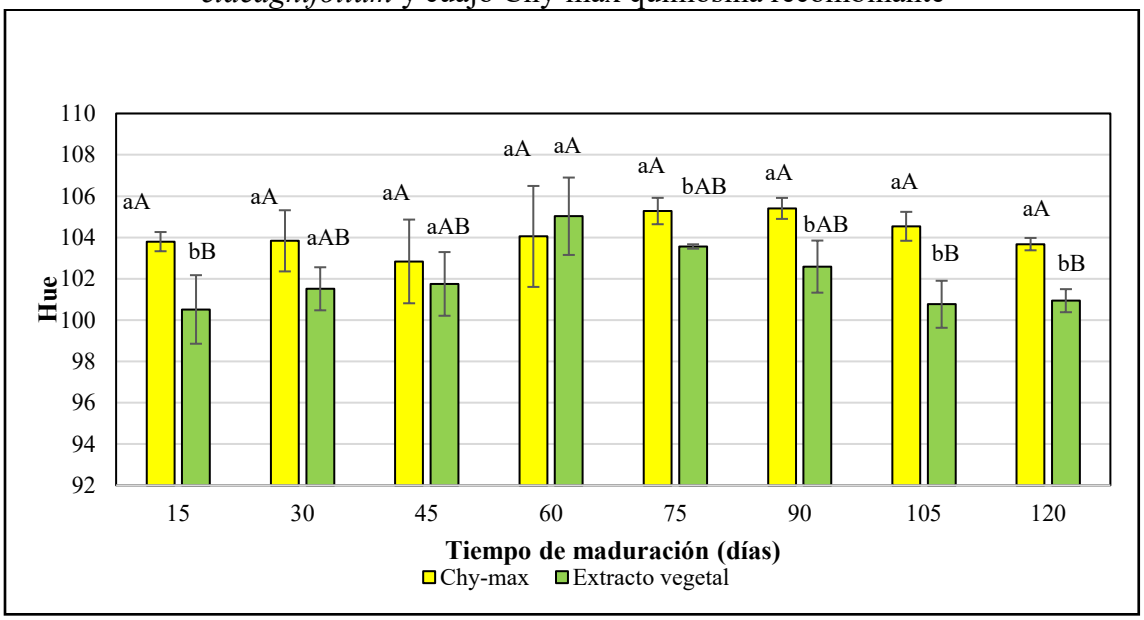
La luminosidad de los quesos disminuyó a lo largo de la maduración. El queso de trompillo mostró una alta luminosidad en comparación con el queso de cuajo Chy-max. Los altos valores en luminosidad presentados en quesos con extracto vegetal, puede deberse al mayor contenido de humedad en la superficie de los quesos, que se liberó debido a una alta proteólisis que presenta el extracto vegetal de trompillo sobre la estructura proteica del queso (Partridge, 2008). El color del queso juega un papel importante en la aceptación del consumidor. Un tono de color crema claro es el más deseado, pero a medida que pasan los días de maduración el tono es de un color crema intenso y profundo o un tono amarillo-naranja es aceptable. Los tonos demasiado profundos que son de un color amarillo rojizos generalmente no son aceptados.

**Figura 14**. Medidas de color croma de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante



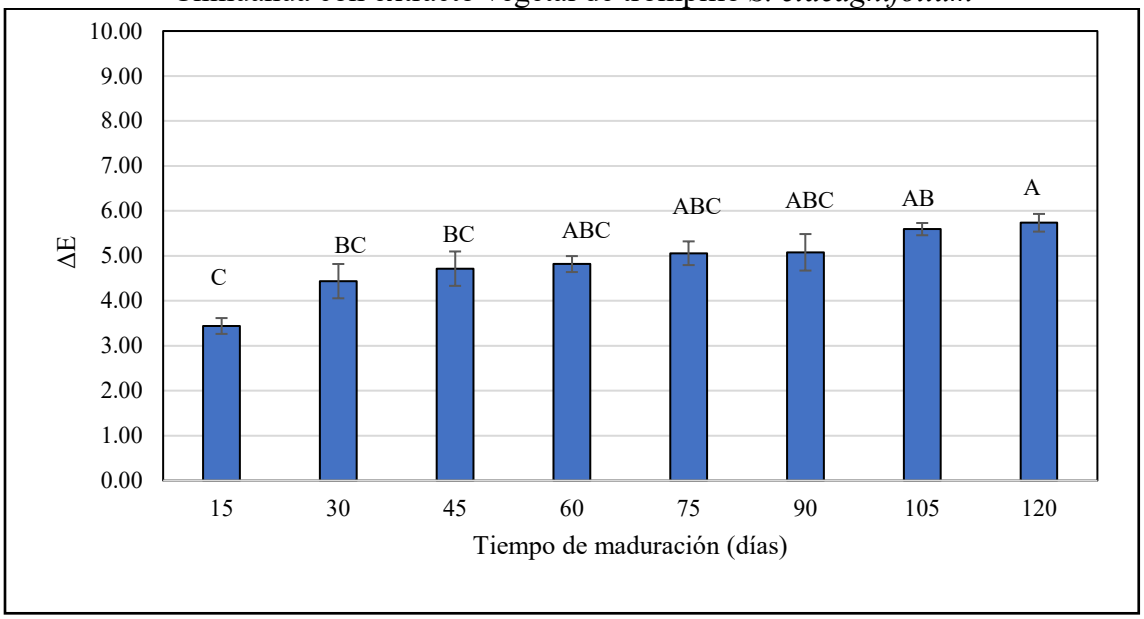

Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Figura 15.** Medidas de color Hue de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Figura 16**. Diferencia total de color (ΔE) entre queso Chihuahua con cuajo Chy-max y Queso Chihuahua con extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium*




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$). La diferencia total de color ΔE fueron determinados con los valores de L*, a* y b* tomando como referencia el queso de cuajo Chy-max.

## 6.9. Color del Dorado del Queso

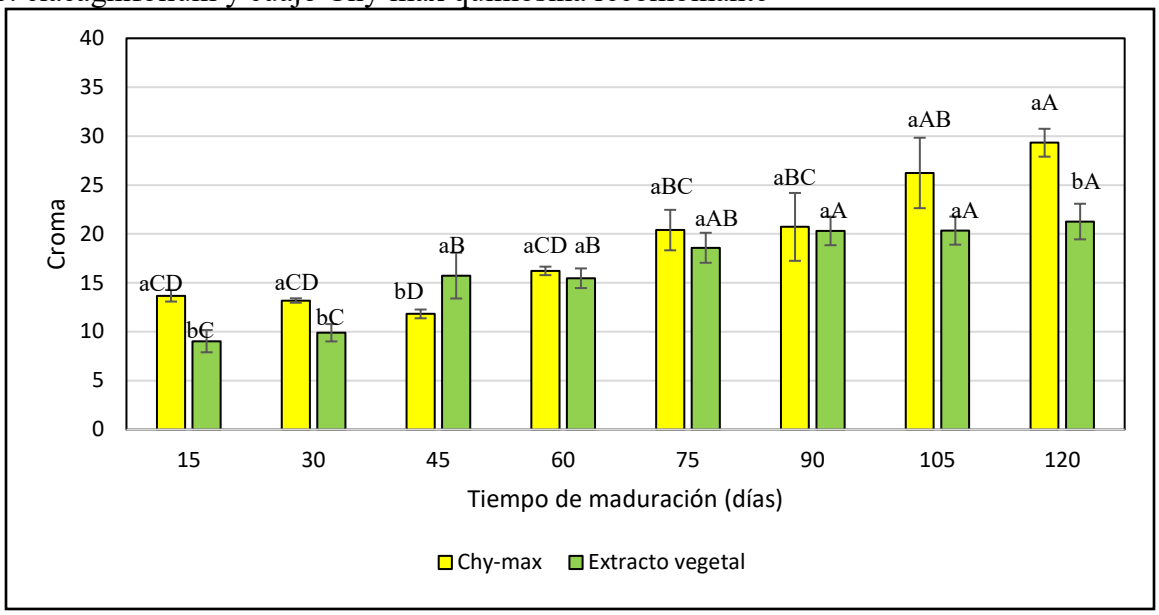
Los valores de croma en el dorado de los quesos se muestran en la Figura 17. Los valores de croma aumentaron de forma significativa a lo largo de la maduración. El queso de trompillo mostró un croma de 9.03 ± 1.13 a 21.26 ± 1.82 mientras que el queso de cuajo Chy-max fue de 13.68 ± 0.60 a 29.32 ± 1.43. Los valores de croma fueron más bajos en queso de trompillo que en queso de cuajo Chy-max. El dorado de los quesos mostró una mayor intensidad de color a lo largo de la maduración.

Los valores de hue en el dorado de los quesos se muestran en la Figura 18. Los valores de hue disminuyeron de forma significativa a lo largo de la maduración mostrando un recorrido de amarillo-verde a rojo-amarillo en el círculo cromático. El queso de trompillo mostró un ángulo de hue de 107.96 ±1.26 a 71.52 ± 1.52 mientras que en el queso de cuajo Chy-max, el color del dorado fue de 120.70 ± 0.36 a 43.45 + 1.17. Los valores del ángulo hue fueron menores al final de maduración en queso de trompillo que en queso de cuajo Chy-max indicando que el ángulo hue en queso de trompillo fue de un tono rojo-amarillo que va de 0 a 60° en el círculo cromático.

El cambio del color durante el almacenamiento del dorado de los quesos se muestra en la Figura 19. Los valores de ΔE aumentó conforme el tiempo de maduración avanzaba. El índice de pardeamiento en el dorado de los quesos se muestra en la Figura 20. El índice de pardeamiento aumentó a lo largo de la maduración en el dorado de los quesos. En queso de trompillo el índice de pardeamiento fue de 9.09 ± 4.36 a 70.11 ± 9.73 y en queso de cuajo Chy-max fue de 13.22 ± 1.11 a 85.56 2.76. El mayor índice de pardeamiento que presentaron los quesos con extracto vegetal y con cuajo Chy-max al final de la maduración se debe al mayor oscurecimiento en el dorado de los quesos. El tipo de cuajo utilizado modificó el índice de pardeamiento en el día 45 hasta el día 90 siendo el queso de trompillo con índices de pardeamiento altos que en el queso de cuajo Chy-max. A partir del día 90 el índice de pardeamiento ya no cambió en el queso de trompillo debido a un oscurecimiento total en el dorado del queso Los cambios observados en el índice de pardeamiento se deben a un mayor dorado en los quesos con extracto vegetal derivado de la proteólisis del coagulante residual y de enzimas microbianas que segregan péptidos y aminoácidos en el queso durante la maduración. El dorado de los quesos es el resultado, en parte de las reacciones inducidas por el elevado calor entre azúcares y proteínas durante el calentamiento en la

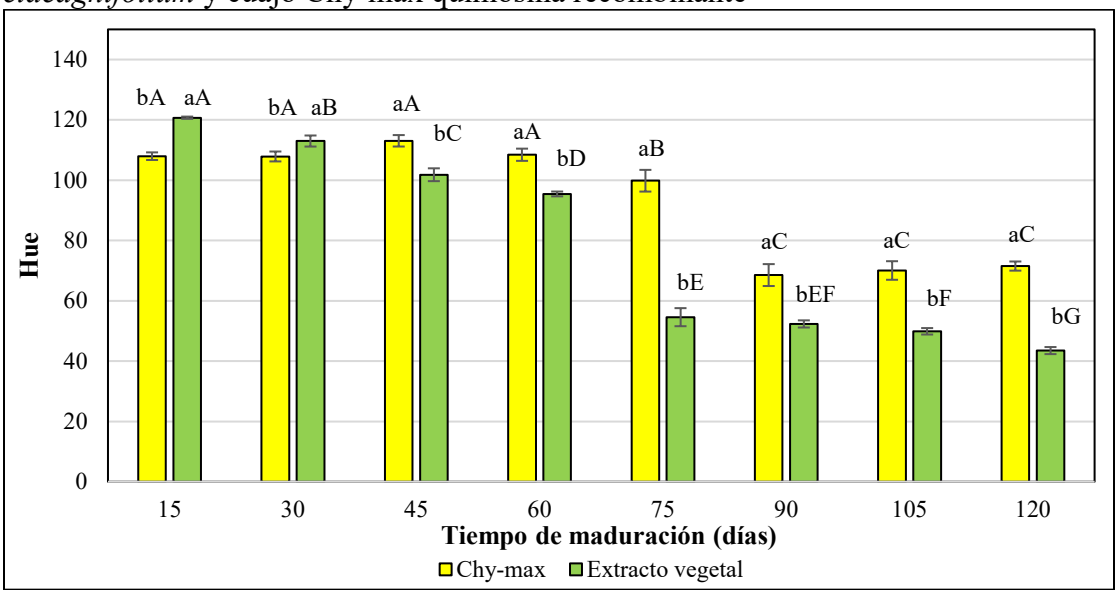
placa. Las proteínas hidrolizadas tienen un mayor número de grupos amino-terminal libres disponibles para participar en la reacción de Maillard.

**Figura 17**. Medidas del color croma del dorado de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de S. elaeagnifolium y cuajo Chy-max quimosina recombinante



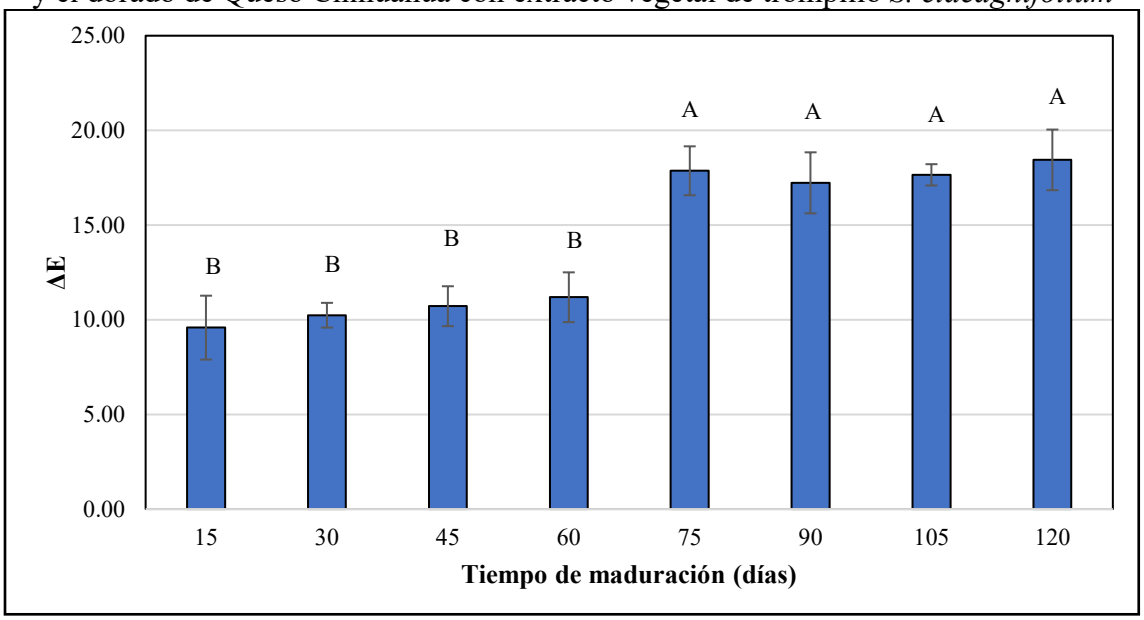

Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Figura 18.** Medidas del color Hue del dorado de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante



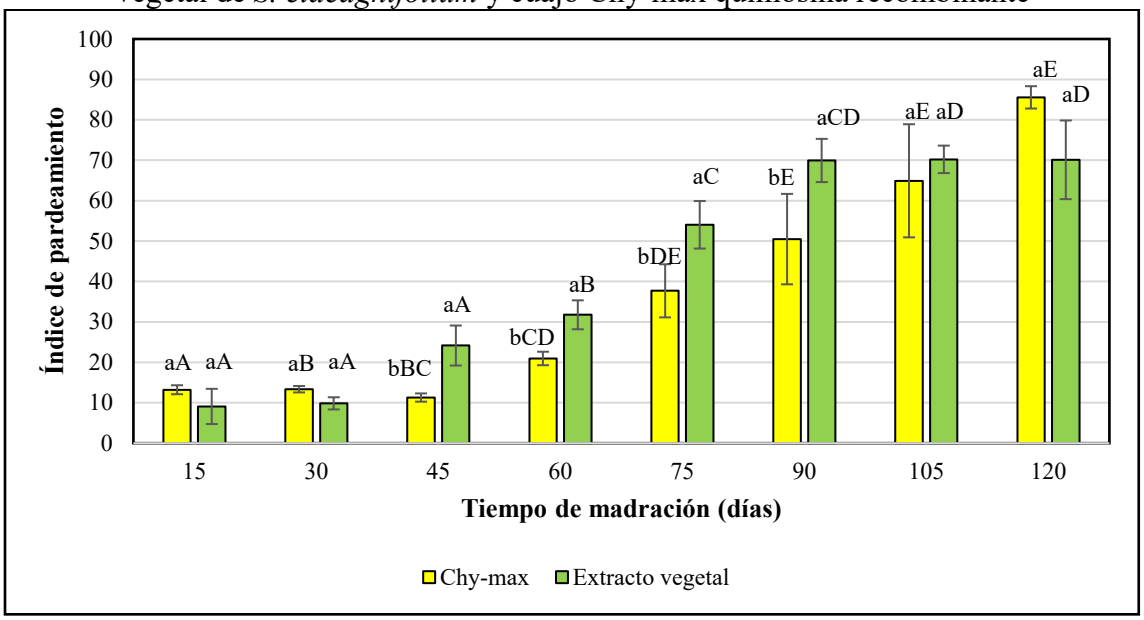

Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Figura 19**. Diferencia total de color ΔE entre el dorado de queso Chihuahua con cuajo Chy-max y el dorado de Queso Chihuahua con extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium*




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$). La diferencias total de color ΔE fueron determinadas con los valores L*, a* y b* tomando como referencia el queso de cuajo Chy-max

**Figura 20.** Índice de pardeamiento del dorado de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max quimosina recombinante




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

## 6.10. Recuento de Bacterias Aerobias en Placa

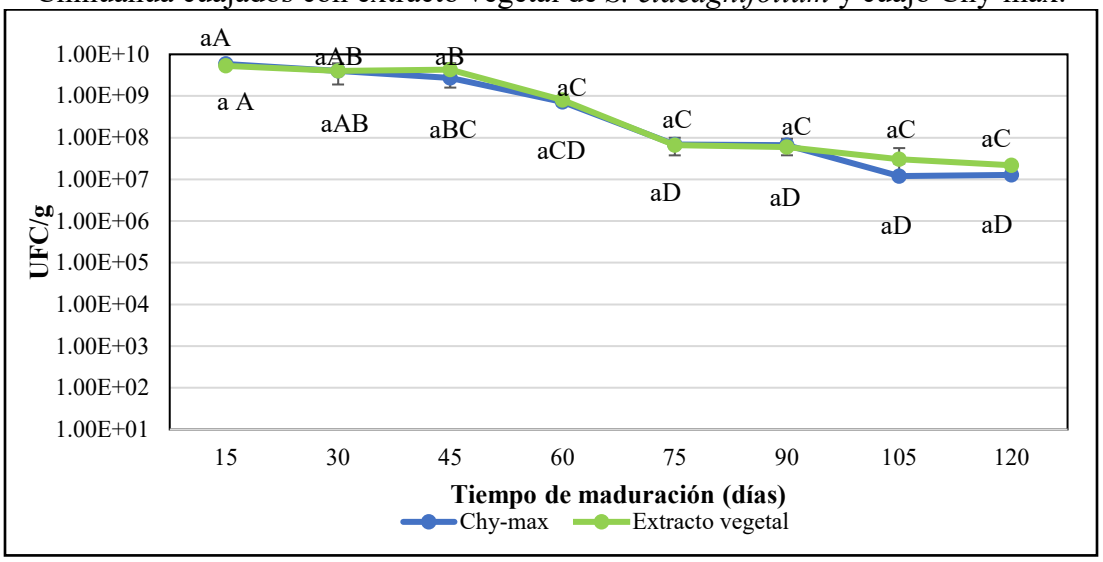
El conteo de bacterias totales viables de quesos Chihuahua durante la maduración se muestran en la Figura 21. Durante los primeros 45 días de maduración los conteos de bacterias de todos los quesos mostraron una disminución ligera pero no significativas. Después del día 45 el conteo total disminuyó significativamente de 4.27 $x10^9$ a 2.18 $x10^7$ en el día 120 en queso de trompillo y de 2.72 $x10^9$ a 1.28 $x10^7$ en el día 120 en queso de cuajo Chy-max. En la supervivencia de microorganismos en quesos Cheddar el conteo final de microorganismos después de 24 semanas fue de 4.08 $x10^7$ UFC/g (Ong y Shah, 2009) y en queso Gorgonzola disminuyeron de 4.36 x $10^9$ a 2.75 x $10^8$ UFC/g de bacterias aerobias mesofílicas totales (Moreira *et al.*, 2018).

Los cambios en los conteos entre tratamientos no fueron significativo a través del tiempo. Los cambios no significativos observados entre tratamientos son debido a que todos los quesos fueron fabricados bajo las mismas condiciones. Este comportamiento garantiza que los cambios ocasionados en los compuestos volátiles son derivados por el tipo de enzima utilizado y no por las

bacterias, ya que estas bacterias segregan enzimas.

El decrecimiento de las bacteria durante el tiempo de maduración de todos los quesos se debe a un efecto multifactorial, ya que diferentes factores controlan el crecimiento de los microorganismos, que incluyen: la actividad de agua, quesos empacados al vacío no pierden humedad, pero las proteínas del queso son hidratadas y el agua ligada no está disponible para el crecimiento bacteriano; la concentración de sal, donde altas concentraciones de sal reducen la disponibilidad de agua y, por lo tanto también la actividad del agua; potencial de óxido-reducción, la reducción en el potencial de la oxidación-reducción por la fermentación de la lactosa a ácido láctico. Esta reacción hace que el queso sea un sistema anaeróbico, la cual hace que solo crezcan microorganismos anaerobios; la disminución de pH en los quesos durante a maduración, ya que la mayoría de las bacterias requieren un pH neutro para un crecimiento óptimo y crecen de forma deficiente en valores de pH < 5.0; temperatura baja de maduración, ya que al mantener temperaturas inferiores las óptimas, el crecimiento se retrasa.  la producción de bacteriocinas de alguna cepas iniciadoras y compuestos producidos durante la maduración de la cuajada, como el $H_2O_2$ y ácidos grasos que inhiben el crecimiento microbiano. El efecto individual de cada uno de los factores no es tan relevante en el control de los microorganismos, pero la interacción de todos los factores es grande en el control (Fox *et al.*, 2017) .

**Figura 21.** Evolución durante la maduración de bacterias mesófilas aerobias viables de quesos Chihuahua cuajados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max.




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

## 6.11. Análisis de Compuestos Volátiles

Se identificaron 28 compuestos en todos los quesos madurados durante 120 días. De los 28 compuesto identificados 8 eran ácidos, 7 alcoholes, 5 cetonas, 2 lactonas, 2 hidrocarburos aromáticos, 1 aldehído, 1 compuesto no nitrogenado, 1 anhidro carboxílico, 1 éster y 1 organoclorado. Los ácidos, alcoholes y cetonas fueron los grupos más abundantes en todos los quesos a lo largo de la maduración.

Como se muestra en la Figura 22 al inicio de la maduración los ácidos carboxílicos más representativos fueron el ácido acético, pirúvico y hexadecanoico, sin embargo, los primeros 2 compuestos se fueron degradando a lo largo de la maduración hasta no detectarse en el día 60 y 75 de maduración. Los ácidos hexanoico, octanoico y decanoico fueron los compuestos con mayor abundancia dentro de los grupos de los ácidos carboxílicos a lo largo de la maduración. Estos compuestos se presentaron en mayor concentración en queso de trompillo que en queso de cuajo Chy-max ( $p > 0.05$).

Estos ácidos fueron aumentando a lo largo de la maduración. El ácido hexanoico es un compuesto originado por la lipólisis, contribuye significativamente al olor a queso de cabra y se ha identificado como el principal olor en diferentes tipos de queso, como Cheddar añejo. El ácido octanoico y decanoico han sido ampliamente reconocidos como responsables del aroma característico de los quesos de cabra (Delgado *et al.*, 2011). Estos compuestos también se han encontrado en mayor abundancia en quesos Ibores con leche cruda de cabra (Delgado *et al.*, 2011). La presencia de enzimas lipolíticas en el extracto vegetal puede ser la responsable de la mayor abundancia de los ácidos carboxílicos en el queso de trompillo. Las enzimas lipolíticas además de estar presentes en cuajos de pasta de cordero o en extracto vegetales también se originan a partir de la leche, iniciador, iniciador adjunto, bacterias no iniciadoras y otros microorganismos de maduración (Thierry *et al.*, 2017).

Durante la maduración de los quesos, los ácidos carboxílicos pueden originarse a partir de tres vías bioquímicas principales: lipolisis, proteólisis y la fermentación de la lactosa. Ácidos como el butanoico, pentanoico, hexanoico, heptanoico, octanoico, nonanoico, decanoico y undecanoico derivan de la lipolisis (Delgado *et al.*, 2011), otros ácidos como acético y pirúvico derivan del metabolismo del lactato por bacterias del ácido láctico (McSweeney, 2017).

El nivel de los ácidos carboxílicos derivados de la lipolisis aumentó a lo largo de la maduración, sin embargo, los ácidos derivados del lactato como el acético y pirúvico disminuyeron hasta no ser detectadas después del día 45. Esto indica que la actividad microbiana responsable del metabolismo del lactato es más intensa en los primeros días de maduración.

Los ácidos derivados del metabolismo del lactato no presentaron diferencias significativas por el tipo de cuajo usado en quesos. A lo largo del tiempo de maduración los quesos con extracto vegetal presentaron significativamente mayores cantidades de ácidos carboxílicos derivados la lipolisis. La lipolisis es originada por las lipasas identificadas en los extractos vegetales. La mayoría de los ácidos carboxílicos son derivados de la lipolisis seguidos de metabolismo del lactato, mientras que los ácidos carboxílicos derivados de la proteólisis y de aminoácidos libres no fueron detectados como los ácidos 2-metilpropanoico y el 2-metilbutanoico (Delgado *et al.*, 2011). La reducción de estos compuestos puede estar relacionada con la disminución de los niveles de microorganismos después del día 45. Esto indica que la lipolisis pudo ser ocasionados por microorganismos y las diferencias observadas por el tipo cuajo usado en la fabricación de quesos, ya que el cuajo de origen vegetal puede contener otras enzimas diferentes a las proteasas, como lipasas, que probablemente contribuyó al mayor contenido de ácidos carboxílicos en quesos con extracto vegetal.

Ácidos de cadena corta y media ( C4 – C12) tienen un límite de percepción baja, y proporcionan notas típicas de aromas a quesos como Cheddar, Gruyere, Emmental y Camembert, pero el exceso es negativo desde el punto de vista sensorial, ya que podrían proporcionar notas de aroma indeseables, además los ácidos pueden ser precursores de otros compuestos como alcoholes, lactonas y esteres (Bezerra *et al.*, 2017).

Los alcoholes fueron el segundo grupo más abundante de los compuestos volátiles identificados. Como se muestra en la Figura 23 la mayoría de los alcoholes fueron detectados desde los primeros días de maduración y con el paso del tiempo fueron aumentando. Los niveles de alcohol fueron afectados por el tipo de cuajo usado en los quesos ($p < 0.05$), siendo el queso de cuajo Chy-max los que presentaron mayor cantidad de alcoholes. Algunos alcoholes como el 3 metil, 1-butanol y el 1-octanol fueron detectados en el día 45, pero después del día 75 estos alcoholes fueron disminuyendo en particular el 3-metil,1-butanol que ya no se detectó al final de la maduración. Este comportamiento pudo ser originado por mecanismos enzimáticos del coagulante residual, ya que este compuesto se origina de la leucina (Delgado-Martínez *et al.*, 2019).

En general, las fuertes condiciones reductoras en el queso favorecen la formación de alcoholes a

partir de aldehídos y cetonas, siguiendo las vías de reacción que implican las deshidrogenasas de alcohol. La disminución de los alcoholes en el primer y último mes de maduración se debe probablemente a la reacción de los alcoholes con ácidos para formar ésteres (Calzada *et al.*, 2015). El 1-hexanol y el alcohol bencílico fueron los compuestos más representativos dentro del grupo de los alcoholes al final de la maduración y estos alcoholes se presentaron en mayores cantidades en quesos con extracto vegetal. El aumento del 1-hexanol a lo largo de la maduración se debe al hecho de que tiene origen en los ácidos grasos. También algunas cepas de *Lb, helveticus* agregados en quesos experimentales como cultivo iniciador aumenta el contenido de 1-hexanol en el queso. Los alcoholes indirectamente pueden ser responsables en el sabor del queso debido a la capacidad para formar ésteres con ácidos grasos libre (Boltar *et al.*, 2015).

En la Figura 24 se muestran a las cetonas. El 3-hidroxi, 2 butanona, 2,3-butanediona y la 2-nonanona disminuyeron a lo largo del tiempo, los primeros dos no se detectaron después del día 45. El queso de trompillo presentó significativamente mayores cantidades de estos compuestos ($p < 0.05$). Las cetonas 2-heptanona y 2-undecanona aumentaron a lo largo del tiempo. El queso de trompillo presentó significativamente mayores cantidades de estos dos compuestos ($p < 0.05$). Las cetonas son componentes abundantes de la mayoría de los productos lácteos y tienen olores típicos y bajos umbrales de percepción. Las cetonas se producen a partir de los ácidos grasos libres por una vía alternativa a la oxidación. La 2,3-butanediona (diacetilo) fue el compuesto que más contenían los quesos al inicio de la maduración dentro del grupo de las cetonas, sin embargo, este compuesto disminuyó a lo largo de la maduración hasta no ser detectado en el día 45. Al igual que el 3-hidroxi, 2-butanona (acetoína) también disminuyó hasta no ser detectado en queso de trompillo y en queso de cuajo Chy-max en el día 60 en el día 75. El diacetil (2,3 butanodiona) tiene un aroma agradable, cremoso y mantecoso, mientras que la acetoína (3-hidroxi-2-butanona) es un inodoro que se oxida fácilmente a diacetil. Los resultados de nuestro estudio confirmaron que la acetoína y el diacetilo están presente solo en el período inicial de maduración (Delgado *et al.*, 2010).

Se detectaron solo 2 compuestos aromáticos a lo largo de la maduración que se muestran en la Figura 22. El tolueno tuvo un aumento en los primeros 45 días de maduración, pero después fue disminuyendo hasta ser indetectable, mientras que el p-xileno disminuyó durante la maduración. El queso de trompillo presentó mayores cantidades de compuestos aromáticos que en quesos de cuajo Chy-max ($p < 0.05$).

Se detectaron solo 2 lactonas a lo largo de la maduración, la δ-decalactona y la δ-dodecalactona.

En la Figura 24 se muestra que el queso de trompillo no presentó cambios significativos ($p < 0.05$) en comparación con el queso de cuajo Chy-max en cuanto al contenido de δ-decalactona, mientras que el contenido de δ-dodecalactona se presentó en mayor cantidad en el queso con extracto vegetal. La δ-decalactona es una de las lactonas más comúnmente detectadas en los quesos. Las lactonas tienen notas afrutadas y dulces, cremosas y fermentadas por lo que podrían aportar agradables notas de olor al aroma en quesos (Delgado *et al.*, 2010).

Se detectó un nonanal al inicio de la maduración. Este compuesto aumentó significativamente en quesos con extracto vegetal, mientras que en queso con cuajo Chy-max no aumentó significativamente. El nonanal se presentó en mayor cantidad en quesos con extracto vegetal que en quesos con cuajo Chy-max al final de la maduración. Los aldehídos no son compuestos importantes en el queso, ya que se convierten rápidamente en alcoholes o sus ácidos correspondientes. El bajo nivel de aldehídos indicó una maduración óptima porque una alta concentración de aldehídos puede causar sabores desagradables (Delgado *et al.*, 2010).

El butirato de etilo se detectó en el día 60 aumentando la cantidad a lo largo de la maduración. Este compuesto se detectó en las mismas cantidades en los quesos analizados. El aumento del butirato de etilo podría estar asociado con la disminución del ácido butanoico al final de la maduración. Este compuesto es un éster del ácido butanoico y ha sido identificado como uno de los más potentes olores a queso cheddar, emmental, cremoso gorgonzola, Grana Padano y Pecorino. Los ésteres son volátiles de queso comunes y la mayoría de los ésteres encontrados tienen notas dulces, frutales y florales, y especialmente los ésteres etílicos son conocidos por su importante papel en el formación de un carácter afrutado en el queso (Calzada *et al.*, 2015).

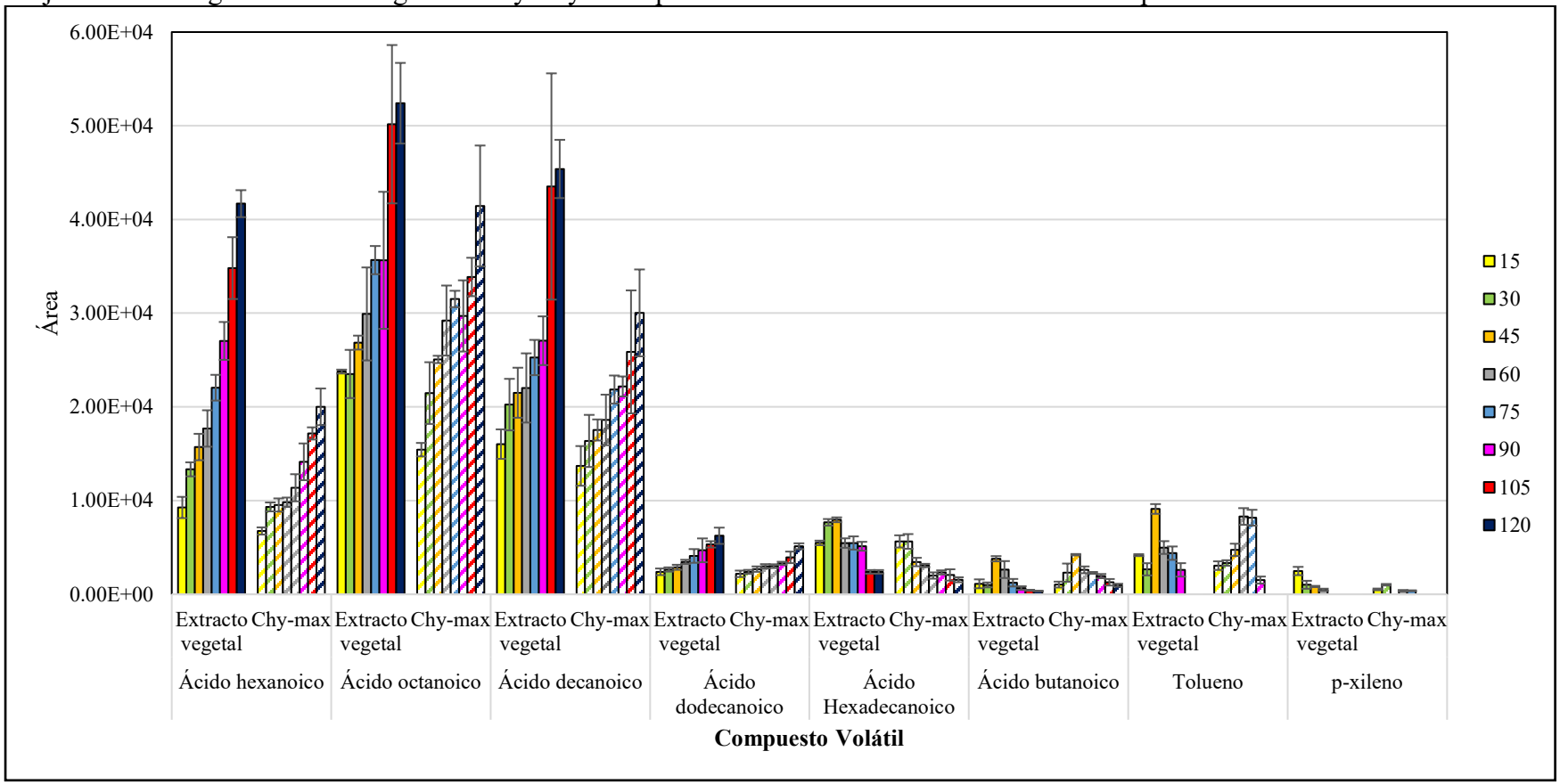
El anhidro acético disminuyó en todos los quesos a lo largo de la maduración. Este compuesto se presentó en mayor cantidad en queso-trompillo al final de la maduración

En la Figura 24 se muestra que el oxima-metoxifenilo aumentó a lo largo de la maduración en todos los quesos, pero no presentaron cambios significativos por el tipo de cuajo usado ($p < 0.05$). Este compuesto se ha encontrado previamente en leches fermentadas por *Lactobacillus pentosus* (Pan *et al.*, 2014), en leche pasteurizada microfiltrada como compuesto volátil dominante (Yue *et al.*, 2015), y también en la leche ultrapasteurizada envasada en recipientes de cartón de tetra brik (Dursun *et al.*, 2017). Las oximas se pueden formar mediante la reacción de aldehídos o cetonas con un agente reductor que contiene nitrógeno en un medio débilmente ácido durante el tratamiento térmico o la homogeneización (Dursun *et al.*, 2017).

El 1,3-diclorobenceno no mostro cambios significativos comparando ambos quesos durante la maduración. El 1,3-diclorobenceno es un compuesto orgánico volátil y es uno de los principales contaminantes del medio ambiente (Sun *et al.*, 2018). Esta es una posible vía de contaminación en la leche, ya que los animales productores de leche pueden estar expuestos a una gran variedad de contaminantes a través de alimentos, agua y aires contaminados. Por ejemplo, ciertos contaminantes y sus metabolitos, como medicamentos veterinarios, pesticidas, toxinas vegetales y micotoxinas que se acumulan en la leche (Duan *et al.*, 2018).

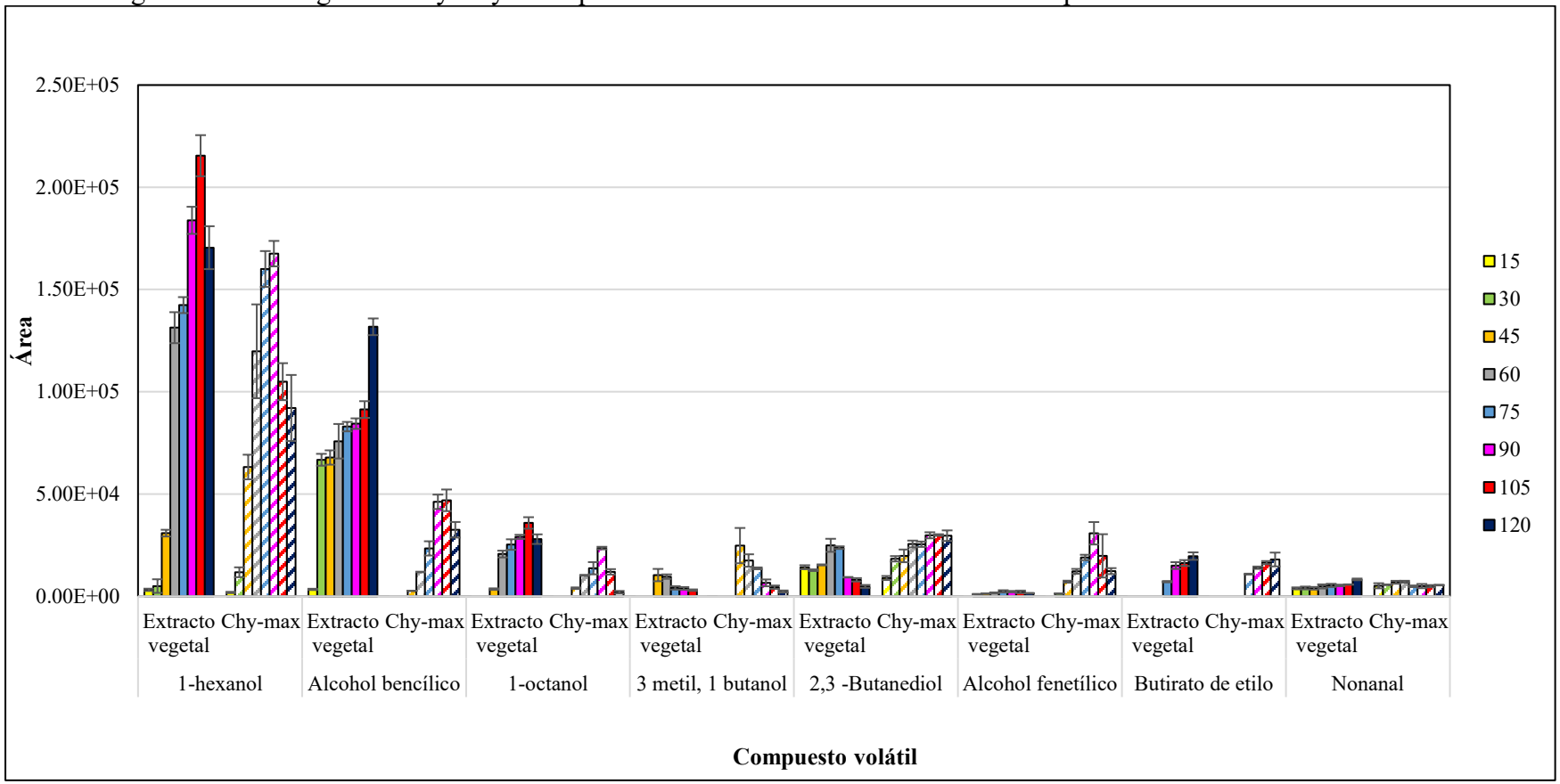
Otros contaminantes organoclorados se han detectado en diferentes subproductos lácteos como yogurt y queso (Duan *et al.*, 2018), pesticidas como la cihalotrina en leches de búfala y vaca (Lohani *et al.*, 2008); y niveles bajos de organoclorados y organofosforados en leche en polvo (Dobrinas *et al.*, 2016).

**Figura 22**. Área de compuestos volátiles (ácidos y compuestos aromáticos) identificados en queso Chihuahua cuajados con dos tipos de cuajo: extracto vegetal de S. elaeagnifolium y Chy-max quimosina recombinante en diferentes tiempos de maduración.



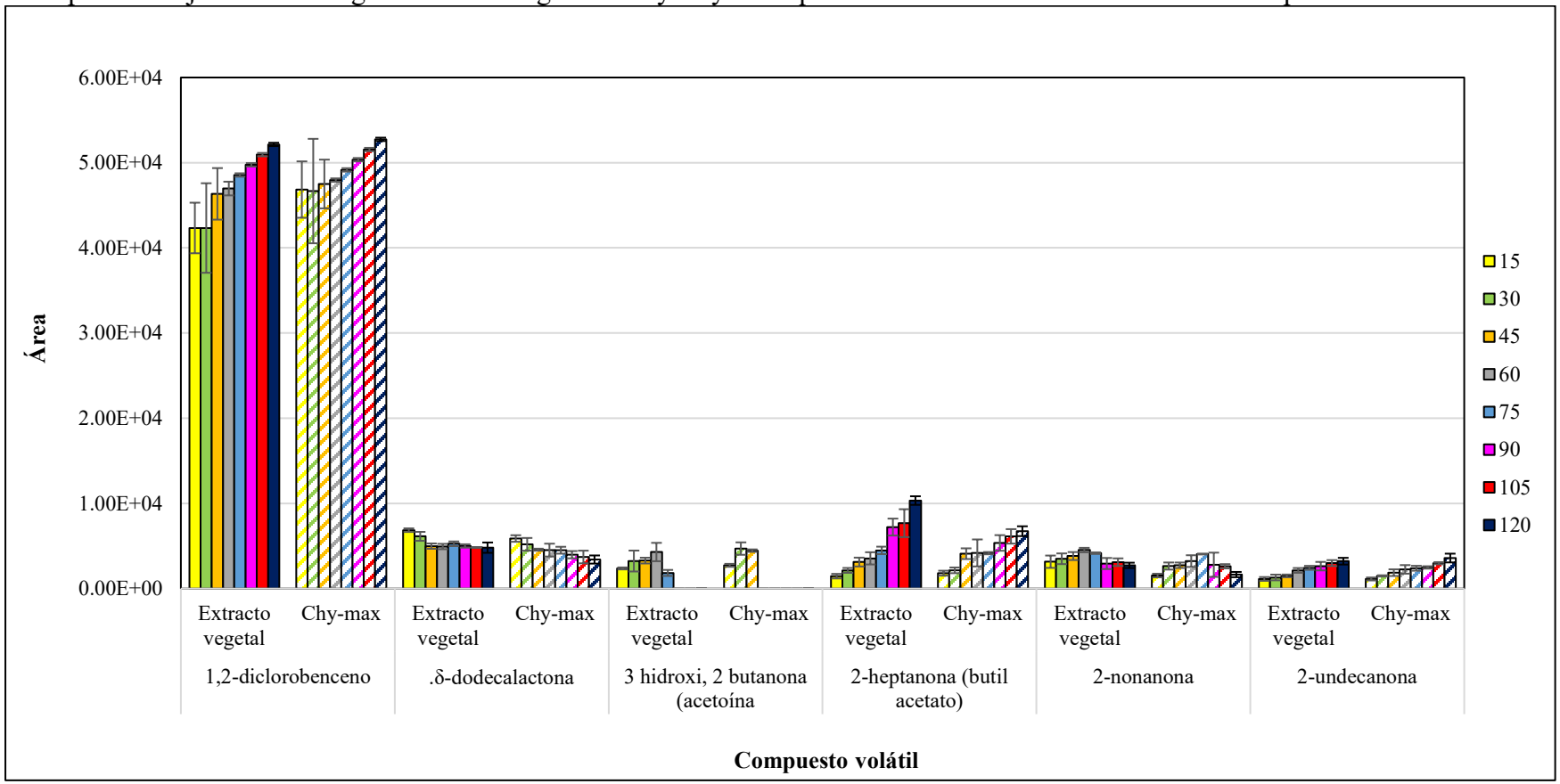

Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Figura 23.** Área de compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos y esteres) aislados de queso Chihuahua cuajados con dos tipos de cuajo: extracto vegetal de S. elaeagnifolium y Chy-max quimosina recombinante en diferentes tiempos de maduración.




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Figura 24**. Área de compuestos volátiles (compuestos organoclorados, cetonas y lactonas) aislados de queso Chihuahua cuajados con dos tipos de cuajo: extracto vegetal de S. elaeagnifolium y Chy-max quimosina recombinante en diferentes tiempos de maduración.




Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias con una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos y medias con una letra mayúscula son diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

# 7. CONLUSIONES

Los resultados generales del estudio mostraron que el uso de extractos vegetales de trompillo en la fabricación de queso Chihuahua modificaron las características fisicoquímicas a lo largo de la maduración. Los quesos presentaron quesos con mayor humedad y grasa, pero con bajo contenido de proteínas. El extracto de trompillo disminuyó el pH de los quesos que condujo a un queso ligeramente más duro, adhesivo, cohesivo y con mayor masticabilidad, pero también modificó la capacidad de fusión del queso, haciendo que el queso fundiera más. El extracto de trompillo modificó el color del queso presentando mayor luminosidad que se vio en el cambio de la diferencia total de color (ΔE) que aumentó a largo de la maduración. El tono (hue) y saturación (croma) del queso de trompillo cambiaron, presentando tonos de rojo a amarillo, en cuanto al índice de pardeamiento fue mayor durante la maduración

Los extractos de trompillo modificaron la liberación de compuestos volátiles derivado de la presencia de lipasas en los extractos de trompillo, liberando en mayor abundancia ácidos carboxílicos, alcoholes y cetonas en menor tiempo de maduración.

El uso del extracto de trompillo como coagulante en la fabricación del queso Chihuahua fue utilizado con éxito, ya que presentó muchas ventajas en comparación con los coagulantes que se usan comúnmente, por ejemplo, estos extractos de trompillo demostraron acelerar la maduración del queso Chihuahua, obteniendo características deseables en el queso en corto tiempo, pero a lo largo de la maduración, después del día 45 el queso se vuele pastoso y con propiedades de fusión no tan deseables en estos quesos con trompillo.

# 8. RECOMENDACIONES

Los resultados de este estudio sugieren que el uso del trompillo puede ser muy recomendado para la fabricación de queso Chihuahua desde varios puntos de vista y que para seguir avanzando en ese camino se recomienda en el futuro trabajar en los puntos que se lista a continuación.

- Las recomendaciones para este extracto vegetal de trompillo es evaluar de actividad lipolítica.
- Identificación de otras enzimas en los extractos vegetales de trompillo además de lipasas y proteasas.
- Evaluar la actividad coagulante del extracto vegetal de trompillo durante el almacenamiento.
- Identificación de la enzima responsable de la coagulación de la leche.
- Purificación de la enzima de coagulación de la leche de los extractos vegetales de tromplillo.

## 9. REFERENCIAS


Abdel-Naeem, H. H., y Mohamed, H. M. 2016. Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. Journal Meat science. 118 52-60.

Ahmed, I. A. M., Morishima, I., Babiker, E. E., y Mori, N. 2009. Dubiumin, a chymotrypsin-like serine protease from the seeds of Solanum dubium Fresen. Journal Phytochemistry. 70 (4): 483-491.

Alavi, F., y Momen, S. 2020. Aspartic proteases from thistle flowers: traditional coagulants used in the modern cheese industry. International Dairy Journal. 104709.

Altan, A., Turhan, M., y Gunasekaran, S. 2005. Comparison of covered and uncovered Schreiber test for cheese meltability evaluation. Journal of dairy science. 88 (3): 857-861.

Amira, A. B., Blecker, C., Richel, A., Arias, A. A., Fickers, P., Francis, F., Besbes, S., y Attia, H. 2018. Influence of the ripening stage and the lyophilization of wild cardoon flowers on their chemical composition, enzymatic activities of extracts and technological properties of cheese curds. Journal Food chemistry. 245 919-925.

AOAC International. (2000a). Ash of Cheese Gravimetric, Official Method 935.42 17th ed. Gaithersburg, MD.

AOAC International. (2000b). Nitrogen (total) in Cheese, Official Method 991.22 17th ed. Gaithersburg, MD

AOAC International. (2000c). Proximate analysis and calculations moisture, Official Method 934.01 A. International Ed. 17th ed. Gaithersburg, MD

AOAC International. (2012). Fat content of raw and pasteurized whole milk. Gerber method by weight, Official Method 2000.18. 19th ed. Gaithersburg, MD.

Bansal, N., Fox, P. F., y McSweeney, P. L. 2007. Factors affecting the retention of rennet in cheese curd. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55 (22): 9219-9225.

Baranowska, H., y Tomaszewska-Gras. 2018. Stability of texture, meltability and water mobility model of pizza-style cheeses from goat's milk. Journal of food engineering.

Benucci, I., Liburdi, K., Garzillo, A. M. V., y Esti, M. 2011. Bromelain from pineapple stem in alcoholic–acidic buffers for wine application. Journal Food chemistry. 124 (4): 1349-1353.

Bezerra, T. K. A., de Oliveira Arcanjo, N. M., de Araújo, A. R. R., de Queiroz, A. L. M., de Oliveira, M. E. G., Gomes, A. M. P., y Madruga, M. S. 2017. Volatile profile in goat coalho cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. LWT-Food Science and Technology. 76 209-215.

Bodansky, A. 1916. The chymase of Solanum elaeagnifolium a preliminary note. Journal of Biological Chemistry. 27 (1): 103-105.

Bodansky, A. 1924. A study of a milk-coagulating enzyme of Solanum elaeagnifolium. Journal of Biological Chemistry. 61 (2): 365-375.

Boltar, I., Majhenič, A. Č., Jarni, K., Jug, T., y Kralj, M. B. 2015. Volatile compounds in Nanos cheese: their formation during ripening and sesonal variation. Journal of Food Science Technology 52 (1): 608-623.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry. 72 (1-2): 248-254.

Cais-Sokolińska, D., Bierzuńska, P., Kaczyński, Ł., Baranowska, H., y Tomaszewska-Gras, J. 2018. Stability of texture, meltability and water mobility model of pizza-style cheeses from goat's milk. Journal of Food Engineering. 222 226-236.

Calzada, J., del Olmo, A., Picon, A., y Nuñez, M. 2015. Effect of high pressure processing on the lipolysis, volatile compounds, odour and colour of cheese made from unpasteurized milk. Journal Food Bioprocess Technology. 8 (5): 1076-1088.

Chávez-Garay, D. R., Gutiérrez-Méndez, N., Valenzuela-Soto, M. E., y García-Triana, A. 2015. Partial characterization of a plant coagulant obtained from the berries of Solanum elaeagnifolium. CyTA - Journal of Food. 14 (2): 200-205.

Colombo, M. L., Fernández, A., Cimino, C. V., Liggieri, C., Bruno, M., Faro, C., Veríssimo, P. C., y Vairo-Cavalli, S. 2018. Miniature cheeses made with blends of chymosin and a vegetable rennet from flowers of Silybum marianum: Enzymatic characterization of the flower-coagulant peptidase. Journal Food chemistry. 266 223-231.

del Rocío Martínez-Ruiz, N., Enriquez, S. F., Vázquez-Nájera, R. E., y López-Díaz, J. A. 2013. Microbiological Quality of Asadero Cheese Manufactured with a Plant Based Coagulant from Solanum elaeagnifolium. Food and Nutrition Sciences. 4 (07): 75.

Delgado-Martínez, F. J., Carrapiso, A. I., Contador, R., y Ramírez, M. R. 2019. Volatile compounds and sensory changes after high pressure processing of mature "Torta del Casar"(raw ewe's milk cheese) during refrigerated storage. Journal Innovative Food Science Emerging Technologies. 52 34-41.

Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R., García-Parra, J., y Ramírez, R. 2010. Characterisation by SPME–GC–MS of the volatile profile of a Spanish soft cheese PDO Torta del Casar during ripening. Food chemistry. 118 (1): 182-189.

Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R., y Ramírez, R. 2011. Formation of the aroma of a raw goat milk cheese during maturation analysed by SPME–GC–MS. Journal Food chemistry. 129 (3): 1156-1163.

Dobrinas, S., Soceanu, A., Popescu, V., y Coatu, V. 2016. Polycyclic aromatic hydrocarbons and pesticides in milk powder. The Journal of Dairy Research. 83 (2): 261.

Duan, J., Cheng, Z., Bi, J., y Xu, Y. 2018. Residue behavior of organochlorine pesticides during the production process of yogurt and cheese. Journal Food chemistry. 245 119-124.

Dursun, A., Güler, Z., y Şekerli, Y. E. 2017. Characterization of volatile compounds and organic acids in ultra-high-temperature milk packaged in tetra brik cartons. International Journal of Food Properties. 20 (7): 1511-1521.

Esti, M., Benucci, I., Lombardelli, C., Liburdi, K., y Garzillo, A. M. V. 2013. Papain from papaya (Carica papaya L.) fruit and latex: Preliminary characterization in alcoholic–acidic buffer for wine application. Journal Food bioproducts processing. 91 (4): 595-598.

Feijoo-Siota, L., y Villa, T. G. 2011. Native and biotechnologically engineered plant proteases with industrial applications. Food and Bioprocess technology. 4 (6): 1066-1088.

Fernández-Lucas, J., Castañeda, D., y Hormigo, D. 2017. New trends for a classical enzyme: Papain, a biotechnological success story in the food industry. Journal Trends in Food Science Technology 68 91-101.

Ferrandini, E., Castillo, M., De Renobales, M., Virto, M., Garrido, M., Rovira, S., y López, M. 2012. Influence of lamb rennet paste on the lipolytic and sensory profile of Murcia al Vino cheese. Journal of Dairy Science. 95 (6): 2788-2796.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., y McSweeney, P. L. (2017). Microbiology of cheese ripening. En B. Springer, MA (Ed.), Fundamentals of cheese science (pp. 333-390): Springer.

García-Gómez, B., Vázquez-Odériz, M. L., Muñoz-Ferreiro, N., Romero-Rodríguez, M. Á., y Vázquez, M. 2019. Interaction between rennet source and transglutaminase in white fresh cheese production: Effect on physicochemical and textural properties. J LWT-Food Science and Technology. 113 108279.

García, V., Rovira, S., Boutoial, K., Álvarez, D., y López, M. 2015. A comparison of the use of thistle (Cynara cardunculus L.) and artichoke (Cynara scolymus L.) aqueous extracts for milk coagulation. Journal Dairy science technology. 95 (2): 197-208.

Gomes, S., Belo, A. T., Alvarenga, N., Dias, J., Lage, P., Pinheiro, C., Pinto-Cruz, C., Brás, T., Duarte, M. F., y Martins, A. P. 2019. Characterization of Cynara cardunculus L. flower from Alentejo as a coagulant agent for cheesemaking. International Dairy Journal. 91 178-184.

Griebeler, N., Polloni, A. E., Remonatto, D., Arbter, F., Vardanega, R., Cechet, J. L., Di Luccio, M., de Oliveira, D., Treichel, H., y Cansian, R. L. 2011. Isolation and screening of lipase-producing fungi with hydrolytic activity. Journal Food Bioprocess Technology. 4 (4): 578-586.

Guevara, M. G., Rocío, T. F., y Virginia, T. C. (2018). An Overview of Plant Proteolytic Enzymes. En Biotechnological Applications of Plant Proteolytic Enzymes (pp. 1-19): Springer.

Gutiérrez-Méndez, N., Balderrama-Carmona, A., García-Sandoval, S. E., Ramírez-Vigil, P., Leal-Ramos, M. Y., y García-Triana, A. 2019. Proteolysis and Rheological Properties of Cream Cheese Made with a Plant-Derived Coagulant from Solanum elaeagnifolium. Foods. 8 (2): 44.

Gutiérrez-Méndez, N., Chávez-Garay, D. R., y Jiménez-Campos, H. 2012. Exploring the milk-clotting properties of a plant coagulant from the berries of S. elaeagnifolium var. Cavanilles. Journal Food Science Technology. 77 (1): C89-94.

Horne, D., y Banks, J. 2004. Rennet-induced coagulation of milk. Cheese: Chemistry, physics microbiology. 1 47-70.

Ibáñez, R. A., Waldron, D. S., McSweeney, P. L., y Technology. 2016. Effect of pectin on the composition, microbiology, texture, and functionality of reduced-fat Cheddar cheese. Journal Dairy Science. 96 (3): 297-316.

Ionescu, A., Aprodu, I., y Pascaru, G. 2008. Effect of Papain and Bromelin on Muscle and Collagen Proteins in Beef Meat. Journal Food Technology. 1 (31):

Jacob, M., Jaros, D., y Rohm, H. 2011. Recent advances in milk clotting enzymes. International Journal of Dairy Technology. 64 (1): 14-33.

Januszkiewicz, J., Sabik, H., Azarnia, S., y Lee, B. 2008. Optimization of headspace solid-phase microextraction for the analysis of specific flavors in enzyme modified and natural Cheddar cheese using factorial design and response surface methodology. Journal of chromatography. 1195 (1-2): 16-24.

Jaros, D., y Rohm, H. (2017). Rennets: applied aspects. En Cheese (pp. 53-67): Elsevier.

Johnson, M., Chen, C., y Jaeggi, J. 2001. Effect of rennet coagulation time on composition, yield, and quality of reduced-fat Cheddar cheese. Journal of Dairy Science. 84 (5): 1027-1033.

Knapp, S., Sagona, E., Carbonell, A. K., y Chiarini, F. 2017. A revision of the Solanum elaeagnifolium clade (Elaeagnifolium clade; subgenus Leptostemonum, Solanaceae). PhytoKeys. (84): 1.

Kuddus, M. (2019). Introduction to Food Enzymes. En Enzymes in Food Biotechnology (pp. 1-18): Elsevier.

Kumar, A., Grover, S., Sharma, J., y Batish, V. K. 2010. Chymosin and other milk coagulants: sources and biotechnological interventions. Crit Rev Biotechnol. 30 (4): 243-258.

Lawrence, R., Gilles, J., Creamer, L., Crow, V., Heap, H., Honoré, C., Johnston, K., y Samal, P. (2004). Cheddar cheese and related dry-salted cheese varieties. En Cheese: Chemistry, physics and microbiology (Vol. 2, pp. 71-102): Elsevier.

Llorente, B. E., Obregón, W. D., Avilés, F. X., Caffini, N. O., y Vairo-Cavalli, S. 2014. Use of artichoke (Cynara scolymus) flower extract as a substitute for bovine rennet in the manufacture of Gouda-type cheese: Characterization of aspartic proteases. Journal Food chemistry. 159 55-63.

Lohani, M. B., Singh, A., Rupainwar, D., y Dhar, D. 2008. Seasonal variations of heavy metal contamination in river Gomti of Lucknow city region. Journal Environmental Monitoring assessment. 147 (1-3): 253-263.

Lucey, J., Johnson, M., y Horne, D. 2003. Invited review: perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. Journal of Dairy Science. 86 (9): 2725-2743.

Mameli, L. (2005). La gestión del recurso avifaunístico por las poblaciones canoeras del archipiélago fueguino: Universitat Autònoma de Barcelona

Mazorra-Manzano, M. A., Moreno-Hernández, J. M., y Ramírez-Suarez, J. C. (2018). Milk-Clotting Plant Proteases for Cheesemaking. En M. Gabriela-Guevara y G. Raúl-Daleo (Eds.), Biotechnological Applications of Plant Proteolytic Enzymes (pp. 21-41).

Mazorra-Manzano, M. A., Perea-Gutierrez, T. C., Lugo-Sanchez, M. E., Ramirez-Suarez, J. C., Torres-Llanez, M. J., Gonzalez-Cordova, A. F., y Vallejo-Cordoba, B. 2013. Comparison of the milk-clotting properties of three plant extracts. Food chemistry. 141 (3): 1902-1907.

McSweeney, P. L. (2017). Biochemistry of cheese ripening: introduction and overview. En Cheese (pp. 379-387): Elsevier.

Meshram, A., Singhal, G., Bhagyawant, S. S., y Srivastava, N. (2019). Plant-Derived Enzymes: A Treasure for Food Biotechnology. En Enzymes in Food Biotechnology (pp. 483-502): Elsevier.

NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa, 12 C.F.R. (1994).

Meyer, A. S., Köser, C., Adler-Nissen, J. J. J. o. a., y chemistry, f. 2001. Efficiency of enzymatic and other alternative clarification and fining treatments on turbidity and haze in cherry juice. 49 (8): 3644-3650.

Moreira, G. M., Costa, R. G., Teodoro, V. A., Paula, J. C., Sobral, D., Fernandes, C., y Gloria, M. B. A. 2018. Effect of ripening time on proteolysis, free amino acids, bioactive amines and texture profile of Gorgonzola-type cheese. LWT-Food Science Technology. 98 583-590.

Mylvaganam, P. 2020. Influence of Partially Purify Enzyme in Experimental Cheddar Cheese Production. European Journal of Agriculture and Food Science. 2 (2):

Sistema Producto Leche-Alimento-Lácteo-Queso Chihuahua-Denominación, Especificaciones y Métodos de Prueba, 738 C.F.R. (2017).

Noman, A., Xu, Y., AL-Bukhaiti, W. Q., Abed, S. M., Ali, A. H., Ramadhan, A. H., y Xia, W. 2018. Influence of enzymatic hydrolysis conditions on the degree of hydrolysis and functional properties of protein hydrolysate obtained from Chinese sturgeon (Acipenser sinensis) by using papain enzyme. Journal Process Biochemistry. 67 19-28.

Olson, D., Van Hekken, D., Tunick, M., Tomasula, P., Molina-Corral, F., y Gardea, A. 2011. Mexican Queso Chihuahua: Functional properties of aging cheese. Journal of Dairy Science. 94 (9): 4292-4299.

Ong, L., Lawrence, R. C., Gilles, J., Creamer, L. K., Crow, V. L., Heap, H. A., Honoré, C. G., Johnston, K. A., Samal, P. K., y Powell, I. B. (2017). Cheddar cheese and related dry-salted cheese varieties. En Cheese (pp. 829-863): Elsevier.

Ong, L., y Shah, N. P. 2009. Probiotic Cheddar cheese: Influence of ripening temperatures on survival of probiotic microorganisms, cheese composition and organic acid profiles. LWT-Food Science Technology. 42 (7): 1260-1268.

Ozturk, M., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J., Johnson, M., y Lucey, J. 2018. Investigating the properties of high-pressure-treated, reduced-sodium, low-moisture, part-skim Mozzarella cheese during refrigerated storage. Journal of dairy science. 101 (8): 6853-6865.

Pan, D., Wu, Z., Peng, T., Zeng, X., y Li, H. 2014. Volatile organic compounds profile during milk fermentation by Lactobacillus pentosus and correlations between volatiles flavor and carbohydrate metabolism. Journal of Dairy Science. 97 (2): 624-631.

Partridge, J. A. (2008). Cheddar and Cheddar-type cheese. En M. C. Stephanie Clark, MaryAnne Drake, Floyd Bodyfelt (Ed.), The sensory evaluation of dairy products (pp. 225-270): Springer.

Payens, T. A., Wiersma, A., y Brinkhuis, J. 1977. On enzymatic clotting processes I. Kinetics of enzyme-triggered coagulation reactions. Journal Biophysical Chemistry. 6 (3): 253-261.

Prados, F., Pino, A., Rincón, F., Vioque, M., y Fernández-Salguero, J. 2006. Influence of the frozen storage on some characteristics of ripened Manchego-type cheese manufactured with a powdered vegetable coagulant and rennet. Food chemistry. 95 (4): 677-682.

Priolo, N., Del Valle, S. M., Arribére, M. C., López, L., y Caffini, N. 2000. Isolation and characterization of a cysteine protease from the latex of Araujia hortorum fruits. Journal of Protein Chemistry. 19 (1): 39-49.

Pueyo, J., Marí, A. I., Pardo, G., Aibar, J., y Aguado, A. M. (2018). *Descripción de la especie invasora: Solanum eleaegnifolium cav.* .

Rawlings, N. D., y Barrett, A. J. (2013). Introduction: aspartic and glutamic peptidases and their clans. En Handbook of Proteolytic Enzymes (pp. 3-19): Elsevier.

Roseiro, L. B., Barbosa, M., Ames, J. M., y Wilbey, R. A. 2003. Cheesemaking with vegetable coagulants—the use of Cynara L. for the production of ovine milk cheeses. International Journal of Dairy Technology. 56 (2): 76-85.

Salehi, M., Aghamaali, M. R., Sajedi, R. H., Asghari, S. M., y Jorjani, E. 2017. Purification and characterization of a milk-clotting aspartic protease from Withania coagulans fruit. International journal of biological macromolecules. 98 847-854.

Silva, M. Z., Oliveira, J. P., Ramos, M. V., Farias, D. F., de Sá, C. A., Ribeiro, J. A., Silva, A. F., de Sousa, J. S., Zambelli, R. A., y da Silva, A. C. 2020. Biotechnological potential of a cysteine protease (CpCP3) from Calotropis procera latex for cheesemaking. Food chemistry. 307 125574.

Singh, R., Singh, A., y Sachan, S. (2019). Enzymes Used in the Food Industry: Friends or Foes. En Enzymes in Food Biotechnology (pp. 827-843): Elsevier.

Soodam, K., Ong, L., Powell, I. B., Kentish, S. E., y Gras, S. L. 2015. Effect of rennet on the composition, proteolysis and microstructure of reduced-fat Cheddar cheese during ripening. Journal Dairy science technology. 95 (5): 665-686.

Sun, Z., Yang, B., Ding, C., Li, Z., y Wang, L. 2018. Enhanced removal of gaseous 1, 3-dichlorobenzene in biotrickling filters by rhamnolipid and Mg (II). Journal of hazardous materials. 360 571-577.

Tantamacharik, T., Carne, A., Agyei, D., Birch, J., y Bekhit, A. E.-D. A. (2018). Use of Plant Proteolytic Enzymes for Meat Processing. En Biotechnological Applications of Plant Proteolytic Enzymes (pp. 43-67): Springer.

Tedeschi, T., Galaverna, G., Dossena, A., y Sforza, S. (2013). Cheeses. En Comprehensive Analytical Chemistry (Vol. 60, pp. 479-509): Elsevier.

Thierry, A., Collins, Y. F., Mukdsi, M. A., McSweeney, P. L., Wilkinson, M. G., y Spinnler, H. E. (2017). Lipolysis and metabolism of fatty acids in cheese. En P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, y D. W. Everett (Eds.), Cheese (pp. 423-444): Elsevier.

Timón, M. L., Andrés, A. I., Otte, J., y Petrón, M. J. 2019. Antioxidant peptides (< 3 kDa) identified on hard cow milk cheese with rennet from different origin. Journal Food research international. 120 643-649.

Tunick, M. H., Van Hekken, D. L., Molina-Corral, F. J., Tomasula, P. M., Call, J., Luchansky, J., y Gardea, A. A. 2008. Queso Chihuahua: manufacturing procedures, composition, protein profiles, and microbiology. International Journal of Dairy Technology. 61 (1): 62-69.

Van der Hoorn, R. A. 2008. Plant proteases: from phenotypes to molecular mechanisms. Annu. Rev. Plant Biol. 59 191-223.

Vibrans, H. (2006). Malezas de México, Solanaceae Solanum elaeagnifolium Cav. Trompillo. Retrieved from http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/solanum-elaeagnifolium/fichas/ficha.htm

Walstra, P., Geurts, T. J., Walstra, P., y Wouters, J. T. (2005). Dairy Science and Technology: CRC press

Wang, F., Zhang, X., Luo, J., Guo, H., Zeng, S. S., y Ren, F. 2011. Effect of proteolysis and calcium equilibrium on functional properties of natural cheddar cheese during ripening and the resultant processed cheese. Journal of food science. 76 (3): E248-E253.

Yue, J., Zheng, Y., Liu, Z., Deng, Y., Jing, Y., Luo, Y., Yu, W., y Zhao, Y. 2015. Characterization of volatile compounds in microfiltered pasteurized milk using solid-phase microextraction and GC× GC-TOFMS. International Journal of Food Properties. 18 (10): 2193-2212.

Zaheer, M. R., y Gupta, A. (2019). Current Development and Future Perspectives of Microbial Enzymes in the Dairy Industry. En Enzymes in Food Biotechnology (pp. 287-302): Elsevier.

# 10. ANEXOS

## 10.1 Datos Crudos

Caracterización de Extractos de Trompillo de *S. elaeagnifolium.*

**Cuadro A 1.** Datos crudos de los contenidos de proteína (mg/mL) en cuajo Chy-max y extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium*.

| Tipo de coagulante | Abs 595 nm | concentración mg/mL |
|---|---|---|
| Cuajo Chy-max | 0.354 | 4.00 |
| Cuajo Chy-max | 0.372 | 4.41 |
| Cuajo Chy-max | 0.36 | 4.14 |
| Extracto vegetal de trompillo | 0.289 | 2.51 |
| Extracto vegetal de trompillo | 0.286 | 2.44 |
| Extracto vegetal de trompillo | 0.259 | 1.82 |

**Cuadro A 2**. Datos Crudos de Actividad coagulante en la leche de extracto de trompillo de *S. elaeagnifolium* utilizando diferentes volúmenes en la leche y cuajo Chy-max.

| Tiempo en (s) | Tipo de Cuajo | Volumen de Cuajo (mL) | ACL |
|---|---|---|---|
| 494 | Extracto vegetal de trompillo | 0.04 | 1214.57 |
| 506 | Extracto vegetal de trompillo | 0.04 | 1185.77 |
| 496 | Extracto vegetal de trompillo | 0.04 | 1209.67 |
| 499 | Extracto vegetal de trompillo | 0.04 | 1202.40 |
| 488 | Extracto vegetal de trompillo | 0.04 | 1229.50 |
| 495 | Extracto vegetal de trompillo | 0.04 | 1212.12 |
| 495 | Extracto vegetal de trompillo | 0.04 | 1212.12 |
| 260 | Extracto vegetal de trompillo | 0.08 | 1153.84 |
| 255 | Extracto vegetal de trompillo | 0.08 | 1176.47 |
| 252 | Extracto vegetal de trompillo | 0.08 | 1190.47 |
| 259 | Extracto vegetal de trompillo | 0.08 | 1158.30 |
| 254 | Extracto vegetal de trompillo | 0.08 | 1181.10 |
| 261 | Extracto vegetal de trompillo | 0.08 | 1149.42 |
| 254 | Extracto vegetal de trompillo | 0.08 | 1181.10 |
| 180 | Extracto vegetal de trompillo | 0.12 | 1111.11 |
| 178 | Extracto vegetal de trompillo | 0.12 | 1123.59 |
| 182 | Extracto vegetal de trompillo | 0.12 | 1098.90 |
| 176 | Extracto vegetal de trompillo | 0.12 | 1136.36 |
| 178 | Extracto vegetal de trompillo | 0.12 | 1123.59 |
| 172 | Extracto vegetal de trompillo | 0.12 | 1162.79 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 175 | Extracto vegetal de trompillo | 0.12 | 1142.85 |
| 126 | Extracto vegetal de trompillo | 0.16 | 1190.47 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 0.16 | 1250.00 |
| 147 | Extracto vegetal de trompillo | 0.16 | 1020.40 |
| 123 | Extracto vegetal de trompillo | 0.16 | 1219.51 |
| 123 | Extracto vegetal de trompillo | 0.16 | 1219.51 |
| 129 | Extracto vegetal de trompillo | 0.16 | 1162.79 |
| 129 | Extracto vegetal de trompillo | 0.16 | 1162.79 |
| 115 | Extracto vegetal de trompillo | 0.18 | 1159.42 |
| 118 | Extracto vegetal de trompillo | 0.18 | 1129.94 |
| 112 | Extracto vegetal de trompillo | 0.18 | 1190.47 |
| 109 | Extracto vegetal de trompillo | 0.18 | 1223.24 |
| 111 | Extracto vegetal de trompillo | 0.18 | 1201.20 |
| 116 | Extracto vegetal de trompillo | 0.18 | 1149.42 |
| 113 | Extracto vegetal de trompillo | 0.18 | 1179.94 |
| 100 | Extracto vegetal de trompillo | 0.2 | 1200.00 |
| 98 | Extracto vegetal de trompillo | 0.2 | 1224.48 |
| 102 | Extracto vegetal de trompillo | 0.2 | 1176.47 |
| 99 | Extracto vegetal de trompillo | 0.2 | 1212.12 |
| 100 | Extracto vegetal de trompillo | 0.2 | 1200.00 |
| 101 | Extracto vegetal de trompillo | 0.2 | 1188.11 |
| 101 | Extracto vegetal de trompillo | 0.2 | 1188.11 |
| 170 | Cuajo Chy-max | 0.001 | 141176.47 |
| 146 | Cuajo Chy-max | 0.001 | 164383.56 |
| 160 | Cuajo Chy-max | 0.001 | 150000.00 |

**Cuadro A 3.** Datos crudos de actividad proteolítica de extractos de trompillo *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max.

| | **ABS 750 nm** | **Concentración Tyr (mM)** | **A. Proteolítica. U.mL** |
|---|---|---|---|
| Cuajo Chy-max | 0.647 | 364 | 138.32 |
| Cuajo Chy-max | 0.628 | 351.333333 | 133.506667 |
| Cuajo Chy-max | 0.596 | 330 | 125.4 |
| Extracto vegetal de trompillo | 1.561 | 973.333333 | 369.866667 |
| Extracto vegetal de trompillo | 1.809 | 1138.66667 | 432.693333 |
| Extracto vegetal de trompillo | 1.714 | 1075.33333 | 408.626667 |

Composición en Base húmeda y Seca de Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**Cuadro A 4.** Composición Proximal en base seca y rendimiento de quesos Chihuahua cuajados con Chy-max y extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium*.

| Tratamiento | Humedad (g/100 g) | Proteínas (g / 100 g) | Grasas (g / 100 g) | Cenizas (g / 100 g) | Carbohidratos (g / 100 g) | Rendimiento (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cuajo Chy-max | 37.91 | 39.23 | 52.70 | 5.60 | 2.45 | 8.97 |
| Cuajo Chy-max | 38.10 | 39.29 | 52.38 | 5.42 | 2.90 | 9.16 |
| Cuajo Chy-max | 38.53 | 38.96 | 52.84 | 5.39 | 2.79 | 9.77 |
| Extracto vegetal de trompillo | 40.56 | 37..32 | 54.15 | 5.67 | 2.83 | 7.86 |
| Extracto vegetal de trompillo | 40.57 | 36.90 | 54.78 | 6.02 | 2.28 | 8.04 |
| Extracto vegetal de trompillo | 40.94 | 37.24 | 53.27 | 5.94 | 3.53 | 8.13 |

**Cuadro A 5.** Datos crudos de composición Proximal en base húmeda de quesos Chihuahua cuajados con Chy-max y extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium*

| Tratamiento | Humedad (g/100 g) | Proteínas (g / 100 g) | Grasas (g / 100 g) | Cenizas (g / 100 g) | Carbohidratos (g / 100 g) |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuajo Chy-max | 37.91 | 24.36 | 32.72 | 3.47 | 1.52 |
| Cuajo Chy-max | 38.10 | 24.32 | 32.42 | 3.35 | 1.79 |
| Cuajo Chy-max | 38.53 | 23.94 | 31.48 | 3.31 | 1.71 |
| Extracto vegetal de trompillo | 40.56 | 22.18 | 32.18 | 3.37 | 1.68 |
| Extracto vegetal de trompillo | 40.57 | 21.93 | 32.55 | 3.57 | 1.35 |
| Extracto vegetal de trompillo | 40.94 | 21.99 | 31.45 | 3.51 | 2.09 |

pH Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**Cuadro A 6.** Datos Crudos de pH medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*

| Dia | Tratamiento | No. repeticiones | pH | Dia | Tratamiento | No. repeticiones | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Cuajo Chy-max | 1 | 5.312 | 75 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.901 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 2 | 5.228 | 75 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.857 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 3 | 5.209 | 75 | Cuajo Chy-max | 3 | 4.807 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 5.124 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.79 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 5.1 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 4.723 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 5.134 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.752 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.933 | 90 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.789 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 2 | 5.002 | 90 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.749 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 3 | 4.98 | 90 | Cuajo Chy-max | 3 | 4.779 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.833 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.663 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 4.872 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 4.722 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.83 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.718 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.934 | 105 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.79 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.905 | 105 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.72 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 3 | 4.906 | 105 | Cuajo Chy-max | 3 | 4.747 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.82 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.662 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 4.801 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 4.75 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.802 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.685 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.902 | 120 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.78 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.845 | 120 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.751 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 3 | 4.929 | 120 | Cuajo Chy-max | 3 | 4.734 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.82 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.75 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 4.75 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 4.756 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.76 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.645 |

Capacidad de Fusión de Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**Cuadro A 7.** . Datos Crudos de capacidad de fusión (unidades Schreiber) medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium.*

| Tiempo (días) | Tratamiento | No. Repetición | unidades Schreiber | Tiempo (días) | Tratamiento | No. Repetición | unidades Schreiber |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cuajo Chy-max | 1 | 0.75 | 45 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.625 |
| 1 | Cuajo Chy-max | 2 | 0.625 | 45 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.375 |
| 1 | Cuajo Chy-max | 3 | 0.5 | 45 | Cuajo Chy-max | 3 | 4.75 |
| 1 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 3.75 | 45 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | - |
| 1 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 3.5 | 45 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | - |
| 1 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 3.875 | 45 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | - |
| 3 | Cuajo Chy-max | 1 | 1.125 | 60 | Cuajo Chy-max | 1 | 5.125 |
| 3 | Cuajo Chy-max | 2 | 1.5 | 60 | Cuajo Chy-max | 2 | 5 |
| 3 | Cuajo Chy-max | 3 | 1.125 | 60 | Cuajo Chy-max | 3 | 5.625 |
| 3 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.25 | 60 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | - |
| 3 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 3.875 | 60 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | - |
| 3 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4 | 60 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | - |
| 9 | Cuajo Chy-max | 1 | 1.625 | 75 | Cuajo Chy-max | 1 | 6.375 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Cuajo Chy-max | 2 | 1.75 | 75 | Cuajo Chy-max | 2 | 6.375 |
| 9 | Cuajo Chy-max | 3 | 1.75 | 75 | Cuajo Chy-max | 3 | 6.25 |
| 9 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.875 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | - |
| 9 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 4.875 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | - |
| 9 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.5 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | - |
| 15 | Cuajo Chy-max | 1 | 2.125 | 90 | Cuajo Chy-max | 1 | 7.25 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 2 | 2.375 | 90 | Cuajo Chy-max | 2 | 7.375 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 3 | 1.875 | 90 | Cuajo Chy-max | 3 | 7.375 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 5.5 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | - |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 5.75 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | - |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 5.5 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | - |
| 21 | Cuajo Chy-max | 1 | 3.125 | 105 | Cuajo Chy-max | 1 | 7 |
| 21 | Cuajo Chy-max | 2 | 3.375 | 105 | Cuajo Chy-max | 2 | 7.625 |
| 21 | Cuajo Chy-max | 3 | 2.25 | 105 | Cuajo Chy-max | 3 | 7.5 |
| 21 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 7.5 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | - |
| 21 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 6.5 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | - |
| 21 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 7.625 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | - |
| 30 | Cuajo Chy-max | 1 | 3.875 | 120 | Cuajo Chy-max | 1 | 7.5 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 2 | 3.5 | 120 | Cuajo Chy-max | 2 | 7.375 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 3 | 3.75 | 120 | Cuajo Chy-max | 3 | 7.75 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 9 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | - |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 9.125 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | - |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 9.125 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | - |

Evaluación de color Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**Cuadro A 8**. Datos Crudos de evaluación de color medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*.

| Tiempo (días) | Tratamiento | L | a | b | croma | Hue |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Cuajo Chy-max | 82.00 | -3.64 | 14.40 | 14.8529324 | 104.19 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 83.63 | -3.60 | 15.25 | 15.6691576 | 103.28 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 82.89 | -3.82 | 15.41 | 15.8764133 | 103.92 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 85.27 | -3.14 | 15.19 | 15.5111476 | 101.68 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 85.1 | -1.88 | 12.41 | 12.5515935 | 98.61 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 86.06 | -3.18 | 15.99 | 16.3031439 | 101.25 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 80.21 | -3.69 | 13.41 | 13.9084219 | 105.39 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | Cuajo Chy-max | 82.61 | -3.67 | 15.07 | 15.5104416 | 103.69 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 82.30 | -2.88 | 13.06 | 13.3737803 | 102.44 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 84.76 | -3.27 | 14.8 | 15.1569423 | 102.46 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 85.74 | -2.51 | 13.68 | 13.9083608 | 100.40 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 84.71 | -3.14 | 15.18 | 15.5013548 | 101.69 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 80.44 | -2.99 | 16.04 | 16.3163017 | 100.56 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 80.80 | -3.67 | 15.26 | 15.6951107 | 103.52 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 79.22 | -4.27 | 16.59 | 17.1307034 | 104.43 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 84.44 | -3.45 | 14.87 | 15.264973 | 103.06 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 84.94 | -2.98 | 16.81 | 17.0720971 | 100.05 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 83.38 | -3.26 | 15.16 | 15.5065535 | 102.14 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 79.85 | -4.02 | 14.74 | 15.2783507 | 105.26 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 80.17 | -3.28 | 16.51 | 16.8326617 | 101.24 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 78.85 | -4.38 | 15.63 | 16.2321071 | 105.65 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 83.15 | -4.44 | 17.07 | 17.6379846 | 104.58 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 83.51 | -4.09 | 13.31 | 13.9242307 | 107.08 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 83.38 | -3.9 | 16.35 | 16.8087031 | 103.42 |
| 75 | Cuajo Chy-max | 80.88 | -4.53 | 17.00 | 17.5932061 | 104.92 |
| 75 | Cuajo Chy-max | 77.95 | -4.65 | 16.20 | 16.8541538 | 106.02 |
| 75 | Cuajo Chy-max | 77.25 | -4.19 | 15.75 | 16.2978097 | 104.90 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 83.5 | -3.93 | 16.18 | 16.6504444 | 103.65 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 84.8 | -3.88 | 16.23 | 16.6873395 | 103.44 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 84.96 | -3.64 | 15.06 | 15.4936503 | 103.59 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 80.88 | -4.50 | 16.90 | 17.4888536 | 104.91 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 77.95 | -4.66 | 16.94 | 17.5692686 | 105.38 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 77.25 | -4.52 | 15.84 | 16.4722797 | 105.93 |
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 82.33 | -3.3 | 16.72 | 17.0425468 | 101.16 |
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 83.13 | -3.83 | 16.55 | 16.9873894 | 103.03 |
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 82.55 | -3.76 | 15.58 | 16.0272892 | 103.57 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 77.21 | -4.19 | 16.33 | 16.8589739 | 104.39 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 76.05 | -4.09 | 14.95 | 15.4993742 | 105.30 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 76.94 | -4.17 | 16.82 | 17.3292037 | 103.92 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 81.61 | -3.3 | 17.29 | 17.602105 | 100.81 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 80.83 | -2.94 | 17.37 | 17.6170514 | 99.61 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 82.64 | -3.64 | 17.3 | 17.6787896 | 101.88 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 75.84 | -4.05 | 16.98 | 17.456314 | 103.42 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 77.11 | -3.38 | 13.96 | 14.3633562 | 103.61 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 76.80 | -4.02 | 16.12 | 16.6136931 | 104.00 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 81.73 | -3.44 | 17.15 | 17.4916008 | 101.34 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 82.34 | -2.85 | 15.68 | 15.9369037 | 100.30 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 81.08 | -2.53 | 12.81 | 13.05745 | 101.17 |

**Cuadro A 9**. Datos Crudos de evaluación del color de dorado e índice de pardeamiento medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*

| Tiempo (días) | Tratamiento | L | a | b | croma | Hue | índice de pardeamiento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Cuajo Chy-max | 81.20 | -4.23 | 12.35 | 13.054325 | 108.91 | 12.1567529 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 80.20 | -4.05 | 13.65 | 14.238153 | 106.53 | 14.3676586 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 80.58 | -4.35 | 13.05 | 13.7559078 | 108.43 | 13.1425727 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 71.56 | -5.22 | 8.93 | 10.3437566 | 120.30 | 7.49833869 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 71.58 | -4.29 | 7.13 | 8.32111771 | 121.03 | 5.75464224 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 75.58 | 4.32 | 7.25 | 8.43948458 | 120.78 | 14.0240179 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 77.27 | -4.4 | 12.42 | 13.1763576 | 109.51 | 12.7745762 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 76.66 | -3.75 | 12.89 | 13.4244032 | 106.22 | 14.250137 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 77.65 | -3.98 | 12.35 | 12.975473 | 107.86 | 13.0177376 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 67.96 | -3.78 | 9.43 | 10.1593947 | 111.84 | 10.3774435 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 67.98 | -3.78 | 8.07 | 8.91141403 | 115.09 | 8.15437711 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 66.95 | -3.98 | 9.85 | 10.6236952 | 112.00 | 11.0276249 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 70.34 | -4.79 | 11.37 | 12.3377875 | 112.84 | 12.0179791 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 72.00 | -4.87 | 10.42 | 11.5018825 | 115.05 | 10.1263567 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 70.61 | -4.22 | 10.84 | 11.6324546 | 111.27 | 11.7302107 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 60.27 | -2.81 | 16.86 | 17.0925627 | 99.46 | 28.3344269 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 61.45 | -3.07 | 12.67 | 13.036633 | 103.62 | 18.6967078 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 63.07 | -3.65 | 16.7 | 17.0942242 | 102.32 | 25.4661568 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 64.37 | -5.60 | 15.33 | 16.3208119 | 110.07 | 19.7336786 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 62.02 | -5.14 | 14.88 | 15.7427444 | 109.06 | 20.2848571 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 62.65 | -4.62 | 15.94 | 16.5960236 | 106.16 | 22.8605478 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 53.5 | -1.56 | 14.31 | 14.3947803 | 96.22 | 28.0872003 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 53.15 | -1.26 | 15.58 | 15.6308669 | 94.62 | 31.9538897 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 50.83 | -1.56 | 16.31 | 16.3844347 | 95.46 | 35.2446607 |
| 75 | Cuajo Chy-max | 56.83 | -2.75 | 22.39 | 22.558249 | 97.00 | 44.6224772 |
| 75 | Cuajo Chy-max | 57.93 | -3.01 | 19.96 | 20.1856806 | 98.58 | 36.9212235 |
| 75 | Cuajo Chy-max | 55.48 | -4.42 | 17.90 | 18.4376354 | 103.87 | 31.544675 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 49.23 | 9.22 | 14.2 | 16.930694 | 122.99 | 47.2390101 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 46.12 | 10.69 | 15.54 | 18.8618053 | 124.52 | 57.4208861 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 48.11 | 12.5 | 15.56 | 19.9590481 | 128.77 | 57.4216338 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 56.08 | 7.17 | 20.19 | 21.4253355 | 109.55 | 53.2505238 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 59.62 | 7.34 | 15.28 | 16.9515191 | 115.66 | 38.1823153 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 56.37 | 7.82 | 22.46 | 23.7824305 | 109.20 | 60.034829 |
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 42.02 | 13.14 | 17.57 | 21.9400205 | 126.791 | 75.9023628 |
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 41.42 | 11.58 | 15.25 | 19.1483394 | 127.21 | 65.5628366 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 41.05 | 12.48 | 15.4 | 19.8219676 | 129.02 | 68.3695092 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 50.95 | 9.07 | 31.05 | 32.3476027 | 106.28 | 75.3296942 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 56.23 | 8.34 | 18.05 | 19.8836139 | 114.80 | 49.0089402 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 55.20 | 8.52 | 25.06 | 26.4687363 | 108.78 | 70.4040286 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 42.06 | 14.52 | 16.52 | 21.9941083 | 131.31 | 74.0302497 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 40.02 | 12.53 | 15.05 | 19.5832428 | 129.77 | 69.1465597 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 40.65 | 12.3 | 15.05 | 19.436885 | 129.25 | 67.5005492 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 54.11 | 10.11 | 28.66 | 30.3909148 | 109.43 | 86.5762515 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 51.18 | 9.15 | 26.15 | 27.7046025 | 109.29 | 82.4366712 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 52.55 | 8.60 | 28.61 | 29.8746063 | 106.73 | 87.6704561 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 42.95 | 14.93 | 13.51 | 20.1351682 | 137.85 | 62.2150322 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 41.07 | 14.55 | 14.15 | 20.2959356 | 135.798 | 67.127735 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 40.15 | 16.77 | 16.27 | 23.3654831 | 135.86 | 80.9832586 |

**Cuadro A 10.** Datos Crudos de análisis de perfil de textura medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*

| Tiempo (días) | Tratamiento | Repeticiones | Dureza | Adhesividad | Elasticidad | Cohesividad | Gomosidad | Masticabilidad | Resiliencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Cuajo Chy-max | 1 | 9748.96231 | -185.926 | 0.74014808 | 0.82444166 | 8037.45063 | 5948.90363 | 0.13116751 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 2 | 10009.5582 | -122.618775 | 0.71846661 | 0.7743359 | 7750.76027 | 5568.66247 | 0.13626764 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 3 | 10285.0412 | -187.5670668 | 0.80193117 | 0.69478685 | 7145.91133 | 5730.52904 | 0.13641681 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 10135.798 | -255.40726 | 0.54900366 | 1.52332678 | 15440.1325 | 8476.68928 | 0.03828146 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 9687.64586 | -374.5142814 | 0.54903758 | 1.58409466 | 15346.1481 | 8425.61199 | 0.03372882 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 10190.7082 | -264.2854811 | 0.55425101 | 1.51313466 | 15419.9138 | 8546.50284 | 0.03725129 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 1 | 8946.62548 | -213.5197146 | 0.7069377 | 0.73209309 | 6549.76272 | 4630.2742 | 0.135583 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 2 | 9012.58442 | -155.4829687 | 0.75977428 | 0.76663712 | 6909.38177 | 5249.57059 | 0.13869505 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 3 | 8796.0655 | -245.1026237 | 0.68332012 | 0.81116111 | 7135.02627 | 4875.50698 | 0.13697 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 9711.04188 | -335.429011 | 0.50642055 | 1.4296858 | 13883.7387 | 7031.01054 | 0.03090741 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 10007.734 | -301.9610156 | 0.5205298 | 1.55843031 | 15596.3559 | 8118.36806 | 0.03110327 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 9922.25059 | -271.0643516 | 0.50096562 | 1.49233731 | 14807.3448 | 7417.97071 | 0.03160383 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 1 | 6240.38063 | -213.9673138 | 0.72303922 | 1.00390424 | 6264.74459 | 4529.65601 | 0.12345977 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 2 | 6609.28676 | -202.1372034 | 0.67566479 | 1.0134947 | 6698.47712 | 4525.92511 | 0.11141935 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 3 | 6793.81017 | -199.2645333 | 0.73187809 | 0.90146117 | 6124.35609 | 4482.28203 | 0.11023496 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 8655.99823 | -374.0675793 | 0.44810941 | 1.72819999 | 14959.2961 | 6703.40137 | 0.02828903 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 8405.91026 | -395.1199913 | 0.45168067 | 1.72663834 | 14513.9669 | 6555.67834 | 0.03280718 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 8805.98066 | -358.2596401 | 0.40412621 | 1.77105901 | 15595.9114 | 6302.71661 | 0.02764773 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 1 | 6885.75531 | -216.3134274 | 0.72574549 | 0.7976509 | 5492.42892 | 3986.10549 | 0.09084959 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 2 | 6840.20477 | -238.2972499 | 0.64439141 | 0.77047024 | 5270.17421 | 3396.05498 | 0.08456598 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 3 | 7341.49998 | -239.1460918 | 0.72482125 | 0.78405431 | 5756.13467 | 4172.16871 | 0.06157495 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 8154.27452 | -431.5839422 | 0.4078968 | 1.76399963 | 14384.1373 | 5867.2436 | 0.02891545 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 8342.295 | -438.731 | 0.43530997 | 1.82974925 | 15264.308 | 6644.7055 | 0.03068817 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 8886.30784 | -418.4220634 | 0.41500816 | 1.71444102 | 15235.0507 | 6322.67029 | 0.02973473 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 75 | Cuajo Chy-max | 1 | 6266.7611 | -266.7893392 | 0.66390728 | 0.86038365 | 5391.81881 | 3579.66779 | 0.04574582 |
| 75 | Cuajo Chy-max | 2 | 6028.05975 | -233.9648646 | 0.59627774 | 1.03252282 | 6224.10924 | 3711.29778 | 0.04147949 |
| 75 | Cuajo Chy-max | 3 | 5689.80085 | -232.2357053 | 0.53613445 | 1.15438057 | 6568.19554 | 3521.43593 | 0.03990207 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 8088.92113 | -446.7570006 | 0.4511041 | 1.58748726 | 12841.0592 | 5792.65447 | 0.02658137 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 6805.69697 | -503.7426828 | 0.42164782 | 1.94576948 | 13242.3175 | 5583.59428 | 0.02461912 |
| 75 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 6840.16966 | -396.0197451 | 0.39451115 | 1.87814364 | 12846.8211 | 5068.21416 | 0.02805798 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 1 | 5675.31732 | -251.5605031 | 0.49 | 1.0165811 | 5769.42031 | 2827.01595 | 0.0389281 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 2 | 4967.96951 | -369.5206168 | 0.45802372 | 1.18012863 | 5862.84306 | 2685.32116 | 0.03799922 |
| 90 | Cuajo Chy-max | 3 | 5278.2125 | -342.8785903 | 0.48043818 | 1.14840958 | 6061.54979 | 2912.19998 | 0.03944984 |
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 6311.32279 | -478.9972353 | 0.417 | 1.85199993 | 11688.5694 | 4874.13343 | 0.02286004 |
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 6266.45591 | -539.8388264 | 0.41782007 | 1.90899994 | 11962.6639 | 4998.24107 | 0.022 |
| 90 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 6539.3065 | -538.7561104 | 0.403 | 1.91207252 | 12503.6283 | 5038.96219 | 0.02148492 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 1 | 5218.15693 | -333.0999339 | 0.43456963 | 1.10004654 | 5740.21547 | 2494.52331 | 0.03301179 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 2 | 5109.36343 | -346.0098727 | 0.46117488 | 1.10558973 | 5648.85974 | 2605.11222 | 0.03522615 |
| 105 | Cuajo Chy-max | 3 | 5051.98876 | -349.2108619 | 0.45090439 | 1.14688092 | 5794.02951 | 2612.55336 | 0.03227799 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 5291.69846 | -455.5735981 | 0.38843537 | 1.99536496 | 10558.8697 | 4101.43849 | 0.02009977 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 5562.40819 | -512.4850758 | 0.37987858 | 1.91590745 | 10657.0593 | 4048.38853 | 0.02146157 |
| 105 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 5235.76242 | -593.4072919 | 0.40014215 | 1.93621624 | 10137.5682 | 4056.46831 | 0.02054839 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 1 | 5115.27876 | -343.9054538 | 0.41652893 | 1.14826483 | 5873.6947 | 2446.56374 | 0.03022799 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 2 | 5042.49226 | -346.7848368 | 0.43307638 | 1.10672936 | 5580.67423 | 2416.85822 | 0.02900351 |
| 120 | Cuajo Chy-max | 3 | 5024.76298 | -393.1032389 | 0.42467719 | 1.13041542 | 5680.06956 | 2412.19597 | 0.0302508 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 5108.27064 | -549.9608493 | 0.37162162 | 2.0123425 | 10279.5901 | 3820.11795 | 0.01945536 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 5190.71805 | -564.7335375 | 0.36403832 | 1.97529508 | 10253.1998 | 3732.55764 | 0.01989609 |
| 120 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 5074.11131 | -550.0169542 | 0.36152056 | 1.95678537 | 9928.94676 | 3589.51838 | 0.0231894 |

Bacterias mesofílicos aerobios en Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**Cuadro A 11**. Datos Crudos de análisis de conteos microbianos medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con cuajo Chy-max y extracto de trompillo *S. elaeagnifolium*

| Tiempo (días) | Tratamiento | repeticiones | Conteos totales UFC/g | Tiempo (días) | Tratamiento | repeticiones | Conteos totales UFC/g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Cuajo Chy-max | 1 | 5.70E+09 | 75 | Cuajo Chy-max | 1 | 9.20E+07 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 2 | 5.00E+09 | 75 | Cuajo Chy-max | 2 | 3.35E+07 |
| 15 | Cuajo Chy-max | 3 | 6.90E+09 | 75 | Cuajo Chy-max | 3 | 8.05E+07 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 5.05E+09 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 7.75E+07 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 6.10E+09 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 9.15E+07 |
| 15 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 4.70E+09 | 75 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 7.25E+07 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 1 | 5.90E+09 | 90 | Cuajo Chy-max | 1 | 8.40E+07 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.30E+09 | 90 | Cuajo Chy-max | 2 | 3.35E+07 |
| 30 | Cuajo Chy-max | 3 | 1.75E+09 | 90 | Cuajo Chy-max | 3 | 8.05E+07 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 5.00E+09 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 6.05E+07 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 5.10E+09 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 5.90E+07 |
| 30 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 1.95E+09 | 90 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 5.95E+07 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 1 | 4.00E+09 | 105 | Cuajo Chy-max | 1 | 3.70E+07 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 2 | 1.90E+09 | 105 | Cuajo Chy-max | 2 | 4.85E+07 |
| 45 | Cuajo Chy-max | 3 | 2.25E+09 | 105 | Cuajo Chy-max | 3 | 6.10E+07 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 4.15E+09 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 2.65E+07 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 2.45E+09 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 5.80E+07 |
| 45 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 6.20E+09 | 105 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 6.55E+06 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 1 | 5.75E+08 | 120 | Cuajo Chy-max | 1 | 1.32E+07 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 2 | 7.90E+08 | 120 | Cuajo Chy-max | 2 | 1.13E+07 |
| 60 | Cuajo Chy-max | 3 | 7.85E+08 | 120 | Cuajo Chy-max | 3 | 1.39E+07 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 7.80E+08 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 1 | 2.00E+07 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 8.65E+08 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 2 | 2.52E+07 |
| 60 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 7.40E+08 | 120 | Extracto vegetal de trompillo | 3 | 2.02E+07 |

**Cuadro A 12.** Datos crudos de compuestos volátiles (ácidos y compuestos aromáticos) aislados de queso Chihuahua

| Tiempo | Rep. | Tratamiento | Ácido acético | Ácido butanoico | Ácido piruvico | Ácido hexanoico | Ácido octanoico | Ácido decanoico (caprico) | δ-Decalactona | ácido dodecanoico | Ácido hexanoico | tolueno | p-xileno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 1 | Extracto Vegetal | 1.17E+03 | 7.87E+02 | 9.22E+03 | 9.35E+03 | 2.36E+04 | 1.72E+04 | 2.04E+04 | 2.00E+03 | 9.35E+03 | 4.12E+03 | 1.98E+03 |
| 15 | 2 | Extracto Vegetal | 2.40E+03 | 8.98E+02 | 9.23E+03 | 8.09E+03 | 2.38E+04 | 1.42E+04 | 1.80E+04 | 2.68E+03 | 8.09E+03 | 4.29E+03 | 2.81E+03 |
| 15 | 3 | Extracto Vegetal | 2.44E+03 | 1.66E+03 | 8.46E+03 | 1.03E+04 | 2.40E+04 | 1.67E+04 | 1.88E+04 | 2.50E+03 | 1.03E+04 | 4.11E+03 | 2.65E+03 |
| 15 | 1 | Cuajo Chy-max | 2.30E+03 | 1.35E+03 | 8.40E+03 | 6.63E+03 | 1.59E+04 | 1.22E+04 | 1.60E+04 | 1.97E+03 | 6.63E+03 | 3.54E+03 | 5.70E+02 |
| 15 | 2 | Cuajo Chy-max | 2.76E+03 | 7.25E+02 | 7.84E+03 | 6.45E+03 | 1.58E+04 | 1.61E+04 | 1.86E+04 | 2.58E+03 | 6.45E+03 | 2.62E+03 | 4.11E+02 |
| 15 | 3 | Cuajo Chy-max | 1.42E+03 | 1.03E+03 | 8.59E+03 | 7.19E+03 | 1.46E+04 | 1.27E+04 | 1.71E+04 | 1.99E+03 | 7.19E+03 | 3.01E+03 | 5.70E+02 |
| 30 | 1 | Extracto Vegetal | 8.31E+02 | 1.30E+03 | 7.95E+03 | 1.26E+04 | 2.33E+04 | 1.87E+04 | 1.81E+04 | 2.42E+03 | 1.26E+04 | 3.39E+03 | 8.39E+02 |
| 30 | 2 | Extracto Vegetal | 7.31E+02 | 8.55E+02 | 9.44E+03 | 1.41E+04 | 2.62E+04 | 2.34E+04 | 1.71E+04 | 2.65E+03 | 1.41E+04 | 2.46E+03 | 1.50E+03 |
| 30 | 3 | Extracto Vegetal | 7.16E+02 | 8.40E+02 | 8.23E+03 | 1.34E+04 | 2.11E+04 | 1.86E+04 | 2.12E+04 | 2.87E+03 | 1.34E+04 | 2.14E+03 | 7.00E+02 |
| 30 | 1 | Cuajo Chy-max | 4.22E+02 | 1.79E+03 | 5.55E+03 | 8.94E+03 | 1.77E+04 | 1.39E+04 | 2.12E+04 | 2.21E+03 | 8.94E+03 | 3.68E+03 | 9.42E+02 |
| 30 | 2 | Cuajo Chy-max | 1.25E+03 | 3.43E+03 | 4.59E+03 | 9.85E+03 | 2.33E+04 | 1.94E+04 | 2.05E+04 | 2.62E+03 | 9.85E+03 | 3.18E+03 | 9.98E+02 |
| 30 | 3 | Cuajo Chy-max | 1.20E+03 | 1.70E+03 | 2.67E+03 | 9.17E+03 | 2.35E+04 | 1.58E+04 | 1.59E+04 | 2.35E+03 | 9.17E+03 | 3.15E+03 | 1.10E+03 |
| 45 | 1 | Extracto Vegetal | 5.23E+02 | 4.11E+03 | 4.27E+03 | 1.52E+04 | 2.63E+04 | 2.39E+04 | 1.73E+04 | 3.06E+03 | 1.52E+04 | 8.53E+03 | 8.88E+02 |
| 45 | 2 | Extracto Vegetal | 7.52E+02 | 3.65E+03 | 3.21E+03 | 1.73E+04 | 2.65E+04 | 1.86E+04 | 1.77E+04 | 2.57E+03 | 1.73E+04 | 9.56E+03 | 8.39E+02 |
| 45 | 3 | Extracto Vegetal | 7.58E+02 | 3.61E+03 | 4.70E+03 | 1.47E+04 | 2.77E+04 | 2.20E+04 | 1.97E+04 | 3.01E+03 | 1.47E+04 | 9.22E+03 | 7.57E+02 |
| 45 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 4.30E+03 | 4.87E+03 | 1.03E+04 | 2.55E+04 | 1.86E+04 | 1.55E+04 | 2.35E+03 | 1.03E+04 | 4.82E+03 | 0.00E+00 |
| 45 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 4.15E+03 | 3.39E+03 | 9.04E+03 | 2.47E+04 | 1.64E+04 | 1.68E+04 | 2.81E+03 | 9.04E+03 | 4.05E+03 | 0.00E+00 |
| 45 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 4.21E+03 | 3.56E+03 | 9.20E+03 | 2.50E+04 | 1.76E+04 | 1.67E+04 | 2.88E+03 | 9.20E+03 | 5.35E+03 | 0.00E+00 |
| 60 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.97E+03 | 0.00E+00 | 1.55E+04 | 2.59E+04 | 2.16E+04 | 1.90E+04 | 3.20E+03 | 1.55E+04 | 5.29E+03 | 5.68E+02 |
| 60 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 3.67E+03 | 0.00E+00 | 1.82E+04 | 3.55E+04 | 2.59E+04 | 1.92E+04 | 3.55E+03 | 1.82E+04 | 4.20E+03 | 3.59E+02 |
| 60 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 2.28E+03 | 0.00E+00 | 1.93E+04 | 2.83E+04 | 1.86E+04 | 2.04E+04 | 3.62E+03 | 1.93E+04 | 5.46E+03 | 5.24E+02 |
| 60 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 2.30E+03 | 0.00E+00 | 9.26E+03 | 3.28E+04 | 2.16E+04 | 1.47E+04 | 2.73E+03 | 9.26E+03 | 7.35E+03 | 3.00E+02 |
| 60 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 2.51E+03 | 0.00E+00 | 9.99E+03 | 2.53E+04 | 1.63E+04 | 1.54E+04 | 3.05E+03 | 9.99E+03 | 9.12E+03 | 4.44E+02 |
| 60 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 3.01E+03 | 0.00E+00 | 1.02E+04 | 2.96E+04 | 1.79E+04 | 1.39E+04 | 3.17E+03 | 1.02E+04 | 8.43E+03 | 3.95E+02 |
| 75 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.49E+03 | 0.00E+00 | 2.10E+04 | 3.70E+04 | 2.66E+04 | 1.78E+04 | 4.36E+03 | 2.10E+04 | 5.21E+03 | 0.00E+00 |
| 75 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.44E+03 | 0.00E+00 | 2.15E+04 | 3.59E+04 | 2.31E+04 | 2.00E+04 | 4.65E+03 | 2.15E+04 | 3.94E+03 | 0.00E+00 |
| 75 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 7.65E+02 | 0.00E+00 | 2.36E+04 | 3.41E+04 | 2.61E+04 | 1.71E+04 | 3.26E+03 | 2.36E+04 | 4.01E+03 | 0.00E+00 |
| 75 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 2.37E+03 | 0.00E+00 | 1.00E+04 | 3.09E+04 | 2.01E+04 | 1.38E+04 | 2.80E+03 | 1.00E+04 | 8.47E+03 | 3.83E+02 |
| 75 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 2.30E+03 | 0.00E+00 | 1.11E+04 | 3.11E+04 | 2.29E+04 | 1.36E+04 | 3.20E+03 | 1.11E+04 | 8.82E+03 | 3.21E+02 |
| 75 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 2.17E+03 | 0.00E+00 | 1.29E+04 | 3.25E+04 | 2.25E+04 | 1.44E+04 | 2.99E+03 | 1.29E+04 | 7.21E+03 | 4.14E+02 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 90 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 4.74E+02 | 0.00E+00 | 2.65E+04 | 3.79E+04 | 2.66E+04 | 1.35E+04 | 3.24E+03 | 2.65E+04 | 1.78E+03 | 0.00E+00 |
| 90 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 6.41E+02 | 0.00E+00 | 2.53E+04 | 2.75E+04 | 2.47E+04 | 1.16E+04 | 5.60E+03 | 2.53E+04 | 2.95E+03 | 0.00E+00 |
| 90 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 8.59E+02 | 0.00E+00 | 2.93E+04 | 4.16E+04 | 2.99E+04 | 1.47E+04 | 5.23E+03 | 2.93E+04 | 3.08E+03 | 0.00E+00 |
| 90 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 1.84E+03 | 0.00E+00 | 1.27E+04 | 2.92E+04 | 2.17E+04 | 1.11E+04 | 3.42E+03 | 1.27E+04 | 1.87E+03 | 0.00E+00 |
| 90 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 1.78E+03 | 0.00E+00 | 1.64E+04 | 2.62E+04 | 2.34E+04 | 1.53E+04 | 3.12E+03 | 1.64E+04 | 1.56E+03 | 0.00E+00 |
| 90 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 2.19E+03 | 0.00E+00 | 1.33E+04 | 3.37E+04 | 2.14E+04 | 1.33E+04 | 3.38E+03 | 1.33E+04 | 1.11E+03 | 0.00E+00 |
| 105 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 4.47E+02 | 0.00E+00 | 3.23E+04 | 4.40E+04 | 5.45E+04 | 1.63E+04 | 5.37E+03 | 3.23E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 105 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 4.26E+02 | 0.00E+00 | 3.36E+04 | 4.67E+04 | 3.06E+04 | 1.10E+04 | 4.97E+03 | 3.36E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 105 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 4.12E+02 | 0.00E+00 | 3.86E+04 | 5.98E+04 | 4.55E+04 | 1.25E+04 | 5.64E+03 | 3.86E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 105 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 1.64E+03 | 0.00E+00 | 1.79E+04 | 3.27E+04 | 2.03E+04 | 1.33E+04 | 3.52E+03 | 1.79E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 105 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 1.26E+03 | 0.00E+00 | 1.66E+04 | 3.26E+04 | 2.42E+04 | 1.11E+04 | 3.65E+03 | 1.66E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 105 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 9.45E+02 | 0.00E+00 | 1.70E+04 | 3.62E+04 | 3.31E+04 | 1.32E+04 | 4.65E+03 | 1.70E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 120 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 3.61E+02 | 0.00E+00 | 4.07E+04 | 4.87E+04 | 4.89E+04 | 1.04E+04 | 5.29E+03 | 4.07E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 120 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 3.25E+02 | 0.00E+00 | 4.33E+04 | 5.71E+04 | 4.31E+04 | 1.14E+04 | 6.45E+03 | 4.33E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 120 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 3.57E+02 | 0.00E+00 | 4.10E+04 | 5.14E+04 | 4.41E+04 | 1.18E+04 | 6.99E+03 | 4.10E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 120 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 8.00E+02 | 0.00E+00 | 1.85E+04 | 4.62E+04 | 3.48E+04 | 1.19E+04 | 5.47E+03 | 1.85E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 120 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 9.56E+02 | 0.00E+00 | 2.22E+04 | 3.41E+04 | 2.55E+04 | 1.37E+04 | 5.04E+03 | 2.22E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 120 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 1.12E+03 | 0.00E+00 | 1.93E+04 | 4.40E+04 | 2.98E+04 | 1.27E+04 | 4.87E+03 | 1.93E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |

**Cuadro A 13**. Datos crudos de compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos, compuestos nitrogenados esteres y anhidros carboxílicos) aislados de queso Chihuahua

| Tiempo | Rep. | Tratamiento | 3 metil, 1 butanol | 2,3 -Butanediol | 1hexanol | Alcohol bencílico | 1-octanol | Alcohol fenitilico | Nonanal | oxima-metoxifenilo | Anhídrido acetico | Butirato de etilo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.48E+04 | 2.55E+03 | 3.07E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 3.52E+03 | 1.92E+03 | 6.30E+04 | 0.00E+00 |
| 15 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.30E+04 | 3.68E+03 | 3.67E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.38E+03 | 1.01E+03 | 7.84E+04 | 0.00E+00 |
| 15 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.46E+04 | 3.10E+03 | 3.22E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 3.53E+03 | 1.02E+03 | 5.55E+04 | 0.00E+00 |
| 15 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 8.04E+03 | 1.59E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.39E+03 | 1.22E+03 | 3.37E+04 | 0.00E+00 |
| 15 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 8.63E+03 | 1.67E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.35E+03 | 1.30E+03 | 2.56E+04 | 0.00E+00 |
| 15 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 9.97E+03 | 2.16E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 6.53E+03 | 1.09E+03 | 3.14E+04 | 0.00E+00 |
| 30 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.23E+04 | 6.56E+03 | 7.01E+04 | 0.00E+00 | 1.01E+03 | 4.46E+03 | 1.75E+03 | 5.31E+04 | 0.00E+00 |
| 30 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.28E+04 | 7.15E+03 | 6.51E+04 | 0.00E+00 | 1.04E+03 | 4.36E+03 | 1.26E+03 | 5.60E+04 | 0.00E+00 |
| 30 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 1.30E+04 | 1.11E+03 | 6.50E+04 | 0.00E+00 | 6.92E+02 | 3.22E+03 | 1.25E+03 | 4.97E+04 | 0.00E+00 |
| 30 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 1.74E+04 | 1.42E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.18E+03 | 5.65E+03 | 1.14E+03 | 4.00E+04 | 0.00E+00 |
| 30 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 1.77E+04 | 9.33E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.38E+03 | 5.60E+03 | 1.46E+03 | 3.09E+04 | 0.00E+00 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 1.98E+04 | 1.16E+04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.21E+03 | 5.54E+03 | 1.53E+03 | 3.28E+03 | 0.00E+00 |
| 45 | 1 | Extracto Vegetal | 1.35E+04 | 1.51E+04 | 3.02E+04 | 7.07E+04 | 3.18E+03 | 1.11E+03 | 3.11E+03 | 1.73E+03 | 2.81E+04 | 0.00E+00 |
| 45 | 2 | Extracto Vegetal | 7.54E+03 | 1.55E+04 | 2.96E+04 | 6.39E+04 | 3.88E+03 | 1.32E+03 | 4.16E+03 | 1.40E+03 | 2.49E+04 | 0.00E+00 |
| 45 | 3 | Extracto Vegetal | 9.88E+03 | 1.53E+04 | 3.27E+04 | 6.89E+04 | 3.29E+03 | 1.33E+03 | 4.30E+03 | 1.14E+03 | 2.38E+04 | 0.00E+00 |
| 45 | 1 | Cuajo Chy-max | 2.40E+04 | 1.81E+04 | 5.62E+04 | 2.61E+03 | 3.46E+03 | 6.53E+03 | 6.07E+03 | 1.74E+03 | 9.36E+02 | 0.00E+00 |
| 45 | 2 | Cuajo Chy-max | 3.37E+04 | 1.78E+04 | 6.61E+04 | 2.58E+03 | 4.05E+03 | 7.34E+03 | 6.84E+03 | 1.79E+03 | 8.12E+02 | 0.00E+00 |
| 45 | 3 | Cuajo Chy-max | 1.65E+04 | 2.33E+04 | 6.72E+04 | 2.64E+03 | 4.19E+03 | 7.41E+03 | 7.50E+03 | 1.21E+03 | 4.66E+02 | 0.00E+00 |
| 60 | 1 | Extracto Vegetal | 9.19E+03 | 2.45E+04 | 1.30E+05 | 8.29E+04 | 2.21E+04 | 1.71E+03 | 4.38E+03 | 2.00E+03 | 8.25E+03 | 0.00E+00 |
| 60 | 2 | Extracto Vegetal | 1.08E+04 | 2.19E+04 | 1.24E+05 | 7.79E+04 | 1.88E+04 | 1.80E+03 | 4.01E+03 | 1.84E+03 | 4.73E+03 | 0.00E+00 |
| 60 | 3 | Extracto Vegetal | 8.72E+03 | 2.83E+04 | 1.39E+05 | 6.65E+04 | 2.09E+04 | 1.42E+03 | 5.91E+03 | 1.72E+03 | 9.75E+03 | 0.00E+00 |
| 60 | 1 | Cuajo Chy-max | 1.78E+04 | 2.46E+04 | 9.58E+04 | 1.17E+04 | 1.01E+04 | 1.23E+04 | 6.72E+03 | 1.92E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 60 | 2 | Cuajo Chy-max | 1.43E+04 | 2.45E+04 | 1.22E+05 | 1.18E+04 | 9.98E+03 | 1.09E+04 | 7.61E+03 | 1.57E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 60 | 3 | Cuajo Chy-max | 2.03E+04 | 2.74E+04 | 1.41E+05 | 1.20E+04 | 1.04E+04 | 1.32E+04 | 6.83E+03 | 1.80E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 75 | 1 | Extracto Vegetal | 4.05E+03 | 2.32E+04 | 1.41E+05 | 8.35E+04 | 2.32E+04 | 2.73E+03 | 4.70E+03 | 2.25E+03 | 3.65E+03 | 7.28E+03 |
| 75 | 2 | Extracto Vegetal | 3.22E+03 | 2.36E+04 | 1.39E+05 | 8.04E+04 | 2.43E+04 | 1.75E+03 | 4.92E+03 | 1.53E+03 | 4.77E+03 | 6.72E+03 |
| 75 | 3 | Extracto Vegetal | 4.86E+03 | 2.44E+04 | 1.47E+05 | 8.49E+04 | 2.82E+04 | 2.63E+03 | 6.17E+03 | 2.17E+03 | 4.80E+03 | 7.22E+03 |
| 75 | 1 | Cuajo Chy-max | 1.33E+04 | 2.45E+04 | 1.51E+05 | 2.09E+04 | 1.11E+04 | 1.77E+04 | 4.39E+03 | 2.27E+03 | 0.00E+00 | 1.08E+04 |
| 75 | 2 | Cuajo Chy-max | 1.34E+04 | 2.69E+04 | 1.69E+05 | 2.74E+04 | 1.69E+04 | 2.03E+04 | 5.12E+03 | 1.54E+03 | 0.00E+00 | 1.06E+04 |
| 75 | 3 | Cuajo Chy-max | 1.41E+04 | 2.49E+04 | 1.60E+05 | 2.18E+04 | 1.30E+04 | 1.87E+04 | 5.02E+03 | 1.85E+03 | 0.00E+00 | 1.10E+04 |
| 90 | 1 | Extracto Vegetal | 3.08E+03 | 9.12E+03 | 1.78E+05 | 8.64E+04 | 2.87E+04 | 2.26E+03 | 5.04E+03 | 2.13E+03 | 0.00E+00 | 1.68E+04 |
| 90 | 2 | Extracto Vegetal | 3.98E+03 | 9.27E+03 | 1.83E+05 | 8.15E+04 | 2.82E+04 | 2.54E+03 | 5.04E+03 | 2.41E+03 | 0.00E+00 | 1.36E+04 |
| 90 | 3 | Extracto Vegetal | 4.36E+03 | 9.38E+03 | 1.91E+05 | 8.53E+04 | 3.01E+04 | 1.89E+03 | 5.69E+03 | 1.93E+03 | 0.00E+00 | 1.44E+04 |
| 90 | 1 | Cuajo Chy-max | 6.38E+03 | 3.12E+04 | 1.60E+05 | 4.41E+04 | 2.42E+04 | 2.45E+04 | 5.84E+03 | 2.06E+03 | 0.00E+00 | 1.46E+04 |
| 90 | 2 | Cuajo Chy-max | 8.24E+03 | 2.99E+04 | 1.72E+05 | 5.02E+04 | 2.30E+04 | 3.48E+04 | 5.15E+03 | 2.40E+03 | 0.00E+00 | 1.35E+04 |
| 90 | 3 | Cuajo Chy-max | 4.91E+03 | 2.82E+04 | 1.70E+05 | 4.41E+04 | 2.33E+04 | 3.30E+04 | 3.81E+03 | 1.95E+03 | 0.00E+00 | 1.37E+04 |
| 105 | 1 | Extracto Vegetal | 2.56E+03 | 7.07E+03 | 2.05E+05 | 9.44E+04 | 3.91E+04 | 2.72E+03 | 5.78E+03 | 2.98E+03 | 0.00E+00 | 1.76E+04 |
| 105 | 2 | Extracto Vegetal | 2.96E+03 | 8.65E+03 | 2.25E+05 | 9.97E+04 | 3.42E+04 | 1.46E+03 | 5.56E+03 | 3.16E+03 | 0.00E+00 | 1.47E+04 |
| 105 | 3 | Extracto Vegetal | 3.30E+03 | 8.32E+03 | 2.17E+05 | 9.16E+04 | 3.42E+04 | 2.14E+03 | 5.69E+03 | 2.72E+03 | 0.00E+00 | 1.62E+04 |
| 105 | 1 | Cuajo Chy-max | 5.33E+03 | 3.00E+04 | 1.15E+05 | 4.88E+04 | 1.24E+04 | 2.73E+04 | 5.51E+03 | 2.56E+03 | 0.00E+00 | 1.55E+04 |
| 105 | 2 | Cuajo Chy-max | 4.01E+03 | 2.95E+04 | 9.75E+04 | 5.10E+04 | 1.29E+04 | 2.43E+04 | 4.70E+03 | 2.44E+03 | 0.00E+00 | 1.69E+04 |
| 105 | 3 | Cuajo Chy-max | 3.82E+03 | 3.02E+04 | 1.02E+05 | 4.09E+04 | 1.04E+04 | 2.76E+04 | 4.46E+03 | 2.06E+03 | 0.00E+00 | 1.68E+04 |
| 120 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 5.54E+03 | 1.62E+05 | 1.38E+05 | 3.06E+04 | 1.37E+03 | 7.74E+03 | 2.58E+03 | 0.00E+00 | 2.09E+04 |
| 120 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 4.65E+03 | 1.67E+05 | 1.23E+05 | 2.66E+04 | 1.57E+03 | 8.49E+03 | 3.36E+03 | 0.00E+00 | 2.04E+04 |
| 120 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 4.13E+03 | 1.82E+05 | 1.35E+05 | 2.64E+04 | 1.38E+03 | 8.40E+03 | 3.62E+03 | 0.00E+00 | 1.75E+04 |
| 120 | 1 | Cuajo Chy-max | 2.23E+03 | 2.84E+04 | 7.49E+04 | 3.68E+04 | 1.41E+03 | 1.39E+04 | 5.29E+03 | 2.80E+03 | 0.00E+00 | 1.41E+04 |
| 120 | 2 | Cuajo Chy-max | 1.87E+03 | 2.78E+04 | 9.41E+04 | 2.98E+04 | 2.65E+03 | 1.18E+04 | 5.55E+03 | 2.60E+03 | 0.00E+00 | 1.96E+04 |
| 120 | 3 | Cuajo Chy-max | 2.82E+03 | 3.26E+04 | 1.07E+05 | 3.08E+04 | 1.70E+03 | 1.11E+04 | 5.36E+03 | 2.58E+03 | 0.00E+00 | 2.02E+04 |

**Cuadro A 14.** Datos crudos de compuestos volátiles (cetonas organoclorado y lactonas) aislados de queso Chihuahua

| Tiempo | Rep. | Tratamiento | 3-hidroxi, 2 butanona (acetoína) | 2,3-butanediona (diacetilo) | 2-heptanona (butil acetato) | 2-nonanona | 2-undecanona | δ-Decalactona | ácido dodecanoico | .δ-Dodecalactona | 1,2-diclorobenceno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 1 | Extracto Vegetal | 2.46E+03 | 6.78E+04 | 1.76E+03 | 2.70E+03 | 1.39E+03 | 2.04E+04 | 2.00E+03 | 7.03E+03 | 3.90E+04 |
| 15 | 2 | Extracto Vegetal | 2.24E+03 | 5.26E+04 | 1.25E+03 | 2.78E+03 | 1.05E+03 | 1.80E+04 | 2.68E+03 | 6.93E+03 | 4.35E+04 |
| 15 | 3 | Extracto Vegetal | 2.41E+03 | 5.42E+04 | 1.38E+03 | 3.99E+03 | 9.67E+02 | 1.88E+04 | 2.50E+03 | 6.63E+03 | 4.46E+04 |
| 15 | 1 | Cuajo Chy-max | 2.66E+03 | 2.73E+04 | 1.66E+03 | 1.46E+03 | 1.14E+03 | 1.60E+04 | 1.97E+03 | 5.45E+03 | 4.94E+04 |
| 15 | 2 | Cuajo Chy-max | 2.93E+03 | 2.41E+04 | 1.63E+03 | 1.78E+03 | 9.58E+02 | 1.86E+04 | 2.58E+03 | 6.04E+03 | 4.80E+04 |
| 15 | 3 | Cuajo Chy-max | 2.62E+03 | 2.45E+04 | 2.15E+03 | 1.37E+03 | 1.31E+03 | 1.71E+04 | 1.99E+03 | 6.16E+03 | 4.31E+04 |
| 30 | 1 | Extracto Vegetal | 1.99E+03 | 3.28E+03 | 2.20E+03 | 3.16E+03 | 1.69E+03 | 1.81E+04 | 2.42E+03 | 5.65E+03 | 4.79E+04 |
| 30 | 2 | Extracto Vegetal | 3.28E+03 | 3.77E+03 | 2.39E+03 | 4.23E+03 | 1.05E+03 | 1.71E+04 | 2.65E+03 | 6.06E+03 | 4.16E+04 |
| 30 | 3 | Extracto Vegetal | 4.45E+03 | 4.49E+03 | 1.83E+03 | 3.13E+03 | 1.19E+03 | 2.12E+04 | 2.87E+03 | 6.70E+03 | 3.75E+04 |
| 30 | 1 | Cuajo Chy-max | 5.19E+03 | 2.00E+03 | 2.45E+03 | 2.88E+03 | 1.57E+03 | 2.12E+04 | 2.21E+03 | 5.04E+03 | 4.63E+04 |
| 30 | 2 | Cuajo Chy-max | 5.05E+03 | 2.77E+03 | 1.79E+03 | 2.91E+03 | 1.44E+03 | 2.05E+04 | 2.62E+03 | 6.02E+03 | 5.30E+04 |
| 30 | 3 | Cuajo Chy-max | 3.86E+03 | 2.02E+03 | 2.20E+03 | 2.17E+03 | 1.47E+03 | 1.59E+04 | 2.35E+03 | 4.55E+03 | 4.07E+04 |
| 45 | 1 | Extracto Vegetal | 3.44E+03 | 0.00E+00 | 2.76E+03 | 3.56E+03 | 1.66E+03 | 1.73E+04 | 3.06E+03 | 5.01E+03 | 4.62E+04 |
| 45 | 2 | Extracto Vegetal | 2.90E+03 | 0.00E+00 | 2.88E+03 | 3.54E+03 | 1.35E+03 | 1.77E+04 | 2.57E+03 | 4.66E+03 | 4.94E+04 |
| 45 | 3 | Extracto Vegetal | 3.53E+03 | 0.00E+00 | 3.71E+03 | 4.37E+03 | 1.47E+03 | 1.97E+04 | 3.01E+03 | 5.29E+03 | 4.34E+04 |
| 45 | 1 | Cuajo Chy-max | 4.62E+03 | 0.00E+00 | 3.79E+03 | 3.04E+03 | 2.04E+03 | 1.55E+04 | 2.35E+03 | 4.46E+03 | 4.99E+04 |
| 45 | 2 | Cuajo Chy-max | 4.39E+03 | 0.00E+00 | 4.82E+03 | 2.78E+03 | 2.15E+03 | 1.68E+04 | 2.81E+03 | 4.70E+03 | 4.43E+04 |
| 45 | 3 | Cuajo Chy-max | 4.36E+03 | 0.00E+00 | 3.69E+03 | 2.41E+03 | 1.43E+03 | 1.67E+04 | 2.88E+03 | 4.56E+03 | 4.83E+04 |
| 60 | 1 | Extracto Vegetal | 3.20E+03 | 0.00E+00 | 2.75E+03 | 4.26E+03 | 1.91E+03 | 1.90E+04 | 3.20E+03 | 5.01E+03 | 4.60E+04 |
| 60 | 2 | Extracto Vegetal | 4.32E+03 | 0.00E+00 | 3.77E+03 | 4.56E+03 | 2.45E+03 | 1.92E+04 | 3.55E+03 | 5.22E+03 | 4.73E+04 |
| 60 | 3 | Extracto Vegetal | 5.36E+03 | 0.00E+00 | 4.14E+03 | 4.77E+03 | 2.05E+03 | 2.04E+04 | 3.62E+03 | 4.60E+03 | 4.76E+04 |
| 60 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 2.63E+03 | 3.20E+03 | 2.73E+03 | 1.47E+04 | 2.73E+03 | 4.54E+03 | 4.78E+04 |
| 60 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.80E+03 | 2.56E+03 | 1.73E+03 | 1.54E+04 | 3.05E+03 | 5.27E+03 | 4.80E+04 |
| 60 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.13E+03 | 3.93E+03 | 2.32E+03 | 1.39E+04 | 3.17E+03 | 3.76E+03 | 4.82E+04 |
| 75 | 1 | Extracto Vegetal | 1.71E+03 | 0.00E+00 | 4.14E+03 | 4.08E+03 | 2.19E+03 | 1.78E+04 | 4.36E+03 | 5.30E+03 | 4.84E+04 |
| 75 | 2 | Extracto Vegetal | 1.57E+03 | 0.00E+00 | 4.35E+03 | 4.15E+03 | 2.51E+03 | 2.00E+04 | 4.65E+03 | 5.51E+03 | 4.86E+04 |
| 75 | 3 | Extracto Vegetal | 2.24E+03 | 0.00E+00 | 4.98E+03 | 4.26E+03 | 2.63E+03 | 1.71E+04 | 3.26E+03 | 4.97E+03 | 4.88E+04 |
| 75 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.16E+03 | 4.06E+03 | 2.55E+03 | 1.38E+04 | 2.80E+03 | 4.37E+03 | 4.90E+04 |
| 75 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.03E+03 | 4.10E+03 | 2.06E+03 | 1.36E+04 | 3.20E+03 | 4.20E+03 | 4.92E+04 |
| 75 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.30E+03 | 4.01E+03 | 2.56E+03 | 1.44E+04 | 2.99E+03 | 4.97E+03 | 4.94E+04 |
| 90 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 6.08E+03 | 2.26E+03 | 3.12E+03 | 1.35E+04 | 3.24E+03 | 5.06E+03 | 4.96E+04 |
| 90 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 7.74E+03 | 3.55E+03 | 2.67E+03 | 1.16E+04 | 5.60E+03 | 4.79E+03 | 4.98E+04 |
| 90 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 7.86E+03 | 3.03E+03 | 2.12E+03 | 1.47E+04 | 5.23E+03 | 5.17E+03 | 4.99E+04 |
| 90 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.68E+03 | 4.06E+03 | 2.56E+03 | 1.11E+04 | 3.42E+03 | 4.47E+03 | 5.01E+04 |
| 90 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 6.08E+03 | 3.09E+03 | 2.33E+03 | 1.53E+04 | 3.12E+03 | 3.77E+03 | 5.03E+04 |
| 90 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.33E+03 | 1.26E+03 | 2.58E+03 | 1.33E+04 | 3.38E+03 | 3.70E+03 | 5.05E+04 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 105 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 6.25E+03 | 3.43E+03 | 3.40E+03 | 1.63E+04 | 5.37E+03 | 4.83E+03 | 5.07E+04 |
| 105 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 9.47E+03 | 2.59E+03 | 2.85E+03 | 1.10E+04 | 4.97E+03 | 4.82E+03 | 5.09E+04 |
| 105 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 7.34E+03 | 3.29E+03 | 2.75E+03 | 1.25E+04 | 5.64E+03 | 4.85E+03 | 5.11E+04 |
| 105 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 6.07E+03 | 2.66E+03 | 2.93E+03 | 1.33E+04 | 3.52E+03 | 3.89E+03 | 5.13E+04 |
| 105 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 7.01E+03 | 2.86E+03 | 3.13E+03 | 1.11E+04 | 3.65E+03 | 2.90E+03 | 5.15E+04 |
| 105 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.32E+03 | 2.37E+03 | 2.89E+03 | 1.32E+04 | 4.65E+03 | 4.36E+03 | 5.17E+04 |
| 120 | 1 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.04E+04 | 2.56E+03 | 2.77E+03 | 1.04E+04 | 5.29E+03 | 4.98E+03 | 5.19E+04 |
| 120 | 2 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 9.81E+03 | 2.54E+03 | 3.40E+03 | 1.14E+04 | 6.45E+03 | 5.31E+03 | 5.21E+04 |
| 120 | 3 | Extracto Vegetal | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.08E+04 | 3.09E+03 | 3.49E+03 | 1.18E+04 | 6.99E+03 | 4.13E+03 | 5.23E+04 |
| 120 | 1 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 6.84E+03 | 1.42E+03 | 4.12E+03 | 1.19E+04 | 5.47E+03 | 3.16E+03 | 5.25E+04 |
| 120 | 2 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 6.12E+03 | 2.00E+03 | 3.56E+03 | 1.37E+04 | 5.04E+03 | 3.12E+03 | 5.27E+04 |
| 120 | 3 | Cuajo Chy-max | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 7.26E+03 | 1.52E+03 | 3.09E+03 | 1.27E+04 | 4.87E+03 | 3.97E+03 | 5.29E+04 |

## 10.2. Análisis Estadístico

Composición en Base húmeda y Seca de Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

Método

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

Información del factor

| Factor | Niveles | Valores |
|---|---|---|
| TRATAMIENTO | 2 | EV, QR |

ANOVA un solo factor: Humedad vs tratamiento

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| TRATAMIENTO | 1 | 9.4713 | 9.47133 | 128.04 | 0.000 |
| Error | 4 | 0.2959 | 0.07397 | | |
| Total | 5 | 9.7672 | | | |

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 40.698 | A | |
| QR | 3 | 38.186 | | B |

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

ANOVA de un solo factor: % proteína(BS) vs. TRATAMIENTO

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| TRATAMIENTO | 1 | 6.0339 | 6.03392 | 149.09 | 0.000 |
| Error | 4 | 0.1619 | 0.04047 | | |
| Total | 5 | 6.1958 | | | |

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| QR | 3 | 39.166 | A |
| EV | 3 | 37.161 | B |

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

ANOVA de un solo factor: % grasa (BS) vs. TRATAMIENTO

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| TRATAMIENTO | 1 | 3.064 | 3.0638 | 9.62 | 0.036 |
| Error | 4 | 1.273 | 0.3183 | | |
| Total | 5 | 4.337 | | | |

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| EV | 3 | 54.072 | A |
| QR | 3 | 52.643 | B |

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

ANOVA de un solo factor: % cenizas (BS) vs. TRATAMIENTO

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| TRATAMIENTO | 1 | 0.25192 | 0.25192 | 11.15 | 0.029 |
| Error | 4 | 0.09036 | 0.02259 | | |
| Total | 5 | 0.34228 | | | |

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 5.882 | A | |
| QR | 3 | 5.4722 | | B |

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

ANOVA de un solo factor: % carbohidratos (BS) vs. TRATAMIENTO

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| TRATAMIENTO | 1 | 0.04166 | 0.04166 | 0.18 | 0.690 |
| Error | 4 | 0.90422 | 0.22606 | | |
| Total | 5 | 0.94588 | | | |

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| EV | 3 | 2.885 | A |
| QR | 3 | 2.718 | A |

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

Rendimiento de Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**ANOVA de un solo factor: rendimiento vs. TRATAMIENTO**

Método

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

**Información del factor**

| Factor | Niveles | Valores |
|---|---|---|
| TRATAMIENTO | 2 | EV, QR |

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| TRATAMIENTO | 1 | 2.4899 | 2.48986 | 25.60 | 0.007 |
| Error | 4 | 0.3891 | 0.09727 | | |
| Total | 5 | 2.8789 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| QR | 3 | 9.304 | A | |
| EV | 3 | 8.0153 | | B |

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

pH Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**Modelo lineal general: pH vs. Dia, Tratamiento**

**Información del factor**

| Factor | Tipo | Niveles | Valores |
|---|---|---|---|
| Dia | Fijo | 8 | 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 |
| Tratamiento | Fijo | 2 | EV, QR |

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Dia | 7 | 0.95390 | 0.136271 | 101.95 | 0.000 |
| Tratamiento | 1 | 0.00978 | 0.009776 | 7.31 | 0.011 |
| Dia*Tratamiento | 7 | 0.10607 | 0.015153 | 11.34 | 0.000 |
| Error | 32 | 0.04277 | 0.001337 | | |
| Total | 47 | 1.11252 | | | |

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Dia Cuajo Chy-max**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Dia | 7 | 0.75465 | 0.107808 | 61.65 | 0.000 |
| Error | 16 | 0.02798 | 0.001749 | | |
| Total | 23 | 0.78263 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Dia | N | Media | Agrupación | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 3 | 5.2497 | A | | |
| 30 | 3 | 4.9717 | | B | |
| 45 | 3 | 4.80767 | | | C |
| 60 | 3 | 4.7767 | | | C |
| 75 | 3 | 4.7550 | | | C |
| 120 | 3 | 4.7170 | | | C |
| 90 | 3 | 4.7010 | | | C |
| 105 | 3 | 4.6990 | | | C |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Dia Cuajo Extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium***

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Dia | 7 | 0.30531 | 0.043616 | 47.17 | 0.000 |
| Error | 16 | 0.01479 | 0.000925 | | |
| Total | 23 | 0.32011 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Dia | N | Media | Agrupación | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 3 | 5.1193 | A | | | |
| 45 | 3 | 4.91500 | | B | | |
| 60 | 3 | 4.8920 | | B | | |
| 75 | 3 | 4.8550 | | B | C | |
| 30 | 3 | 4.8450 | | B | C | |
| 90 | 3 | 4.7723 | | | C | D |
| 120 | 3 | 4.7550 | | | | D |
| 105 | 3 | 4.7523 | | | | D |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Tratamiento 15**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 0.025480 | 0.025480 | 15.40 | 0.017 |
| Error | 4 | 0.006619 | 0.001655 | | |
| Total | 5 | 0.032100 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| QR | 3 | 5.2497 | A | |
| EV | 3 | 5.1193 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Tratamiento 30**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 0.024067 | 0.024067 | 26.87 | 0.007 |
| Error | 4 | 0.003583 | 0.000896 | | |
| Total | 5 | 0.027649 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| QR | 3 | 4.9717 | A | |
| EV | 3 | 4.8450 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Tratamiento 45**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 0.017281 | 0.017281 | 89.69 | 0.001 |
| Error | 4 | 0.000771 | 0.000193 | | |
| Total | 5 | 0.018051 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4.91500 | A | |
| QR | 3 | 4.80767 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Tratamiento 60**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 0.019953 | 0.019953 | 12.19 | 0.025 |
| Error | 4 | 0.006545 | 0.001636 | | |
| Total | 5 | 0.026497 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4.8920 | A | |
| QR | 3 | 4.7767 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Tratamiento 75**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 0.015000 | 0.015000 | 8.98 | 0.040 |
| Error | 4 | 0.006682 | 0.001670 | | |
| Total | 5 | 0.021682 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4.8550 | A | |
| QR | 3 | 4.7550 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Tratamiento 90**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 0.007633 | 0.007633 | 10.04 | 0.034 |
| Error | 4 | 0.003041 | 0.000760 | | |
| Total | 5 | 0.010673 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4.7723 | A | |
| QR | 3 | 4.7010 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Tratamiento 105**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 0.004267 | 0.004267 | 2.56 | 0.185 |
| Error | 4 | 0.006659 | 0.001665 | | |
| Total | 5 | 0.010925 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4.7523 | A |
| QR | 3 | 4.6990 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: pH vs. Tratamiento 120**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 0.002166 | 0.002166 | 0.98 | 0.379 |
| Error | 4 | 0.008876 | 0.002219 | | |
| Total | 5 | 0.011042 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4.7550 | A |
| QR | 3 | 4.7170 | A |

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

Capacidad de Fusión de Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**ANOVA de un solo factor: unidades Schreiber vs. Día Cuajo Chy-max**

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Día | 11 | 212.224 | 19.2931 | 283.13 | 0.000 |
| Error | 24 | 1.635 | 0.0681 | | |
| Total | 35 | 213.859 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Día | N | Media | Agrupación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 3 | 7.542 | A | | | | | |
| 105 | 3 | 7.375 | A | | | | | |
| 90 | 3 | 7.3333 | A | | | | | |
| 75 | 3 | 6.3333 | | B | | | | |
| 60 | 3 | 5.250 | | | C | | | |
| 45 | 3 | 4.583 | | | C | | | |
| 30 | 3 | 3.708 | | | | D | | |
| 21 | 3 | 2.917 | | | | | E | |
| 15 | 3 | 2.125 | | | | | | F |
| 9 | 3 | 1.7083 | | | | | | F | G | |
| 3 | 3 | 1.250 | | | | | | | G | H |
| 1 | 3 | 0.6250 | | | | | | | | H |

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

**ANOVA de un solo factor: unidades schreiber vs. Día Extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium***

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Día | 11 | 359.460 | 32.6781 | 745.45 | 0.000 |
| Error | 24 | 1.052 | 0.0438 | | |
| Total | 35 | 360.512 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Día | N | Media | Agrupación | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 3 | 9.0833 | A | | | |
| 21 | 3 | 7.208 | | B | | |
| 15 | 3 | 5.5833 | | | C | |
| 9 | 3 | 4.750 | | | | D |
| 3 | 3 | 4.042 | | | | E |
| 1 | 3 | 3.708 | | | | E |
| 120 | 3 | 0.000000 | | | | |
| 105 | 3 | 0.000000 | | | | |
| 90 | 3 | 0.000000 | | | | |
| 75 | 3 | 0.000000 | | | | |
| 60 | 3 | 0.000000 | | | | |
| 45 | 3 | 0.000000 | | | | |

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

**ANOVA de un solo factor: unidades Schreiber vs. Tratamiento 1**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 14.2604 | 14.2604 | 547.60 | 0.000 |
| Error | 4 | 0.1042 | 0.0260 | | |
| Total | 5 | 14.3646 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 3.708 | A | |
| QR | 3 | 0.6250 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: unidades Schreiber vs. Tratamiento 3**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 11.6901 | 11.6901 | 280.56 | 0.000 |
| Error | 4 | 0.1667 | 0.0417 | | |
| Total | 5 | 11.8568 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4.042 | A | |
| QR | 3 | 1.250 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: unidades Schreiber vs. Tratamiento 9**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 13.8776 | 13.8776 | 532.90 | 0.000 |
| Error | 4 | 0.1042 | 0.0260 | | |
| Total | 5 | 13.9818 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4.750 | A | |
| QR | 3 | 1.7083 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: unidades Schreiber vs. Tratamiento 15**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 17.9401 | 17.9401 | 430.56 | 0.000 |
| Error | 4 | 0.1667 | 0.0417 | | |
| Total | 5 | 18.1068 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 5.5833 | A | |
| QR | 3 | 2.125 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: unidades Schreiber vs. Tratamiento 21**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 27.628 | 27.6276 | 75.78 | 0.001 |
| Error | 4 | 1.458 | 0.3646 | | |
| Total | 5 | 29.086 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 7.208 | A | |
| QR | 3 | 2.917 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: unidades Schreiber vs. Tratamiento 30**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 43.3359 | 43.3359 | 2080.13 | 0.000 |
| Error | 4 | 0.0833 | 0.0208 | | |
| Total | 5 | 43.4193 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 9.0833 | A | |
| QR | 3 | 3.708 | | B |

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

Evaluación del color de Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**Modelo lineal general: croma vs. Tiempo, Tratamiento**

**Información del factor**

| Factor | Tipo | Niveles | Valores |
|---|---|---|---|
| Tiempo | Fijo | 8 | 15.00, 30.00, 45.00, 60.00, 75.00, 90.00, 105.00, 120.00 |
| Tratamiento | Fijo | 2 | EV, QR |

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 31.8881 | 4.5554 | 3.29 | 0.009 |
| Tratamiento | 1 | 0.2780 | 0.2780 | 0.20 | 0.657 |
| Tiempo*Tratamiento | 7 | 4.5382 | 0.6483 | 0.47 | 0.850 |
| Error | 32 | 44.2854 | 1.3839 | | |
| Total | 47 | 80.9897 | | | |

**ANOVA de un solo factor: croma vs. Tiempo**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 17.65 | 2.5218 | 2.92 | 0.036 |
| Error | 16 | 13.84 | 0.8647 | | |
| Total | 23 | 31.49 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| 90.00 | 3 | 17.177 | A | |
| 75.00 | 3 | 16.915 | A | |
| 105.00 | 3 | 16.563 | A | B |
| 45.00 | 3 | 16.381 | A | B |
| 120.00 | 3 | 16.144 | A | B |
| 60.00 | 3 | 16.114 | A | B |
| 15.00 | 3 | 15.466 | A | B |
| 30.00 | 3 | 14.264 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: Hue vs. Tiempo Cuajo Chy-max**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 15.52 | 2.217 | 1.29 | 0.315 |
| Error | 16 | 27.46 | 1.716 | | |
| Total | 23 | 42.97 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| 90.00 | 3 | 105.406 | A |
| 75.00 | 3 | 105.278 | A |
| 105.00 | 3 | 104.538 | A |
| 60.00 | 3 | 104.05 | A |
| 30.00 | 3 | 103.836 | A |
| 15.00 | 3 | 103.797 | A |
| 120.00 | 3 | 103.676 | A |
| 45.00 | 3 | 102.84 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: Hue vs. Tiempo extracto de trompillo**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 51.14 | 7.305 | 4.52 | 0.006 |
| Error | 16 | 25.86 | 1.616 | | |
| Total | 23 | 77.00 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| 60.00 | 3 | 105.03 | A | |
| 75.00 | 3 | 103.562 | A | B |
| 90.00 | 3 | 102.588 | A | B |
| 45.00 | 3 | 101.750 | A | B |
| 30.00 | 3 | 101.514 | A | B |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 120.00 | 3 | 100.939 | B |
| 105.00 | 3 | 100.765 | B |
| 15.00 | 3 | 100.514 | B |

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

**ANOVA de un solo factor: ΔE vs. Tiempo de maduración**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo de maduración | 7 | 14.124 | 2.0177 | 6.90 | 0.001 |
| Error | 16 | 4.680 | 0.2925 | | |
| Total | 23 | 18.804 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo de maduración | N | Media | Agrupación | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 3 | 5.649 | A | | | |
| 105 | 3 | 5.208 | A | B | | |
| 90 | 3 | 5.007 | A | B | C | |
| 60 | 3 | 4.189 | A | B | C | D |
| 75 | 3 | 4.056 | | B | C | D |
| 45 | 3 | 3.782 | | B | C | D |
| 30 | 3 | 3.582 | | | C | D |
| 15 | 3 | 3.439 | | | | D |

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

Evaluación del Color del Dorado de los Quesos Cuajados con Trompillo y cuajo Chy-max

**Modelo lineal general: croma vs. Tiempo, Tratamiento**

**Información del factor**

| Factor | Tipo | Niveles | Valores |
|---|---|---|---|
| Tiempo | Fijo | 8 | 15.00, 30.00, 45.00, 60.00, 75.00, 90.00, 105.00, 120.00 |
| Tratamiento | Fijo | 2 | EV, QR |

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 31.8881 | 4.5554 | 3.29 | 0.009 |
| Tratamiento | 1 | 0.2780 | 0.2780 | 0.20 | 0.657 |
| Tiempo*Tratamiento | 7 | 4.5382 | 0.6483 | 0.47 | 0.850 |
| Error | 32 | 44.2854 | 1.3839 | | |
| Total | 47 | 80.9897 | | | |

**ANOVA de un solo factor: croma vs. Tiempo Cuajo Chy-max**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 855.0 | 122.143 | 16.84 | 0.000 |
| Error | 16 | 116.0 | 7.253 | | |
| Total | 23 | 971.0 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 120.00 | 3 | 29.323 | A | | | |
| 105.00 | 3 | 26.23 | A | B | | |
| 90.00 | 3 | 20.72 | | B | C | |
| 75.00 | 3 | 20.39 | | B | C | |
| 60.00 | 3 | 16.220 | | | C | D |
| 15.00 | 3 | 13.683 | | | C | D |
| 30.00 | 3 | 13.192 | | | C | D |
| 45.00 | 3 | 11.824 | | | | D |

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

**ANOVA de un solo factor: croma vs. Tiempo extracto trompillo *S. elaeagnifolium***

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 470.90 | 67.272 | 29.22 | 0.000 |
| Error | 16 | 36.83 | 2.302 | | |
| Total | 23 | 507.73 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 120.00 | 3 | 21.27 | A | | |
| 105.00 | 3 | 20.338 | A | | |
| 90.00 | 3 | 20.303 | A | | |
| 75.00 | 3 | 18.584 | A | B | |
| 45.00 | 3 | 15.74 | | B | |
| 60.00 | 3 | 15.470 | | B | |
| 30.00 | 3 | 9.898 | | | C |
| 15.00 | 3 | 9.035 | | | C |

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

**ANOVA de un solo factor: Hue vs. Tiempo Cuajo Chy-max**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 8151.3 | 1164.47 | 156.27 | 0.000 |
| Error | 16 | 119.2 | 7.45 | | |
| Total | 23 | 8270.5 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| 45.00 | 3 | 113.06 | A |
| 60.00 | 3 | 108.43 | A |
| 15.00 | 3 | 107.956 | A |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 30.00 | 3 | 107.864 | A | | |
| 75.00 | 3 | 99.82 | | B | |
| 120.00 | 3 | 71.518 | | | C |
| 105.00 | 3 | 70.05 | | | C |
| 90.00 | 3 | 68.53 | | | C |

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

**ANOVA de un solo factor: Hue vs. Tiempo Extracto de trompillo *S. elaeagnifolium***

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 21305.0 | 3043.57 | 1129.34 | 0.000 |
| Error | 16 | 43.1 | 2.69 | | |
| Total | 23 | 21348.1 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15.00 | 3 | 120.711 | A | | | | | |
| 30.00 | 3 | 112.98 | | B | | | | |
| 45.00 | 3 | 101.80 | | | C | | | |
| 60.00 | 3 | 95.436 | | | | D | | |
| 75.00 | 3 | 54.57 | | | | | E | |
| 90.00 | 3 | 52.325 | | | | | E | F |
| 105.00 | 3 | 49.883 | | | | | | F |
| 120.00 | 3 | 43.492 | | | | | | G |

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

**ANOVA de un solo factor: IP vs. Tiempo Cuajo Chy-max**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 16087.8 | 2298.25 | 48.72 | 0.000 |
| Error | 16 | 754.8 | 47.18 | | |
| Total | 23 | 16842.6 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 120.00 | 3 | 85.56 | A | | | |
| 105.00 | 3 | 64.91 | | B | | |
| 90.00 | 3 | 50.49 | | B | C | |
| 75.00 | 3 | 37.70 | | | C | D |
| 60.00 | 3 | 20.960 | | | | D E |
| 30.00 | 3 | 13.347 | | | | E |
| 15.00 | 3 | 13.222 | | | | E |
| 45.00 | 3 | 11.292 | | | | E |

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

**ANOVA de un solo factor: IP vs. Tiempo Extracto vegetal de trompillo *S. elaeagnifolium.***

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo | 7 | 15150.9 | 2164.42 | 75.94 | 0.000 |
| Error | 16 | 456.0 | 28.50 | | |
| Total | 23 | 15606.9 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tiempo | N | Media | Agrupación | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 105.00 | 3 | 70.23 | A | | | |
| 120.00 | 3 | 70.11 | A | | | |
| 90.00 | 3 | 69.94 | A | | | |
| 75.00 | 3 | 54.03 | | B | | |
| 60.00 | 3 | 31.76 | | | C | |
| 45.00 | 3 | 24.17 | | | C | D |
| 30.00 | 3 | 9.853 | | | | D |
| 15.00 | 3 | 9.09 | | | | D |

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

**Modelo lineal general: Conteos totales vs. Dia, Tratamiento**

**Información del factor**

| Factor | Tipo | Niveles | Valores |
|---|---|---|---|
| Dia | Fijo | 8 | 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 |
| Tratamiento | Fijo | 2 | EV, QR |

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Dia | 7 | 2.11777E+20 | 3.02539E+19 | 34.94 | 0.000 |
| Tratamiento | 1 | 2.16424E+17 | 2.16424E+17 | 0.25 | 0.621 |
| Dia*Tratamiento | 7 | 3.90952E+18 | 5.58503E+17 | 0.65 | 0.716 |
| Error | 32 | 2.77086E+19 | 8.65895E+17 | | |
| Total | 47 | 2.43612E+20 | | | |

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Dia Cuajo Chy-max**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Dia | 7 | 1.06433E+20 | 1.52047E+19 | 18.47 | 0.000 |
| Error | 16 | 1.31739E+19 | 8.23370E+17 | | |
| Total | 23 | 1.19607E+20 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Dia | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| 15 | 3 | 5866666667 | A |
| 30 | 3 | 3983333333 | A B |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 45 | 3 | 2716666667 | B | C | |
| 60 | 3 | 716666667 | | C | D |
| 75 | 3 | 68666667 | | | D |
| 90 | 3 | 66000000 | | | D |
| 105 | 3 | 48833333 | | | D |
| 120 | 3 | 12783333 | | | D |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Dia Extracto de trompillo *S. elaeagnifolium.***

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Dia | 7 | 1.09253E+20 | 1.56076E+19 | 17.18 | 0.000 |
| Error | 16 | 1.45347E+19 | 9.08419E+17 | | |
| Total | 23 | 1.23788E+20 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Dia | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| 15 | 3 | 5283333333 | A | |
| 45 | 3 | 4266666667 | A | |
| 30 | 3 | 4016666667 | A | |
| 60 | 3 | 795000000 | | B |
| 75 | 3 | 80500000 | | B |
| 90 | 3 | 59666667 | | B |
| 105 | 3 | 30350000 | | B |
| 120 | 3 | 21800000 | | B |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Tratamiento 15**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 5.10417E+17 | 5.10417E+17 | 0.70 | 0.449 |
| Error | 4 | 2.90833E+18 | 7.27083E+17 | | |
| Total | 5 | 3.41875E+18 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| QR | 3 | 5866666667 | A |
| EV | 3 | 5283333333 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Tratamiento 30**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 1.66667E+15 | 1.66667E+15 | 0.00 | 0.984 |
| Error | 4 | 1.51733E+19 | 3.79333E+18 | | |
| Total | 5 | 1.51750E+19 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4016666667 | A |
| QR | 3 | 3983333333 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Tratamiento 45**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 3.60375E+18 | 3.60375E+18 | 1.50 | 0.287 |
| Error | 4 | 9.58333E+18 | 2.39583E+18 | | |
| Total | 5 | 1.31871E+19 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| EV | 3 | 4266666667 | A |
| QR | 3 | 2716666667 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Tratamiento 60**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 9.20417E+15 | 9.20417E+15 | 0.96 | 0.382 |
| Error | 4 | 3.82667E+16 | 9.56667E+15 | | |
| Total | 5 | 4.74708E+16 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| EV | 3 | 795000000 | A |
| QR | 3 | 716666667 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Tratamiento 75**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 2.10042E+14 | 2.10042E+14 | 0.40 | 0.563 |
| Error | 4 | 2.11517E+15 | 5.28792E+14 | | |
| Total | 5 | 2.32521E+15 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| EV | 3 | 80500000 | A |
| QR | 3 | 68666667 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Tratamiento 90**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 6.01667E+13 | 6.01667E+13 | 0.15 | 0.717 |
| Error | 4 | 1.59167E+15 | 3.97917E+14 | | |
| Total | 5 | 1.65183E+15 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| QR | 3 | 66000000 | A |
| EV | 3 | 59666667 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Tratamiento 105**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 5.12450E+14 | 5.12450E+14 | 1.25 | 0.325 |
| Error | 4 | 1.63395E+15 | 4.08488E+14 | | |
| Total | 5 | 2.14640E+15 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|---|---|---|---|
| QR | 3 | 48833333 | A |
| EV | 3 | 30350000 | A |

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

**ANOVA de un solo factor: Conteos totales vs. Tratamiento 120**

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 1 | 1.21950E+14 | 1.21950E+14 | 23.08 | 0.009 |
| Error | 4 | 2.11317E+13 | 5.28292E+12 | | |
| Total | 5 | 1.43082E+14 | | | |

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

| Tratamiento | N | Media | Agrupación | |
|---|---|---|---|---|
| EV | 3 | 21800000 | A | |
| QR | 3 | 12783333 | | B |

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

## 10.3. Tablas Complementarias

**Cuadro A 15.** pH medido en diferentes tiempos de maduración de quesos Chihuahua fabricados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max

| Tiempo (días) | Chy-max | Extracto vegetal |
|---|---|---|
| 15 | 5.25 ± 0.05 | 5.12 ± 0.02 |
| 30 | 4.97 ± 0.04 | 4.85 ± 0.02 |
| 45 | 4.92 ± 0.02 | 4.81 ± 0.01 |
| 60 | 4.89 ± 0.04 | 4.78 ± 0.04 |
| 75 | 4.86 ± 0.05 | 4.76 ± 0.03 |
| 90 | 4.77 ± 0.02 | 4.70 ± 0.03 |
| 105 | 4.75 ±0.04 | 4.70 ± 0.05 |
| 120 | 4.76 ± 0.02 | 4.72 ± 0.06 |

**Cuadro A 16.** Capacidad de fusión de quesos Chihuahua fabricados con extracto vegetal de *S. elaeagnifolium* y cuajo Chy-max

| Tiempo de maduración (días) | Extracto vegetal | Quimosina recombinante |
|---|---|---|
| 1 | $3.71 \pm 0.20^{a}$ | $0.62 \pm 0.12^{b}$ |
| 3 | $4.04 \pm 0.20^{a}$ | $1.25 \pm 0.21^{b}$ |
| 9 | $4.75 \pm 0.22^{a}$ | $1.71 \pm 0.07^{b}$ |
| 15 | $5.58 \pm 0.14^{a}$ | $2.12 \pm 0.25^{b}$ |
| 21 | $7.20 \pm 0.61^{a}$ | $2.91 \pm 0.59^{b}$ |
| 30 | $9.08 \pm 0.07^{a}$ | $3.70 \pm 0.19^{b}$ |
| 45 | ND | $4.58 \pm 0.19^{b}$ |
| 60 | ND | $5.25 \pm 0.33^{b}$ |
| 75 | ND | $6.33 \pm 0.07^{b}$ |
| 90 | ND | $7.33 \pm 0.07^{b}$ |
| 105 | ND | $7.37 \pm 0.33^{b}$ |
| 120 | ND | $7.54 \pm 0.19^{b}$ |

**Cuadro A 17**. Análisis de perfil de textura medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua cuajados con Cuajo Chy-max y extracto vegetal de *S. elaeagnifolium*

| Parámetro | Tipo de enzima | Tiempo de maduración (días) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 |
| Dureza (g) | Chy-max | 10014.52 ± 268.07 $^{aA}$ | 8918.42 ±110.98 $^{bB}$ | 6547.82 ± 281.78 $^{bC}$ | 7022.48 ± 277.21 $^{bCD}$ | 5994.87 ± 289.90 $^{bD}$ | 5307.16 ± 354.56 $^{bE}$ | 5126.50 ± 84.39 $^{bE}$ | 5060.84 ± 47.96 $^{aE}$ |
| | Extracto vegetal | 10004.71 ± 275.96 $^{aA}$ | 9880.34 ± 152.72 $^{aA}$ | 8622.62 ± 202.11 $^{aB}$ | 8460.95 ± 380.16 $^{aB}$ | 7244.92 ± 731.12 $^{aC}$ | 6372.36 ± 146.30 $^{aC}$ | 5363.28 ± 174.69 $^{aD}$ | 5124.36 ± 59.94 $^{aD}$ |
| Adhesividad (g. sec$^{-1}$) | Chy-max | -165.37 ± 37.03 $^{bA}$ | -204.70 ± 45.45 $^{bA}$ | -205.12 ± 7.79 $^{bA}$ | -231.25 ± 12.94 $^{bAB}$ | -244.32 ± 19.46 $^{bAB}$ | -321.31 ± 61.86 $^{bBC}$ | -342.77 ± 8.52 $^{bC}$ | -361.26 ± 27.61 $^{Bc}$ |
| | Extracto vegetal | -188.53 ± 66.35 $^{aA}$ | -302.81 ± 32.19 $^{aA}$ | -375.81 ± 18.49 $^{aAB}$ | -429.57 ± 10.30 $^{aBC}$ | -448.83 ± 53.89 $^{aBCD}$ | -519.19 ± 34.81 $^{aCD}$ | -520.48 ± 69.26 $^{aCD}$ | -554.90 ± 8.51 $^{aD}$ |
| Elasticidad | Chy-max | 0.75 ± 0.04 $^{aA}$ | 0.71 ± 0.03 $^{aA}$ | 0.71 ± 0.03 $^{aA}$ | 0.69 ± 0.04 $^{aAB}$ | 0.59 ± 0.06 $^{aB}$ | 0.47 ± 0.01 $^{aC}$ | 0.44 ± 0.01 $^{aC}$ | 0.42 ± 0.00 $^{aC}$ |
| | Extracto vegetal | 0.55 ± 0.00 $^{bA}$ | 0.50 ± 0.01 $^{bA}$ | 0.43 ± .02 $^{bB}$ | 0.41 ± 0.01 $^{bBC}$ | 0.42 ± 0.02 $^{bBC}$ | 0.41 ± 0.00 $^{bBC}$ | 0.38 ± 0.01 $^{bCD}$ | 0.36 ± 0.00 $^{bC}$ |
| Cohesividad | Chy-max | 0.76 ± 0.06 $^{bC}$ | 0.76 ± 0.03 $^{bC}$ | 0.97 ± 0.06 $^{bBC}$ | 0.78 ± 0.01 $^{bAB}$ | 1.01 ± 0.14 $^{bA}$ | 1.11 ± 0.08 $^{bA}$ | 1.11 ± 0.02 $^{bA}$ | 1.12 ± 0.02 $^{bA}$ |
| | Extracto vegetal | 1.54 ± 0.03 $^{aD}$ | 1.49 ± 0.06 $^{aCD}$ | 1.74 ± 0.02 $^{aBC}$ | 1.77 ± 0.05 $^{aAB}$ | 1.80 ± 0.19 $^{aAB}$ | 1.89 ±0.03 $^{aAB}$ | 1.94 ± 0.04 $^{aAB}$ | 1.98 ± 0.02 $^{aA}$ |
| Gomosidad (g) | Chy-max | 7644.70 ± 455.13 $^{bA}$ | 6864.72 ± 295.17 $^{bAB}$ | 6362.52 ± 299.29 $^{bBC}$ | 5506.24 ± 243.27 $^{bBC}$ | 6061.37 ± 604.83 $^{bC}$ | 5897.93 ± 149.19 $^{bC}$ | 5727.70 ± 73.38 $^{bC}$ | 5711.47 ± 149.01 $^{bC}$ |
| | Extracto vegetal | 15402.06 ± 49.46 $^{aA}$ | 14762.47 ± 857.18 $^{aA}$ | 15023.05 ± 543.78 $^{aA}$ | 14961.16 ± 499.93 $^{aA}$ | 12976.73 ± 230.02 $^{aB}$ | 12051.62 ± 414.74 $^{aB}$ | 10451.16 ± 275.98 $^{aC}$ | 10153.91 ± 195.27 $^{aC}$ |
| Masticabilidad (g.sec$^{-1}$) | Chy-max | 5749.36 ± 190.81 $^{bA}$ | 4918.45 ± 311.87 $^{bB}$ | 4512.62 ± 26.34 $^{bB}$ | 3851.44 ± 405.20 $^{bC}$ | 3604.13 ± 97.26 $^{bC}$ | 2808.17 ± 114.60 $^{bD}$ | 2570.72 ± 66.10 $^{bD}$ | 2425.20 ± 18.64 $^{bD}$ |
| | Extracto vegetal | 8482.93 ± 60.68 $^{aA}$ | 7522.44 ± 551.15 $^{aB}$ | 6520.59 ± 202.63 $^{aC}$ | 6278.20 ± 390.63 $^{aCD}$ | 5481.48 ± 372.85 $^{aDE}$ | 4970.44 ± 85.85 $^{aE}$ | 4068.76 ± 28.58 $^{aF}$ | 3714.06 ± 116.40 $^{aF}$ |
| Resiliencia | Chy-max | 0.13 ± 0.00 $^{aA}$ | 0.13 ± 0.00 $^{aA}$ | 0.11 ± 0.00 $^{aB}$ | 0.078 ± 0.01 $^{aC}$ | 0.04 ± 0.00 $^{aD}$ | 0.03 ± 0.00 $^{aD}$ | 0.03 ± 0.00 $^{aD}$ | 0.02 ± 0.00 $^{aD}$ |
| | Extracto vegetal | 0.03 ± 0.00 $^{bA}$ | 0.03 ± 0.00 $^{bB}$ | 0.02 ± 0.00 $^{bBC}$ | 0.02 ± 0.00 $^{bBC}$ | 0.02 ± 0.00 $^{bCD}$ | 0.02 ± 0.00 $^{bDE}$ | 0.02 ± 0.00 $^{aE}$ | 0.02 ± 0.00 $^{aE}$ |

**Cuadro A 18**. Valores medios de Croma*, Hue*, y diferencias totales de color ΔE medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua con extracto vegetal de S. elaeagnifolium y cuajo Chy-max.

| Tiempo de maduración (días) | Chy-max | | | Extracto vegetal | | | Diferencia total de color |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Croma | Hue | Color | Croma | Hue | Color | ΔE |
| 15 | 15.47 ± 0.54 $^{aAB}$ | 103.80 ± 0.46$^{aA}$ | | 14.78 ± 1.97 $^{aA}$ | 100.60 ± 1.65 $^{bB}$ | | 3.44 ± 0.17$^{C}$ |
| 30 | 14.35 ± 1.11 $^{aB}$ | 103.84 ± 1.48$^{aA}$ | | 14.85 ± 0.83 $^{aA}$ | 101.51 ± 1.04 $^{aAB}$ | | 3.58 ± 0.78$^{BC}$ |
| 45 | 16.45 ± 0.72 $^{aAB}$ | 102.84 ± 2.03$^{aA}$ | | 15.94 ± 0.98 $^{aA}$ | 101.75 ± 1.54 $^{aAB}$ | | 3.78 ± 0.65 $^{BC}$ |
| 60 | 16.11 ± 0.78 $^{aAB}$ | 104.05 ± 2.44$^{aA}$ | | 15.96 ± 1.94$^{aA}$ | 105.03 ± 1.87 $^{aA}$ | | 4.19 ± 0.74 $^{ABC}$ |
| 75 | 16.89 ± 0.65 $^{aA}$ | 105.00 ± 0.64$^{aA}$ | | 16.27 ± 0.67 $^{aA}$ | 103.60 ± 0.10 $^{bAB}$ | | 4.06 ± 0.74 $^{ABC}$ |
| 90 | 17.11 ± 0.61 $^{aA}$ | 104.60 ± 0.51$^{aA}$ | | 16.73 ± 0.57 $^{aA}$ | 102.58 ± 1.26 $^{bAB}$ | | 5.01 ± 0.47 $^{ABC}$ |
| 105 | 16.57 ± 0.95 $^{aAB}$ | 104.7 ± 0.70 $^{aA}$ | | 17.74 ± 0.04 $^{aA}$ | 100.76 ± 1.13 $^{bB}$ | | 5.21 ± 0.63$^{AB}$ |
| 120 | 16.36 ± 1.60 $^{aAB}$ | 106.5 ± 0.30$^{aA}$ | | 15.71 ± 2.24 $^{aA}$ | 100.94 ± 0.55 $^{bB}$ | | 5.64 ± 0.26$^{A}$ |

Los valores son medias, con desviación estándar, de tres repeticiones de quesos; medias en la misma fila seguidas de una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos, y medias en la misma columna seguida de una letra mayúscula son estadísticamente diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Cuadro A 19**. Valores medios de Croma*, Hue*, IP (índice de pardeamiento) y diferencias totales de color ΔE medidos en diferentes tiempos de quesos Chihuahua con extracto vegetal de S. elaeagnifolium y cuajo Chy-max.

| Tiempo de maduración (días) | Chy-max | | | | Extracto vegetal | | | | Diferencia total de color |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | IP | Croma | Hue | Color | IP | Croma | Hue | Color | ΔE |
| 15 | 13.22 ± 1.11$^{aA}$ | 13.68 ± 0.60$^{aCD}$ | 107.96 ± 1.26 $^{bA}$ | | 9.09 ± 4.36$^{aA}$ | 9.03 ± 1.13$^{bC}$ | 120.70 ± 0.36 $^{aA}$ | | 9.58 ± 1.68$^{B}$ |
| 30 | 13.35 ± 0.79$^{aB}$ | 13.19 ± 0.22$^{aCD}$ | 107.86 ± 1.64 $^{bA}$ | | 9.85 ± 1.51$^{aA}$ | 9.89 ± 0.88 $^{bC}$ | 112.90 ± 1.83 $^{aB}$ | | 10.23 ± 0.65 $^{B}$ |
| 45 | 11.29 ± 1.02$^{bBC}$ | 11.82 ± 0.45 $^{bD}$ | 113.06 ± 1.90 $^{aA}$ | | 24.17 ± 4.95$^{aA}$ | 15.73 ± 2.34 $^{aB}$ | 101.70 ± 2.12 $^{bC}$ | | 10.71 ± 1.05 $^{B}$ |
| 60 | 20.96 ± 1.67$^{bCD}$ | 16.22 ± 0.44 $^{aCD}$ | 108.43 ± 2.03$^{aA}$ | | 31.76 ± 3.58$^{aB}$ | 15.47 ± 1.00 $^{aB}$ | 95.40 ± 0.79 $^{bD}$ | | 11.18 ± 1.31 $^{B}$ |
| 75 | 37.70 ± 6.57$^{bDE}$ | 20.39 ± 2.07 $^{aBC}$ | 99.82 ± 3.60 $^{aB}$ | | 54.03 ± 5.88$^{aC}$ | 18.56 ± 1.53 $^{aAB}$ | 54.40 ± 2.99 $^{bE}$ | | 17.86 ± 1.29 $^{A}$ |
| 90 | 50.49 ± 11.18$^{bE}$ | 20.72 ± 3.47 $^{aBC}$ | 68.53 ± 3.63 $^{aC}$ | | 69.44 ± 5.35$^{aCD}$ | 20.30 ± 1.45 $^{aA}$ | 52.30 ± 1.18 $^{bEF}$ | | 17.22 ± 1.61 $^{A}$ |
| 105 | 64.91 ± 13.99$^{aE}$ | 26.23 ± 6.24 $^{aAB}$ | 73.20 ± 4.38 $^{aC}$ | | 70.23 ± 3.40$^{aD}$ | 20.33 ± 1.43 $^{aA}$ | 49.80 ± 1.06 $^{bF}$ | | 17.65 ± 0.56 $^{A}$ |
| 120 | 85.56 ± 2.76$^{aE}$ | 29.32 ± 1.43 $^{aA}$ | 71.52 ± 1.52 $^{aC}$ | | 70.11 ± 9.73$^{aD}$ | 21.26 ± 1.82 $^{bA}$ | 43.45 ± 1.17 $^{bG}$ | | 18.44 ± 1.60 $^{A}$ |

Los valores son medias, con desviación estándar, de tres repeticiones de quesos; medias en la misma fila seguidas de una letra minúscula diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos, y medias en la misma columna seguida de una letra mayúscula son estadísticamente diferentes en el tiempo (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Cuadro A 20.** Compuestos volátiles (ácidos y compuestos aromáticos) aislados de queso Chihuahua

| | | Ácidos carboxílicos | | | | | | | | Compuestos aromáticos | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo de maduración (días) | Tipo de cuajo | Ácido acético | Ácido butanoico | Ácido pirúvico | Ácido hexanoico | Ácido octanoico (caprílico) | Ácido dodecanoico (laúrico) | Ácido hexadecanoico (palmítico) | Ácido decanoico (cáprico) | Tolueno | p-xileno |
| 15 | Extracto vegetal | 2.00 ± 0.72 [a] | 1.11 ± 0.47 [a] | 8.97 ± 0.44 [a] | 9.26 ±1.13 [a] | 23.76 ± 0.20 [a] | 2.40 ± 0.35 [a] | 5.48 ± 0.24 [a] | 16.00 ± 1.58 [a] | 4.17 ± 0.10 [a] | 2.48 ± 0.44 [a] |
| | Chy-max | 2.16 ± 0.68 [a] | 1.03 ± 0.31 [a] | 8.28 ± 0.39 [a] | 6.75 ±0.38 [b] | 15.43 ± 0.72 [b] | 2.18 ± 0.34 [a] | 5.64 ± 0.65 [b] | 13.70 ± 2.12 [a] | 3.05 ± 0.46 [b] | 0.51 ± 0.09 [b] |
| 30 | Extracto vegetal | 0.76 ± 0.06 [a] | 0.99 ± 0.26 [a] | 8.54 ± 0.79 [a] | 13.33 ± 0.75 [a] | 23.50 ± 2.57 [a] | 2.64 ± 0.22 [a] | 7.68 ± 0.35 [a] | 20.23 ± 2.75 [a] | 2.66 ± 0.65 [a] | 1.01 ± 0.42 [a] |
| | Chy-max | 0.96 ± 0.47 [a] | 2.31 ±0.97 [a] | 4.27 ± 1.47 [b] | 9.32 ± 0.47 [b] | 21.47 ± 3.29 [a] | 2.39 ± 0.21 [a] | 5.64 ± 0.78 [b] | 16.36 ± 2.78 [a] | 3.34 ± 0.29 [a] | 1.01 ± 0.08 [a] |
| 45 | Extracto vegetal | 0.68 ± 0.13 [a] | 3.79 ± 0.28 [a] | 4.06 ± 0.77 [a] | 15.71 ± 1.41 [a] | 26.89 ± 0.74 [a] | 2.88 ± 0.26 [a] | 7.95 ± 0.25 [a] | 21.50 ±2.67 [a] | 9.10 ± 0.52 [a] | 0.83 ± 0.06 [a] |
| | Chy-max | ND | 4.22 ± 0.07 [a] | 3.94 ± 0.81 [a] | 9.52 ± 0.70 [b] | 25.06 ± 0.39 [b] | 2.68 ± 0.29 [a] | 3.44 ± 0.45 [b] | 17.53 ± 1.13 [a] | 4.74 ± 0.65 [b] | ND |
| 60 | Extracto vegetal | ND | 2.64 ± 0.90 [a] | ND | 17.70 ± 1.94 [a] | 29.91 ± 4.96 [a] | 3.46 ± 0.22 [a] | 5.46 ± 0.50 [a] | 22.01 ± 3.69 [a] | 4.99 ± 0.68 [b] | 0.48 ± 0.11 [a] |
| | Chy-max | ND | 2.61 ± 0.36 [a] | ND | 9.82 ± 0.50 [b] | 29.21 ± 3.74 [a] | 2.98 ± 0.23 [a] | 3.07 ± 0.17 [b] | 18.60 ± 2.70 [a] | 8.30 ± 0.89 [a] | 0.38 ± 0.07 [a] |
| 75 | Extracto vegetal | ND | 1.23 ± 0.40 [b] | ND | 22.04 ± 1.37 [a] | 35.66 ± 1.50 [a] | 4.09 ± 0.73 [a] | 5.47 ± 0.70 [a] | 25.26 ± 1.88 [a] | 4.39 ± 0.71 [b] | ND |
| | Chy-max | ND | 2.28 ± 0.10 [a] | ND | 11.40 ± 1.45 [b] | 31.51 ± 0.87 [b] | 3.00 ± 0.20 [a] | 2.00 ± 0.33 [b] | 21.85 ± 1.49 [a] | 8.17 ± 0.84 [a] | 0.37 ± 0.04 [a] |
| 90 | Extracto vegetal | ND | 0.65 ± 0.19 [b] | ND | 27.03 ± 2.02 [a] | 35.63 ± 7.32 [a] | 4.68 ± 1.27 [a] | 5.12 ± 0.47 [a] | 27.10 ± 2.60 [a] | 2.60 ± 0.71 [a] | ND |
| | Chy-max | ND | 1.94 ± 0.22 [a] | ND | 14.13 ± 1.96 [b] | 29.70 ± 3.80 [a] | 3.30 ± 0.16 [a] | 2.33 ± 0.21 [b] | 22.17 ± 1.07 [b] | 1.51 ± 0.37 [a] | ND |
| 105 | Extracto vegetal | ND | 0.43 ± 0.02 [b] | ND | 34.81 ± 3.30 [a] | 50.16 ± 8.45 [a] | 5.33 ± 0.33 [a] | 2..39 ± 0.19 [a] | 43.51± 12.10 [a] | ND | ND |
| | Chy-max | ND | 1.28 ± 0.34 [a] | ND | 17.16 ± 0.65 [b] | 33.86 ± 2.05 [b] | 3.94 ± 0.61 [b] | 2.06 ± 0.60 [a] | 25.86 ± 6.56 [a] | ND | ND |
| 120 | Extracto vegetal | ND | 0.03 ± 0.02 [b] | ND | 41.68 ± 1.44 [a] | 52.40 ± 4.30 [a] | 6.24 ± 0.86[a] | 2.39 ± 0.19 [a] | 45.39 ± 3.11 [a] | ND | ND |
| | Chy-max | ND | 0.95 ±0.16 [a] | ND | 20.00 ± 1.96 [b] | 41.43 ± 6.45 [a] | 5.13 ± 0.31 [a] | 1.55 ± 0.26 [b] | 30.02 ± 4.64 [b] | ND | ND |

Los valores son áreas de pico relativas expresadas en unidades arbitrarias (E+03). Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias en la misma columnas seguidas de una letra diferente son estadísticamente diferentes entre tratamientos (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Cuadro A 21.** Compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos, compuestos nitrogenados esteres y anhidros carboxílicos) aislados de queso Chihuahua.

| | | Alcoholes | | | | | | Aldehídos | Compuestos nitrogenados | Anhidro carboxílico | Ésteres |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo de maduración (días) | Tipo de cuajo | 3 metil, 1 butanol | 2,3 - Butanediol | 1-hexanol | Alcohol bencílico | 1-octanol | Alcohol fenetílico | Nonanal | oxima-metoxifenilo | Anhidro acético | Butirato de etilo |
| 15 | Extracto vegetal | ND | 14.15 ± 0.97 [a] | 3.11 ± 0.56 [a] | 3.32 ± 0.31 [a] | ND | ND | 3.81 ± 0.49 [a] | 1.31 ± 0.52 [a] | 65.60 ± 11.70 [a] | ND |
| | Chy-max | ND | 8.88 ± 0.98 [b] | 1.81 ± 0.30 [b] | ND | ND | ND | 5.09 ± 1.25 [a] | 1.20 ± 0.10 [a] | 30.22 ± 4.19 [b] | ND |
| 30 | Extracto vegetal | ND | 12.70 ± 0.39 [b] | 4.94 ± 3.33 [b] | 66.71 ± 2.91 [a] | ND | 0.91 ±0.19 [a] | 4.01 ± 0.68 [b] | 1.42 ± 0.28 [a] | 53.30 ± 3.12 [a] | ND |
| | Chy-max | ND | 18.30 ± 1.32 [a] | 11.70 ± 2.41 [a] | ND | ND | 1.26 ± 0.10 [a] | 5.60 ± 0.05 [a] | 1.38 ± 0.20 [a] | 24.74 ± 19.13 [a] | ND |
| 45 | Extracto vegetal | 10.31 ± 3.02 [a] | 15.30 ± 0.24 [a] | 30.84 ± 1.64 [b] | 67.81 ± 3.51 [a] | 3.45 ± 0.37 [a] | 1.25 ± 0.12 [b] | 3.86 ± 0.65 [b] | 1.43 ± 0.29 [a] | 25.60 ± 2.23 [a] | ND |
| | Chy-max | 24.73 ± 8.63 [b] | 19.71 ± 3.11 [a] | 63.17 ± 6.02 [a] | 2.61± 0.03 [b] | 3.90 ± 0.39 [a] | 7.09 ± 0.48 [a] | 6.80 ± 0.71 [a] | 1.58 ± 0.32 [a] | 0.74 ± 0.20 [b] | ND |
| 60 | Extracto vegetal | 9.57 ± 1.09 [b] | 24.90 ± 3.19 [a] | 131.32 ± 7.58 [a] | 75.80 ± 8.45 [a] | 20.60 ± 1.65 [a] | 1.64 ± 0.19 [b] | 4.76 ± 1.00 [b] | 1.85 ± 0.14 [a] | 7.57 ± 2.58 [a] | ND |
| | Chy-max | 17.44 ± 3.04 [a] | 25.51 ± 1.67 [a] | 120.00 ± 22.90 [a] | 11.82 ± 0.14 [b] | 10.20 ± 0.22 [b] | 12.15 ± 1.18 [a] | 7.05 ± 0.48 [a] | 1.76 ± 0.18 [a] | ND | ND |
| 75 | Extracto vegetal | 4.04 ± 0.82 [b] | 23.73 ± 0.64 [a] | 142.37 ± 3.91 [b] | 82.92 ± 2.31 [a] | 25.24 ± 2.57 [a] | 2.37 ± 0.53 [b] | 5.26 ± 0.78 [a] | 1.98 ± 0.39 [a] | 4.41 ± 0.65 [a] | 7.07 ± 0.30 [b] |
| | Chy-max | 13.61 ± 0.44 [a] | 25.40 ± 1.32 [a] | 160.03± 8.77 [a] | 23.40 ± 3.49 [b] | 13.70 ± 2.99 [b] | 18.93 ± 1.32 [a] | 4.84 ± 0.39 [a] | 1.89 ± 0.36 [a] | ND | 10.81 ± 0.19 [a] |
| 90 | Extracto vegetal | 3.81 ± 0.66 [a] | 9.26 ± 0.13 [b] | 184.00 ± 6.64 [a] | 84.39 ± 2.58 [a] | 29.01 ± 1.01 [a] | 2.23 ± 0.32 [b] | 5.60 ± 0.37 [a] | 2.16 ± 0.24 [a] | ND | 15.00 ± 1.67 [a] |
| | Chy-max | 6.51 ± 1.67 [a] | 29.80 ± 1.48 [a] | 168.00 ± 6.23 [b] | 46.20 ± 3.52 [b] | 23.52 ± 0.62 [b] | 30.80 ± 5.48 [a] | 4.93 ± 1.04 [a] | 2.13 ± 0.23 [a] | ND | 13.92 ± 0.57 [a] |
| 105 | Extracto vegetal | 2.94 ± 0.37 [a] | 8.01 ± 0.83 [a] | 215.44 ± 10.04 [a] | 91.30 ± 4.08 [a] | 35.81 ± 2.81 [a] | 2.11 ± 0.63 [b] | 5.68 ± 0.11 [a] | 2.95 ± 0.22 [a] | ND | 16.20 ± 1.45 [a] |
| | Chy-max | 4.38 ± 0.82 [a] | 29.91 ± 0.39 [b] | 105.00 ± 9.04 [b] | 46.90 ± 5.29 [b] | 11.90 ± 1.33 [b] | 19.73 ± 0.10 [a] | 4.89 ± 0.55 [a] | 2.35 ± 0.26 [b] | ND | 16.40 ± 0.79 [a] |
| 120 | Extracto vegetal | ND | 4.77 ± 0.71 [a] | 170.45 ± 10.50 [a] | 132.00 ± 4.08 [a] | 27.90 ± 2.35 [a] | 1.44 ± 0.11 [b] | 8.21 ± 0.41 [b] | 3.19 ± 0.54 [a] | ND | 19.63 ± 1.83 [a] |
| | Chy-max | 2.30 ± 0.48 [a] | 29.60 ± 2.59 [b] | 92.04 ± 16.15 [b] | 32.50 ± 3.81 [b] | 1.92 ± 0.65 [b] | 12.30 ± 1.46 [a] | 5.40 ± 0.13 [a] | 2.66 ± 0.11 [a] | ND | 17.94 ± 3.38 [a] |

Los valores son áreas de pico relativas expresadas en unidades arbitrarias (E+03). Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias en la misma fila seguidas de una letra diferente son estadísticamente diferentes (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).

**Cuadro A 22**. Compuestos volátiles (Compuestos organoclorados, lactonas y cetonas) aislados de queso Chihuahua

| | | Cetonas | | | | | Lactonas | | Organoclorado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tiempo de maduración (días)** | **Tipo de cuajo** | **3 hidroxi, 2 butanona (acetoína)** | **2,3-butanediona (diacetilo)** | **2-heptanona (butil acetato)** | **2-nonanona** | **2-undecanona** | **δ-Decalactona** | **δ-Dodecalactona** | **1,3-diclorobenceno** |
| 15 | Extracto vegetal | 2.37 ± 0.11 [b] | 58.21 ± 8.36 [a] | 1.46 ± 0.26 [a] | 3.16 ± 0.72 [a] | 1.13 ± 0.22 [a] | 19.10 ± 1.19 [a] | 6.86 ± 0.21 [a] | 42.30 ± 2.97 [a] |
| | Chy-max | 2.73 ± 0.17 [a] | 25.30 ± 1.80 [b] | 1.81 ± 0.28 [a] | 1.54 ± 0.21 [b] | 1.13 ± 0.17 [a] | 17.22 ± 1.32 [a] | 5.88 ± 0.38 [b] | 46.80 ± 3.31 [a] |
| 30 | Extracto vegetal | 3.24 ± 1.23 [a] | 3.85 ± 0.60 [a] | 2.14 ± 0.28 [a] | 3.50 ± 0.62 [a] | 1.31 ± 0.33 [a] | 18.80 ± 2.12 [a] | 6.14 ± 0.52 [a] | 42.30 ± 5.26 [a] |
| | Chy-max | 4.70 ± 0.73 [a] | 2.26 ± 0.43 [b] | 2.15 ± 0.33 [a] | 2.65 ± 0.41 [a] | 1.49 ± 0.07 [a] | 19.20 ± 2.84 [a] | 5.20 ± 0.74 [a] | 46.70 ± 6.13 [a] |
| 45 | Extracto vegetal | 3.29 ± 0.33 [b] | ND | 3.12 ± 0.51 [a] | 3.82 ± 0.47 [a] | 1.49 ± 0.15 [a] | 18.24 ± 1.24 [a] | 4.99 ± 0.31 [a] | 46.30 ± 3.03 [a] |
| | Chy-max | 4.46 ± 0.14 [a] | ND | 4.10 ± 0.62 [a] | 2.75 ± 0.31 [b] | 1.87 ± 0.39 [a] | 16.33 ± 0.70 [a] | 4.57 ± 0.11 [a] | 47.50 ± 2.86 [a] |
| 60 | Extracto vegetal | 4.30 ± 1.08 [a] | ND | 3.55 ± 0.71 [a] | 4.53 ± 0.26 [a] | 2.14 ± 0.27 [a] | 19.60 ± 0.77 [a] | 4.94 ± 0.31 [a] | 47.00 ± 0.80 [a] |
| | Chy-max | ND | ND | 4.19 ± 1.58 [a] | 3.23 ± 0.68 [b] | 2.26 ± 0.50 [a] | 14.70 ± 0.75 [b] | 4.52 ± 0.75 [a] | 48.00 ± 0.19 [a] |
| 75 | Extracto vegetal | 1.84 ± 0.35 [a] | ND | 4.49 ± 0.43 [a] | 4.16 ± 0.09 [a] | 2.44 ± 0.23 [a] | 18.30 ± 1.53 [a] | 5.26 ± 0.27 [a] | 48.60 ± 0.19 [a] |
| | Chy-max | ND | ND | 4.16 ± 0.13 [a] | 4.06 ± 0.04 [a] | 2.39 ± 0.28 [a] | 13.93 ± 0.41 [b] | 4.51 ± 0.40 [a] | 49.20 ± 0.19 [a] |
| 90 | Extracto vegetal | ND | ND | 7.23 ± 0.99 [a] | 2.95 ± 0.65 [a] | 2.64 ± 0.49 [a] | 13.27 ± 1.59 [a] | 5.01 ± 0.19 [a] | 49.80 ± 0.19 [a] |
| | Chy-max | ND | ND | 5.36 ± 0.91 [a] | 2.80 ± 1.42 [a] | 2.49 ± 0.13 [a] | 13.22 ± 2.09 [a] | 3.98 ± 0.42 [a] | 50.30 ± 0.19 [a] |
| 105 | Extracto vegetal | ND | ND | 7.68 ± 1.64 [a] | 3.10 ± 0.44 [a] | 3.00 ± 0.34 [a] | 13.24 ± 2.71 [a] | 4.83 ± 0.01 [a] | 50.90 ± 0.19 [a] |
| | Chy-max | ND | ND | 6.13 ± 0.85 [a] | 2.63 ± 0.24 [a] | 2.98 ± 0.12 [a] | 12.51 ± 1.27 [a] | 3.72 ± 0.74 [a] | 51.50 ±0.19 [a] |
| 120 | Extracto vegetal | ND | ND | 10.33 ± 0.50 [a] | 2.73 ± 0.31 [a] | 3.22 ± 0.39 [a] | 11.20 ± 0.72 [a] | 4.81 ± 0.60 [a] | 52.10 ± 0.19 [a] |
| | Chy-max | ND | ND | 6.74 ± 0.57 [b] | 1.65 ± 0.31 [b] | 3.59 ± 0.51 [a] | 12.80 ± 0.85 [a] | 3.42 ± 0.47 [b] | 52.70 ± 0.19 [a] |

Los valores son áreas de pico relativas expresadas en unidades arbitrarias (E+03). Los valores presentados son medias ± desviación estándar de datos del análisis por triplicado. Medias en la misma fila seguidas de una letra diferente son estadísticamente diferentes (ANOVA, prueba de Tukey $p < 0.05$).