



UNIVERSIDAD DEL MAR

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

AHUMADO Y TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE QUESOS
DE PRENSA ARTESANAL

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL

PRESENTA

Ing. Agro. Zoot. Sergio Yabin Cruz Cruz

DIRECTOR

Dr. José Guadalupe Gamboa Alvarado

CO-DIRECTOR

Dra. Mónica Marcela Galicia Jiménez

Puerto Escondido, Oaxaca, México.

octubre de 2021.

DEDICATORIA

A mi madre Gregoria Cruz Hernández por dejarme el mejor legado una carrera universitaria. Por enseñarme que el mejor camino para abrir puertas en la vida es la actitud, humildad y educación, pero, sobre todo, luchar hasta el final, nunca rendirse. Con todo el amor y cariño: hasta el cielo.

A mis hermanas Ailed, Yasel, Berta por darme tanto sin pedirme nada. De igual forma a mi tía Cristina por su cariño, confianza, apoyo y consejos para ser personas de bien.

A mis hermanas Ivet y Blanca por ser el pilar y motivación de la familia, por apoyarme en cada iniciativa en la vida y enseñarme que no hay decisión mala, todo es aprendizaje, si no tomas riesgos en la vida nunca crecerás como persona.

A mi pareja Ixayana Gurgua por estar en las buenas y en las malas. Por enseñarme a amar sin condiciones.

A mi papá Sergio Cruz Flores por el cariño depositado en mi persona.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir lograr una meta más en mi vida.

A la Universidad del Mar por abrirme las puertas y ayudarme a crecer académicamente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la Beca otorgada durante dos años.

A todo el núcleo académico de la división de posgrado UMAR Campus Puerto Escondido.

Al Dr. José Guadalupe Gamboa Alvarado por el enfoque, apoyo y asignación de este proyecto. Por sus consejos y seguimiento de cada una de las actividades que se realizaron.

A la Dra. Mónica Marcela Galicia Jiménez por su paciencia, confianza, consejos, dedicación al proyecto, pero sobre todo por aportar a mi formación académica, aclarando dudas y estar siempre pendiente de la investigación. Aprendí que no hay mejor solución para el estrés y concentración que una buena taza de café.

Al Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano por su paciencia y aportar en la parte estadística de la presente investigación.

Al Dr. Oziel Montañes del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara por su accesibilidad y haber hecho posible el análisis químico.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas en quesos de prensa artesanales ahumados a diferentes tiempos de maduración y su efecto en la presencia o ausencia de microorganismos patógenos. Se analizaron 14 quesos de prensa de una unidad de producción ubicada en la comunidad de San José Manialtepec, Oaxaca, se ahumaron y maduraron en el Laboratorio de Productos Pecuarios de la Universidad del Mar, se obtuvo un queso testigo no ahumado ni madurado (QF), se hicieron evaluaciones fisicoquímicas (color (luminosidad (L^*), coordenada rojo-verde (a^*), coordenada azul-amarillo (b^*), saturación o pureza de color (C^*) y ángulo de matiz o tonalidad (h), pH, temperatura, materia seca (MS), proteína cruda (PC), grasa cruda (GC) y cenizas (C)). Microbiológicamente se detectó presencia o ausencia de microorganismos patógenos (*Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*). El diseño experimental que se utilizó fue completamente aleatorizado, con una fuente de variación única, el tiempo de maduración corresponde a 0.07, 0.17, 0.23, 0.33, 0.52, 0.75, 1.92, 2.05, 2.29, 2.47, 2.68, 2.83 y 3.01 años, se realizó un análisis de correlación lineal de Pearson de las características fisicoquímicas de los quesos. El pH osciló entre 4.10 y 5.93, caracterizando a los quesos como ácidos; con tendencia a disminuir la L^* cuando aumenta el tiempo de maduración al igual que h , pero la L^* y h interna tiene una ligera tendencia a aumentar existiendo diferencia estadística en todas las variables del color. La MS incrementó conforme aumentó el tiempo de maduración 54.18 a 73.74 al igual que lo hace la GC 11.63 a 40.07, pero, la PC y Cenizas disminuyó difiriendo estadísticamente. Se encontró presencia de *Escherichia coli* en QF y ausencia en todos los años de maduración, *Staphylococcus aureus* estuvo presente en 4 tiempos de maduración 0.07, 0.23, 0.33 y 0.52 años y en el QF.

Palabras claves: Quesos ahumados maduros, análisis químico, análisis microbiológico.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the physicochemical and microbiological characteristics of smoked press artisan cheeses at different ripening times and their effect on the presence or absence of pathogenic microorganisms. 14 press cheeses from a production unit located in the community of San José Manialtepec, Oaxaca, they were smoked and matured in the Livestock Products Laboratory of the Universidad del Mar. A control cheese was used which was neither smoked nor matured (QF). Physicochemical evaluations were performed regarding: pH, Temperature, Color luminosity (L^*), red-green coordinate (a^*), blue-yellow coordinate (b^*), saturation or purity of color (C^*) and angle of hue or hue (h)) dry matter (DM), crude protein (CP), crude fat (CF) and ash (C). The presence or absence of pathogenic microorganisms (*Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*) was detected microbiologically. The experimental design employed was completely randomized, with a single source of variation, n. The maturation time corresponds to 0.07, 0.17, 0.23, 0.33, 0.52, 0.75, 1.92, 2.05, 2.29, 2.47, 2.68, 2.83 and 3.01 years, a Pearson linear correlation analysis of the physicochemical characteristics of the cheeses. The pH was found to range between 4.10 and 5.93, characterizing the cheeses as acidic; There is a tendency for the L^* to decrease as the maturation time increases, as for h , but the internal L^* and h have a slight tendency to increase, with a statistical difference in all the color variables. The DM increased as the maturation time increased from 54.18 to 73.74 as did the CF from 11.63 to 40.07, however, the CP and Ash decreased, differing statistically. *Escherichia coli* was found in QF and absent in all years of maturation, *Staphylococcus aureus* was present in 4 maturation times: 0.07, 0.23, 0.33 and 0.52 years and in the QF.

Keywords: Ripe smoked cheeses, chemical analysis, microbiological analysis.

ÍNDICE

Índice de tablas	iv
I. INTRODUCCIÓN	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. El queso	7
2.2. El queso desde el punto de vista de ingeniería.....	7
2.3. El queso desde el punto de vista fisicoquímico.....	8
2.4. Importancia del queso	8
2.5. Producción de derivados lácteos a nivel mundial	9
2.6. Elaboración de derivados lácteos a nivel nacional.....	9
2.7. Principales constituyentes del queso	10
2.8. Características físicas del queso.....	11
2.8.1. Color	11
2.8.2. pH.....	13
2.8.3. Temperatura	14
2.9. Características químicas	14
2.9.1. Análisis químico proximal	15
2.9.2. Materia seca	15
2.9.3. Proteínas	15
2.9.4. Lípidos	16
2.9.5. Cenizas	16
2.10. Microbiología del queso	17
2.10.1. <i>Staphylococcus aureus</i>	18
2.10.2. Coliformes totales.....	18
2.10.3. <i>Escherichia coli</i>	18
2.11. Queso maduro.....	19
2.12. Glicólisis	20
2.13. Lipólisis	21
2.14. Proteólisis.....	22
2.15. Técnica del ahumado en alimentos.....	22
2.16. Antecedentes de quesos ahumados y maduros.....	23
III. Planteamiento del problema	24
IV. HIPÓTESIS.....	26
V. Objetivos.....	26
5.1. Objetivo general	26
5.2. Objetivos específicos	26
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	27
6.1. Área de estudio	27
6.2. Proceso de ahumado y maduración de los quesos	29
6.3. Análisis de los quesos	30
6.3.1. Análisis físico	30
6.3.2. Color	30
6.3.3. pH y temperatura	31
6.4.1. Determinación de materia seca total.....	32
6.4.2. Determinación de proteína.....	33

6.4.3. Determinación del contenido de cenizas.....	34
6.5. Análisis microbiológico.....	34
5.6 Unidades experimentales.....	35
5.8 Diseño experimental.....	36
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
7.1. Variables físicas.....	37
7.1.1 pH y temperatura.....	37
7.1.2. Color externo.....	39
7.1.3. Color interno.....	43
7.2. Químico.....	45
7.3. Correlación fisicoquímicas de quesos de prensa artesanal ahumados maduros.....	47
7.4 . Microbiológico.....	49
VIII. CONCLUSIONES.....	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	53

Índice de figuras

Figura 1. Producción mundial de derivados lácteos millones de toneladas (FIRA 2019).....	9
Figura 2. Elaboración de derivados lácteos en México (FIRA 2019).....	10
Figura 3. Principales constituyentes del queso fresco (Gutiérrez – Oropeza 2009).	11
Figura 4. Espectro sistema CIElab L*, a* y b* (Subiabre et al. 2020).....	13
Figura 5. Flujo de proceso del queso de prensa artesanal producido en San José Manialtepec, Oaxaca.....	28
Figura 6. Proceso de ahumado de quesos de prensa artesanal	29

Índice de tablas

Tabla I. Composición química de diferentes quesos.	17
Tabla II. Límites máximos permitidos de microorganismos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-121-SSA1-1994).....	19
Tabla III. Quesos de prensa artesanal ahumados maduros para el análisis químico	32
Tabla IV. Fecha de ahumado y tiempo de maduración de los quesos.....	36
Tabla V. Efecto del ahumado y tiempo de maduración sobre el pH y temperatura (Media \pm Error Estándar) de quesos de prensa artesanal.....	39
Tabla VI. Efecto del ahumado y tiempo de maduración sobre el color externo (Media \pm Error Estándar) de quesos de prensa artesanal.....	43
Tabla VII Efecto del tiempo de maduración sobre el color interno (Media \pm Error Estándar) de quesos de prensa artesanal ahumados.	45
Tabla VIII. Efecto del tiempo de maduración sobre las propiedades químicas (Media \pm Error Estándar) de quesos de prensa artesanal ahumados.	47
Tabla IX. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre las variables fisicoquímicas de quesos de prensa artesanal ahumados.	49
Tabla X. Presencia o ausencia de <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> en quesos de prensa artesanal ahumados maduros.....	51

I. INTRODUCCIÓN

Esta es una investigación de tipo experimental, basada en los fundamentos del método científico, con el fin de caracterizar el queso artesanal estudiando sus características fisicoquímicas y microbiológicas para diferenciarlo y darle valor agregado dentro de la cadena de producción y buscar técnicas que puedan mejorar sus propiedades sin dejar a un lado lo artesanal.

La ganadería lechera y la producción de queso, cuando se desarrollan en un país con diversidad pluricultural como México, adquieren manifestaciones heterogéneas lo que genera riqueza gastronómica y la producción de una diversidad de quesos (Villegas & Cervantes-Escoto 2011). Un ejemplo es el queso artesanal, que se elabora a partir de leche cruda por lo regular de vacas criollas, con fermentación espontánea usando métodos rudimentarios y recursos locales (Reséndiz *et al.* 2012). Los proveedores de leche para estas queserías pertenecen a la ganadería familiar y de doble propósito del trópico mexicano, con pequeña o en ocasiones nula superficie de tierra, el tamaño del hato es menor de 30 animales, la alimentación se basa en el pastoreo libre y el uso de subproductos agropecuarios como el rastrojo de maíz (Hernández *et al.* 2013).

Los productos artesanales y tradicionales han aumentado su popularidad y su elaboración se ha sugerido como una estrategia para el desarrollo de productores rurales (Domínguez-López *et al.* 2011). Desde hace mucho tiempo se fabrican quesos en forma artesanal, pero ha surgido la necesidad de conservar alimentos por el desarrollo de la agricultura, a causa de una producción elevada del queso que se deriva de la estacionalidad. Pero no se toman en cuenta las regulaciones, parámetros específicos, que el producto debe de cumplir para comercializarse (Domínguez - López *et al.* 2011).

Para promover los quesos artesanales es indispensable contar con prácticas de manufactura tipificadas y conocer las características finales del producto, que se pueden lograr solo después de una caracterización de los perfiles fisicoquímicos (pH, humedad, acidez, cloruros, grasa y proteína) y microbiológicos que permiten cuantificar e identificar la existencia de patógenos, además de ser parámetros para

evaluar la calidad de los quesos, la caracterización del proceso de elaboración y ahumado de los quesos adquieren gran importancia al momento de decretar las bases que respalden la diferenciación del producto (Alvarado-Rivas *et al.* 2007; Álvarez *et al.* 2007a; Perdomo *et al.* 2015).

Los consumidores valoran los quesos elaborados artesanalmente por sus particulares características de sabor y aroma, que generalmente se atribuye a la actividad metabólica de la microbiota autóctona presente en la leche cruda (Rosado-Zarrabal *et al.* 2013).

En Oaxaca, gran parte de la leche producida es destinada para la elaboración de quesos (Gamboa-Alvarado *et al.* 2012) al respecto, se ha determinado una elevada carga microbiana en muestras de quesos analizadas (Reséndiz *et al.* 2012, González-Montiel & Franco-Fernández 2015) lo que indica una deficiencia de higiene durante el proceso de elaboración y manipulación del mismo, esto representa un riesgo para la salud del consumidor (Delgado & Torres 2003). En especial los quesos artesanales porque se elaboran a partir de leche sin pasteurizar y en ocasiones con procesos no tecnificados (Cervantes-Escoto *et al.* 2006).

Los microorganismos patógenos en alimentos han sido confirmados como la causa primordial de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA'S), entre los microorganismos destacan las intoxicaciones por cepas enterotoxinogénicas de *Staphylococcus aureus* (Díaz Rivero & de García 2001).

Los quesos frescos mexicanos presentan altos niveles de humedad, lo que provoca el desarrollo de microorganismos patógenos como *Escherichia coli* 0157:H7, responsable de infecciones e intoxicaciones alimentarias (Romero-Castillo *et al.* 2009).

El ahumado es una técnica que al principio se utilizaba con el fin de conservar alimentos, actualmente se sigue utilizando no solo como un método de conservación, sino también confiere a los quesos características organolépticas especiales apreciadas por el consumidor (Fresno *et al.* 2007).

Para la maduración los quesos prensados se someten a un periodo de tiempo en el cual se mantienen almacenados bajo condiciones adecuadas de temperatura y

humedad relativa según el tipo de queso, con la finalidad de deshidratar y formar corteza, desarrollar compuestos químicos producto del metabolismo de las grasas, proteínas y azúcares, por la acción de enzimas microbianas, naturales o añadidas, estas características le confieren al queso el sabor y aroma característicos (CODEX-STAN 2011; Mazzeo Meneses *et al.* 2009).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El queso

La Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994 define al queso como un producto elaborado con la cuajada de la leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína gracias a la acción del cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos maduros, mohos especiales, sales fundantes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a distintas variedades de quesos como el queso fresco, maduro o procesado.

Las características y presentación final del queso varían de acuerdo al lugar en donde se produce, razas de ganado bovino, su alimentación y los métodos de crianza, a todo esto, se añade el nivel de tecnología de las plantas que lo procesan y las características del proceso de maduración del producto (Estremadoyro *et al.* 2015).

2.2. El queso desde el punto de vista de ingeniería

Es un producto constituido principalmente por agua, grasa, proteína y otros elementos donde el principal componente estructural es la caseína, la cual forma una red que puede ser disociada por los límites de los gránulos de la cuajada, partículas de grasa, agua y burbujas de gas; la caseína forma una red que se distribuye en todas direcciones, formando una jaula donde la rigidez depende de la abertura de la malla (Zúñiga-Hernández *et al.* 2007).

2.3. El queso desde el punto de vista fisicoquímico

Se define como un sistema tridimensional tipo gel, compuesto principalmente por la caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico, que por coagulación abarca glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias mínimas de la leche, las cuales se mantienen absorbidas en el sistema o permanecen en la fase acuosa retenida (Ramírez-López & Vélez-Ruiz 2012).

2.4. Importancia del queso

Los quesos mexicanos genuinos tienen una fuerte raíz histórica nacional, se elaboran desde hace más de cuatro décadas. Se estima que en México se producen cerca de 40 tipos de quesos fabricados de forma artesanal, dichos se pueden clasificar en frescos, ligeramente madurados y madurados adaptados a las condiciones locales, por lo que su fabricación es exclusiva al territorio nacional. Estos integran sabores, aromas y textura a la gastronomía mexicana como patrimonio cultural. (Villegas *et al.* 2015, Villegas *et al.* 2016, Díaz-Galindo *et al.* 2017). La importancia de este producto radica en la seguridad y soberanía alimentaria del país, ya que contribuyen con la cultura del saber-hacer un producto como el queso, y por ende en la gastronomía regional y su capacidad para generar ingresos a sectores rurales (Cesín-Vargas *et al.* 2014, Grass-Ramírez & Cesín-Vargas 2014).

La agroindustria lechera mexicana es el área más importante del sector de alimentos, aporta 18.5 % del PIB de la industria alimenticia y 0.6 % del PIB nacional. Respecto al queso, el consumo per cápita en México es de 2.1 kg de queso por año, menor que el global, que es 2.5 kg, por otro lado, en países como Grecia y Francia el consumo per cápita promedio es de más de 20 kg por año (Fresno 2007).

2.5. Producción de derivados lácteos a nivel mundial

En los últimos diez años la producción de lácteos creció a tasa promedio anual de 2.4 % para localizarse en el 2018 en 40.6 millones de toneladas. 50.6 % de este volumen correspondió al queso como se muestra en la Figura 1 (FIRA 2019).

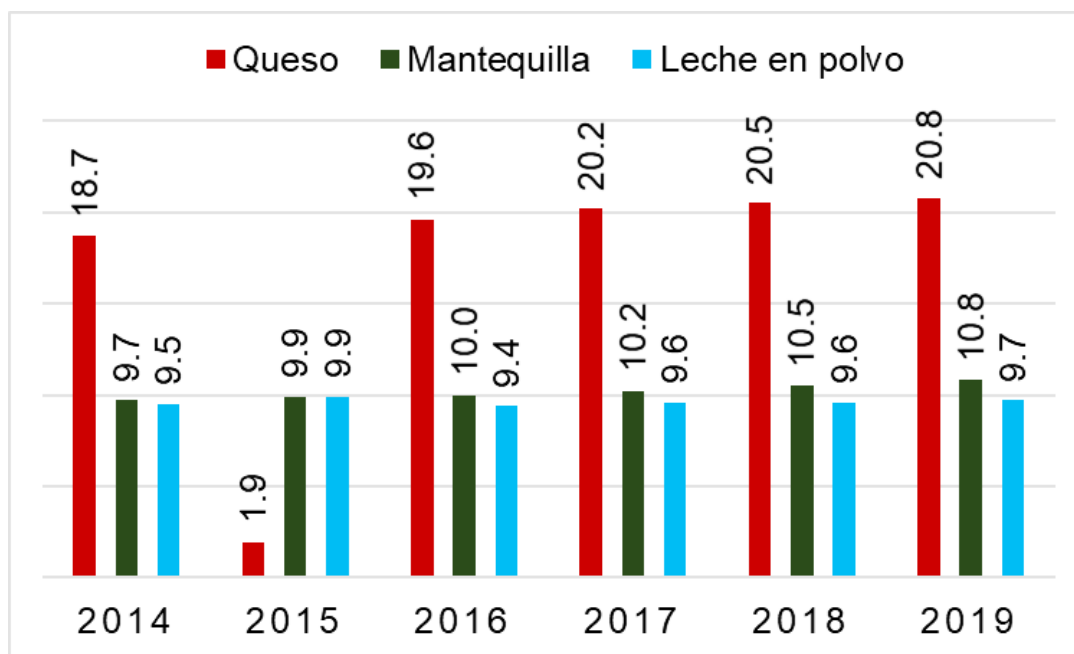


Figura 1. Producción mundial de derivados lácteos millones de toneladas (FIRA 2019).

2.6. Elaboración de derivados lácteos a nivel nacional

En el 2018 se produjeron 1.42 millones de toneladas, con valor de 52.262 millones de pesos. La elaboración de queso ocupa el segundo lugar con 9.6 % por debajo de la producción de yogur con 43.6 % del volumen total como se representa en la Figura 2 (FIRA 2019).

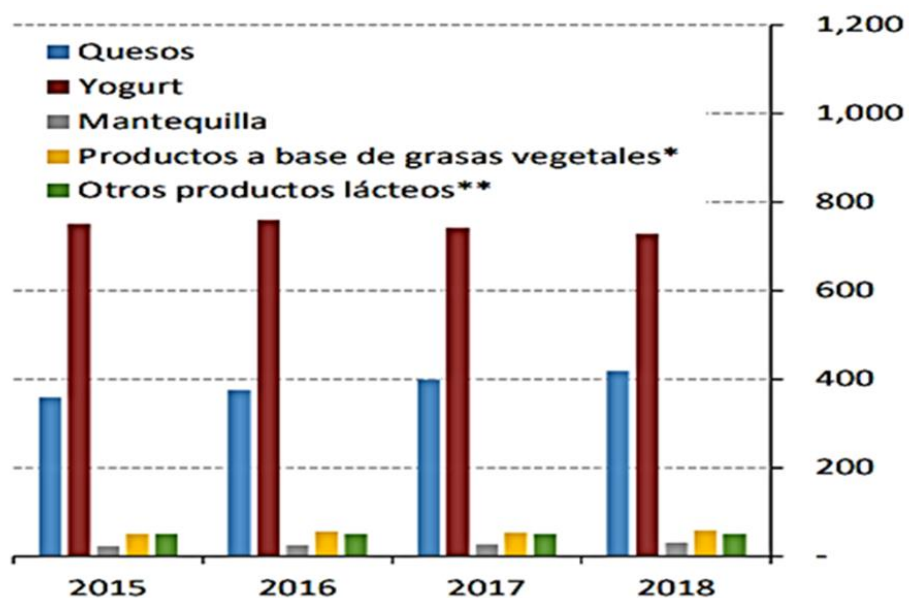


Figura 2. Elaboración de derivados lácteos en México (FIRA 2019).

2.7. Principales constituyentes del queso

Contienen alrededor del 10 al 30% de proteína, este porcentaje depende del método de elaboración y proporciona al queso textura y sabor. Su digestibilidad es de 95 % parecida a la del huevo o algunos productos cárnicos. Posee un alto contenido de compuestos nitrogenados, grasas, calcio, fósforo y vitaminas A, B₁, B₆, B₅ y ácido nicotínico (Izquierdo *et al.* 2003). El contenido de vitaminas A, D y E dependen del total de grasa que adquiera el producto de 0% en quesos descremados a 70% en quesos enriquecidos con crema (Gutiérrez – Oropeza 2009). Entre los principales nutrientes que destacan en el queso la proteína, calcio, vitaminas y grasa (Figura 3).

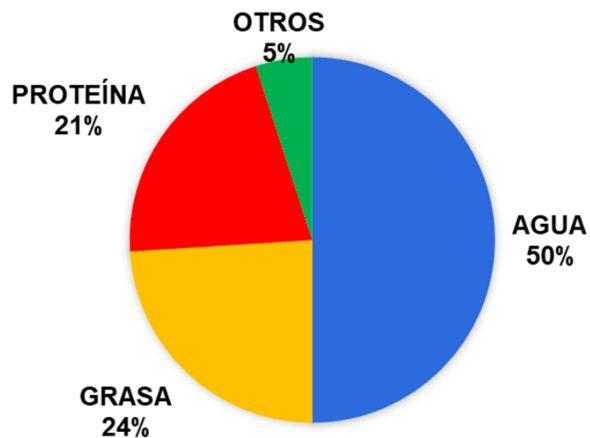


Figura 3. Principales constituyentes del queso fresco (Gutiérrez – Oropeza 2009).

Las proteínas del queso son de alto valor biológico, dentro de ellas destacan las caseínas que constituyen el 80 % del total. Son un grupo de fosfoproteínas precipitadas por acidificación de la leche a pH de 4.6 y 20 °C (Gutiérrez – Oropeza 2009).

2.8. Características físicas del queso

2.8.1. Color

Un aspecto importante y la primera sensación que se percibe de un producto es el color. Indica las características naturales de un producto (fresco, podrido, verde, maduro, etc.) (Medina 1998). Este atributo es un criterio de gran importancia para analizar la evolución de la calidad de los quesos, los cuales resultan afectados por parámetros que modifican las características particulares de la leche y los quesos. El color es una de las principales cualidades que definen la calidad del producto y que más interviene en el consumidor al momento de aceptar o rechazar un alimento. También ayuda a distinguir un alimento de otro para darles un valor y distinguirlos en los diferentes niveles de calidad (Álvarez *et al.* 2007a).

El color de los alimentos puede medirse de forma instrumental con un colorímetro, este equipo permite realizar la evaluación de manera horizontal sobre la superficie del queso. El cual arroja tres atributos: matiz, croma y brillo como se

muestra en la Tabla I. (Subiabre *et al.* 2020). Mismas coordenadas integran el espacio de color CIElab (Figura 4). Que actualmente es uno de los sistemas más populares para medir el color de objetos y es utilizado prácticamente en todos los campos (Minolta 2007). También este modelo puede interpretarse mediante coordenadas cilíndricas de croma, saturación o pureza (C^*) y tonalidad o tipo de color (H), estas variables se calculan a partir de la L^* , a^* y b^* (Ramírez-Navas 2010).

Tabla I. Atributos de color

Atributo	Descripción	Ejemplo
Matiz	Tono, tinte, color, “hue. Se caracteriza por la longitud de onda de la radiación y diferencia un color de otro. Representa un espacio en el diagrama de cromaticidad.	Rojo - amarillo o verde-amarillo
Cromaticidad	Saturación, intensidad, pureza, “ <i>chroma</i> ”. Define la intensidad o pureza espectral del color que va desde los tonos grises, pálidos, apagados a los más fuertes y vivos. Es el grado de color (incoloro, brillo, palidez).	Brillante rojo – amarillo o pálido brillante - amarillo
Luminosidad	Brillante, brillo, “ <i>brightness</i> ”. Es dado por el contenido total de energía. Da lugar a los colores claros y oscuros. Es el grado entre la oscuridad y el brillo máximo.	Rojo brillante – amarillo o rojo oscuro-amarillo

(Mathias-Rettig & Ah-Hen 2014).

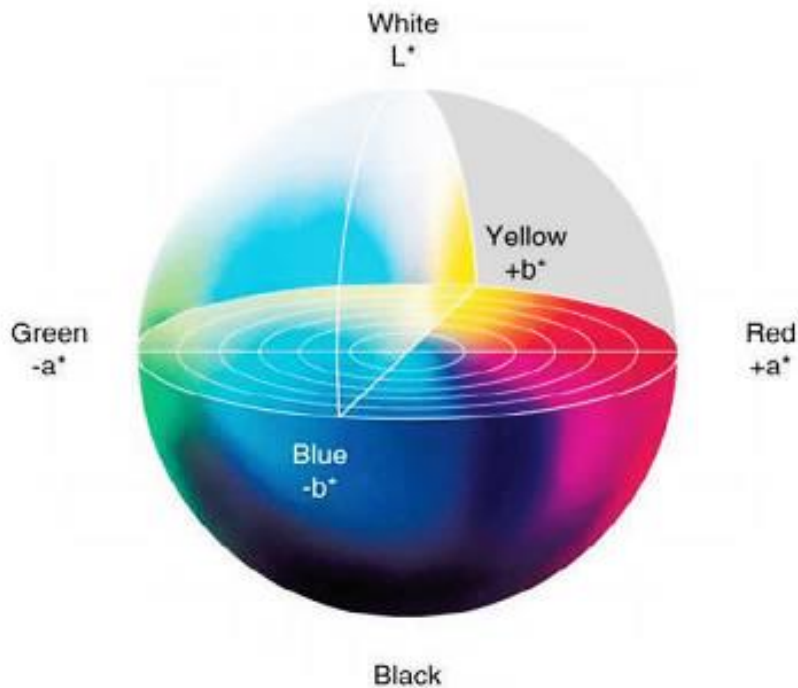


Figura 4. Espectro sistema CIElab L*, a* y b* (Subiabre et al. 2020).

2.8.2. pH

La disminución del pH ayuda a la preservación de alimentos, debido a que inhibe directamente el desarrollo microbiano y reduce la resistencia térmica (Gómez-Sánchez 2007). El ácido láctico tiene un papel muy importante en el metabolismo de los quesos, promueve la formación y desuerado de la cuajada, impide que se desarrollen microorganismos patógenos debido a que baja el pH a 5.0 - 5.2 y le da un sabor ácido.

Los valores de pH en la mayoría de los quesos oscilan entre 4.7 y 5.5 y en quesos madurados por hongos desde 4.9 hasta 7.0 (González-Villarreal 2002). La acidez de un queso no solo influye sobre el sabor, sino que además está relacionado directamente con los cambios que tiene la red de proteínas que conforma su cuajada, contribuyendo en los fenómenos de sinéresis y textura final. Un pH cercano al punto isoeléctrico provoca fuerzas iónicas e hidrófobas fuertes que resultan en una red de caseína compactada característica de los quesos duros, mientras que

un pH más alto induce que las caseínas presenten una carga negativa, lo que provoca repulsión entre los agregados proteicos, teniendo como resultado queso con mayor absorción de agua, más elasticidad y menos compacto (Chacón-Villalobos & Pineda-Castro 2009).

2.8.3. Temperatura

La temperatura es muy importante desde el proceso del cuajado que suele ser a 40 °C, por lo regular se trabaja a temperaturas que van desde 30 °C a 40 °C según sea el grado de maduración del queso. Cuanto más tiempo se quiere madurar un queso la temperatura del cuajado suele ser más baja (Crespo-Pérez 2017).

Los parámetros de temperatura y humedad relativa deben de ser controladas dentro de las instalaciones en donde se madura el queso, puesto que, determinan las características finales del producto. Cuanto más baja sea la temperatura más se benefician las reacciones químicas y las modificaciones provocadas por las bacterias y otros organismos presentes en la masa y superficie del queso. Pero lo recomendable es mantener una temperatura de 13 a 18 °C y un rango de humedad relativa de 85 a 90% (Muñoz *et al.* 2010).

2.9. Características químicas

La propiedad fisicoquímica como el contenido de grasa, proteínas y de humedad logran cambiar las características sensoriales y texturales del queso, aunque también influyen la tecnología de procesamiento y la intensidad de la proteólisis. La red de proteína de los quesos la conforman las α_{s1} y β -caseínas, sus cadenas helicoidales forman celdas que encierran los glóbulos de grasa, haciendo que la relación de grasa - proteína en la leche sea crítica, también el contenido de minerales, incremento en la grasa y contenido de agua debilitan la estructura proteica, mientras que la disminución de estos provoca el endurecimiento del queso (Tabón *et al.* 2004).

2.9.1. Análisis químico proximal

Un esquema de análisis permite determinar la composición de los principales nutrientes de cualquier alimento. Dicho de otra manera, es la evaluación de la calidad de un alimento en función de compuestos con características fisicoquímicas semejantes, pero con diferente valor nutritivo (Hernández-Hernández 2015). Comprende los métodos básicos que permiten saber la cantidad de nutrientes que componen a un alimento. De forma general se sigue el protocolo de los métodos oficiales de análisis de la Association of Official Analytical Chemists AOAC (2003).

Las cualidades fisicoquímicas del queso definen su perfil sensorial, las preferencias del consumidor y la aceptación o el rechazo del producto, la transformación bioquímica de los componentes del queso como la lactosa, proteínas y la grasa contribuyen a las características sensoriales que identifican a cada queso (López-Díaz & Martínez-Ruiz 2018). También, permite identificar trastornos en los alimentos como adulteración, falsificación, alteración, contaminación (Quispe-Ramos & Argani 2014).

2.9.2. Materia seca

La materia seca es el contenido disponible de nutrientes, sin la humedad, que se aprovecharán. Estos nutrientes son los hidratos de carbono, proteínas, lípidos y cenizas (macro y microminerales). El agua y las cenizas no aportan energía. El método más utilizado para eliminar el agua del alimento es por medio del calor, seguida por la determinación del peso del residual. Es necesario someter las muestras a temperaturas que aseguren un secado rápido para evitar pérdidas por acción enzimática y respiración celular (de La Rosa-Delgado *et al.* 2011). Las diferencias en el contenido de materia seca de los alimentos, determina el volumen y la concentración de nutrientes disponibles para consumirse (Canseco *et al.* 2007).

2.9.3. Proteínas

La proteína en los quesos es uno de los principales componentes por su valor nutricional y está relacionado con el rendimiento. La leche para producir queso debe

de estar regulada en su proporción de caseína/grasa por lo que ocasiona variabilidad en el producto. El contenido de humedad, grasa y proteína influyen en las características sensoriales, principalmente en la textura (Caro *et al.* 2014; López-Díaz & Martínez-Ruiz 2018).

La proteína ha mostrado correlaciones positivas con el contenido de grasa y caseínas en la leche, lo que incrementa el rendimiento del queso por aumento en la capacidad de retención de agua, además, mejora las características organolépticas del producto (Villegas-Soto *et al.* 2017).

2.9.4. Lípidos

Aportan el doble de energía de carbohidratos y proteínas proporcionando un mayor valor energético requerido por el hombre (Quispe Ramos & Argani 2014). En términos generales, el producto del metabolismo de los lípidos contiene energía en forma de adenosín trifosfato (ATP). De igual forma contienen vitaminas liposolubles y ácidos grasos esenciales los cuales están presentes en la grasa de los alimentos. Por lo tanto, se deben de tomar en cuenta para una dieta equilibrada alimentos como: queso, mantequilla, embutidos, etc. (Hoyos-Serrano & Rosales-Calle. 2014).

2.9.5. Cenizas

Es el residuo inorgánico que queda de un alimento después de quemar la materia orgánica. Los resultados de la obtención de cenizas se pueden considerar como un principio útil para el reconocimiento de la autenticidad de un alimento debido a que se puede determinar la presencia de adulterantes (Ortiz-Prudencio 2006). Las cenizas contienen los elementos inorgánicos tales como el calcio, fósforo, etc. Los cuales son de interés nutricional. Cuando en algún alimento hay un alto contenido de cenizas se determina que existe la presencia de algún adulterante inorgánico (Peña-Álvarez 2018).

En la Tabla II se muestran algunos parámetros de valores constitutivos de diferentes tipos de quesos.

Tabla I. Composición química de diferentes quesos.

Queso	Humedad	MS	Grasa	Proteína	Cenizas	Autor
Prensa	36.18-19.72	70.30-63.62	39.96-21.74	25.21-15.57	4.87-3.69	Ramos-Gabriel (2020)
Fresco	42.71-66.66	53.0-58.0	12.0-32.0	16.81-26.62	2.65-5.24	Díaz-Galindo <i>et al.</i> (2017)
Crema	52.34-39.88	47.66-60.12	33.68-20.0	19.70-16.43	4.49-2.45	Rosado-Zarrabal <i>et al.</i> (2013)
Panela	53.0-58.0	47.0-42.0	19.0-29.0	16.0-20.0	2.2-2.9	Guerra-Martínez <i>et al.</i> (2012)
Manchego	46.8-36.9	53.2-63.1	30.0-22.0	18.2-23.1	3.9-2.6	García-Islas (2006)

2.10. Microbiología del queso

La mayoría de los quesos artesanales se elaboran con leche cruda, sin adición de cepas iniciadoras, por lo tanto, los consumidores pueden presentar problemas de salud (Alejo-Martínez *et al.* 2015). El queso es un producto altamente susceptible al crecimiento de microorganismos, por lo tanto, implica riesgos para la salud. Para minimizar los riesgos procedentes del consumo de este producto, es necesario conocer su calidad microbiana (Calderón *et al.* 2017).

Los quesos pueden llegar a contaminarse por diferentes microorganismos que logran cambiar o no sus características (Calderón *et al.* 2017). La existencia de microorganismos patógenos en los quesos está sujeto a la calidad y tratamiento térmico de la leche, inocuidad de la quesería, eficiencia de los cultivos, manejo de la cuajada durante el procesamiento, transporte y distribución del producto, (Romero-Castillo *et al.* 2009).

Recientemente se han desarrollado diferentes procedimientos para la tipificación e identificación de microorganismos patógenos, uno de ellos es la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que consiste en incremento selectivo de una secuencia blanco-flanqueada por secuencias cortas de polinucleótidos (por lo general entre 10 y 30 nucleótidos) llamadas iniciadores o cebadores (Flores & Herrera 2005). Esta herramienta analítica permite examinar la composición bacteriana de los quesos, los elementos biotecnológicos surgidos de su producción artesanal y la detección temprana de patógenos. Ha sido la principal

herramienta diagnóstica que ha aprovechado las cualidades de la biología molecular a tal punto de tener gran valor y versatilidad como técnica de análisis gracias a su adaptabilidad y aplicabilidad (Bolívar *et al.* 2014; Báez-Ramírez *et al.* 2016).

2.10.1. *Staphylococcus aureus*

Es un coco Gram positivo, catalasa y coagulasa positivos, se encuentran en la piel y mucosas, estos pueden llegar a los alimentos por medio de la manipulación del mismo. Es un importante patógeno humano, se considera una bacteria osmotolerante capaz de crecer en una actividad baja de agua como 0.86 a_w ; ocasiona enfermedades que incluyen infecciones agudas como la sepsis y toxemias, entre las que destacan el síndrome de shock tóxico estafilocócico (SSTE), el síndrome de la piel escaldada (SPEE) y la intoxicación alimentaria estafilocócica (Campo-Escobar 2018). También por contaminación de alimentos produce gastroenteritis que se manifiesta por un cuadro que se caracteriza por vómitos y diarrea (Vanegas *et al.* 2008).

2.10.2. Coliformes totales

La presencia de coliformes en alimentos es una señal de contaminación fecal directa o indirecta. Muestra falta de higiene durante la elaboración o manipulación del producto, este grupo bacteriano señala la posible presencia de otros patógenos (Alejo-Martínez *et al.* 2015).

2.10.3. *Escherichia coli*

Escherichia coli serotipo 0157:H7 es un microorganismo patógeno relacionado con infecciones graves en el humano. Son producidas por la contaminación del agua y de alimentos. Su patogenicidad se asocia principalmente a la producción de citotóxicas llamadas verotoxinas, este microorganismo es la causa principal de colitis hemorrágica (Rubeglio & Tesone 2007).

En la Tabla III. Se presentan los límites máximos permitidos de microorganismos de interés para esta investigación

Tabla II. Límites máximos permitidos de microorganismos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-121-SSA1-1994).

Microorganismos	Tipo de queso	
	Fresco	Maduros
Coliformes fecales (NMP/g)	2	1.7
<i>Staphylococcus aureus</i> (NMP/g)	3	2
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	≤3	≤10

LOG NMP/G= Numero Mas Probable/Gramo.

2.11. Queso maduro

El queso maduro se define como un producto que después de su elaboración, se mantiene un tiempo determinado bajo condiciones ambientales, con el fin de obtener modificaciones bioquímicas y físicas característicos del queso (Hernández-Mejía *et al.* 2007). El proceso comprende un periodo de tiempo en el cual el queso se mantiene almacenado bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad relativa. Durante esta etapa los microorganismos desempeñan un papel importante, en gran medida, contribuyen al desarrollo de las propiedades organolépticas de su metabolismo y múltiples actividades enzimáticas (Alejo-Martínez *et al.* 2015).

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994 los quesos maduros se caracterizan por ser de pasta dura, semidura o blanda, con o sin corteza. Sometidos a un proceso de maduración mediante la adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar en ellos cambios bioquímicos y físicos característicos del producto, lo que le permite prolongar su vida de anaquel.

Este tipo de quesos alcanza humedad máxima del 50% y debe de contener como mínimo 45% sobre la materia seca de grasa, la corteza es dura, de color amarillento. La ventaja de producir quesos maduros es que se pueden mantener

por un periodo de tiempo prolongado conservando sus principios nutritivos (Blanco-Zevallos 2014).

El proceso de maduración se desarrolla por la acción de enzimas del cuajo y aquellas presentes en la leche que no se perjudicaron con el tratamiento térmico y por la acción de los microorganismos de la fermentación láctica, también se producen cambios físicos de la pasta, difusión de sal, pérdida de humedad y por complejos procesos bioquímicos primarios glicólisis, lipólisis y proteólisis (Mago *et al.* 2015; Allocati 2016; Miranda 2019).

2.12. Glicólisis

De toda la lactosa presente en la leche una parte importante se elimina durante el drenaje del suero en la quesería. La parte restante es fermentada principalmente a ácido L-láctico el cual es metabolizado hasta CO₂ y H₂O, además de una serie de ácidos de cadena corta o sus correspondientes sales dependiendo de la microbiota y tecnología de elaboración de cada tipo de queso.

La transformación de la lactosa en ácido láctico por las bacterias del cultivo iniciador ocurre durante la fermentación, prensado y oreo. La mayor parte de la lactosa que no se ha transformado se pierde en el desuerado, pero la cuajada aún puede retener un 0.7 a 1.5 % de la lactosa residual. Dicha lactosa continúa metabolizándose por las bacterias del cultivo.

El ácido láctico producido en la fermentación de la lactosa contribuye al aroma del queso, junto con otros compuestos como ácidos volátiles, aldehídos y alcoholes. Una fracción del ácido láctico reacciona con radicales básicos que se encuentran contenidos en el queso formando sales (Periago 2002).

Algunas bacterias lácticas como *Leuconostoc* y *Lactococcus lactis ssp. Lactis biovar diacetylactis* metabolizan el citrato. Que permanece en la cuajada tras el desuerado. Los niveles de citrato en la cuajada de queso son aproximadamente tres veces más altos que en el suero, originando principalmente acetoína y diacetilo, compuestos que intervienen en el aroma de diversos productos lácteos (McSweeney 2004).

2.13. Lipólisis

Los quesos, tienen cambios oxidativos muy limitados debido al bajo potencial oxido/reducción (aproximadamente 250 mV). Sin embargo, aun y cuando existen estas condiciones los triglicéridos en todas las variedades de queso sufren hidrólisis por la acción de lipasas autóctonas, endógenas y/o exógenas, que dan como resultado la liberación de ácidos grasos en el queso durante la maduración. Niveles bajos de la lipólisis contribuyen a la maduración del queso Cheddar, Gouda y suizo, pero los niveles excesivos de lipólisis son indeseables y provocan rancidez (McSweeney & Sousa 2000).

Los productos que se generan a partir de la grasa de leche son ácidos grasos libres, algunos de los cuales son volátiles y contribuyen en gran medida al aroma del queso. Además, son precursores de otros compuestos involucrados en el aroma como alcoholes, ésteres etílicos, metílicos, aldehídos y metilcetonas (Martínez & Carolyn 2017).

Los triglicéridos de la grasa de la leche de rumiantes son ricos en ácidos grasos de cadena corta que, cuando se liberan, tienen umbrales de sabor bajos que contribuyen significativamente al sabor de muchas variedades de queso.

Las enzimas lipolíticas del queso pueden proceder de la leche, de la microbiota del queso o de las preparaciones enzimáticas a partir del estómago de jóvenes rumiantes, que se añaden a la leche como coagulante en la elaboración de quesos.

La leche contiene una potente lipasa autóctona, la lipoproteína lipasa (LPL), con una masa molecular de 55 kDa, que existe en la leche como homodímero. La lipasa nativa de la leche es termosensible por lo que esta enzima sólo está activa en el queso elaborado con leche cruda o sometida a bajo tratamiento térmico.

Las bacterias lácticas son débilmente lipolíticas, aunque se han detectado actividades esterásicas en *Lactococcus* y *Lactobacillus*. Los *enterococcus*, presentes en algunos quesos como consecuencia de la contaminación ambiental también presentan actividad lipolítica, aunque su actividad proteolítica es superior.

Las bacterias psicotrofas pueden proliferar en la leche durante la refrigeración previa al procesado, y si esto sucediese serían una fuente importante

de enzimas lipolíticas. Las lipasas de estos microorganismos son termorresistentes y se asocian a la superficie del glóbulo graso, quedando retenidas en la cuajada. De esta forma las lipasas de las bacterias psicotrofas pueden seguir actuando durante la maduración del queso.

La lipólisis no es un fenómeno predominante en la maduración de la mayoría de los quesos, a excepción de los madurados por mohos y algunas variedades de quesos elaborados con cuajo natural (Periago 2002, McSweeney 2004).

2.14. Proteólisis

Es el evento bioquímico primario más importante que ocurre en la mayoría de los quesos durante la maduración. Su principal función es el desdoblamiento y fraccionamiento de la matriz de caseína en una gama de péptidos y aminoácidos libres (Alonzo-Paz *et al.* 2016). Las proteinasas y peptidasas que catalizan la proteólisis en el queso durante la maduración se originan por medio de seis fuentes primarias: coagulante, leche, bacterias iniciadoras, microflora adventicia no iniciadora, iniciadores secundarios, y una compleja microbiota bacteriana Gram-positiva presente en la superficie del queso (Fox & McSweeney 1996).

2.15. Técnica del ahumado en alimentos

Es uno de los métodos más antiguos de conservación que radica en exponer alimentos al humo que proviene de la incineración de maderas que contienen pocos alquitranes o resinas (Bonilla & Gurdían 2011; Salguero-Cevallos 2016). Este método tiene dos objetivos primordiales: el primero es proporcionar peculiaridades únicas de sabor y aroma al producto, que en algunos casos es preferible por las personas por encima de los alimentos no ahumados y el segundo objetivo se fundamenta en conservar el alimento por más tiempo (Salguero-Cevallos 2016). Este proceso, además de asegurar a los consumidores la confianza y garantía de que están consumiendo un producto de una calidad definida, puede conllevar mejoras en la comercialización de los quesos. Tiene gran importancia para

establecer las bases para lograr medidas que respalden la diferenciación de los quesos (Álvarez *et al.* 2007a).

La conservación de un alimento requiere de la eliminación o limitación de la capacidad de los microorganismos patógenos para desarrollarse (Campo-Escobar 2018). El procedimiento del ahumado ayuda a eliminar o bloquear la tasa de propagación de microorganismos en el producto gracias a su efecto bacteriostático y antioxidante. Los compuestos activos antibacterianos presentes en el humo son ácidos que incluyen al ácido acético y propiónico los cuales tienen la capacidad de bajar el pH y destruir las paredes celulares de las bacterias (Kowalski *et al.* 2010; Bonilla & Gurdián 2011). Es bacteriostático debido a cierta composición de químicos del humo (fenoles, ácidos y compuestos carbonilos) que frenan el aumento de la población de bacterias en el queso y producen sabor y aroma característicos (Salguero-Cevallos 2016).

2.16. Antecedentes de quesos ahumados y maduros.

Solís-Bravo (2016) concluyó que los quesos notados como ahumados y aquellos con intensidad alta de olor y sabor residual a crema láctea, fueron los más apetecibles por los consumidores. Mientras que el queso seco con características altas en sabor intenso y olor a ácido láctico, sabor amargo y salado fue el que tuvo menos aceptación.

Alejo-Martínez (2015) evaluó el tiempo de maduración y perfil microbiológico del queso de poro artesanal con el objetivo de analizar los cambios microbiológicos del queso de poro a tres y doce días de maduración, encontró que el tiempo de maduración afectó algunas características físicas y microbiológicas. Observó una ligera tendencia a disminuir la concentración de bacterias coliformes y hongos al incrementar el tiempo de maduración de tres a doce días, pero estos resultados están por encima de los valores permitidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994. El investigador menciona que es muy importante evaluar el espacio en donde se elabora el producto y la maduración, ya que puede ser un

factor que influya al incremento de algunos grupos indicadores como *Staphylococcus aureus*.

Salguero-Cevallos (2016) ahumó los quesos con aserrín de roble y laurel durante 30 y 60 minutos, en la segunda etapa evaluó parámetros de acidez, pH, análisis microbiológico y sensorial, a 0, 10, 20, 30 y 40 d de almacenamiento. Concluyó que el ahumado tiene efecto bacteriostático y antioxidante por lo que la carga bacteriana del queso ahumado a los diferentes días de almacenamiento fue menor que el queso sin ahumar.

III. Planteamiento del problema

La mayor parte de los quesos artesanales en México son elaborados por industrias micro, pequeñas o medianas, muchas de ellas ubicadas en diminutas rancherías o pueblos, donde se emplean métodos rústicos que por lo general carecen de un control de calidad estricto, poca verificación de la calidad de la leche, proceso de elaboración no tecnificado y transporte inadecuado del producto, por lo tanto, es común que muestren una gran variabilidad en su composición y una limitada conservación, a excepción de los quesos maduros (Cesín-Vargas 2014; Gonzáles-Montiel & Franco-Fernández 2015). Un problema que enfrentan es el desconocimiento de sus cualidades por parte de la población, por esta razón, Cervantes-Escoto *et al.* (2006) proponen que para evaluar la calidad de los alimentos se tomen en cuenta tres aspectos:

- Que el producto no cause daño a las personas que lo consumen, esto caracteriza a un alimento inocuo.
- El alimento debe contener los nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades del organismo.
- La calidad definida por los atributos que le dan un valor al producto, diferenciándolos, tomando en cuenta sus características organolépticas, su composición y satisfacción del consumidor.

Es necesario implementar sistemas de aseguramiento de calidad y alternativas que garanticen la producción de quesos inocuos (Gonzáles-Montiel & Franco-

Fernández 2015). Por ende, se requieren controles que permitan respaldar estos parámetros desde el comienzo de la cadena productiva hasta la comercialización y con ello poder mejorar su competitividad y reconocimiento en los mercados externos (Sandoval-Alarcón 2014). Una opción para alcanzar esta meta es la maduración, debido a que durante este proceso los quesos adquieren modificaciones tales como la pérdida de humedad, incremento del pH, hidrólisis de las grasas, proteólisis, transformación de la lactosa, formación de corteza, las cuales intervienen sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del mismo (Mendoza & Oyón 2002).

IV. HIPÓTESIS

El ahumado y tiempos de maduración prolongados en quesos de prensa artesanales mejoran las propiedades fisicoquímicas y disminuyen la presencia de bacterias patógenas.

V. Objetivos

5.1. Objetivo general

Evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas en quesos de prensa artesanales ahumados a diferentes tiempos de maduración y su efecto en la presencia o ausencia de microorganismos patógenos.

5.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características físicas (color, pH y temperatura) en quesos de prensa artesanales ahumados con diferentes tiempos de maduración.
- Evaluar características químicas materia seca (MS), proteína cruda (PC), grasa cruda (GC) y cenizas (C) en quesos de prensa artesanales ahumados con diferentes tiempos de maduración.
- Determinar la presencia o ausencia de bacterias patógenas (*Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*) en quesos de prensa artesanales ahumados con diferentes tiempos de maduración.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

Los quesos se obtuvieron de una unidad de producción pecuaria ubicada en la localidad de San José Manialtepec, perteneciente al municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, en el estado de Oaxaca, la cual se localiza geográficamente a los 15° 97' latitud norte y 97° 24' longitud oeste. El clima es cálido húmedo con lluvias en verano y tiene una temperatura promedio anual de 27 °C, así como una precipitación pluvial media anual de 731.9 a 2,054 mm (García 2004).

Todo el ganado bovino que produjo la leche para la elaboración de los quesos está sometido a un sistema de producción doble propósito, donde su principal fuente de alimento es el zacate estrella (*Cynodon niemfluensis*) con una suplementación mineral. Se realizó un manejo sanitario con la aplicación de una bacterina triple bovina cada 6 meses y una vacuna viral cada año para prevenir la rabia paralítica bovina.

Todo el proceso de elaboración de los quesos fue de manera artesanal, muy rudimentario con poca tecnología. Para la coagulación de la leche se utilizó el cuajo líquido de marca comercial Cuamex. Una vez coagulada la leche se cortó la cuajada y se puso la masa en mantas, posteriormente la pasta se pasó a los moldes de petate para colocarse en una prensa de madera durante 5 h.

Los quesos de prensa artesanal se trasladaron al Laboratorio de Tecnología de Productos Pecuarios (LTPP) de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, ubicado en la Ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, México. Cuyas coordenadas son 15°53'18.74" N, 97°04'30.08" O y elevación 83 m. s. n. m. en donde se realizó el proceso de ahumado y maduración de los quesos. El ambiente se controló, con una temperatura de 23 °C y 65 % de humedad relativa (H.R.).

El flujo de elaboración del queso de prensa artesanal proveniente de San José Manialtepec se presenta en la Figura 5.

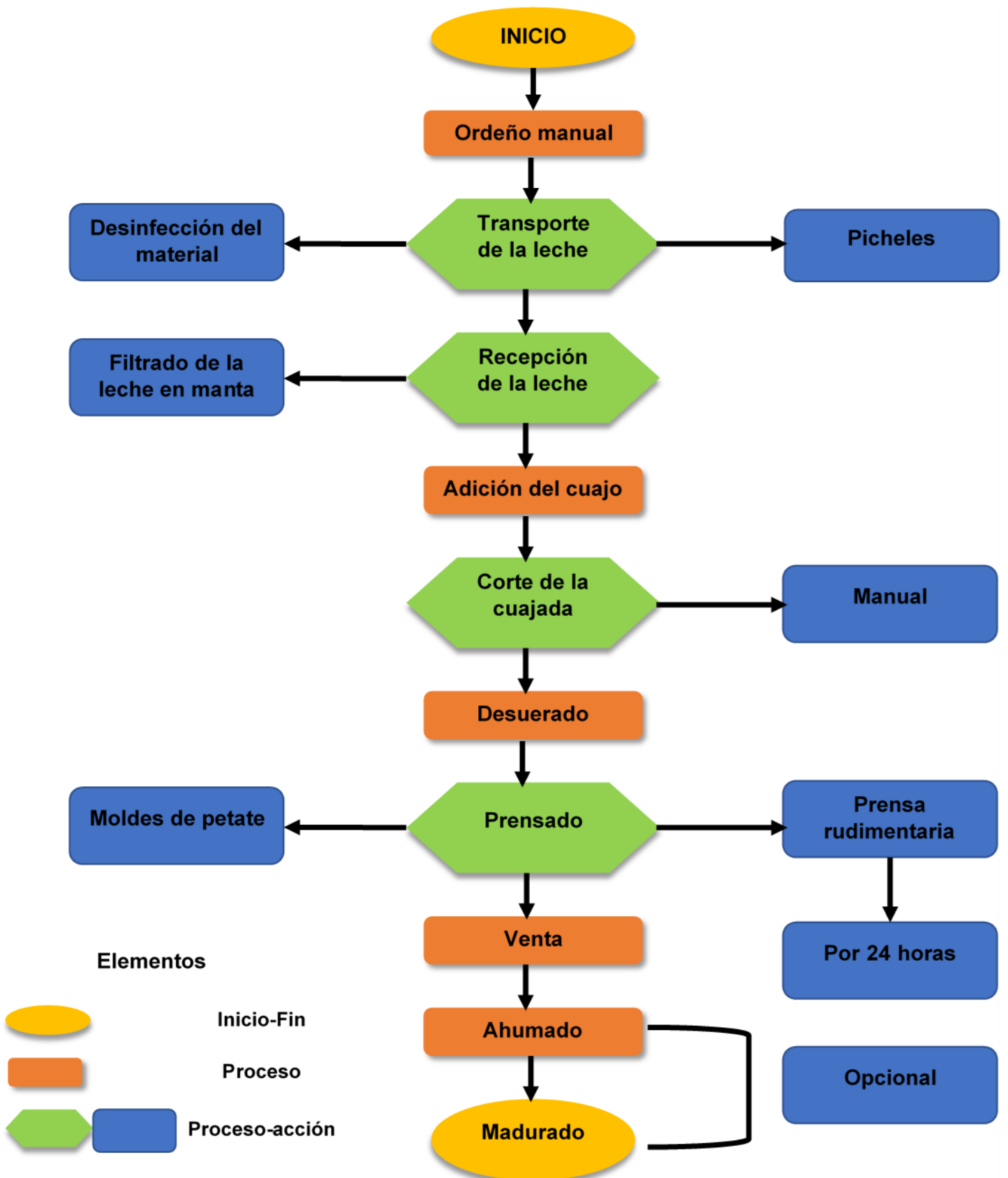


Figura 5. Flujo de proceso del queso de prensa artesanal producido en San José Manialtepec, Oaxaca.

6.2. Proceso de ahumado y maduración de los quesos

Para el ahumado de los quesos artesanales se utilizó un ahumador de la marca Todo en Cocina y el humo fue provocado por la incineración de aserrín de macuil (*Tabebuia rosea*), el proceso duró 3 horas, durante este proceso la temperatura se mantuvo constante 65 °C. Posteriormente los quesos se colocaron en tablas de macuil (*Tabebuia rosea*) y se almacenaron en estantes a una temperatura de 23.7 °C con una humedad relativa de 51%. El proceso de ahumado se presenta en la Figura 6.

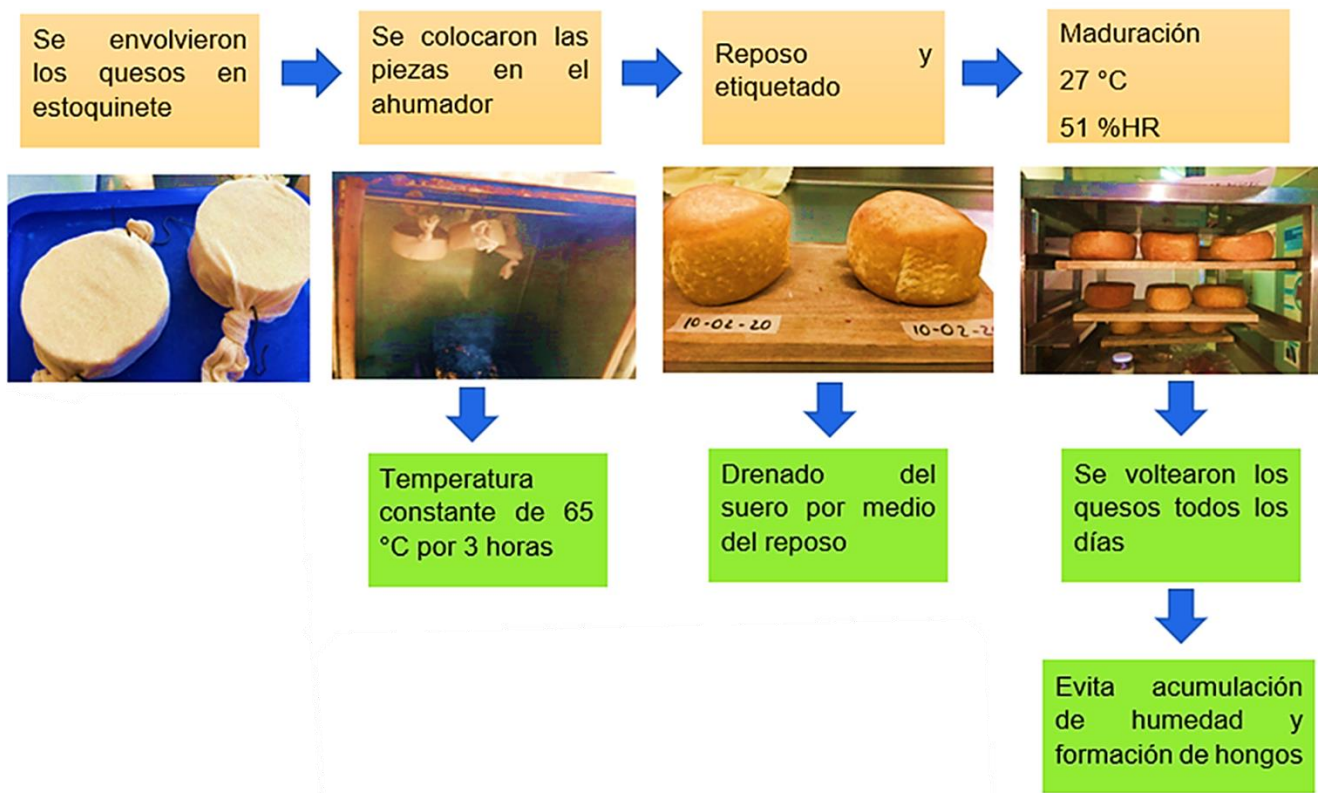


Figura 6. Proceso de ahumado de quesos de prensa artesanal

6.3. Análisis de los quesos

6.3.1. Análisis físico

6.3.2. Color

Se evaluaron cada uno de los quesos por tratamiento. El sistema de referencia que se utilizó fue el CIE (1976), se determinaron valores L^* , a^* , b^* , C^* , h° los cuales describen la coloración en un eje tridimensional. Para la medición de estas variables se utilizó un espectrofotómetro de esfera de la marca X-rite modelo HI SP60, Alemania (rango espectral 400 nm a 700 nm, longitud de onda 10 nm). Se calibró al antes de la medición con punto de referencia blanco y punto de referencia negro. Este tipo de instrumentos transforman las medidas del color en espacios del color de tres dimensiones, la interpretación de resultados proporciona información sobre las características del color (Fresno *et al.*2007). Las mediciones se realizaron por cuadruplicado en diferentes zonas del queso siguiendo la Norma Oficial Mexicana NMX-F-092-1970 de calidad para quesos procesados.

Se midió el color externo e interno de todos los quesos, para ello todas las unidades experimentales se rallaron hasta tener margen para la lectura. Las variables medidas fueron: L^* . Luminosidad, cuantifica la claridad en una escala de 0-100, donde 0 corresponde a negro absoluto (oscuro) y 100 corresponde a blanco absoluto (claridad), el valor a^* cuantifica el espectro de coloración rojo/verde donde +a indica rojo y -a indica verde y el valor de b^* mide el espectro amarillo/azul donde +b indica amarillo y -b indica azul (Bonilla & Gurdían 2011), La saturación del color C^* y Ángulo de tonalidad h° se calcularon por medio de las ecuaciones:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Dónde: C^* : Saturación del color, a^* : Intensidad de color rojo y b^* : Intensidad de color amarillo.

$$h^\circ = \arctan (b^* / a^*)$$

Dónde: h° : Ángulo de tonalidad, \arctan . Función trigonometría arcotangente, b^* : Intensidad de color amarillo y a^* : Intensidad de color rojo CIE (1976).

6.3.3. pH y temperatura

Se utilizó un potenciómetro/termómetro con electrodo de inserción Hanna mod. HI 99161, Colombia. Calibrado antes de la lectura con soluciones Buffer de pH 7 y pH 4 a una temperatura de 23 °C.

Se mezcló de forma manual 20 mL de agua destilada con 2 g de queso rallado finamente hasta obtener una mezcla homogénea. Se dejó reposar durante 5 minutos y se volvió a mezclar la muestra, para después realizar la medición electrométrica de la actividad de los iones Hidrogeno presentes en cada muestra colocando el electrodo a 1 cm de profundidad, se efectuaron cuatro determinaciones por muestra de queso.

6.4. Análisis químico

Para este análisis en especial se formaron cuatro grupos (Tabla IV) a partir de los 13 tiempos de maduración, considerando el año en que se ahumaron: 2020, 2019, 2018 y 2017. Se seleccionó un queso representativo de cada grupo tomando como referencia los valores obtenidos de pH, debido a que esta variable es un factor crítico para la sobrevivencia de bacterias probióticas (Boza *et al.* 2010). Se calculó la media y se eligió el queso con el valor más cercano a esta, además se envió una muestra de queso fresco para su posterior análisis.

Las muestras se enviaron al laboratorio de Nutrición Animal del Centro Universitario del Sur. Se determinó materia seca (MS) por diferencia, proteína cruda (PC) mediante el método Kjeldahl, grasa cruda (GC) a través de Wendy y cenizas (C) por combustión en mufla a 550 °C, todos los análisis se realizaron mediante las técnicas descritas por la Association of Official Analytical Chemists A.O.A.C. (2003).

Tabla III. Quesos de prensa artesanal ahumados maduros para el análisis químico

Grupo	Año	Tiempo de maduración/años	Queso representativo
QF		0	X
1	2020	0.07	
		0.17	
		0.23	X
		0.33	
2	2019	0.52	
		0.75	X
3	2018	1.92	
		2.05	
		2.29	X
4	2017	2.47	
		2.68	
		2.83	
		3.01	X

QF: Queso Fresco

6.4.1. Determinación de materia seca total

Se utilizó el método termo gravimétrico del manual de técnicas oficiales A.O.A.C. (2003). La materia seca total se obtuvo al evaporar totalmente la humedad, aplicando temperaturas de 550° C.

En una báscula analítica con sensibilidad de 0.2 g se pesó un crisol al que se le agregaron 2 g de muestra, posteriormente se calculó el peso del crisol con la muestra húmeda. Con la ayuda de pinzas fueron colocados en una estufa de aire forzado a una temperatura constante de 550 °C durante 24 h. Posteriormente con pinzas se retiraron los crisoles y se pusieron en desecador de sílica gel con el propósito de enfriar las muestras a temperatura ambiente y evitar el incremento de humedad por un periodo de 15 min a 20 min. Finalmente se pesaron los crisoles

con la muestra seca. Los datos se utilizaron para calcular el porcentaje de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{\text{Peso del crisol con muestra húmeda (g)} - \text{peso del crisol con muestra seca(g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

El porcentaje de materia seca se calculó con la siguiente fórmula.

$$\%MS = 100 - \% \text{ Humedad}$$

6.4.2. Determinación de proteína

Por medio de este método se determinó el nitrógeno total de la muestra orgánica y se convirtió en proteína cruda multiplicando el resultado por el factor 6.25.

Se pesó un gramo de muestra sobre un papel filtro, se envolvió y se trasladó a un matraz Kjeldahl con 4 perlas de vidrio (para que este en ebullición constante), se le agregó un catalizador de selenio (mezcla reactiva de selenio), 30 mL de ácido sulfúrico concentrado, posteriormente se conectó al aparato Kjeldahl en el sector de digestión. Después de haber dirigido la muestra, se dejó enfriar por un periodo corto de tiempo, se diluyó con 300 mL de agua destilada, posteriormente se agregaron al matraz Kjeldahl 100 mL de hidróxido de sodio al 45% y seis granallas de Zinc. En un matraz Erlemeyer de 500 mL se agregaron 50 ml de ácido bórico al 4% y 6 gotas de indicador mixto (rojo de metilo y verde de bromocresol). Se conectó a la parte destiladora del Kjeldahl para recibir 250 mL del destilado, enseguida se realizó la titulación con ácido sulfúrico 0.10526N. Para calcular el porcentaje de Nitrógeno Total se utilizó la siguiente fórmula.

$$\%PC = \frac{(\text{ml gastados de la muestra} - \text{ml blanco})(N \text{ del ácido})(0.014)}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

6.4.3. Determinación del contenido de cenizas

Se utilizó un método seco, la muestra se incineró sin producir flama. En un crisol de porcelana se añadieron 3 g de muestra, posteriormente se colocó en una parrilla con el objetivo de quemar lentamente el material dentro del crisol hasta que el humo se agotó, se evitó que la muestra se incendiara. Después con ayuda una pinza se colocaron los crisoles con la muestra en una mufla a una temperatura constante de 550° C por un periodo de 3 h para incinerar completamente las muestras, después de este tiempo se dejó enfriar en el desecador y se pesó la muestra incinerada; para calcular el porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente fórmula.

$$\%C = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas (g)} - \text{peso del crisol solo(g)} \times 100}{\text{gramos de muestra}}$$

6.5. Análisis microbiológico

Se realizó en el Laboratorio de Genética de la Universidad Del Mar, Campus Puerto Escondido, donde se determinó presencia o ausencia de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* a través de medios de cultivos específicos para ambos patógenos.

Para *Staphylococcus aureus* se utilizó el medio de cultivo selectivo de la marca BD Mannitol Salt Agar, Alemania. Este medio permite realizar la identificación presuntiva de *S. aureus* por la pigmentación amarilla característica de este microorganismo (Cervantes-García *et al.* 2014). Para *Escherichia coli* se utilizó el medio de cultivo BD EMB Agar, Alemania (Eosin Methylene Blue Agar).

Para la preparación de ambos medios en una balanza analítica de la marca A & D modelo HR-250AZ con sensibilidad de 0.1 mg se pesaron 2.7 g del medio y se diluyeron en 25 mL de agua peptonada en un matraz Erlenmeyer limpio y estéril por cada muestra de queso. Se agregó un agitador al matraz para ayudar a que la mezcla del medio se homogeneizara, se calentó constantemente a una temperatura de 60 °C, posteriormente se introdujo el medio en una autoclave vertical de la marca Yamato modelo SM300, U.S.A. a una temperatura de 120 °C por 15 min, después

de este procedimiento en una campana de flujo horizontal de la marca LABCONCO, U.S.A. se vertió el medio derretido en una placa de Petri estéril, fue preciso esperar hasta que el medio se solidificara por completo antes de utilizarlo, de acuerdo con las indicaciones del fabricante la superficie del agar debe estar lisa y húmeda pero sin humedad en exceso.

Se colocaron en un tubo eppendorf limpio y estéril 2 g de queso rallado por cada unidad experimental y se agregó 10 mL de agua estéril, con ayuda de un agitador vórtex se homogeneizaron las muestras, posteriormente se depositaron 200 µL de cada muestra en la superficie del medio de cultivo los cuales se esparcieron por toda la superficie del medio con ayuda de una aza de siembra, en seguida, en una incubadora de la marca Barnstead International (BI) modelo I42325, U.S.A. a temperatura de 37 °C por 48 horas, al finalizar este tiempo se comprobó el crecimiento mediante la observación directa para determinar presencia o ausencia de las bacterias de interés.

De acuerdo con el fabricante del agar sal manitol utilizado en la presente investigación la fermentación de manitol se demuestra por el cambio del indicador del rojo fenol. Facilita la diferenciación de la especie de *Staphylococcus*, los *Staphylococcus* positivos a la coagulasa como es el caso de *S. aureus* producen colonias de color amarillo y un medio circundante del mismo color, mientras que los *Staphylococcus* negativos a la coagulasa producen colonias de color rojo y no producen cambio de color en el indicador de rojo fenol, Chapman (1945), menciona que solo los estafilococos son capaces de crecer en medios de agar que contienen 7.5% de NaCl, y que casi todos los organismos que crecen son estafilococos que coagulan el plasma y la mayoría están rodeados de zonas amarillas.

El crecimiento para *E. coli* en el medio BD EMB Agar es de bueno a excelente, formándose colonias de color negro azulado con brillo verde metálico.

5.6 Unidades experimentales

Se utilizaron 13 quesos de prensa que fueron ahumados con aserrín de macuil en los años 2017, 2018, 2019 y 2020, por el tiempo de almacenado se

consideran quesos maduros como se muestra en la Tabla V. Se obtuvo un queso fresco (testigo) el cual no se ahumó con el fin de comparar las características.

Tabla IV. Fecha de ahumado y tiempo de maduración de los quesos.

Fecha de ahumado	Tiempo de maduración (años)
QF	0
15/05/2020	0.07
10/04/2020	0.17
17/03/2020	0.23
10/02/2020	0.33
02/12/2019	0.52
09/09/2019	0.75
12/07/2018	1.92
24/05/2018	2.05
26/02/2018	2.29
22/12/2017	2.47
06/10/2017	2.68
13/08/2017	2.83
06/06/2017	3.01
Total	14

5.8 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en el presente estudio fue completamente aleatorizado. Con una fuente de variación única el tiempo de maduración, el procesamiento de datos se realizó con el programa SAS (SAS 2003), el análisis de varianza para las variables fisicoquímicas del queso mediante el comando PROC GLM con comparación de medias con el estadístico de prueba Tukey ($P < 0.05$). Se realizó un análisis adicional con los comandos PROC CORR y PROC REG para relacionar las variables fisicoquímicas (color, pH y químicas) del queso fresco con los quesos maduros.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Variables físicas

7.1.1 pH y temperatura

El pH en los diferentes tiempos de maduración fluctuó entre un mínimo de 4.10 ± 0.00 que pertenece a 0.07 años y un máximo de 5.59 ± 0.73 que corresponde a 2.47 años de maduración, estos valores indican que todos los tiempos de maduración mantienen una pasta ácida, el valor medio obtenido fue de 5.07. Los valores de los cuadrados mínimos ($\bar{X} \pm EE$) se presentan en la Tabla VI. Se observa que el queso control (QF) no ahumado ni madurado presenta un valor superior 5.93 ± 0.01 sobre todas las estimaciones para la variable, por lo tanto, el ahumado y tiempo de maduración ejercen efecto significativo ($P \leq 0.05$) sobre el pH de todos los quesos ahumados maduros.

Para los tiempos de maduración de 2.47, 2.68, 2.83 y 3.01 años se obtuvieron los siguientes valores de pH ($\bar{X} \pm EE$) 5.59 ± 0.73 , 5.33 ± 0.02 , 5.19 ± 0.03 y 5.26 ± 0.03 respectivamente, estadísticamente son iguales ($P \leq 0.05$), presentaron una tendencia a la baja; a medida que aumentó la maduración se presentó un incremento de la acidez, esto se explica por la acción de microorganismos ácido-lácticos los cuales aprovechan los nutrientes del queso la lactosa principalmente para formar ácidos orgánicos tales como acético y láctico (Grass Ramírez *et al.* 2013, Alejo-Martínez *et al.* 2015). La presencia de niveles altos de estos microorganismos tiene relación con niveles altos de acidez, por lo tanto, se forma un efecto antimicrobiano (Jiménez-Vera *et al.* 2008). Las propiedades de acidez del medio tienen relevancia debido a que las proteasas actúan a un pH que oscila entre 5.5 Y 6.5 y las lipasas entran en acción en un rango de pH que va de 6.5 a 7.5 (Contreras-Ibarra 2011), estas son enzimas importantes que catalizan la proteólisis y lipólisis en el queso durante la maduración (McSweeney 2004).

Los resultados obtenidos de potencial hidrogeno (pH) para tiempos de maduración de 0.07, 0.23, 0.33, 0.75, 2.05 y 2.29 años se encontraron fuera del intervalo de 5 a 6 pH señalado por la Norma Oficial Mexicana NMX-F-092-1970; lo

cual coincidió con resultados obtenidos de quesos de cabra producidos en la zona montañosa del estado de Veracruz (5.92-4.71 pH) (Ramírez-Rivera *et al.* 2017). Dicho suceso indica que la acumulación de ácido láctico a partir de lactosa pudo haber generado el descenso del pH; de igual forma Sánchez *et al.* (2016) obtuvieron en queso artesanal añejo de Zacazonapan con 150 días de maduración pH cercanos a la neutralidad en época de secas (5.23 pH) y época de lluvia con el mismo tiempo de maduración (5.72 pH).

Los pH de los quesos del presente estudio con tiempos de maduración comprendidos entre 0.07 y 3.01 años compartieron similitud con diferentes quesos mexicanos genuinos como el queso crema de Chiapas (4.74-4.35 pH) (Romero-Castillo *et al.* 2009), queso de poro artesanal, el cual es madurado ligeramente por 5 días como mínimo (4.1 pH) (Contreras-Ibarra 2011). En el caso del queso Cotija que es un producto artesanal madurado, se han reportado valores de pH de 6.15-5.32 (Hernández-Mejía *et al.* 2007) valor idéntico al del queso con 1.92 años de maduración. Ramos-Gabriel (2020) reporta valores de pH de quesos de prensa producidos en Tataltepec de Valdés, Oaxaca con un tiempo de maduración de 7, 21, 42 y 84 días en época de secas con un pH que va de 5.72 a 5.31, dichos valores son similares a los quesos de esta investigación.

Las estimaciones de temperatura presentaron diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a los diferentes tiempos de maduración, los resultados para la temperatura ($\bar{X} \pm EE$) se presentan en la Tabla VI. El valor mínimo fue de 22.49 ± 0.06 que le concierne al QF y el máximo de 23.67 ± 0.10 correspondiente al tratamiento madurado a 0.75 años, es destacable que todos los valores estuvieron por debajo de la temperatura del Laboratorio de Productos Pecuarios cuyo cálculo fue de $23.7 \text{ }^\circ\text{C}$, misma que ejerce influencia sobre la conservación idónea de los quesos.

Tabla V. Efecto del ahumado y tiempo de maduración sobre el pH y temperatura (Media \pm Error Estándar) de quesos de prensa artesanal.

Tiempo de Maduración (años)	Variables	
	pH	Temperatura °C
QF	5.93 \pm 0.01 ^a	22.49 \pm 0.06 ^d
0.07	4.10 \pm 0.00 ^{ab}	23.36 \pm 0.11 ^{abc}
0.17	5.13 \pm 0.02 ^{ab}	23.0 \pm 0.41 ^{abcd}
0.23	4.94 \pm 0.01 ^{ab}	23.36 \pm 0.11 ^{abc}
0.33	4.96 \pm 0.03 ^{ab}	23.64 \pm 0.10 ^a
0.52	5.14 \pm 0.02 ^{ab}	23.07 \pm 0.08 ^{abcd}
0.75	4.75 \pm 0.01 ^b	23.67 \pm 0.10 ^a
1.92	5.15 \pm 0.02 ^{ab}	23.18 \pm 0.07 ^{abcd}
2.05	4.73 \pm 0.02 ^b	22.83 \pm 0.02 ^{bcd}
2.29	4.83 \pm 0.04 ^b	23.14 \pm 0.10 ^{abcd}
2.47	5.59 \pm 0.73 ^{ab}	22.68 \pm 0.28 ^{cd}
2.68	5.33 \pm 0.02 ^{ab}	22.82 \pm 0.03 ^{bcd}
2.83	5.19 \pm 0.03 ^{ab}	22.92 \pm 0.18 ^{abcd}
3.01	5.26 \pm 0.03 ^{ab}	23.60 \pm 0.13 ^{ab}

a,b,c,d Medias en la misma columna con distinta literal difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$). QF: Queso Fresco.

Con respecto a la parte microbiológica, los valores de pH se encontraron por debajo del pH mínimo de crecimiento para *Escherichia coli* (5-7 pH) (Álvarez-Blanco 2019) y dentro del rango de crecimiento para *Staphylococcus aureus* (4-10 pH) (Alejo-Riveros *et al.* 2011), sin embargo, los valores de temperatura obtenidos estuvieron fuera del rango óptimo (37 °C) para la sobrevivencia de *Staphylococcus aureus* (Rojas-Hidalgo 2010).

7.1.2. Color externo

Las medias ($\bar{X} \pm EE$) obtenidas del efecto del ahumado y tiempo de maduración sobre el color externo de los quesos se reportan en la Tabla VII.

Los valores de luminosidad (L^*) se comportaron de manera decreciente conforme aumentó el tiempo de maduración, dicho de otra manera, los quesos tuvieron una tendencia a perder brillo porque perdieron humedad, inclinándose hacia un color más oscuro, presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en todos los tratamientos. La mayor luminosidad se presentó en el queso control QF y 0.07 años de maduración y el valor mínimo se presentó en los tratamientos de 1.92 y 2.29 años; tendencia similar a perder brillo o ganar opacidad reportó Vargas-Uscategui *et al.* (2017) en queso cottage con coagulación química por medio del ácido cítrico con tiempos de maduración en días y valores de L^* de 0 (68.59), 1 (69.11), 2 (63.96), 4 (61.89), 8 (61.18) y 9 (60.95).

Se observaron cambios significativos en la luminosidad a medida que aumentó el tiempo de maduración, presentando una diferencia de 53.23 unidades del queso control QF versus 2.29 años de maduración y con el valor más próximo 0.23 años existe 32.52 unidades de diferencia. Esta discrepancia encontrada en la luminosidad del QF con los diferentes tiempos de maduración se debió principalmente al contenido de humedad que presenta el QF, ya que quesos con alto contenido de humedad tienden a ser más luminosos y menos saturados (Chacón-Villalobos & Pineda-Castro 2009). Álvarez *et al.* (2007b) y Ramírez-Rivera *et al.* (2017) indicaron que la L^* del queso está condicionada por el contenido de humedad, por lo tanto, esta tendencia se debe a la correlación positiva que tiene la L^* con la humedad, de tal forma que al aumentar el contenido acuoso en los quesos mayor claridad mostraran los mismos, razón por la cual los quesos frescos por retener mayor cantidad de suero son más luminosos que los quesos no frescos (Sánchez-Estrada & Sánchez-Estrada 2020). Los mismos autores reportaron valores de luminosidad de un queso fresco artesanal de 90.86, 90.29 y 89.56.

Ramos-Gabriel (2020) reportó valores de luminosidad de quesos de prensa con maduración (semanas) y luminosidad en época de lluvias de 1 (84.49), 3 (78.90), 6 (75.09) y 12 (76.60), resultados similares obtenidos en la presente investigación para la L^* del QF y tendencia a disminuir conforme aumentaron los días de maduración.

El parámetro de la coordenada rojo-verde (a^*) presentó el menor valor en el queso control (QF) seguido de 1.92 años y valores mínimos de 10 unidades se presentan en 0.07, 0.23, 0.52, 1.92, 2.29 y 2.47 años de maduración, el valor máximos de a^* se presentó en 2.68, 2.83, y 3.01 años con más de 10 unidades de diferencia con respecto al valor mínimo (QF), existiendo diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) en todos los tratamientos, de tal manera que el ahumado tuvo efecto sobre la propiedad de a^* , tomando valores positivos lo cual indicó que los quesos se inclinaron hacia un color rojo, se constata con resultados menores en la coordenada a^* obtenidos por otros investigadores como García-Islas (2006), quien realizó una caracterización de 6 diferentes quesos fabricados en el valle de Tulancingo Hidalgo, quien obtuvo valores mínimos y máximos de a^* para el queso panela de 0.0-2.2, Queso manchego mexicano 1.7-5.1, Queso tenate 0.9-2.9, Queso morral 0.9-4.6, Queso manchego botanero 0.96-2.89 y Queso tipo Oaxaca 0.03-2.0. En adición Ramos-Gabriel obtuvo valores para a^* en quesos de prensa no ahumados en época de secas de 1.43-3.50, resultados inferiores a los reportados en esta investigación.

La coordenada Amarillo-Azul (b^*) presentó diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) en todos los tiempos de maduración, con valores positivos en todos los quesos, por lo tanto, presento una tendencia hacia un color amarillo. El QF presentó el valor mínimo seguido por 2.29 presentando un valor menos a 30 unidades al igual que en los tratamientos de 1.92, 2.47, 2.83 y 3.01 años de maduración. Las mayores tonalidades de b^* se presentaron en quesos con 0.07, 0.52 y 0.75 años de maduración. Al igual que las otras variables el ahumado tiene efecto sobre la coordenada b^* como se puede apreciar en la Tabla VII.

La inclinación hacia el color amarillo se debe principalmente a que la leche bovina contiene vitamina A y β -carotenos en la materia grasa, los animales no los sintetizan, los obtienen del material vegetal de su dieta. El caroteno lo transfieren al tejido adiposo y leche, por lo tanto, los productos elaborados como el queso manifiestan un color amarillo, de igual forma está relacionado con otros pigmentos como luteína, cuanto mayor sea la concentración de este pigmento mayor será la

intensidad de color amarillo de la leche y la grasa, factor que influye sobre el color del queso (Chacón-Villalobos & Pineda 2009, Ramírez-Navas 2010, Acosta-Paisig 2015).

Gamboa-Alvarado *et al.* (2012) indica que durante la maduración las propiedades iniciales de la pasta van cambiando de acuerdo con el tipo de queso, al inicio es blanco y al incrementarse el tiempo de maduración dichos productos se tornan hacia un color amarillo, de la misma manera lo hace la consistencia, misma que cambia de suave a dura. Durante el proceso de maduración los quesos incrementan su tonalidad amarilla y la pureza de color. Según Medina *et al.* (2013) el incremento de los valores de b^* se relaciona con las reacciones bioquímicas del queso principalmente la proteólisis y reacciones de pardeamiento.

Con respecto a la saturación o pureza de color, la cual representa la distancia radial y comienza en 0, describe el grado en que un color se separa del gris neutro y se acerca a un color puro del espectro (Ramírez-Navas 2010). Los resultados obtenidos para la saturación o pureza de color (C^*), indicaron una variabilidad en todos los tratamientos. 0.07 años tiene una mayor pureza de color con un valor de 41.49 ± 1.35 , mientras que el QF tiene un valor mínimo seguido por 2.29 años, por lo tanto, difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$). De la misma forma los resultados obtenidos para el ángulo o matiz de tonalidad (H), tienen efecto significativo a causa del ahumado y tiempo de maduración, observándose valores superiores de H con respecto a L^* .

Tabla VI. Efecto del ahumado y tiempo de maduración sobre el color externo (Media \pm Error Estándar) de quesos de prensa artesanal.

Tiempo de maduración (años)	Luminosidad (L*)	Coordenadas Rojo-verde (a*)	Coordenadas Amarillo-azul (b*)	Saturación o pureza de color (C*)	Ángulo de matiz de tonalidad (h)
QF	88.42 \pm 0.49 ^a	0.25 \pm 0.03 ^d	21.23 \pm 0.41 ^f	21.23 \pm 0.41 ^f	89.34 \pm 0.06 ^a
0.07	51.44 \pm 2.78 ^{bc}	9.55 \pm 0.20 ^{bc}	41.49 \pm 1.35 ^a	42.57 \pm 1.34 ^a	77.02 \pm 0.34 ^b
0.17	45.84 \pm 2.86 ^{cdef}	10.80 \pm 0.22 ^{ab}	36.33 \pm 1.57 ^{abc}	37.92 \pm 1.49 ^{abc}	73.35 \pm 0.83 ^{cd}
0.23	55.90 \pm 1.13 ^b	9.74 \pm 0.03 ^{abc}	38.41 \pm 1.74 ^a	39.63 \pm 1.69 ^a	75.69 \pm 0.62 ^{bc}
0.33	50.80 \pm 1.38 ^{bcd}	10.51 \pm 0.35 ^{ab}	37.48 \pm 1.21 ^{ab}	38.94 \pm 1.13 ^{ab}	74.29 \pm 0.83 ^{bcd}
0.52	48.66 \pm 1.82 ^{bcd}	9.45 \pm 0.68 ^{bc}	40.25 \pm 1.64 ^a	41.36 \pm 1.67 ^a	76.78 \pm 0.81 ^{bc}
0.75	47.33 \pm 2.37 ^{cdef}	10.28 \pm 0.69 ^{ab}	30.89 \pm 3.14 ^{bcde}	32.57 \pm 3.16 ^{bcde}	71.36 \pm 1.08 ^{defg}
1.92	41.69 \pm 1.10 ^{fg}	8.29 \pm 0.26 ^c	29.07 \pm 0.88 ^{de}	30.23 \pm 0.90 ^e	74.08 \pm 0.31 ^{bcd}
2.05	42.55 \pm 1.69 ^{defg}	10.28 \pm 0.27 ^{ab}	30.45 \pm 0.13 ^{bcde}	32.14 \pm 0.08 ^{bcde}	71.34 \pm 0.50 ^{defg}
2.29	35.19 \pm 0.83 ^g	9.60 \pm 0.63 ^{bc}	24.09 \pm 0.98 ^{ef}	25.95 \pm 1.01 ^{ef}	68.28 \pm 1.27 ^{fg}
2.47	47.00 \pm 0.73 ^{cdef}	9.87 \pm 0.12 ^{abc}	29.37 \pm 0.26 ^{cde}	30.98 \pm 0.25 ^{cde}	71.43 \pm 0.26 ^{def}
2.68	50.62 \pm 2.12 ^{bcd}	11.49 \pm 0.07 ^a	35.62 \pm 2.14 ^{abcd}	37.45 \pm 0.04 ^{abcd}	71.96 \pm 1.01
2.83	42.45 \pm 0.41 ^{efg}	11.04 \pm 0.27 ^{ab}	28.78 \pm 0.43 ^{de}	30.84 \pm 0.31 ^{de}	68.95 \pm 0.74 ^{efg}
3.01	43.04 \pm 0.20 ^{defg}	11.10 \pm 0.24 ^{ab}	27.12 \pm 0.47 ^{ef}	29.30 \pm 0.51 ^e	67.74 \pm 0.25 ^g

a,b,c,d Medias en la misma columna con distinta literal difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Los componentes del humo generados por la descomposición térmica de los elementos de la madera como la celulosa generan grupos carboxílicos, los cuales logran cambiar el color de los quesos como la luminosidad (L*), intensidad del color rojo (a*) e intensidad del color amarillo (b*), dicho suceso está en función de la temperatura y tiempo de ahumado como lo muestra Borjas & Colorado (2010) en el queso zamorano, mismo que fue sometido a tiempos de ahumado de 40 min, 60 min y 80 min, con dos temperaturas de 40 y 60 °C para cada tratamiento. A mayor temperatura y tiempo de ahumado disminuye los valores de L* teniendo un valor con 80 min a 60 °C de 63.30, en cambio los valores de a* incrementan, obtuvo resultados con 40 min a 40 °C (4.0) Y con 80 min a 60 °C (9.09), de igual forma los valores de b* incrementan ligeramente. Estos resultados comparten similitud con los reportados en la presente investigación.

7.1.3. Color interno

Las medias ($\bar{X} \pm EE$) obtenidas del efecto del ahumado y tiempo de maduración sobre el color interno de los quesos se reportaron en la Tabla VIII.

La luminosidad se comportó de manera diferente con respecto al color externo, esta se incrementó conforme aumentó el tiempo de maduración, obteniendo valores cercanos al blanco absoluto, la principal causa radicó en la formación de una corteza gruesa y seca que permitió mantener una humedad homogénea en la masa según Subiabre *et al.* (2020), el mismo autor reportó valores de luminosidad en la corteza (67.49) y en la masa (84.91) de queso chanco con 30 días de maduración.

Se observó diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) tanto en valores de L^* como en las otras variables. Las coordenadas Rojo- verde (a^*) adquirieron valores positivos inclinándose hacia un color ligeramente rojo, se encontraron dentro de un rango de 0.12-2.74 valores, similares reporta García-Islas (2006) al igual que Sánchez-Estrada & Sánchez-Estrada (2020) quienes reportaron valores de un queso fresco artesanal de 2.26-2.35. La coordenada amarillo-azul (b^*) mantiene valores similares con b^* externo, los valores fluctúan entre 24.85-32.17 que corresponden a 2.05 y 2.47 años de maduración.

El ahumado y tiempo de maduración tuvo efecto significativo ($P \leq 0.05$) sobre la saturación y pureza de color y el ángulo o matiz de tonalidad (h), cuanto más luminosidad presentaron los quesos mayor fue el ángulo o matiz de tonalidad, este fenómeno se mostró de la misma manera en el color externo.

Tabla VII Efecto del tiempo de maduración sobre el color interno (Media \pm Error Estándar) de quesos de prensa artesanal ahumados.

Tiempo de maduración (años)	Luminosidad (L*)	Coordenadas Rojo-verde (a*)	Coordenadas Amarillo-azul (b*)	Saturación o pureza de color (C*)	Ángulo de matiz de tonalidad (h)
0.07	71.68 \pm 1.42 ^{abcd}	0.69 \pm 0.09 ^{efg}	29.32 \pm 0.95 ^{abcd}	29.33 \pm 0.95 ^{abcd}	88.67 \pm 0.14 ^{abc}
0.17	67.49 \pm 0.35 ^d	1.40 \pm 0.22 ^{cdef}	26.61 \pm 0.49 ^{cdefg}	26.65 \pm 0.49 ^{cdef}	86.98 \pm 0.48 ^{bcdef}
0.23	77.41 \pm 0.54 ^{abcd}	0.30 \pm 0.06 ^{fg}	24.15 \pm 0.95 ^g	24.15 \pm 0.95 ^f	89.28 \pm 0.16 ^{ab}
0.33	71.77 \pm 1.60 ^{abcd}	0.12 \pm 0.15 ^g	30.37 \pm 0.54 ^{abc}	30.37 \pm 0.54 ^{abc}	89.53 \pm 0.16 ^a
0.52	68.01 \pm 1.27 ^{cd}	0.53 \pm 0.08 ^{efg}	30.88 \pm 0.84 ^{ab}	30.89 \pm 0.84 ^{ab}	89.02 \pm 0.13 ^{ab}
0.75	69.66 \pm 5.69 ^{acd}	1.05 \pm 0.27 ^{defg}	25.32 \pm 1.58 ^{efg}	25.34 \pm 1.59 ^{ef}	87.69 \pm 0.51 ^{abcd}
1.92	78.46 \pm 0.95 ^{abc}	2.74 \pm 0.30 ^b	29.15 \pm 0.81 ^{abcde}	29.29 \pm 0.82 ^{abcd}	84.65 \pm 0.52 ^f
2.05	81.14 \pm 1.69 ^a	1.59 \pm 0.39 ^{bcde}	24.85 \pm 0.71 ^{fg}	24.91 \pm 0.71 ^{ef}	86.32 \pm 0.89 ^{cdef}
2.29	78.95 \pm 1.81 ^{ab}	2.66 \pm 0.52 ^{bc}	31.63 \pm 0.45 ^{ab}	31.75 \pm 0.96 ^a	85.20 \pm 0.93 ^{def}
2.47	81.37 \pm 0.18 ^a	1.10 \pm 0.13 ^{defg}	32.17 \pm 0.77 ^a	32.18 \pm 0.77 ^a	88.05 \pm 0.22 ^{abc}
2.68	75.90 \pm 3.94 ^{abcd}	1.29 \pm 0.39 ^{defg}	28.37 \pm 0.67 ^{abcdef}	28.41 \pm 0.65 ^{abcde}	87.35 \pm 0.85 ^{abcde}
2.83	77.06 \pm 0.91 ^{abcd}	2.31 \pm 0.17 ^{bcd}	26.15 \pm 0.57 ^{defg}	26.25 \pm 0.58 ^{def}	84.97 \pm 0.33 ^{ef}
3.01	80.86 \pm 1.21 ^a	1.24 \pm 0.08 ^{defg}	27.73 \pm 0.37 ^{bcdefg}	27.76 \pm 0.37 ^{bcdef}	87.45 \pm 0.15 ^{abcde}

a,b,c,d,e,f,g Medias en la misma columna con distinta literal difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

7.2. Químico

Las medias ($\bar{X} \pm EE$) obtenidas del efecto del ahumado y tiempo de maduración sobre la característica química de los quesos se reportan en la Tabla IX.

La materia seca (MS) aumentó conforme pasó el tiempo de maduración de los quesos, el tratamiento con 0.53 años de maduración presentó el contenido de humedad más alto 70.80, seguido de 1.05, 2.58 y 3.31 años de maduración. El contenido de MS incrementó de forma considerable con respecto al QF con un valor de 54.18 aumentando el contenido de MS de 54.18 \pm 0.43 a 73.74 \pm 0.11, existiendo diferencia estadística ($P \leq 0.05$) por el efecto del tiempo de maduración de estos.

de la Haba-Ruiz (2017) señala que el contenido de agua es muy variable, depende de factores como la coagulación, desuerado, prensado y maduración del queso. Cuando comienza la maduración se pierde rápidamente el agua a causa de la evaporación en la superficie del queso que se ve beneficiada por los movimientos del agua del interior hacia la superficie del producto por medio de la estructura porosa del mismo. Los sólidos y la humedad se complementan y varían inversamente, por lo que los factores que afectan a la humedad favorecen la concentración de los sólidos (López-Guzmán 2010).

El contenido de PC presentó una ligera tendencia a decrecer conforme aumentó el tiempo de maduración, existiendo diferencia ($P \leq 0.05$), la proteína fue hidrolizada en los quesos semiduros y duros (Tobón 2004). Este suceso se puede atribuir a la calidad de la leche y a la heterogeneidad del proceso, ya que un mal control de las variables de temperatura, pH y tiempo suele causar diferencias en la precipitación de proteínas (Rosado-Zarrabal *et al.* 2013). Se puede considerar a los quesos como ricos en proteína, ya que presentan valores muy superiores comparados con diferentes quesos como el Edam, con tiempos de maduración en días y valores de proteína de 30 (27.16), 45(26.22) y 60 (25.57) (Tobón *et al.* 2004), Queso bola de Ocosingo, Chiapas con un contenido de proteína de 22 % y GC de 39.3 (López *et al.* 2015),

Salguero-Ceballos *et al.* (2016) evaluaron quesos frescos ahumados y no ahumados, determinaron que el contenido de proteína (14%), grasa (18.2 %) y cenizas (1.64%) del queso fresco sin ahumar es menor al del queso ahumado (15.7%, 22.01% y 1.69 %) respectivamente, valores inferiores a los reportados en la presente investigación.

El contenido de GC incrementó a medida que lo hizo el tiempo de maduración pasando de 11.63 ± 0.10 a 40.83 ± 0.3 . De acuerdo con Cevallos-Salazar & Zapata-Achig (2020) esto se debe al proceso de lipólisis que ocurre durante la maduración, que consiste en la liberación de ácidos grasos. Las lipasas hidrolizan la grasa liberando ácidos grasos, glicéridos parciales, o en último término glicerol; el porcentaje de grasa en el queso está condicionado por diversos factores como el contenido de grasa en la leche utilizada, tamaño de glóbulo graso, velocidad de coagulación, tratamiento de la cuajada y por el tiempo de maduración (de la Haba-Ruiz 2017).

La grasa láctea contiene alta concentración de ácidos grasos cortos y de cadenas intermedias que cuando se liberan contribuyen directamente en el sabor del queso (Quevedo-Barreto 2020); Novoa & López (2008) mencionan que la grasa juega un papel importante durante el almacenamiento, repercute en el aumento del

sabor, aroma y textura, que puede cambiar el grado de aceptabilidad y por lo tanto su vida útil puede ser afectada.

El contenido de cenizas tuvo una tendencia decreciente presentando diferencia estadística ($P \leq 0.05$) por el tiempo de maduración, el valor más alto le correspondió al QF seguido de 0.03 y el valor mínimo se presentó en 3.31 años de maduración, existiendo una diferencia de 5.96 unidades entre el valor máximo y el mínimo.

Es importante destacar que los quesos de prensa artesanales ahumados y madurados manifestaron un contenido de MS que osciló entre 54.18 a 73.84, resultados similares a los reportados por Ramos-Gabriel (2020), por ende, son quesos de pasta dura con bajo contenido de humedad, también son ricos en nutrientes como PC, GC y Cenizas, lo que demuestra resultados muy superiores a los reportados por diversos autores en diferentes tipos de queso, Rosado-Zarrabal et al. (2013), Guerra-Martínez et al. (2012).

Tabla VIII. Efecto del tiempo de maduración sobre las propiedades químicas (Media \pm Error Estándar) de quesos de prensa artesanal ahumados.

Tiempo de Maduración (años)	Materia Seca %	Proteína total %	Grasa Cruda %	Cenizas %
Queso Fresco	54.18 \pm 0.43 ^c	49.03 \pm 0.24 ^a	11.63 \pm 0.10 ^d	18.67 \pm 1.34 ^a
0.53	70.80 \pm 0.97 ^b	42.61 \pm 0.92 ^b	32.27 \pm 0.57 ^c	14.13 \pm 0.51 ^b
1.05	72.46 \pm 0.57 ^{ab}	40.99 \pm 0.25 ^{bc}	36.89 \pm 0.53 ^b	13.23 \pm 0.23 ^b
2.58	73.87 \pm 0.10 ^a	37.90 \pm 0.23 ^d	40.83 \pm 0.36 ^a	13.46 \pm 0.08 ^b
3.31	73.74 \pm 0.11 ^a	40.20 \pm 0.11 ^c	40.07 \pm 0.39 ^a	12.71 \pm 0.08 ^b

a,b,c,d. Medias en la misma columna con distinta literal difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

7.3. Correlaciones fisicoquímicas de quesos de prensa artesanal ahumados maduros

Los coeficientes de correlación de Pearson se presentan en la tabla X. Se observaron numerosas correlaciones tanto positivas como negativas en la composición fisicoquímica de los quesos de prensa artesanales ahumados maduros.

La L^* y la MS mostraron una correlación negativa significativa ($P < 0.05$), lo cual indica que a medida que aumentó la luminosidad la MS disminuyó, por ende, a mayor contenido de humedad mayor luminosidad presentaron los quesos; b^* y c^* son las únicas variables que no tienen relación con L^* . Este resultado expresa similitud con lo señalado por Chacón-Villalobos & Pineda-Castro (2009) quienes mencionaron que contenidos altos de humedad se relacionan con quesos que muestran L^* alta y valores bajos de las variables b^* y C^* , la variable L^* se correlacionó positivamente con el ángulo de matiz o tonalidad, a medida que aumentó la L^* lo hizo el ángulo o matiz de tonalidad.

a^* tiene relación significativa ($P < 0.05$) con todas las variables excepto con b^* . A diferencia de la L^* , esta se comportó de manera diferente con la MS, a medida que aumentó a^* lo hizo la MS, pero tuvo un comportamiento contrario con la GC, Acosta-Paisig (2015) mencionó que el incremento de la coordenada a^* está relacionado con el contenido de sólidos totales como la grasa, aminoácidos y el nitrógeno soluble.

L^* , a^* y h son las únicas características del color que mantienen una relación significativa con las propiedades químicas de los quesos de prensa ahumados, al igual que lo hace el pH con las características químicas de los mismos, mostraron una correlación positiva con PC y C, de tal manera que a medida que aumentó el pH lo hizo la PC y C, en cambio, se comportó de manera diferente con MS y GC, ya que la correlación fue negativa. La MS se correlacionó de manera negativa ($r = -0.9621^*$) con la PC, lo que nos indicó un decremento de la PC a medida que aumento la MS, sin embargo, la MS evidenció una relación positiva significativa ($r = 0.8794^*$) con la GC, por ende, a medida que aumenta la MS lo hace la GC.

También es importante destacar una correlación significativa negativa ($r = -0.8145^*$) entre la grasa y el pH, a medida que el pH de los quesos ahumados maduros se incrementa el contenido de grasa decrece, este resultado coincide con quesos frescos elaborados con leche de cabra (Peláez *et al.* 2009).

Tabla IX. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre las variables fisicoquímicas de quesos de prensa artesanal ahumados.

	L*	a*	b*	C*	h	MS	PC	GC	C	pH
L*		-0.8843*	-0.1358 ^{NS}	-0.2342 ^{NS}	0.9764*	-0.9636*	0.9751*	-0.9847*	0.8684*	0.8403*
a*			0.5123 ^{NS}	0.6022*	-0.9216*	0.9222*	-0.8631*	0.9325*	-0.8958*	-0.7474*
b*				0.9940*	-0.1485 ^{NS}	0.3476 ^{NS}	-0.1753 ^{NS}	0.2380 ^{NS}	-0.3382 ^{NS}	-0.2031 ^{NS}
C*					-0.2534 ^{NS}	0.4396 ^{NS}	-0.2684 ^{NS}	0.3358 ^{NS}	-0.4254 ^{NS}	-0.2785 ^{NS}
H						-0.9569*	0.9370*	-0.4806 ^{NS}	0.8886*	0.7840*
MS							-0.9267*	0.9859*	-0.9049*	-0.8134*
PC								-0.9621*	0.8794*	0.8496*
GC									-0.9197*	-0.8145*
C										0.7485*
pH										

Correlación significativa (P<0.05). ^{NS}Correlación no significativa (P>0.05). Luminosidad (L), Rojo-Verde (a*), Amarillo-Azul (b*), Saturación o pureza de color (C*), Ángulo de matiz o tonalidad (h), Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Grasa Cruda (GC), Cenizas (C).

Microbiológico

Los resultados obtenidos mediante la siembra directa de los quesos en medios de cultivo específicos para las bacterias de interés permiten determinar presencia y/o ausencia de microorganismos se presentan en la Tabla XI, no existe presencia de *Escherichia coli* en ningún tiempo de maduración excepto en el queso control QF.

Cabe mencionar que la leche destinada para la elaboración de los quesos de prensa de esta investigación no se pasteuriza, y el proceso de elaboración es rudimentario, sin embargo, *Escherichia coli* no resistió al proceso térmico producido por el ahumado a 65 °C durante 3 horas, este microorganismo se elimina fácilmente con el proceso de pasteurización de la leche (Baque-López & Chugchilan 2019) por ende, el ahumado en este caso tuvo un efecto similar.

Con respecto a *Staphylococcus aureus* se demostró su presencia en el QF y 4 tiempos de maduración 0.07, 0.23, 0.33 y 0.52 y a partir de 0.75 años la presencia de este microorganismo es nula, de tal forma que el ahumado no fue eficiente para

detener el desarrollo de esta bacteria, pero tiempos de maduración prolongados ayudarían a eliminar la presencia de estos microorganismos patógenos, La maduración de los quesos es un mecanismo eficiente para reducir la flora patógena y brindar inocuidad al consumidor, aun cuando no se realice la pasteurización de la leche (Grass Ramírez *et al.* 2014).

González-Montiel & Franco-Fernández (2015) mencionaron que un elevando contenido de *Staphylococcus* en quesos frescos indica serías fallas en las condiciones higiénico-sanitarias de las queserías, debido a las malas prácticas de manipulación en el ordeño, recolección y transporte de leche, refrigeración inadecuada o falta de ella en la leche y el queso, Alejo-Martínez *et al.* (2015) determinaron un aumento de *Staphylococcus aureus* en quesos de poro artesanal con tiempos de maduración de 3 y 12 días, con ello se indica que la presencia de este microorganismo podría ser a causada por la contaminación de múltiples orígenes como la piel, boca y fosas nasales, de aquellos que portan la infección y manipulan el alimento, así como también el material, equipo de trabajo y la leche contaminada.

De igual manera Castro-Castillo *et al.* (2013) encontró presencia de *Staphylococcus aureus* en muestras de leche, cuajada y queso Oaxaca tradicional, aludiendo a la deficiencia de higiene durante todo el proceso de elaboración del queso.

Tabla X. Presencia o ausencia de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en quesos de prensa artesanal ahumados maduros.

Tiempo de maduración/Años	Crecimiento	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Queso Fresco	P	P
0.07	A	P
0.16	A	A
0.23	A	P
0.33	A	P
0.52	A	P
0.75	A	A
1.91	A	A
2.05	A	A
2.28	A	A
2.47	A	A
2.68	A	A
2.82	A	A
3.01	A	A

P= presencia.

A= ausencia.

VIII. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación para los parámetros de pH indicaron que los quesos ahumados maduros presentan valores por debajo de 6. Tienen un intervalo de acidez entre 4.10 y 5.26, esta cualidad les permitió desarrollar una microbiota ácido-láctica que tuvo repercusiones en el correcto proceso de maduración hasta los 3.1 años, considerando a los quesos como ácidos.

Con respecto a los resultados de luminosidad (L^*), en el color externo se presentaron valores más elevados que en el color interno, por efecto de la formación de una corteza en los quesos, pero las coordenadas a^* y b^* del color externo fueron afectadas por el tratamiento de ahumado.

Los valores de la composición química de los 5 tiempos de maduración indicaron que los quesos son ricos en proteína y grasa, conservando sus propiedades nutritivas al pasar de los años, gracias a periodos de tiempo de maduración y el efecto conservador del ahumado.

Los resultados obtenidos en el análisis microbiológico evidenciaron que los quesos con tiempos de maduración a partir de 0.75 años se consideran como inocuos al no haber presencia de *Staphylococcus aureus*, gracias al efecto del tiempo de maduración, en cambio, en todos los tiempos de maduración a excepción del Queso fresco (QF) no presentaron presencia de *E. coli*, suceso que es una consecuencia del efecto que ocasiona el ahumado.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Paisig, E. 2015. Caracterización del color y la textura del queso mantecoso en almacenamiento controlado. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Alejo-Martínez, K., Ortiz-Hernández, M., Recino-Metelín, B. R., González-Cortés, N., & Jiménez-Vera, R. 2015. Tiempo de maduración y perfil microbiológico del queso de poro artesanal. *Revista Iberoamerica de Ciencias*, 2(5), 15-24.
- Alejo-Riveros, J. C., Cortes-Muñoz, M. S., Correa-Lizarazo, D. X., Klotz-Ceberio, B., Herrera-Arias, F. C., & Martínez-Galán, J. P. 2011. Evaluación de riesgos de *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico en alimentos preparados no industriales en Colombia. Bogotá. Instituto Nacional de Salud. Consultado 02 de febrero de 2020: https://www.researchgate.net/publication/305805961_EVALUACION_DE_RIESGOS_DE_STAPHYLOCOCCUS_AUREUS_ENTEROTOXIGENICO_EN_ALIMENTOS_PREPARADOS_NO_INDUSTRIALES_EN_COLOMBIA
- Allocati, P. 2016. Tiempo de maduración en queso de oveja. perfil sensorial. *Revista Argentina de Producción Animal*, 36(2), 83-89.
- Alonzo-Paz, A. L. E. C. Lugo-Cervantes, E. G. Tovar-Pérez & M. P. Chombo-Morales. 2016. Evaluación de la proteólisis del queso Cotija región de origen asociado al tiempo de maduración. Memorias del XXXVII Encuentro Nacional de la AMIDIQ. Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Alvarado-Rivas, C., Chacón Rueda, Z., Otoniel Rojas, J., Guerrero Cárdenas, B., & López Corcuera, G. 2007. Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas de un queso venezolano ahumado andino artesanal. Su uso como cultivo iniciador. *Revista científica*, 17(3), 301-308.
- Álvarez, S., Fresno, M., Rodríguez, V., Darmanin, N., & Ruiz, M. E. 2007a. Perfil olfato-gustativo de quesos canarios ahumados con diferentes materiales. *Archivos de zootecnia*, 56(Su1), 673-680.
- Álvarez, S., Rodríguez, V., Ruiz, M. E., & Fresno, M. 2007b. Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. *Archivos de zootecnia*, 56(Su1), 663-666.
- Álvarez-Blanco. C. 2019. Parámetros cinéticos de *Escherichia coli* en zumo comercial de frutas del bosque. Tesis de licenciatura. Universidad de Valladolid. España.

- AOAC. 2003. Official Method 2003.06 Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages. Journal of AOAC international. 82:888-899.
- Báez-Ramírez, E., Medina, J., Escalona, A., Rodríguez, J., Olivares, A., & Thomas, L. 2016. Quesos artesanales venezolanos: evaluación de la calidad bacteriológica e identificación de bacterias ácido lácticas como componentes bacterianos de interés biotecnológico. Revista Científica, 26(2), 65-70.
- Baque López, E. J., & Chugchilán Veintimilla, K. P. 2019. Evaluación de la calidad microbiológica de quesos frescos comercializados en un mercado de la provincia del Guayas y producidos en una quesera artesanal de la provincia de Chimborazo. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Blanco-Zeballos, A. E. 2014. Una alternativa de la industria láctea nacional: quesos maduros. Voz Zootecnista, (4), 25-25.
- Bolibar, A.M.A, Rojas & Garcia-Lugo, P. 2014. PCR y PCR-Múltiple: PCR and PCR-Multiplex: critical parameters and standardization protocol. Avances en biomedicina, vol. 3, num. 1. 3(1): 25-33.
- Bonilla, S., Christian, A. & Gurdián, C., Cristhian., E. 2011. Evaluación de dos temperaturas de ahumado y empaque en atmósferas modificadas en las propiedades físico-químicas y sensoriales del queso Cheddar. Tesis de Licenciatura. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Borjas, F. A., & Colorado, J. O. 2010. Efecto del tiempo de ahumado y temperatura en las características fisicoquímicas y sensoriales del queso crema Zamorano. Tesis de licenciatura. Universidad de Zamorano. Zamorano, Honduras.
- Boza, M., Morales, H., & Henderson, G. 2010. Development of mature cheese with the addition of the probiotic culture *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LC-01. Revista Chilena de Nutrición, 37(2), 215-223.
- Calderón, E. G. Q., Ponce, B. A. B., Vidales, H. J., & Arredondo, H. A. O. 2017. Evaluación de la calidad microbiológica del queso asadero elaborado y comercializado en Villa Ahumada, Chihuahua, México. El Centauro, 9(12), 09-17.
- Campo Escobar, M. C. 2018. Determinación del efecto de una bacteriocina adicionada en queso costeño sobre *Staphylococcus aureus*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Córdoba. Montería.
- Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., Parga, J., Anwandter, V., Abarzúa, A., ... & Lopetegui, J. 2007. Determinación de la disponibilidad de materia seca de

- praderas en pastoreo. Manejo del pastoreo. Imprenta América, Osorno, Chile, 23-50.
- Caro, I., Soto, S., Fuentes, L., Gutiérrez-Méndez, N., García-Islas, B., Monroy-Gayosso, K. E., & Mateo, J. 2014. Compositional, functional and sensory characteristics of selected Mexican cheeses. *Food and Nutrition Sciences*, 5(04), 366.
- Castro-Castillo, G., Martínez-Castañeda. F. E, Martínez-Campos. A. R & Espinoza-Ortega. A. 2013. Caracterización de la microbiota nativa del queso Oaxaca tradicional en tres fases de elaboración. *Sociedad Venezolana de Microbiología*. 33: 105-109.
- Cervantes-Escoto. F., Villegas de Gante. A., Cesín, A., & Espinoza, A. 2006. Los quesos mexicanos genuinos: un saber hacer que se debe rescatar y preservar. Congreso internacional de la red sial "alimentación y territorios (Vol. 3, pp. 1-38).
- Cervantes-García, E. R. García-González, P. M. Salazar-Schettino. 2014. Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Latinoamericana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*. 61(1): 28-40.
- Cesín-Vargas, A. 2014. La leche y los quesos artesanales en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(2), 243-248.
- Cevallos-Salazar, S. H., & Zapata-Achig, K. P. 2020. Evaluación del proceso de maduración y almacenamiento del queso andino madurado (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Chacón-Villalobos, A. M. L. Pineda-Castro. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol". *Agronomía Mesoamericana*, vol 20, núm 2. 20(2):297-309.
- Chapman, G.H. 1945. The significance of sodium chloride in studies of *Staphylococci*. *J. Bacteriol.* 50:201.203.
- CIE (Commision Internationale pour l'Eclairage). 1976. Colorimétrie - Partie 4: Espace chromatique L*a*b*CIE 1976. Standard colorimetric systems international, Vienna, Austria. Consultado: 20 de noviembre de 2020: <http://cie.co.at/>.
- CODEX-STAN (Codex Estándar). 2011. Leche y productos lácteos. Norma A11, 4. 2da edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Organización de las Naciones Unidas. Consultado: 15 de diciembre de 2019: <http://www.fao.org/3/i2085s/i2085s.pdf>.

- Contreras-Ibarra, G.J. 2011. Caracterización fisicoquímica del queso de poro. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Crespo-Pérez, S. I. 2017. Efecto de la temperatura de cuajado de la leche sobre el rendimiento quesero, la composición química y la valoración sensorial de quesos frescos de cabra. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia.
- de la Haba-Ruiz, M. A. 2017. Caracterización fisicoquímica y sensorial de los quesos artesanos andaluces. Tesis de Doctorado. Universidad de Cordoba.
- de La Roza-Delgado, B., Fernández, A. M., & Gutiérrez, A. A. 2011. Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Pastos*, 32(1), 91-104.
- Delgado, R. L. C., & Torres, D. J. M. 2003. Evaluación bacteriológica de quesos frescos artesanales comercializados en Lima, Perú, y la supuesta acción bactericida de *Lactobacillus spp.* *ReGvista Panamericana de Salud Pública*, 14, 158-164.
- Díaz-Galindo, E. P., B. Valladares-Carranza, A. C. Gutiérrez-castillo, C. M. Arriaga-Jordan, B. Quintero-Salazar, P. Cervantes-Acosta & V. Velázquez-Ordoñez. 2017. Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México. *Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8(2):139-146.
- Díaz-Rivero, C., & de García, B. G. 2001. *Staphylococcus aureus* en queso blanco fresco y su relación con diferentes microorganismos indicadores de calidad sanitaria. *Revista salud pública y nutrición*, 2(3).
- Domínguez-López, A., Villanueva-Carvajal, A., Arriaga-Jordán, C. M., & Espinoza-Ortega, A. 2011. Alimentos artesanales y tradicionales: el queso Oaxaca como un caso de estudio del Centro de México. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 19(38), 165-193.
- Estremadoyro, L. G., Sánchez, N. M., & Munive, C. M. 2015. Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del queso fresco prensado producido en la región Junín, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 5(2), 280-286.
- FIRA. 2019. Panorama agroalimentario, leche y lácteos. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Consultado: 30 de noviembre de 2019: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Leche-y-la769cteos-2019.pdf>.
- Flores, T. G., & Herrera, R. A. R. 2005. Enfermedades transmitidas por alimentos y PCR: prevención y diagnóstico. *Salud pública de México*, 47, 388-390.

- Fox, M. F., & McSweeney, O. L. H. 1996. Proteolysis in cheese during ripening. *Food reviews international*, 12(4), 457-509. Doi: 10.1080/87559129609541091.
- Fresno, M., Álvarez, S., Rodríguez, V., & Ruiz, M. E. 2007. Evaluación sensorial de la textura de quesos canarios ahumados con diferentes materiales. *Archivos de zootecnia*, 56(Su1), 705-711.
- Gamboa-Alvarado, J. G., D. Almaraz R. & E. J. Ramírez-Rivera. 2012. Calidad Físicoquímica y sensorial de queso tipo Manchego durante la maduración. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(4): 929-938.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Quinta edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México D.F. 90pp.
- García-Islas, B. 2006. Caracterización físicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el valle de Tulancingo Hgo con el fin de proponer normas de calidad. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo de Bravo, Hgo.
- Gómez-Sánchez, A. 2007. Microorganismos de importancia en el tratamiento térmico de alimentos ácidos y de alta acidez. *Temas Selectos Ing Aliment*, 1, 24-32.
- González-Montiel, L., & Franco-Fernández, M. J. 2015. Perfil microbiológico del queso de aro consumido en la Cañada Oaxaqueña/Microbiological profile of aro cheese consumed in Oaxaca, Mexico. *Brazilian Journal of Food Technology*, 18(3), 250.
- González-Villarreal, M. 2002. Tecnología para la elaboración de queso amarillo, cremas y mantequilla. SENACYT-ampyme (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación-Autoridad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa). Macaracas, Los Santos, República de Panamá.
- Grass Ramírez, J. F., Cervantes Escoto, F., & Altamirano Cárdenas, J. R. 2013. Estrategias para el rescate y valorización del queso tenate de Tlaxco: Un análisis desde el enfoque de sistemas agroalimentarios localizados (Sial). *Culturales*, 1(2), 9-54.
- Grass-Ramírez, J. F., & Cesín-Vargas, A. 2014. Situación actual y retrospectiva de los quesos genuinos de Chiautla de Tapia, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(2), 201-221.
- Guerra-Martínez, J. A. J. G. Montajeno & S.T. Martín del Campo. 2012. Evaluation of proteolytic and physicochemical changes during storage of fresh panela cheese from Queretaro, México and its impact in texture. *CyTA - Journal of Food*, 10:4, 296-305, DOI:10.80/19476337.2011.653791.

- Gutiérrez-Oropeza, Y. 2009. Caracterización fisicoquímica, sensorial e inocuidad de quesos análogos asaderos producidos en Jesús María y Pabellón de Arteaga del Estado de Aguascalientes. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguas Calientes.
- Hernández Hernández Eduardo & Rodríguez, f. 2015. Digestibilidad in situ de la vaina del Mesquite (*prosopis glandulosa*), var glandulosa, en cuatro comunidades en el sur de Coahuila (no. sb615. m4. h47 2003.).
- Hernández. M. P., Estrada-Flores. J. J., Avilés-Nova. F., Yong-Ángel. G., López-González. F., Solís-Méndez. A. D., Castelán-Ortega. O. A. 2013. Tipificación de los sistemas campesinos de producción de la leche del sur del estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, 29(1),19-31.
- Hernández-Mejía, N. 2007. Identificación de bacterias proteolíticas aisladas de queso Cotija, un estudio microbiológico y fisicoquímico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México.
- Hoyos-serrano, M., & V. V. Rosales-Calle. 2014. Lípidos: Características principales y su metabolismo. Revista de Actualización Clínica. 23: 2142-2145.
- Izquierdo, P., Allara, M., Torres, G., García, A., Barboza, Y., & Piñero, M. I. 2003. Histamina en quesos madurados: manchego, parmesano y de ano. Revista Científica, 13(6).
- Jiménez-Vera, R., Magaña-Contreras, A., González-Cortés, N., Vázquez-Jiménez, M., & Acosta-Flores, H. 2008. Microflora asociada al proceso de maduración del queso de poro. Memorias de Semana de Divulgación y Video Científico, 3-7.
- Kowalski, Z., Wzorek, Z., & Banach, M. 2010. Removal of unpleasant odorous substances from smoke produced by smoke curing houses. American Journal of Environmental Sciences, 6(2), 115.
- López Guzmán, I. K. 2010. Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales del queso elaborado en el municipio de Vega de Alatorre, Ver., y su relación con algunas características del queso de La Joya, Ver. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Xalapa-Enriquez, Veracruz.
- López, R., Hernández-Montes, A., Villegas-de Gante, A., & Santosmoreno, A. 2015. Caracterización socio técnica del queso bola de Ocosingo, Chiapas. Ecorfan®, 2(2), 345-353.
- López-Díaz, J. A., & Martínez-Ruiz, N. D. R. 2018. Perfil sensorial y fisicoquímico del queso chihuahua considerando las preferencias del consumidor. Agrociencia, 52(3), 361-378.

- Mago, Y., Sanabria, N., Cova, A., Alvarado, C., & Durán, L. 2015. Maduración de queso de cabra con cepa autóctona de *Leuconostoc mesenteroides* aislada de queso artesanal. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV*, 56(1), 3-9.
- Martínez, D., & Carolyn, C. 2017. Quesos madurados, composición química, clasificación, características, formas de procesamiento y equipos y maquinarias. Monografía. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Lima, Perú.
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro sur*, 42(2), 57-66.
- Mazzeo Meneses, M.H., Diaz Arando, F., Pérez Barrera, L. E., León Agatón, L. Castañedo Vélez, A. P., & Jaramillo Gonzáles, A.L. 2009. Desarrollo de procesos productivos de quesos madurados en tres municipios del departamento de caldas. *Ingeniería e Investigación*; vol. 29, núm. 3 (2009); 42-47.
- McSweeney, P. L. 2004. Biochemistry of cheese ripening. *International journal of dairy technology*, 57(2-3), 127-144.
- McSweeney, P. L. H. & Sousa, M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: a review. *Lait*, 90, 293-324.
- Medina, F. X. 1998. VI. El color de la tradición. Color y construcción del pasado en la publicidad alimentaria. *El color en la alimentación mediterránea: elementos sensoriales y culturales de la nutrición*, 115, 183.
- Medina, Z., Igual, M., Contreras, C., & Camacho, M. M. 2013. Caracterización de quesos fresco y curado fabricados a partir de leche de cabras alimentadas con diferentes dietas. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Mendoza, C., & Oyón, R. 2002. Estudio comparativo de dos coberturas para queso llanero madurado. *Rev Fac. Agron*, 28, 1-11.
- Minolta, K. 2013. Precise color communication. Color control from perception to instrumentation. Booklet for download from Konica Minolta. Consultado: 03 de septiembre de 2021: https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf.
- Miranda, I. R. 2019. Importancia de la lipólisis durante la maduración del queso. *Lechería*. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado: 20 de abril de 2020: https://www.researchgate.net/profile/Ina-Ramirez/publication/305434712_Importancia_de_la_lipolisis_durante_la_madu

[racion del queso/links/578ec8b908ae9754b7e9f660/Importancia-de-la-lipolisis-durante-la-maduracion-del-queso.pdf](https://www.coursehero.com/file/pvb7su/Importancia-de-la-lipolisis-durante-la-maduracion-del-queso.pdf).

Muñoz, D. M., Muñoz, J. L. R., & Cifuentes, G. C. 2010. Rangos de control de humedad relativa y temperatura en cavas de maduración de quesos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 68-73.

NORMA OFICIAL MEXICANA – NOM. 121-SSA1-1994: bienes y servicios. Quesos: frescos procesados y maduros. Especificaciones sanitarias. México, D.F., 1995.

NORMA OFICIAL MEXICANA – NOM-F-092-1970: calidad para quesos procesados. México, D.F., 1970.

Novoa, C. F. N. C. López. 2008. Evaluación de la vida útil sensorial del queso doble crema con dos niveles de grasa. *Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, vol. 55, núm. II. Pp. 91-99.

Ortiz Prudencio, S. D. A. 2006. Determinación de la composición química proximal y fibra dietaria de 43 variedades criollas de maíz de 7 municipios del sureste del estado de Hidalgo. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo.

Peláez, P. P. M. R. Fresno, C. R. Romero. 2009. Caracterización fisicoquímica de quesos frescos elaborados con leche de cabra en la isla de Tenerife. *CYTA-Journal of food*. 4:2. Pp, 103-108, DOI: 10.1080/11358120309487750.

Peña-Álvarez, C, M. 2018. Importancia de la determinación de cenizas. Course. Consultado: 15 de marzo de 2020: <https://www.coursehero.com/file/pvb7su/Importancia-de-la-determinaci%C3%B3n-de-cenizas-La-cantidad-de-cenizas-representa-el/>.

Perdomo, C., Gutiérrez, F., García, O., Acevedo, I., Bastidas, Z., & Kowalski, A. 2015. Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de queso blanco artesanal en la parroquia Buría, Estado Lara, Venezuela. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 20(2), 35-44.

Periago, J. S. 2002. Cambios en las características de un queso de leche de cabra sometido a alta presión hidrostática: aceleración de la maduración. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona. España.

Quevedo-Barreto, L. A. 2020. Lipolisis de queso tipo fresco y quesos maduros (quesos azules), factores que afectan y consecuencias. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Chimborazo.

Quispe-Ramos, D. & O, Argani. 2014. Fundamentos de bromatología. *Revistas Bolivianas*. 2128-2132.

- Ramírez-López, C., & Vélez-Ruiz, J. F. 2012. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas selectos de ingeniería de Alimentos*, 6(2), 131-148.
- Ramírez-Navas, J. S. 2010. Espectrocolorimetría: caracterización de leche y quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 61, 52-58.
- Ramírez-Rivera, E de Jesús. L. G. Ramón-Canul, G. Torres-Hernández, J. A. Herrera-Corredor, J. M. Juárez-Barrientos, J. Rodríguez-Miranda, E. Herman-Lara & P. Díaz-Rivera. 2017. Tipificación de quesos madurados de cabra producidos en la zona montañosa central del estado de Veracruz, México. *Agrociencias* 52(15):34.
- Ramos-Gabriel, S.U. 2020. Tipificación del queso “prensa” madurado artesanal de Tataltepec de Valdés, Oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad del Mar. Puerto Escondido, Oaxaca.
- Reséndiz, M. R., Hernández, Z. J. S., Ramírez, H. R., & Pérez, A. R. 2012. El queso fresco artesanal de la canasta básica y su calidad sanitaria en Tuzupán, México. *Acta Iberoamericana de Conservación Animal*, 2, 253-255.
- Rojas-Hidalgo, E. 2010. Efecto de la disminución de la temperatura en el crecimiento de *Staphylococcus aureus in vitro* en intervalos de tiempo. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Romero-Castillo, P.A. G. Leyva-Ruelas, J. G. Cruz-Castillo & Santos-Moreno. A. 2009. Evaluación de la calidad sanitaria de quesos crema tropical mexicano de la región de Tonalá, Chiapas. *Mexicana de Ingeniería Química*, vol 8, No. 1. 111-119.
- Rosado-Zarrabal, T. L. Corto-González. H. Morales-Fernández. S. D. Velázquez-Méndez. A. M., & Wong-Villarreal. A. 2013. Caracterización fisicoquímica de quesos étnicos del estado de Chiapas. *Ciencia UAT*, vol. 8, núm. 1. Pp.6-10.
- Rubeglio, E. A., & Tesone, S. 2007. *Escherichia coli* O157 H7: presencia en alimentos no cárnicos. *Archivos argentinos de pediatría*, 105(3), 193-194.
- Salguero-Cevallos, C. E. 2016. Efecto del ahumado sobre la vida útil y la calidad sensorial del queso fresco. Tesis de licenciaturas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Sánchez, V. J. J. J., N. V. Colin, G. F. López, N. F. Avilés, O. O. A. Castelán & F. J. G. Estrada. 2016. Evolución fisicoquímica durante la maduración del queso añejo de Zacazonapan bajo condiciones ambientales, en dos épocas de producción. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de México.

- Sánchez-Estrada, A. K. M. Sánchez-Estrada. 2020. Revalorización de un queso fresco artesanal del municipio de villa Victoria, estado de México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México. Piedras blancas, Toluca, México.
- Sandoval-Alarcón, F. 2014. Caracterización y análisis de la cadena productiva del queso de prensa de la costa chica de Guerrero y Oaxaca. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- SAS. 2003. SAS User's Guide (Release 9.0). Statistic SAS Inst. Inc., Cary. NC.
- Solís-Bravo, A. 2016. Descripción de la situación actual sobre el uso y consumo, perfil sensorial y grado de aceptación del queso seco tradicional elaborado en la región Huetar Norte y región Chorotega de Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Subiabre, I., Ulloa, P., Morales, R., Díaz, J., Naguian, P., & Pizarro, N. 2020. Evaluación de parámetros de textura y color en queso Chanco madurado a 30 días. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Tobón, J. F. O., Velásquez, H. J. C., & Restrepo, L. G. M. 2004. Caracterización textural y fisicoquímica del queso Edam. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 57(1), 2269-2278.
- Vanegas, M. González. L, Martínez. A. & Buitrago. F. 2008. Isolation and characterization of *Staphylococcus* enterotoxigenic strains from cheese in Bogota. MVZ Córdoba. 13(2), 1288-1293.
- Vargas-Uscategui, R. A. Arenas-Clavijo, J. & S. Ramírez-Navas. 2017. Efecto del proceso de acidificación sobre el color de queso cottage. Agronomía Mesoamericana. 28(3):677-690.
- Villegas, G, A. O. Lozano-Moreno & F. Cervantes-Escoto. 2015. Valorización de los quesos mexicanos genuinos. 1ª ed. Colpos. Estado de México.
- Villegas, G, A., & Cervantes-Escoto, F. 2011. La genuinidad y tipicidad en la revalorización de los quesos artesanales mexicanos. Estudios sociales (Hermosillo, Son.), 19(38), 145-164.
- Villegas, G. A. A. Santos-Moreno, F. Cervantes-, Escoto. 2016. Los quesos mexicanos tradicionales. 1ª ed. Juan pablos. México. 203 pp.
- Villegas-Soto, N. R., Díaz-Abreu, J. A., & Hernández-Monzón, A. 2017. Evaluación de la eficiencia tecnológica en la elaboración artesanal de queso fresco de coagulación enzimática. Tecnología Química, 37(3), 380-391.

Zúñiga Hernández, L. A., Velásquez, C., José, H., Saraz, O., & Alexander, J. 2007. Estudio de la dureza del queso edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín; 60: 3797-3811.