

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA Y ACEPTACION
DEL QUESO TIPO MANCHEGO DE OVEJA DE PELO CON
DISTINTOS TIEMPOS DE MADURACION**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA:

JESUS ALBERTO MEZO SOLIS

DIRECTOR (A)

DR. ALFONSO JUVENTINO CHAY CANUL

CODIRECTOR (A)

DR. ALDENAMAR CRUZ HERNÁNDEZ

VILLAHERMOSA TABASCO

FEBRERO, 2022



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**



JEFATURA DE POSGRADO

Villahermosa, Tabasco a 15 de febrero de 2022

Of. No. 056/JP/2022

Asunto: Autorización de impresión de Tesis

**C. JESÚS ALBERTO MEZO SOLÍS
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
P R E S E N T E**

Por medio de la presente y de acuerdo con su solicitud de autorización de impresión de su trabajo bajo la modalidad de tesis, le informo que sobre la base del Artículo 77 del reglamento de estudios de Posgrado vigente 2022 de esta Universidad, y atendiendo a las indicaciones de su Comité Sinodal, esta Dirección a mi cargo, le autoriza la impresión de su tesis titulada: "Caracterización Físico-Química y Aceptación del Queso Tipo Manchego de Oveja de Pelo con Distintos Tiempos de Maduración".

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE

**Ph.D. ROBERTO ANTONIO CANTÚ GARZA
D I R E C T O R**

U.J.A.T.



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN**

c.c.p. Dr. Miguel Hernández Hernández – Jefe de Posgrado-DACA

Dr. Cesar Márquez Quiroz – Coordinador de Programa de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias.

RACG'MHH'aemh

Km 25, Carretera Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Teléfono 993 358 1500 EXT 6601 Y 6602
Correo electrónico: dirección.daca@ujat.mx

CARTA DE CEDE DE DERECHOS

El que suscribe, Jesús Alberto Mezo Solís del programa de estudios de posgrado de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias, con número de matrícula 172C18002 adscrito a la División Académica de Ciencias Agropecuarias, manifiesto ser autora intelectual y titular de los Derechos de Autor del presente Trabajo de Tesis denominada “Caracterización Físico- Química y Aceptación del Queso Tipo Manchego de Oveja de Pelo con Distintos Tiempos de Maduración”, y autorizo a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice el presente trabajo con fines Académicos y de Investigación ya sea de forma física o digital para su difusión y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la Tesis mencionado y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco; 14 de Febrero del año 2022.

ATENTAMENTE

Nombre y Firma del Sustentante

RECONOCIMIENTO

Reconocimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado de la Maestría, a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), al Instituto Tecnológico de Mérida (ITM) y al Centro de Integración Ovina del Sureste por haber contribuido facilidades y las instalaciones.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Índice general

	Página
Índice de cuadros.....	8
Índice de figuras.....	9
Resumen.....	10
Abstract.....	11
1. Introducción.....	12
2. Planteamiento del problema.....	15
3. Justificación.....	16
4. Objetivos e hipótesis.....	17
4.1 Objetivo General.....	17
4.2 Objetivos específicos.....	17
4.3 Hipótesis.....	17
5. Revisión de literatura.....	18
5.1. Producción ovina.....	18
5.2 Producción de leche ovina.....	19
5.3 Características fisicoquímicas de la leche de oveja.....	20
5.3.1 Grasa.....	22
5.3.2 Proteínas.....	23
5.4 Quesos de oveja.....	24
5.4.1 Lipólisis.....	29
5.4.2 Proteólisis.....	31
5.5 Evaluación sensorial.....	32
5.6 Características sensoriales.....	33
5.6.1 Textura.....	33
5.6.2 Color.....	34
5.6.3 Sabor.....	34
5.6.4 Aroma.....	35
6. Materiales y métodos.....	35
6.1. Animales y manejo.....	35
6.2. Producción y composición de la leche.....	36
6.3. Elaboración de queso.....	37
6.4. Composición, pH y proteólisis del queso.....	38
6.5. Textura y color del queso.....	39
6.6. Análisis sensorial del queso.....	39
6.7. Análisis estadístico.....	40
7. Resultados.....	42
7.1 Producción y composición de la leche.....	42
7.2 Propiedades fisicoquímicas de los quesos en diferentes tiempos de maduración.....	45
7.3 Propiedades sensoriales.....	52
8. Discusión.....	54
9. Conclusiones.....	61

10. Literatura citada.....	62
ANEXO.....	69

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Índice de Cuadros

	Página
Cuadro 1. Quesos elaborados con leche de vaca y oveja y sus rendimientos bajo condiciones de trópico húmedo.....	21
Cuadro 2. Porcentajes de ácidos grasos de cadena corta, media y larga (AGCC, AGCM y AGCL respectivamente) encontrados en leche de distintas razas de ovinos.....	22
Cuadro 3. Características químicas de la leche de oveja en distintos estados de México.....	25
Cuadro 4. Características de los quesos madurados.....	27
Cuadro 5. Rendimiento y composición de la leche obtenida de ovejas Pelibuey en diferentes etapas delactancia.....	28
Cuadro 6. Cambios en la composición del queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja de pelo en diferentes puntos de maduración.....	43
Cuadro 7. Cambios en el índice de blancura y color CIELAB del queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja de pelo en diferentes puntos de maduración.....	46
Cuadro 8. Cambios en las propiedades sensoriales del queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja de pelo en diferentes tiempos de maduración.....	50
Cuadro 9. Cambios en las propiedades sensoriales del queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja de pelo en diferentes tiempos de maduración.	53

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Producción ovina en el mundo	18
Figura 2. Cambios en los niveles de valores de pH y ácido láctico (a); proteólisis expresada como N soluble a pH 4,6 (SN/TN de pH 4.6)	47
Figura 3. Gráfica de puntaje (a) y gráfica de carga (b) obtenidas por análisis de componentes principales (PCA)	51

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios fisicoquímicos y aceptación sensorial del queso tipo manchego de ovino de pelo en diferentes tiempos de maduración. Se elaboraron quesos tipo manchego y se dejaron madurar durante 1, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días. Los parámetros evaluados mostraron comportamientos distintos durante el periodo de maduración. El pH del queso fue constante desde 1 hasta 180 días de maduración. La humedad, la actividad del agua, la grasa, la elasticidad y la dureza disminuyeron desde el día 1 hasta el día 180, mientras que aumentaron las proteínas, el N soluble en ácido tricloroacético y los aminoácidos libres. La luminosidad del queso (L^*) disminuyó a medida que aumentó el tiempo de maduración, así como mientras que la elasticidad y la dureza disminuyeron. El Análisis de Componentes Principales fue útil para discriminar los quesos según su composición fisicoquímica, lo que permitió su clasificación en 2 grupos, aquellos con menos de 60 días y aquellos con más de 90 días de maduración. En comparación con los quesos madurados a 1 y 90 días, los quesos añejados a los 180 días redujeron las puntuaciones de apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación general. En general, los quesos tipo manchego de ovino de pelo presentaron los cambios fisicoquímicos habituales en los quesos maduros. Sin embargo, el análisis sensorial mostró que los quesos curados con más de 90 días de maduración disminuyen sus atributos sensoriales.

Palabras clave: ovejas Pelibuey, color, queso, maduración

Abstract

The objective of this work was to evaluate the physicochemical changes and acceptance of the manchego type cheese from hair sheep at different ripening times. Manchego type cheeses were manufactured and allowed to ripen for 1, 30, 60, 90, 120, 150 and 180 days. Cheese pH was constant from 1 to 180 days of ripening. Moisture, water activity, fat, elasticity and hardness were decreased from day 1 to day 180, while protein, trichloroacetic acid-soluble N, and free amino acid were increased. Cheese lightness (L^*) decreased as ripening time increased, while elasticity and hardness decreased. Principal Component Analysis was useful in discriminating cheeses according to their physicochemical composition and that allowed cheeses to be classified in 2 groups according to their ripening time and this resulted in those with less than 60 days and those with more than 90 days of ripening. Compared with cheeses ripened at 1 and 90 days, aged cheeses at 180 days reduced scores for appearance, color, odor, taste, texture and overall acceptance. Overall, Manchego type cheeses from hair sheep had the usual ripened-cheese physicochemical changes. However, sensory analysis showed that aged cheeses with more than 90 days of ripening decreases its sensory attributes.

Keywords: Pelibuey ewes, color, cheese, ripening

1. Introducción

Datos del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) del 2019 indican que en México la industria de quesos produjo 164 mil 504 toneladas de queso, con un valor en el mercado de 8 mil 058 millones de pesos. Esta industria produce varios tipos de quesos, entre los cuales destacan los quesos frescos, semi-maduros y maduros (Villegas y Cervantes, 2011). Estas variedades de quesos son reconocidas por los consumidores como productos de buena calidad por sus características de olor, textura y sabor, influyendo considerablemente la especie de origen de la leche (Chombo 2002). Por otro lado los quesos tradicionales de cada estado tienen su auge en estos momentos; el incremento del turismo permite el conocimiento de productos tradicionales como el queso (Pomeón, 2007).

En este sentido, la leche utilizada en la elaboración de productos lácteos que procede de vacas, cabras y ovejas se destina a la producción de distintas variedades de quesos (Ribeiro, 2010). Sin embargo, existen características fisicoquímicas que difieren entre los tipos de leche procedentes de distintas especies (Park, 2007). Reportes de Piredda (2007) indican que la leche de oveja contiene mayor porcentaje de proteína y grasa comparada con la leche de vaca y cabra; estas características permiten considerar a la leche de oveja como una alternativa para la manufacturar quesos de alto valor nutricional y comercial. Los principales quesos elaborados con leche de oveja son quesos de pasta semi dura y dura (Morais *et al.*, 004). Algunos de los quesos ovinos más populares en todo el

mundo son Roquefort, Feta, Teleme, Pecorino y Manchego (Kalantzopoulos, 1993). Estos quesos, junto con otros menos populares, han sido previamente caracterizados en diferentes estudios (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008). Estos quesos son más apreciados por los consumidores debido a que poseen un sabor-aroma muy agradable (Villegas, 2003). En general, la calidad del queso depende de fermentaciones durante su elaboración y condiciones de maduración que incluye humedad relativa, temperatura, flujo de aire, carga microbiana inicial, tiempo de maduración (Steele *et al.*, 2013).

Por otro lado, Ramírez-López (2012) describe al queso como un alimento cuyas características de textura y características sensoriales difieren entre cada variedad, sin embargo, el tiempo de maduración es el factor con mayor importancia en los cambios en las características fisicoquímicas de una misma variedad de queso, debido a los cambios en la bioquímica durante el periodo de maduración. Estos importantes eventos bioquímicos, como la proteólisis, lipólisis y glucólisis son responsables de las características finales del sabor, aroma y la textura del producto (Fox y Mc Sweeney, 2004). Los aminoácidos libres y los ácidos orgánicos que se producen durante la proteólisis y la lipólisis contribuyen directamente en el sabor del queso, mediante la producción de sustratos para posteriores reacciones catabólicas en las que se producen grandes cantidades de compuestos volátiles (Marilley y Casey, 2004). Por ello, es importante el uso de pruebas de aceptación para seleccionar las condiciones y tiempo de maduración en las cuales se expresan las

mejores características sensoriales y la mayor aceptación por parte del consumidor (Antoniou *et al.*, 2000).

Con base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios en las características físico-químicas y la aceptación de quesos madurados elaborados con leche de oveja de pelo en condiciones del trópico húmedo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

2. Planteamiento del problema

Actualmente, algunos estudios sobre la producción de leche en ovejas Pelibuey con lactancia restringida de 12 horas reportan producciones de leche ordeñable de 0.700 kg de leche/día. Lo que demuestra el potencial de la producción de leche de los ovinos de pelo en regiones tropicales. Por otro, lado aunque el queso tipo manchego de oveja es muy conocido, existen pocos estudios sobre los cambios bioquímicos de queso madurado a partir de leche de ovejas que son explotados en climas tropicales. El trabajo de investigación permite obtener conocimiento de las características químicas de la leche de oveja y las condiciones de maduración para obtener un queso tipo manchego a partir de leche de oveja de pelo. Los resultados de la investigación pueden ser de interés para productores y la industria relacionada a la explotación de ganado ovino.

3. Justificación

En los últimos 10 años se ha observado un crecimiento de la población mundial ovina de aproximadamente 11.98% y un 15 % para la producción de leche. En el continente Americano, México ocupa el 5to lugar en población ovina, observándose un crecimiento en el hato ovino del país de un 20% en la última década, a pesar de esto y la amplia distribución geográfica de los ovinos en el país, las importaciones de productos ovinos superan el 30 %, lo que abre las puertas a un mercado potencial de consumidores que adquieren estos productos (importados) de alto valor. Debido a esto, resulta importante el uso de la leche de oveja para producir quesos como una forma más de añadirle valor al ganado ovino explotado en las zonas tropicales.

4. Objetivos e hipótesis

4.1 Objetivo General

Evaluar la composición físico-química y aceptación sensorial del queso de oveja de pelo durante el proceso de maduración.

4.2 Objetivos específicos

Analizar las características físico-químicas de quesos de oveja con distintos días de maduración.

Evaluar la aceptación sensorial del queso de oveja de pelo con distintos días de maduración.

4.3 Hipótesis

El queso de oveja con mayor tiempo de maduración presentará mayor aceptación sensorial por parte del consumidor por efecto de los cambios físico-químicos durante la maduración.

5. Revisión de literatura

5.1. Producción ovina

Datos reportados por la FAO, exponen que del 2004 a 2018, la producción ovina en el mundo tuvo un crecimiento equivalente al 11.98%. Sin embargo, existen tendencias diferentes entre continentes o regiones del mundo. África y Asia cuentan con más del 70% de la población ovina. América es el continente en el que se concentra la menor cantidad de ovinos, con aproximadamente 87 millones de cabezas, que representan un 7.20% de la población mundial FAO (2018). Para el caso de América, México se encuentra en la quinta posición en cuanto a la población ovina (Figura 1).

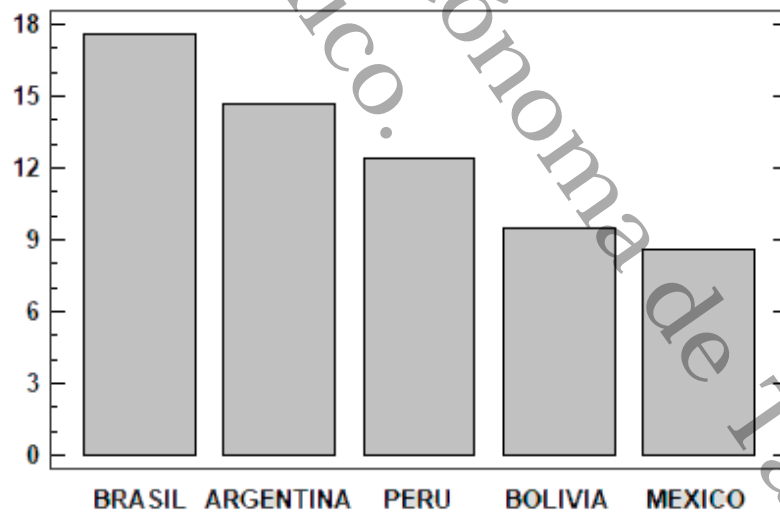


Figura 1. Producción ovina en América (FAO, 2018)

De acuerdo con información del SIAP, del año 2004 al 2020, en México la cantidad ha mostrado una tendencia de incrementar el número de cabezas de ganado ovino. En México, la producción ovina es reconocida como una actividad importante dentro del sector ganadero, debido a la demanda de sus productos, en ciudades, como la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Sin embargo, la producción ovina, sigue dependiendo en gran medida (33%) de la importación (SIAP, 2019). Aunado a lo anterior, la distribución geográfica de los ovinos en México es muy amplia registrando el mayor inventario en el estado de México con 16% (1, 289,321 cabezas) seguido por el estado de Hidalgo 13% con (1, 055,678) cabezas de ovinos (SIAP, 2019). La problemática de la ovinocultura es compleja, hay buen precio para todo lo derivado del ovino, pero hay una demanda insatisfecha y mercados potenciales.

5.2 Producción de leche ovina

La tendencia en la producción de leche de oveja es al alza. De acuerdo con datos de la FAO, del 2000 al 2018, existió un incremento de casi 15% en la producción de leche de oveja, pasando de 644 8 a 726 mil toneladas a nivel mundial. Casi toda la leche de oveja que se produce en Europa se destina para la fabricación de queso. Por esta razón, la caracterización de la leche permite determinar atributos especiales para estandarizar la fabricación de queso (Friend *et al.*, 2000). En los países latinoamericanos no existe evidencia de un grado similar de desarrollo en la

industria quesera ovina en relación con los países europeos (Haenlein y Werndorff, 2006).

5.3 Características fisicoquímicas de la leche de oveja

Existen diferencias claras en las características fisicoquímicas entre la leche de cabras, ovejas y vacas. Además, los cambios en las composiciones de leche de cabra y oveja ocurren por temporadas, porque hacia el final de la lactancia, la grasa, la proteína, el contenido de sólidos y minerales aumenta, mientras que el contenido de lactosa disminuye (Haenlein, 2004). La leche de oveja tiene mayor gravedad específica, viscosidad, índice de refracción, ácido titulable y un punto de congelación más bajo que la leche de vaca promedio (Haenlein y Wendorff, 2006). El valor ácido, valor de yodo, valor de saponificación, valor de Polenske y el diámetro del glóbulo de la grasa de la leche de ovejas y cabra son diferentes comparado a la leche de vaca (Anifantakis, 1986; Park, 2006). En el Cuadro 1, se puede observar la composición fisicoquímica de la leche en diferentes especies, en el cual destaca el alto contenido de grasa proteína y sólidos totales de la leche de oveja respecto a otras especies.

La composición de la leche, especialmente el contenido de grasa, proteína, calcio y pH, pueden variar de acuerdo a factores nutricionales, genéticos y fisiológicos del ganado lechero (Lucas *et al.*, 2008). La composición fisicoquímica de la leche tiene una enorme influencia en las características finales del queso, de hecho, entre los

componentes de la leche, la grasa y la proteína son fundamentales, debido a su contribución al rendimiento, sabor y características sensoriales de los productos lácteos (Scintu y Piredda, 2007). Esto se debe a que la cantidad de grasa y proteínas de la leche, son los principales responsables de su propiedad de coagulación (Pulina *et al.*, 006). En el Cuadro 2, se muestra el rendimiento de dos variedades de quesos elaborados con leche de vaca y leche de oveja.

Cuadro 1. Composición media de la leche de diferentes especies.

Composición %	Cabra	Oveja	vaca	Humano
Grasa	3.8	7.9	3.6	4.0
Sólidos no grasos	8.9	12.0	9.0	8.9
Lactosa	4.1	4.9	4.7	6.9
Proteína	3.4	6.2	3.2	1.2
Caseína	2.4	4.2	2.6	0.4
Albumina, globulina	0.6	1.0	0.6	0.7
N no proteico	0.4	0.8	0.2	0.5
Ceniza	0.8	0.9	0.7	0.3
Calorías / 100 ml	70	105	69	68

Tomado de Park *et al.* (2007)

5.3.1 Grasa

La grasa es el componente de la leche que tiene una alta variación (entre 3.6 y 9.97%) cuando se manipula la dieta de los animales. (Jenkins y McGuiret, 2006; Ljutovac-Raynal, *et al.*, 2008). La leche de oveja contiene niveles altos de sólidos totales y mayor contenido de nutrientes que la leche de cabra o la de vaca (FAO). Además, en su composición, están presentes lípidos simples (diacilgliceroles, monoacilgliceroles, ésteres de colesterol), lípidos complejos (fosfolípidos), compuestos liposolubles (esteroles, ésteres de colesterol, hidrocarburos) y es una rica fuente de isómeros biológicamente activos de ácido oleico y ácido linoleico conjugado (Park *et al.*, 2007). En el Cuadro 3 se puede observar la distribución y porcentaje de ácidos grasos en la leche de distintas razas de oveja. Observándose que el mayor porcentaje de ácidos grasos son de cadena media y cadena larga.

Cuadro 2. Quesos elaborados con leche de vaca y oveja y sus rendimientos bajo condiciones de trópico húmedo

Especie	Tipo de queso	Rendimiento %
Vaca	Tipo Manchego	7.70
Oveja Pelibuey	Tipo Manchego	16.66
Vaca	Fresco, tipo panela	14.28
Oveja Pelibuey	Fresco, tipo panela	35.8

Adaptado de Chay Canul (2017)

5.3.2 Proteínas

Los productos lácteos son una fuente confiable de productos de alta calidad, con un contenido de proteínas bien equilibradas en aminoácidos. La proteína total es uno de los principales criterios de calidad aplicados al pago de leche de oveja en muchos países (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2005). El contenido promedio de proteínas en la leche de oveja (5.8%) es mayor que en la leche de cabra (4.6%) o vaca (3.3%). El contenido de proteínas varía ampliamente dentro de especies y están influenciados por la raza, etapa de lactancia, salud, alimentación, clima, paridad, estación del año, entre otros. La leche de oveja contiene aproximadamente un 5% de sustancias nitrogenadas que incluyen caseínas, proteínas del suero y nitrógeno no proteico, cuyo contenido es importante en la manufactura de diferentes productos lácteos como el queso y yogur (Pirisi *et al.*, 2007).

Otra característica de la leche de oveja es que presenta buena capacidad de coagulación. Las principales proteínas en la leche de oveja y cabra son similares que en la leche de vaca (Varela *et al.*, 2017). Por otro lado, otros trabajos reportan que el contenido de proteína bruta en la leche de oveja puede variar de 4.75 g/100g a 7.20g/100 g (Rodrigues, 2014). Cerca de 95% de nitrógeno (N) en la leche se presenta en forma de proteínas, mientras que el resto es en forma de urea, creatina, glucosamina y el amoníaco (McDonald *et al.*, 2011). La fracción de proteína de la leche consiste en las proteínas o caseínas insolubles, y las proteínas de suero de leche o proteínas solubles. Las proteínas insolubles son caseína α y sus variantes

la caseína β , son fácilmente degradadas por enzimas proteolíticas. Las proteínas solubles se dividen en albúminas (β -lactoglobulina, α -lactalbúmina y albúmina de suero), globulina y la enzima (Haenlein, 2004; Park, 2006). En el Cuadro 4 se muestran los porcentajes de grasa, proteína y sólidos totales de la leche de oveja reportados en distintos estados de México.

5.4 Quesos de oveja

Algunos de los quesos elaborados con leche de oveja más populares en todo el mundo son Roquefort, Feta, Teleme, Pecorino, Manchego y Serra (Kalantzopoulos, 1993). Estos quesos, junto con otros menos populares, han sido previamente caracterizados durante sus diferentes etapas de maduración (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008). Este proceso de maduración o afinado del queso es fundamental para el desarrollo de sus atributos sensoriales (González, 2016). Esto se debe a que, durante la maduración, se producen importantes eventos bioquímicos, como la proteólisis y la lipólisis que son responsables de las características finales (textura, color, aroma y sabor) del producto (Gómez-Ruiz *et al.*, 2007). Estos procesos dan las características únicas a cada tipo de queso (Fox y Mc Sweeney, 2004). Los aminoácidos libres y los ácidos orgánicos producidos durante la proteólisis y la lipólisis contribuyen directamente al sabor del queso, mediante la producción de sustratos para posteriores reacciones catabólicas en las que se producen grandes cantidades de compuestos volátiles (Marilley y Casey, 2004). La contribución de los aminoácidos, ácidos orgánicos, aminos biógenas, péptidos y sales minerales varía

entre los diferentes tipos de queso (Pripp *et al.*, 2006). La concentración de aminoácidos en el queso aumenta durante la maduración debido a proteolisis, derivados principalmente de la acción de peptidasas de bacterias del ácido láctico.

Cuadro 3. Porcentajes de ácidos grasos de cadena corta, media y larga (AGCC, AGCM y AGCL, respectivamente) encontrados en leche de distintas razas de ovinos.

Raza	AGCC (%C4-C8)	AGCM (C10-C16)	AGCL% ≥ 16	Referencia
Talaverana	5	38	54	Velasco <i>et al.</i> (2001)
Lacaune	8	43	32	Carta <i>et al.</i> (2008)
Sarda	10	43	40	Signorelli <i>et al.</i> (2008)
Altamurana	10	47	36.7	Signorelli <i>et al.</i> (2008)
Kachi	11.5	45.5	41.8	Talpur <i>et al.</i> (2009)
Assaf	9	55	37	Estrada <i>et al.</i> (2013)
Churra	10	45	37	Gallardo (2013)

Por otro lado, en México actualmente se están comercializando quesos frescos, semimaduros y maduros elaborados con leche de oveja, entre ellos destacan el tipo feta, queso tipo crotin, tipo pirámide, tipo chabichu, tipo perail, queso semi madurado y madurado (36 meses) (SIAP 2019). Un factor importante que influye en la composición del queso es el proceso de elaboración del mismo, así como el tratamiento previo de la materia prima (Lucey, 2014). Pereira (2019) describe la maduración del queso como un proceso esencial debido a que las bacterias del cultivo juegan un papel clave en la hidrólisis de lípidos y proteínas, proporcionando los atributos sensoriales característicos (Sbampato *et al.*, 2000). Los quesos madurados son caracterizados por tener sabores más intensos y variados en comparación con los quesos frescos (Zamora, 2012). Durante la maduración la bioquímica del queso se ve afectada por la lipólisis (metabolismo de ácidos grasos) y proteólisis (catabolismo de aminoácidos). En el Cuadro5, se muestra las principales características fisicoquímicas de quesos madurados y su consistencia.

Cuadro 4. Características químicas de la leche de oveja en distintos estados de México

Raza	Grasa %	Proteína %	Sólidos totales %	Lugar	Referencia
East Friesian	6.63	5.12	18.85	Estado de México	de Ángeles-Hernández <i>et al.</i> , 2014
East Friesian x Pelibuey	8.03	5.33	18.71	Estado de México	de Ángeles-Hernández <i>et al.</i> , 2014
Pelibuey	6.06	5.03	17.42	Tabasco	Avendaño-Rodríguez, 2017
Kahtadin	6.17	5.12	18.43	Tabasco	Avendaño-Rodríguez , 2017

Cuadro 5. Características de los quesos madurados

Nombre del queso	Tipo de maduración	% de Humedad	% Proteína	% Grasa	pH	Consistencia
Camembert	Maduración rápida con Hongos superficiales	52-56	20	22	6.9	Blanda
Gouda	Maduración corta	41-43	25	28	5.7	Semiduro, Pasta lavada prepresada
Cheddar	Madurado lento	37-39	25	30	5.5	Duro, Pasta semicocida de baja temperatura, acidificada
Gruyere	Maduración lenta fermentación propiónica	34-38		30	6.0	Duro de pasta cocida

Emmental	Maduración	37-40	28	27	5.6	Duro de pasta
	rápida					cocida alta
	fermentación					temperatura
	propiónica					

Fuente: Madrid (2004); Trillas (1985); Keating (2004).

4.4.1 Lipólisis

Los lípidos son los componentes más importantes de la leche en términos de costo, nutrición, características físicas y sensoriales que imparten a los productos lácteos. Los lípidos tienen un efecto importante sobre el "flavor" y la textura del queso, como fuente de ácidos grasos, especialmente los ácidos grasos de cadena corta. La grasa de la leche está formada mayoritariamente (un 96-99 % en peso del total de la grasa) por triglicéridos, seguidos de diglicéridos y fosfolípidos (con un 0,3-1,6 % y un 0,2-1 % respectivamente). Hay otros componentes lipídicos minoritarios, pero no por ello menos importantes, como son los ácidos grasos libres (0,1-0,4 %), que influyen notablemente al flavor de la leche y los productos derivados. La lipólisis, es un fenómeno que consiste en la hidrólisis de gran parte de las grasas, y origina la liberación de ácidos grasos. Estos ácidos grasos libres formados durante la maduración son importantes precursores de diferentes componentes volátiles del queso (Murtaza *et al.*, 2014). También se ha reportado que el tipo de cuajo afecta al fenómeno de la lipólisis, así por ejemplo, se han encontrado diferencias en el

perfil de ácidos grasos, en concreto de cadena corta, en quesos hechos con cuajo de cordero en pasta o en cuajo bovino (Virto *et al.*, 2003). En algunas variedades, los ácidos grasos pueden ser convertidos a otros compuestos aromáticos, especialmente metil, cetonas y lactonas. La oxidación de la grasa en el queso es muy limitada debido a su bajo potencial redox y los niveles relativamente bajos de ácidos grasos poliinsaturados en la grasa de leche (Pizzillo *et al.*, 2005).

El grado de lipólisis varía ampliamente entre las variedades de queso, de ~6 meq/100 g de ácidos grasos libres en queso Gouda a 45 meq/100 g de materia grasa en queso danés azul (Gripon, 1993). Aunque el perfil de ácidos grasos depende de las características genéticas y fisiológicas del ovino y de su sistema de alimentación (De La Fuente *et al.*, 2009), los ácidos grasos presentes en la leche de oveja, se encuentran los ácidos grasos poliinsaturados linoléico e isómeros del ácido linoleico conjugado que son considerados benéficos (Dilzer y Park, 2012; Shingfield *et al.*, 2013). La leche de oveja es rara vez consumida como producto fresco, por lo que estos efectos beneficiosos serían aprovechados por el consumo de los productos como quesos madurados (Buccioni *et al.*, 2010; Prandini *et al.*, 2007). La cantidad de grasa en la leche afecta a la textura del queso, y la cinética de la interacción entre la grasa-proteína en la membrana de los glóbulos de grasa y su aspecto estructural influye en las propiedades reológicas de la cuajada y su comportamiento durante la sinéresis (exudación del suero durante el proceso de gelificación) (López y Dufour, 2001).

5.4.2 Proteólisis

La proteólisis durante la maduración es esencial en la mayoría de las variedades de queso. El grado de proteólisis varía desde muy limitado por ejemplo en el queso Mozzarella a muy amplios, por ejemplo, en el queso azul. Esto se debe a que los aminoácidos también contribuyen directamente al “flavor” ya que pueden ser catalizados a una gama de sabores y compuestos aromáticos, por ejemplo, aminas, ácidos, compuestos de azufre, que son los principales contribuyentes al flavor del queso. Estos fenómenos serán los que le confieran las características de sabor, olor y textura al queso (Smit *et al.*, 2000). En la mayoría de las variedades de quesos, la hidrólisis inicial de las caseínas se debe al coagulante y en menor extensión a la plasmina, y quizás a las proteinasas de las células somáticas, que dan lugar a la formación de péptidos de gran tamaño (insolubles en agua) y péptidos de tamaño intermedio (solubles en agua), que serán degradados por el coagulante y por enzimas procedentes de los microorganismos iniciadores y no iniciadores del queso. La producción de pequeños péptidos y aminoácidos libres se debe a la acción de proteinasas y peptidasas microbianas (McSweeney y Sousa, 2000). Por esta razón, la relación entre la cantidad de nitrógeno soluble y el nitrógeno total se pueden utilizar como indicativo del grado de degradación proteica. La degradación de la matriz proteica en péptidos, aminoácidos, amoníaco y compuestos sulfurados a lo largo de la maduración influirá de manera determinante en las características del queso, tanto en cuanto a la textura (elasticidad, dureza, adhesividad, gomosidad, etc), como al flavor, debido a la producción de grupos amino, compuestos azufrados y grupos carboxilo. Los productos finales de la proteólisis son los aminoácidos libres

que se encuentran a distintas concentraciones dependiendo del tipo de queso y han sido empleados como índices de maduración (McSweeney y Fox, 1997). En la elaboración del queso, la mayor parte del coagulante se pierde con el suero, pero un pequeño porcentaje (6-10 %) queda retenido en la cuajada (Jaramillo, 2007). Esta porción es la responsable, en parte, de la proteólisis primaria de las caseínas. La proteólisis puede dividirse en dos etapas: proteólisis primaria, que será la responsable de la textura blanda característica al principio de la obtención de la cuajada, y que es causada por la actividad de las proteasas endógenas de la leche. Y la proteólisis secundaria, en la que se produce, por parte de las bacterias ácido-lácticas, la hidrólisis de péptidos grandes en péptidos de pequeño tamaño y aminoácidos, los cuales se encuentran en grandes cantidades en los quesos madurados y que intervienen en el desarrollo del flavor de los quesos, ya que son detectados por los receptores del sabor (Tavaria *et al.*, 2003)

5.5 Evaluación sensorial

En términos generales, la evaluación sensorial del queso puede ser dividida en tres distintos métodos o técnicas: estudios de preferencia del consumidor, clasificación y análisis sensorial descriptivo, cada uno de los cuales tiene diferentes objetivos y suelen utilizarse independientemente, pero a menudo proporcionan información más útil si se utiliza con otros datos del producto. Los atributos pueden ser evaluados mediante análisis descriptivos sensoriales y análisis instrumentales, este análisis puede resultar de utilidad para la industria debido a su facilidad de

realización, estandarización y ser altamente reproducible, por lo que permite llevar a cabo un control de calidad (Proaño, 2015). La evaluación sensorial de los alimentos trata del examen de las propiedades organolépticas utilizando los órganos de los sentidos (ISO 6658:2005). Por un lado, los consumidores perciben las características reológicas, estructurales y químicas de los quesos mediante la vista, el tacto, el oído y el gusto, y las expresan utilizando términos descriptivos.

4.6 Características sensoriales

4.6.1 Textura

En quesos de oveja maduros, la textura es una característica decisiva para la calidad y aceptación del producto por parte del consumidor (Konstance y Honsinger, 1992). La textura es un parámetro que se ve afectado por la composición físico-química de los quesos y por los fenómenos que se desarrollan en la maduración. Debido a cambios bioquímicos, como es la hidrólisis de las caseínas causada por el cuajo residual (O'Callaghan y Guinee, 2004). A la vez que los quesos van perdiendo humedad y se desarrollan fenómenos como la proteólisis, aumenta la dureza y la fracturabilidad, y disminuyendo la cohesividad constantemente (Albenzio y Santillo, 2011). Los parámetros más utilizados en el análisis de textura de los quesos y sus definiciones se encuentran en la norma ISO 5492:2008.

4.6.2 Color

El color es responsable directo de la apariencia del producto y su aceptación por parte de los consumidores (Maegenis *et al.*, 2014). En la ISO 5492:2008 se define como la “Sensación de tono, saturación y claridad inducida por estimulación de la retina por ondas luminosas de varias longitudes de onda”, en la percepción del mismo. Los quesos de oveja de pasta prensada suelen tener una coloración blanco-hueso en los más jóvenes, hasta llegar a un color amarillo tenue o pajizo en los maduros. El color depende de la composición química del queso, así como del contenido en carotenoides y riboflavinas provenientes de la alimentación de los animales y de la raza (Coulon *et al.*, 2005).

4.6.3 Sabor

El sabor de los alimentos es uno de los atributos clave para el consumidor. El gusto se percibe en la lengua y en el paladar. Es un “atributo sensorial perceptible por el órgano olfatorio, vía retronasal durante la degustación” (ISO 5492:2008). Se diferencian cinco tipos de gustos: ácido, amargo, dulce y salado. Se han identificado varios componentes como los causantes de este sabor, y la mayor parte provienen de la proteólisis de las caseínas, ya que se forman péptidos de pequeño a medio tamaño y aminoácidos libres, que contribuyen en gran medida en el sabor, sobre todo al sabor amargo, que resulta una característica favorable en quesos de oveja maduros, y no lo es en los primeros estadios de la maduración (Licón *et al.*, 2012).

4.6.4 Aroma

El aroma es otro atributo clave para la aceptación o el rechazo del producto, en este caso, el queso. Es originado por sustancias volátiles susceptibles de ser detectadas por el olfato. La formación del aroma del queso depende fundamentalmente de los cambios bioquímicos producidos por microorganismos asociados a este ecosistema (bacterias iniciadoras o bacterias del ácido láctico), lipólisis y proteólisis (Delgado, 2011). Durante la maduración, los procesos de glicolisis, lipólisis y proteólisis provocan la degradación de los componentes del queso (lactosa, grasa y proteína) en otros productos primarios y secundarios (Fox y McSweeney, 1997).

6. Materiales y métodos

6.1. Animales y manejo

Los animales fueron manejados de acuerdo con los lineamientos y regulaciones para la experimentación ética animal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (proyecto ID PFI: UJAT-DACA-2015-IA-02). El experimento se realizó en el Centro de Integración Ovina del Sureste, ubicado en la carretera Villahermosa-Teapa, México. El clima de la región es tropical húmedo con lluvias en verano (Am), altitud de 9 m sobre el nivel del mar, precipitación media anual de 1958 mm, una humedad relativa cercana al 75% y una temperatura media anual de 27 °C.

Cuarenta y dos ovejas Pelibuey y sus corderos fueron confinados en corrales de piso elevado (6 × 4 m) con capacidad para ocho animales, donde permanecieron

hasta el destete. La dieta de las ovejas consistió en heno de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), maíz molido, harina de soja, melaza de caña de azúcar y minerales en una proporción de 70:30 (concentrado/forraje). La dieta fue formulada para satisfacer los requerimientos nutricionales de las ovejas lactantes con un peso corporal promedio de 45 kg y una producción de leche de 1.74 kg/d. La dieta tenía 12 MJ/kg de energía metabolizable y 15% de proteína cruda. La cantidad de alimento ofrecida por corral se ajustó semanalmente para garantizar al menos un 10% de rechazo. El agua estuvo disponible ad libitum y el estado de salud se verificaba visualmente todos los días.

6.2. Producción y composición de la leche

La producción diaria de leche (PDL, kg) de las ovejas se registró desde los 14 hasta los 84 días posparto. Los corderos se separaron diariamente de su madre a las 19:00 h. Durante este período, los corderos tuvieron libre acceso a un alimento que contenía 18% de proteína cruda y 12 MJ/kg de energía metabolizable. Después de 12 h de separación, las ovejas fueron ordeñadas manualmente después de una inyección intramuscular de 3 UI de oxitocina. Antes de realizar el ordeño, se desinfectaron los pezones de los animales con una solución de yodo y, después de aproximadamente 30 s, se secaron los pezones con toallas de papel. La leche de todos los animales se combinó para la elaboración de queso.

Para el análisis de la composición de la leche, se obtuvieron muestras de cada oveja (100 mL) cada semana. Los análisis de sólidos totales, grasas, proteínas y lactosa, se realizaron por duplicado utilizando un analizador de leche automático (Lactoscan LS-60, Milkotronic Ltd., Nova Zagora, Bulgaria).

6.3. Elaboración de queso

Los quesos estilo manchego mexicano fueron elaborados en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, en el Taller de Lácteos, utilizando el protocolo de Lobato-Calleros *et al.* (2001) con algunas modificaciones. Se utilizaron 100 kg de leche para la elaboración de queso de los días 35, 42 y 56. Se eligieron estas etapas de lactancia ya que tenían una relación proteína, grasa y lactosa similares. La leche de oveja se pesó, filtró, y pasteurizó a 63 ° C durante 30 min y se enfrió a 35 ° C para la inoculación inmediata. Se adicionó una solución de cloruro de calcio (6% peso / volumen) a 333 mL/100 kg y se equilibraron durante 5 min. Posteriormente se adicionó el cultivo iniciador y se agitó durante 30 minutos luego se agregaron diez mL de cuajo comercial (Cuamix, 280 Unidades Internacionales de Coagulación de Leche (IMCU)/mL; Cuamex, Jalisco, México) se diluyeron 1:10 en agua potable y se agregaron a la tina de leche (100 kg), que se agitó suavemente durante 2 min para ayudar a la dispersión. Después de 30 min, el coágulo se cortó usando cuchillos verticales y horizontales con un espacio de 1 cm entre los alambres y se curó durante 5 min. A continuación, la cuajada se agitó suavemente durante 10 min, seguido de la cocción en la que la

cuajada se calentó a 42 ° C y se mantuvo a esa temperatura durante 30 min, el suero se escurrió y la cuajada se saló con 440 g de sal, se equilibraron durante 20 min y se colocaron en moldes rectangulares de acero inoxidable de 1 kg de capacidad. Los quesos se prensaron durante 24 h a 20 °C, se envasaron al vacío y se maduraron a 10 ° C y 85% de humedad relativa durante 180 días.

6.4. Composición, pH y proteólisis del queso

Las muestras de queso se analizaron para humedad por medio del método de secado en horno, la grasa por método de Gerber; proteína (% N \times 6.38; método Kjeldahl) y cenizas por método gravimétrico siguiendo los métodos oficiales de la AOAC. Así como el contenido de sal (cloruro) por el método de titulación de Mohr. La determinación de la actividad de agua (a_w) de los quesos se realizó a 21° C usando un higrómetro de punto de rocío (Aqua Lab CX-2 Dew-Point; Decagon Devices Inc, Pullman, WA, EE. UU.). La acidez titulable (expresada como % de ácido láctico) se determinó con 10 g de queso mezclado con 10 mL de agua destilada y se tituló con NaOH 0,1 N, utilizando una solución de fenolftaleína al 1% en etanol al 95% como indicador de punto final (pH 8.3). El pH de los quesos a 25°C se midió en una suspensión obtenida al homogeneizar una mezcla de 10 g de queso molido y 10 mL de agua desionizada. Todos los análisis se realizaron por triplicado a los 1, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 d de maduración. Se determinaron las fracciones de nitrógeno soluble (a pH 4.6 y en ácido tricloroacético) y el contenido de aminoácidos libres totales (AAL) como un índice de maduración (Folkertsma y Fox, 2009). Todos los análisis se realizaron por duplicado.

6.5. Textura y color del queso

Las propiedades texturales del queso en diferentes momentos de maduración se estimaron mediante una prueba de compresión uniaxial utilizando un instrumento de prueba universal Instron (Modelo 4411 equipado con un compresor Yoke 2830-011; Instron, Canton, MA, Estados Unidos) de acuerdo con el método descrito por Vyhmeister *et al.* (2019) con algunas modificaciones. Antes de la prueba, los cilindros de queso (15 mm de diámetro y 22 mm de altura) se templaron a 4°C durante 24 h. El análisis se realizó comprimiendo las muestras al 70% de deformación a una velocidad de 5 mm / min. La dureza de los quesos se obtuvo con la máxima tensión. Se utilizaron al menos 10 cilindros de queso por muestra. El color de las muestras de queso se midió utilizando un colorímetro Konika-Minolta CR-300 (Konika-Minolta Optics Inc., Osaka, Japón) según Ibañez *et al.* (2016) utilizando el sistema de color CIELAB, un iluminante D65 y un ángulo visual de 2 °. Se realizaron cinco mediciones en una superficie fresca de queso previamente equilibrada a 20 ° C durante 30 min.

6.6. Análisis sensorial del queso

Las propiedades sensoriales de los quesos estilo manchego se evaluaron a los 1, 90 y 180 d de maduración mediante una prueba de consumidores. Los cubos de queso (2 × 2 × 2 cm) a 12 ° C fueron asignados aleatoriamente con un código de 3 dígitos y analizados por 75 jueces usando una escala hedónica de nueve puntos (donde 1 = desagrada muchísimo; 2 = me desagrada mucho; 3= me desagrada

ligeramente; 4 = me desagrada; 5 = ni desagrado ni agrado; 6 = me agrada; 7 = me agrada ligeramente; 8 = me agrada mucho; 9 = me agrada muchísimo. Para evaluar atributos de apariencia, color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general. También se pidió a los panelistas que proporcionaran comentarios adicionales por escrito de las muestras de queso. Los jueces tenían 24 ± 4 años, 27 eran mujeres y 48 eran hombres. Este fue aprobado por División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (proyecto ID PFI: UJAT-DACA-2015-IA-02).

6.7. Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de medidas repetidas de 38 ovejas para la producción diaria de leche (DMY, kg) y se analizaron los componentes de la leche (sólidos totales, grasa, proteína, lactosa, proteína-grasa y lactosa-proteína), ajustando un modelo lineal mixto que incluyó el efecto fijo del tamaño de la camada (TC, simple o doble), el tiempo (T, día de producción 14 a 84 días como medidas repetidas) y el efecto aleatorio de la oveja (E, sujeto). Los análisis de datos se realizaron utilizando PROC MIXED de paquete SAS, versión 9.3, ajustando una estructura de covarianza de simetría compuesta (CS). La expresión lineal del modelo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + T_j + TC_k + \varepsilon_{ijk}$$

En el que las abreviaturas significan Y_{ijklm} =DMY (kg), grasa (%), proteína (%), lactosa (%); μ = media general; E_i = Efecto aleatorio de la i -ésima oveja; T_j = efecto fijo del j -ésimo día de producción; $TC(k)$ = efecto fijo del k -ésimo tamaño de la camada, ϵ_{ijk} = efectos aleatorios residuales. Se realizó una comparación de medias de mínimos cuadrados entre tratamientos mediante la prueba de Tukey-Kramer.

Los datos de composición fisicoquímica y evaluación sensorial de los quesos se analizaron mediante un diseño completamente aleatorizado mediante análisis de varianza considerando los tiempos de maduración como efectos fijos utilizando el PROC GLM. La prueba de Tukey se realizó cuando se detectó que el efecto del tratamiento fue significativo ($p < 0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Statistical Analysis System (SAS, 2010). Además, los parámetros fisicoquímicos seleccionados del queso en diferentes tiempos de maduración (humedad en la sustancia no grasa, MNFS; grasa en la materia seca FDM; relación sal / humedad S / M; ácido láctico; pH; proteólisis (pH 4.6 SN / TN, 12% TCA SN / TN y FAA); dureza; y blancura CIE, L^* se analizaron mediante análisis de componentes principales (PCA) utilizando una matriz de correlación y un análisis de agrupamiento jerárquico (HCA) utilizando el método de agrupamiento de enlace entre grupos.

7. Resultados

7.1 Producción y composición de la leche

La producción diaria de leche (PDL, kg) y la composición de la leche de oveja del día 14 al día 84 de lactancia se detallan en el Cuadro 6. Desde los días 14 a 21, la producción de leche de oveja aumentó de 0.43 a 0.63 kg/d, pero exhibió una disminución a partir de entonces, alcanzando niveles de 0.26 kg /d a los 84 días ($P < 0.05$). En contraste con PDL, el nivel de sólidos totales (ST) disminuyó durante los primeros 21 días a 12.4% y luego aumentó hasta 15.6% ST a los 84 días de lactancia ($P < 0.05$). Los niveles de grasa, proteína y la relación proteína:grasa se vieron afectados por el tiempo de lactancia y mostraron una tendencia similar al contenido de ST ($P < 0.05$). Por otro lado, los niveles de lactosa y la relación lactosa:caseína no se vieron afectados por la etapa de lactancia ($P > 0.05$).

Cuadro 6. Rendimiento y composición de la leche obtenida de ovejas Pelibuey en diferentes etapas de lactancia

Parámetro	Estado de lactancia (d)											EEM	Valor de P	
	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84		DL	TC
Rendimiento (kg/d)	0.43	0.63	0.59	0.51	0.48	0.34	0.38	0.27	0.34	0.31	0.26	< 0.01	< 0.001	0.720
Sólidos totales (%)	13.32	12.40	13.23	14.57	14.36	15.45	14.54	15.01	16.10	15.70	15.56	0.60	< 0.001	0.627
Grasa (%)	2.83	2.34	2.867	4.03	4.02	4.76	4.05	4.19	5.41	4.89	5.00	0.49	< 0.001	0.849
Proteína (%)	3.11	2.83	3.09	3.48	3.43	3.73	3.47	3.50	3.92	3.83	3.78	0.18	< 0.001	0.734
Lactosa (%)	6.30	6.23	6.29	6.00	5.95	5.92	6.02	6.09	5.75	6.01	5.80	0.14	0.121	0.654
Sólidos no grasos (%)	10.25	9.96	10.28	10.42	10.29	10.65	10.44	10.66	10.70	10.82	10.60	0.17	0.004	0.462

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Proteína:grasa	1.38	1.58	1.43	0.98	0.95	0.88	0.93	0.98	0.77	0.88	0.77	0.11	< 0.001	0.734
Lactosa: caseína	2.25	2.44	2.26	1.87	1.88	1.76	1.85	2.40	1.51	1.55	1.50	0.32	0.228	0.660

7.2 Propiedades fisicoquímicas de los quesos en diferentes tiempos de maduración

La composición química del queso estilo manchego elaborado con leche de oveja Pelibuey durante la maduración se muestra en la Cuadro 7. El contenido de humedad durante los primeros 60 días de maduración fue constante (44-45%) y disminuyó a <42% después de 180 días ($P < 0.05$). Como se esperaba, una disminución en el contenido de humedad del queso estilo manchego durante la maduración condujo a un aumento en los niveles de proteína total, sal, MNFS, S / M y cenizas ($P < 0.05$). Finalmente, los niveles de grasa, FDM y aw mostraron una disminución a medida que avanzaba el tiempo de maduración ($P < 0.05$). A pesar de que los valores de pH del queso estilo manchego tuvieron una gran variabilidad y los valores medios estuvieron entre 5.2-5.4, no tuvieron diferencias significativas durante la maduración ($P > 0.05$); por el contrario, la acidez titulable (expresada como nivel de ácido láctico) mostró un aumento ($P < 0.05$) de ~ 0,7 a 1. 5% durante 180 días (Figura 2a). Las fracciones nitrógenadas que corresponden al nitrógeno no caseínico y proteínas del suero (proteólisis primario, pH 4,6 SN/TN), y a los péptidos con pocos residuos de aminoácidos (proteólisis secundaria, 12% TCA SN/TN) y AAL (mg leu / 100 g de proteína) aumentaron a medida que avanzaba el tiempo de maduración del queso estilo manchego ($P < 0.05$; Figura 2b).

Cuadro 7. Cambios en la composición del queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja de pelo en diferentes tiempos de maduración.

Parámetros	Tiempo de maduración (d)							EEM	Valor de P
	1	30	60	90	120	150	180		
Humedad (%)	44.69a	44.92a	44.00a	42.57ab	41.56b	41.50b	41.29b	0.464	< 0.001
Grasa (%)	30.36a	28.04b	29.11ab	30.52a	29.50ab	29.21ab	28.94ab	0.430	0.021
Proteínas (%)	23.92d	24.22cd	23.92d	24.61c	26.99b	27.49ab	27.79a	0.117	< 0.001
Sal (%)	1.42e	1.45e	1.52d	1.55cd	1.61c	1.69b	1.88a	0.013	< 0.001
HSNG (%)	64.17a	62.42b	62.07b	61.28c	58.96d	58.63de	58.11e	0.120	< 0.001
Grasa en base seco (%)	54.86a	50.88b	51.98ab	53.15ab	50.48b	49.93b	49.29b	0.191	0.006
S/H (%)	3.13e	3.23e	3.47d	3.57d	3.76c	4.04b	4.54a	0.031	< 0.001
Cenizas (%)	3.76d	4.76c	5.02c	4.82bc	5.23ab	5.22ab	5.35a	0.059	< 0.001
aw	0.943a	0.944a	0.941a	0.931a	0.924ab	0.909b	0.906b	0.005	< 0.001

Las abreviaturas son: HSNG, Humedad en la sustancia no grasa; S / H, sal en la fase de humedad del queso; EEM, error estándar de la media. Los datos son medias de tres ensayos repetidos; las medias dentro de una fila con diferentes superíndices muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tiempos de maduración.

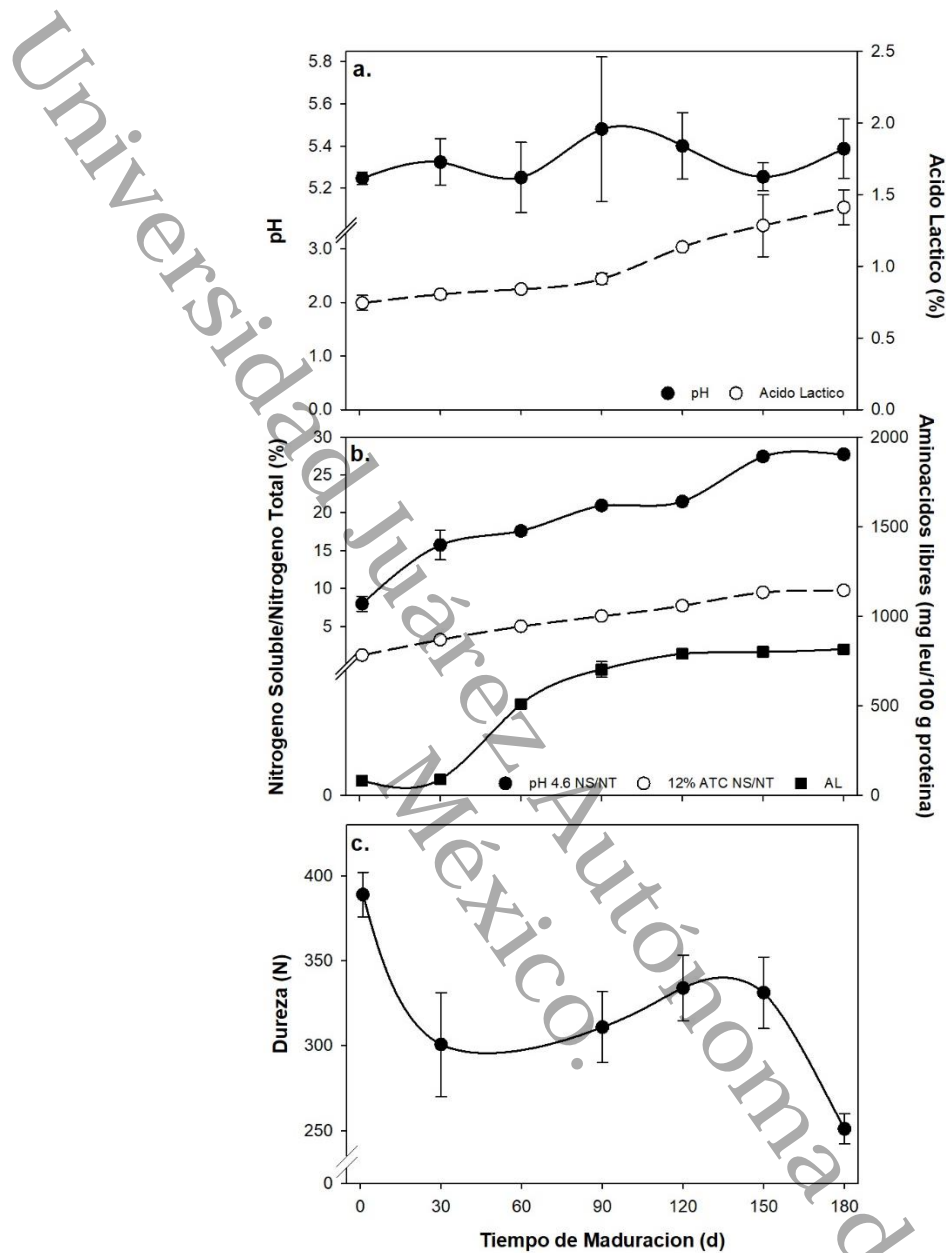


Figura 2. Cambios en los niveles de valores de pH y ácido láctico (a); proteólisis expresada como N soluble a pH 4,6 (SN / TN de pH 4,6), N soluble en ácido tricloroacético al 12% (SN / TN de TCA al 12%) y aminoácidos libres (AAL); (b); y dureza estimada por la prueba de compresión uniaxial (c) durante la maduración del queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja Pelibuey. Los valores representan la desviación estándar y media de 3 ensayos repetidos.

El color del queso estilo manchego durante 180 días de maduración se detalla en el Cuadro 8. Solo la blancura, expresada por los valores L^* y índice de luminosidad (IL), exhibieron una disminución a los 120 días ($P < 0.05$), mientras que los parámetros de color del queso, a^* , b^* , la saturación del color (C^*) y el ángulo de tono (h^*) permanecieron constantes a medida que el queso maduraba ($P > 0.05$). Sin embargo, un aumento significativo en la diferencia de color (ΔMI^*) se encontró como queso envejecido ($P < 0.05$).

La dureza instrumental del queso estimada por la prueba de compresión uniaxial (Figura 2c) fue más alta a 1 día de maduración, luego disminuyó a los 30 días, permaneció constante hasta los 150 días y finalmente exhibió una segunda disminución a los 180 días ($P < 0.05$).

El ACP (Análisis de componentes principales) realizado en las variables seleccionadas de muestras de queso durante la maduración proporcionó una descripción general simplificada de la relación entre sus propiedades fisicoquímicas (Figura 3). Los componentes principales de dos componentes (PC1 y PC2) representaron el 87,8% de la varianza total (74.4% y 13.4%, respectivamente). La gráfica de puntuación obtenida de los dos primeros componentes (Figura 3a) separó las muestras entre el tiempo de maduración para todos los ensayos repetidos. Las gráficas de carga (Figura 3b) mostraron que el PC1 (es decir, el tiempo de maduración) se correlacionó negativamente con MNFS, FDM, dureza y WI; y

correlacionado positivamente con S / M, proteólisis y ácido láctico. El PC2 se correlacionó positivamente con los valores de pH y negativamente con la dureza. Además, los quesos se agruparon por HCA en función de su tiempo de maduración: 1-30, 60, 90 y 120-180 días.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Cuadro 8. Cambios en el índice de luminosidad y color CIELAB del queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja de pelo en diferentes puntos de maduración.

Parametros	Tiempo de maduración (d)							EEM	Valor de P
	1	30	60	90	120	150	180		
L*	88.65a	87.91a	86.32a	84.93ab	83.24b	81.32b	83.17b	0.545	< 0.001
a*	-1.14	-1.12	-1.20	-1.26	-1.14	-1.12	-1.22	0.063	0.655
b*	17.40	17.56	17.43	16.19	17.40	16.69	16.81	0.378	0.316
C*	17.44	17.59	17.48	16.54	17.44	16.73	16.85	0.376	0.316
h* (°)	93.77	93.67	93.95	94.37	93.77	93.85	94.16	0.238	0.404
WI	36.45a	35.24a	34.02ab	35.47a	31.04b	31.25b	32.73b	1.200	0.042
△E*	-	0.99d	2.38cd	3.85bc	5.42ab	7.42a	5.55ab	0.523	< 0.001

L*, ligereza o blancura; a*, verdor o enrojecimiento; b*, azul o amarillez; h*, ángulo de tono; C* cromas; IL, índice de luminosidad ($L^* - 3b^*$); ΔE^* diferencia de color total en relación con el color obtenido al 1 día de maduración; SEM, error estándar de la media. Los datos son medias de tres ensayos repetidos; las medias dentro de una fila con diferentes superíndices muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tiempos de maduración.

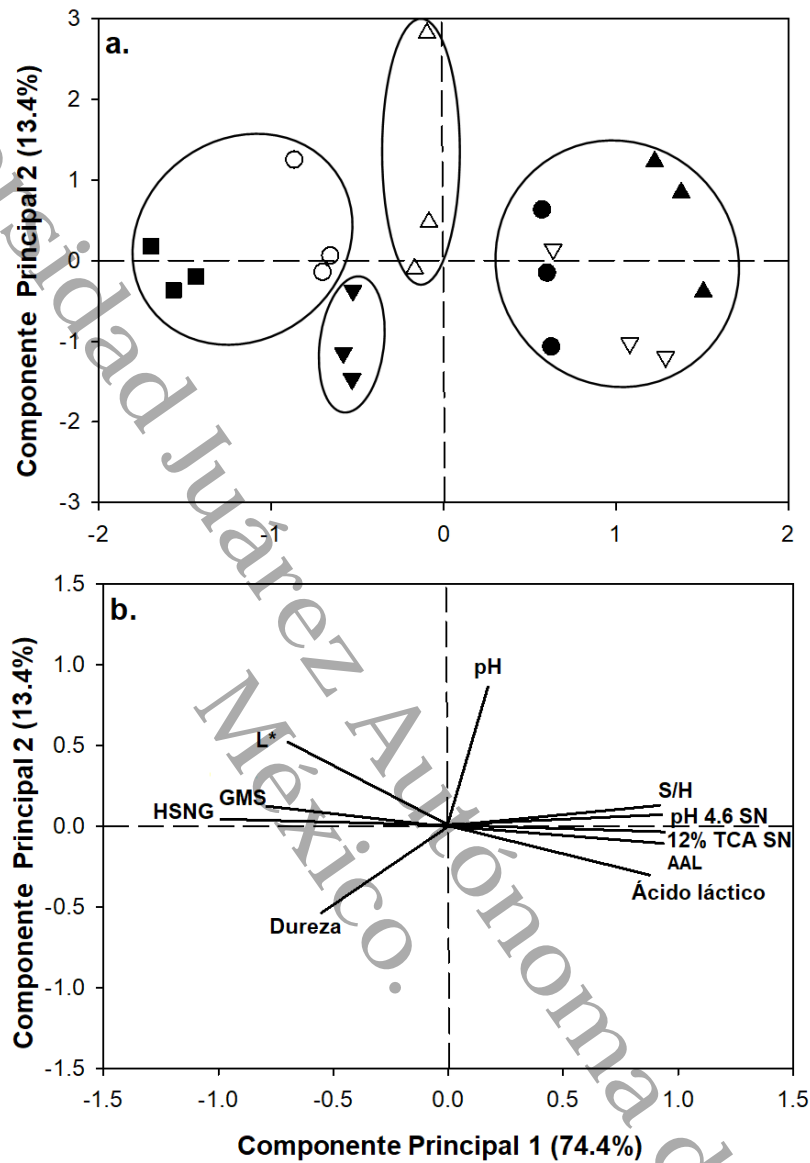


Figura 3. Gráfica de puntaje (a) y gráfica de carga (b) obtenidas por análisis de componentes principales (PCA) de variables fisicoquímicas seleccionadas de queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja de pelo a 1 (■), 30 (○), 60 (▼), 90 (△), 120 (●), 150 (▽) y 180 (▲) de maduración. La agrupación de muestras se basó en un análisis de conglomerados jerárquicos (HCA).

7.3 Propiedades sensoriales

En el cuadro 9 se reportan las puntuaciones de los atributos sensoriales del queso estilo manchego durante su maduración. Tras un día de maduración, los atributos sensoriales del queso obtuvieron puntuaciones entre 7 y 8, que corresponde a “me agrada ligeramente a me agrada mucho”. El queso madurado durante 90 días resultó con puntuaciones similares a los obtenidos en el día 1, excepto para la apariencia, cuyo valor de su puntuación se redujo ligeramente. Al final de la maduración, el queso exhibió un reducción significativa de las puntuaciones de los atributos sensoriales evaluados; sin embargo, dichas puntuaciones corresponde a “me agrada” a “me agrada ligeramente”.

Cuadro 9. Cambios en las propiedades sensoriales del queso estilo manchego mexicano elaborado con leche de oveja de pelo en diferentes tiempos de maduración.

Atributo	Tiempos de maduración (d)			EEM	Valor de P
	1	90	180		
Aparencia	7.8a	7.2b	6.7c	0.16	< 0.001
Color	7.7a	7.0ab	6.8b	0.15	0.002
Aroma	7.2a	7.3a	6.6b	0.18	0.010
Sabor	7.3a	6.9a	5.8b	0.20	< 0.001
Textura	6.7ab	7.1b	6.0a	0.21	0.001
Aceptación global	7.5a	7.1a	6.2b	0.17	< 0.001

EEM, error estándar de la media. Los datos son medias de tres ensayos repetidos; las medias dentro de una fila con diferentes superíndices muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tiempos de maduración.

8. Discusión

La producción de leche diaria en el presente estudio fue menor en comparación con los informes recientes sobre la producción de leche de ovejas de pelo. En condiciones tropicales, se ha informado que la oveja Pelibuey y sus cruza tienen rendimientos diarios de leche de alrededor de 1.0 a 1.7 kg/d (Chay-Canul *et al.*, 2019; Arcos-Álvarez *et al.*, 2020; Olvera-Aguirre *et al.*, 2020). Sin embargo, es importante señalar que la producción diaria de leche obtenida en el presente estudio solo corresponde a la mitad de la leche producida en un día (leche ordeñable). En uno de los primeros estudios que evaluó la producción y composición de la leche de ovejas Pelibuey criadas en condiciones tropicales, Castellanos y Valencia (1982), propusieron utilizar la oveja Pelibuey como raza de doble propósito (producción de carne y leche). Esto se basó en el contenido de grasa de la leche y la aceptabilidad de los productos lácteos de oveja (especialmente queso fresco) en comparación con el queso de leche de vaca en las áreas tropicales de México. El presente estudio es el primer informe centrado en la elaboración de queso y evaluación de la propiedades físicas, químicas y sensoriales de un queso mexicano tipo manchego madurado de oveja de pelo.

En esta investigación, se utilizó la leche de oveja a 35, 42 y 56 días de lactancia, ya que los valores de la relación proteína-grasa y lactosa-proteína fueron similares (Cuadro 6) y, por lo tanto, condujo a quesos con una composición y desarrollo de ácido similares entre los ensayos repetidos, cuando se aplican los protocolos

estándar de fabricación de queso (Vyhmeister *et al.*, 2019). La composición del queso tipo manchego mexicano elaborado con leche de oveja Pelibuey (Cuadro 7) estuvo de acuerdo con la legislación mexicana (NMX, 1984) en cuanto a humedad (<48%), grasa (> 25%), proteína (> 22%), sal (<3%) y pH (> 5). Sin embargo, el tiempo de maduración condujo a quesos con menor contenido de humedad (Cuadro 7), que puede ser explicado por dos hechos: a) la fermentación de lactosa en ácido láctico, causada por la acción de las bacterias del ácido láctico; b) el uso de temperaturas de maduración superiores a 4°C, como en este estudio (Fox *et al.*, 2017). Algunas estrategias para evitar la pérdida de humedad del queso durante la maduración incluyen controlar el desarrollo de ácido para evitar una acidez excesiva, mediante la aplicación de técnicas de lavado de cuajada / dilución de suero; aumentar la solubilización del fosfato de calcio coloidal para aumentar la capacidad de las proteínas de retener agua; y la reducción de las temperaturas de maduración, ya que la disminución de las temperaturas de 10 a 4 ° C mejora la retención de humedad del queso (Johnson *et al.*, 2003). Una disminución en el contenido de humedad del queso durante la maduración condujo a un aumento concomitante de otros componentes del queso, como el contenido de proteínas, sal y cenizas, que pueden tener un gran impacto en el desarrollo de la textura y el sabor. Además, una reducción de a_w se asocia con un aumento en el contenido de sal y tiene una relación directa con la sal en la fase de humedad del queso que puede modular la actividad proteolítica y bacteriana (Guinee y Fox, 2004). Un aumento en los niveles de ácido láctico durante la maduración del queso podría deberse a la fermentación de lactosa residual después de la fabricación (Vyhmeister *et al.*, 2019),

pero también a un efecto concomitante causado por una reducción del contenido de humedad (cuadro 7). La solubilización del fosfato de calcio coloidal causada por la presencia de ácido láctico conduce a un aumento del pH del queso durante la maduración (Hassan *et al.*, 2004). Sin embargo, no observamos cambios importantes en el pH del queso durante la maduración que pueden ser causados por una reducción del contenido de humedad que compensa la capacidad amortiguadora al aumentar los niveles de ácido láctico (Figura 2).

La proteólisis primaria, estimada por el pH 4.6 SN / TN, es un indicador de la fracción total de péptidos hidrolizados de caseínas debido a la acción del coagulante, enzimas nativas de la leche y proteinasas y peptidasas de bacterias del ácido láctico (Kruchoo y Fox, 1982). Esta fracción está muy influenciada por varios factores, incluida la cantidad de coagulante agregado durante la fabricación, el desarrollo de ácido (la actividad de la quimosina aumenta a valores de pH bajos), el contenido de humedad (un HSNG alto conduce a una mayor retención de quimosina), la relación sal-humedad (aumentando niveles de la sal en la fase de humedad del queso reducen la proteólisis), la temperatura y el tiempo de maduración (a mayor temperatura y tiempo de maduración, mayor actividad de la quimosina) y otros (Sousa *et al.*, 2001).

El queso estilo manchego exhibió una proteólisis excesiva (> 25% pH 4.6 SN / TN) después de 120 días de maduración (Figura 2), lo que podría ser causado por una mayor retención de quimosina debido al aumento de los niveles de HSNG y la

reducción de la sal en la fase de humedad del queso observadas en las primeras etapas de maduración (Cuadro 7) que potenciaron la actividad de la quimosina, además de las altas temperaturas de maduración (10°C). Una de las desventajas de la proteólisis excesiva en los quesos está asociada con la generación de compuestos de sabor no deseados, que generalmente son amargos (Ozturk, 2013). Por lo tanto, reducir los niveles de HSNG y aumentar la sal en la fase de humedad del queso son buenas estrategias para controlar la proteólisis del queso, como ocurre en los quesos Cheddar de 6 meses elaborados con leche de vaca (Ibanez *et al.*, 2016a; 2016b); y también reduciendo las temperaturas de maduración como ocurre en el queso tradicional manchego (Gaya *et al.*, 1990). La proteólisis secundaria, expresada como el 12% de TCA SN / TN, corresponde a la fracción de pequeños péptidos y aminoácidos obtenidos a partir de proteinasas y peptidasas microbianas (Rank *et al.*, 1985). Los niveles de TCA SN / TN al 12% aumentaron durante la maduración, pero a una tasa menor que la proteólisis primaria (Figura 2), probablemente debido a una reducción de los niveles de HSNG y la sal en la fase de humedad del queso con concomitante reducción de la actividad de las bacterias ácido lácticas y las enzimas (Ozturk *et al.*, 2013). Una explicación similar también podría estar asociada con los niveles de FAA y su incremento durante la maduración (Figura 2b). Probablemente debido a una reducción de los niveles de MNFS y S/M que podría haber reducido la actividad de las bacterias del ácido láctico iniciadoras y no iniciadoras y sus enzimas (Ozturk *et al.*, 2013).

Una disminución en la dureza del queso estilo manchego mexicano durante la maduración (Figura 2c) es causada por un ablandamiento de la matriz de paracaseína debido a una combinación de solubilización de fosfato de calcio coloidal, junto con un aumento de proteólisis (Figura 2b) (Lucey *et al.*, 2003). Una disminución en los niveles de humedad y MNFS durante la maduración (Cuadro 7) puede haber compensado el proceso de ablandamiento al mostrar valores de dureza similares entre los 30 y 150 días de maduración. Un ablandamiento adicional a los 180 días podría atribuirse a una proteólisis excesiva (Figura 2b).

Una disminución en la luminosidad de los quesos, estimada por los valores CIE L^* y WI (Cuadro 8), se asocia principalmente con cambios en las propiedades químicas del queso que pueden ser causados por cambios en la composición del queso (una disminución en el contenido de humedad), solubilización del fosfato de calcio coloidal, aumento de la proteólisis a medida que avanza la maduración y aumento de los valores de pH que modifican sus propiedades ópticas de opacas a translúcidas (Dave *et al.*, 2001; Ibanez *et al.*, 2016b; Vyhmeister *et al.*, 2019). Dave *et al.* (2001) encontraron que los quesos con valores $L^* < 85$ exhibían una apariencia translúcida. A pesar de que el verdor, el amarillo, el croma y el ángulo de tono no mostraron diferencias significativas. Los valores de delta E^* (ΔE^*) aumentaron durante la maduración. Según Sharma (2003), los valores $\Delta E^* \geq 2.3$ es un indicador de una diferencia notable en el cambio de color, por lo que los cambios en el color del queso ocurren a > 90 días, lo que también coincide cuando tienen un aspecto translúcido ($L^* < 85$).

Los resultados obtenidos de la prueba sensorial del consumidor (Cuadro 9) concuerdan con los hallazgos sobre las propiedades fisicoquímicas del queso estilo manchego mexicano. En general, los consumidores otorgaron puntuaciones más bajas a los quesos maduros. Una disminución en las puntuaciones de color y apariencia está de acuerdo con nuestros hallazgos sobre las mediciones instrumentales de ΔE^* (diferencia de color) y blancura (luminosidad), respectivamente (Cuadro 8). Una disminución en las puntuaciones de aroma y sabor a medida que aumenta el tiempo de maduración puede asociarse con la composición inicial de los quesos (especialmente valores altos de MNFS y bajos valores de S/M; Figura 3) que condujo a una proteólisis excesiva y la formación de sabor no deseado y compuestos volátiles (péptidos y productos generados a partir del catabolismo de aminoácidos). Además, la lipólisis excesiva durante la maduración también puede generar compuestos de sabor no deseados en el queso (Gaya *et al.*, 2005; Bergamini *et al.*, 2010).

Una puntuación más baja en la textura del queso a los 180 días de maduración se asocia con la dureza instrumental más baja (es decir, queso extremadamente blando; Figura 2c) probablemente causada por una proteólisis excesiva después de 150 días (Figura 2a). Una disminución de la aceptabilidad general de los quesos solo a los 180 días de maduración concuerda con una disminución de las puntuaciones en todos los atributos evaluados por los consumidores. El análisis sensorial también está de acuerdo con las observaciones obtenidas de PCA y HCA

utilizando propiedades fisicoquímicas seleccionadas del queso (Figura 3), donde los quesos se agruparon en cuatro grupos (1 y 30, 60, 90 y > 120 días). Los quesos de ≤ 90 días de maduración (es decir, quesos con valores más bajos de dureza y semimaduros con puntajes sensoriales más altos) se ubican en el lado negativo de PC1 y se asocian con alto MNFS, bajo S/M, proteólisis reducida, textura más firme y apariencia más blanca; mientras que los quesos de ≥ 120 días (es decir, los quesos madurados con puntajes sensoriales más bajos) se ubican en el lado positivo de PC1 asociado con disminución de MNFS, alta S / M, proteólisis excesiva, textura más suave y apariencia translúcida. A pesar de que se cree que los consumidores latinoamericanos prefieren los quesos frescos y suaves elaborados con leche de vaca en lugar de leche de cabra u oveja (Vargas-Bello-Perez *et al.*, 2014), el protocolo de fabricación de queso utilizado para este estudio (Lobato-Calleros *et al.*, 2001) no es adecuado para producir un queso curado aceptable debido a su alto contenido de humedad (MNFS) y bajo contenido de sal (S/M) que condujeron a una proteólisis excesiva y por lo tanto afectaron el desarrollo del sabor y la textura.

Por primera vez, los quesos maduros tipo manchego elaborados a partir de leche de ovinos de pelo se han caracterizado por rasgos fisicoquímicos y sensoriales. Este fue un esfuerzo para proporcionar un punto de partida para la discusión y consideración de alternativas al uso de la leche de vaca para la producción de queso en las regiones tropicales y subtropicales donde las ovejas de pelo están disponibles y se adaptan mejor a estos entornos.

9. Conclusiones

La leche de oveja Pelibuey se utilizó con éxito en la elaboración de queso estilo manchego mexicano con buena aceptabilidad por parte de los consumidores hasta los 90 días de maduración, aunque presentó una disminución en el contenido de humedad. Los quesos contenían una humedad relativamente alta y un contenido bajo de sal que condujo al desarrollo de una proteólisis excesiva después de 120 días de maduración, lo que afectó el desarrollo del sabor y la textura y, por lo tanto, redujo la aceptabilidad sensorial. En investigaciones futuras, se sugiere controlar los niveles de la humedad en la sustancia no grasa, la sal en la fase de humedad del queso y utilizar una temperatura de maduración de 4°C, como estrategias para evitar el exceso de proteólisis que permita mayores puntuaciones de los atributos sensoriales del producto.

10. Literatura citada

- Abdelmalek, Y. B., Essid. I., Smeti, S., Atti, N. (2018) The antioxidant and antimicrobial effect of *Rosmarinus Officinalis* L. distillation residues' intake on cooked sausages from ewes fed linseed. *Small Ruminant Research*. 168: 87-93. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.08.012
- Albenzio, M., Santillo, A. (2011). Biochemical characteristics of ewe and goat milk: Effect on the quality of dairy products. *Small Ruminant Research*. 101:33-40.
- Ángeles-Hernández, J.C., O. A. Castelan-Ortega, SR Schilling, S Angeles- Campos, A. H Ramírez Pérez, González-Ronquillo. (2016). Organic Dairy Sheep Production Management, in *Organic Farming - A Promising Way of Food Production*
- Anifantakis, E. M. (1986). Comparison of the physico-chemical properties of ewes' and cows' milk. *Federation Internationale de Laiterie*.
- Antoniou, K.D.; Petridis, D.; Raphaelis, S.; Ben Omar Esteloot, R. (2000). Texture assessment of French cheeses. *Journal of Food Science*. 1:68-172.
- AOAC (2012). Métodos oficiales de análisis de AOAC. 18a edición. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, Gaithersburg.
- Ardö, Y., Polychroniadou, A. (1999). Manual de laboratorio de análisis químico de quesos: mejora de la calidad de la producción de quesos de leche cruda. Oficina de Publicaciones.
- Buccioni, A., Rapaccini, S., Antongiovanni, M., Minieri, S., Conte, G. y Mele, M. (2010). Contenido de ácido linoleico conjugado e isómeros C18: 1 en la grasa de la leche de oveja y su transferencia al queso Pecorino Toscano. *International Dairy Journal*, 20 (3), 190-194.
- Coulon, J.B., Delacroix-Buquet, A., Martin, B., Pirisi, A. (2005). Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *Prod. Anim.*, 18:49-62.
- Cuellar O.J.A., Tortora P.J., Trejo G.A., Román R.P. (2012). La producción ovina mexicana. Particularidades y complejidades. Ed. FES Cuautitlán UNAM, SAGARPA.
- Chombo, P. (2002). La denominación de origen del Queso Cotija. Acompañamiento tecnológico para la certificación y revalorización de productos artesanales. Memorias del Seminario Internacional "Nuevas tendencias en el análisis socioeconómico de la lechería en el contexto de la globalización". CICA, UAEM, CIESTAAM, UA Chapingo, UAM-Xochimilco, 167-179.
- De La Fuente, L. F., Barbosa, E., Carriedo, J. A., Gonzalo, C., Arenas, R., Fresno, J. M., San Primitivo, F. (2009). Factors influencing variation of fatty acid content in ovine milk. *Journal Dairy Science*, 92(8): 3791–3799.
- Delgado, F.J. (2011). Estudios de los cambios madurativos en el queso de cabra de leche cruda de la D.O.P. 'Queso Ibores'. Efecto del tratamiento de altas presiones hidrostáticas sobre su Chay-Canul, AJ, E. Aguilar-Urquizo, GM Parra-Bracamonte, Á. T. Piñeiro-Vazquez, JR Sanginés-García, JG Magaña-Monforte, RA García-Herrera, N. López-Villalobos. (2019). Rendimiento pre-destete de oveja y cordero de las razas de ovinos pelibuey

- y katahdin bajo condiciones tropicales húmedas. *Revista italiana de ciencia animal* 18 (1): 850-857.
- Dilzer, A., Park, Y. (2012). Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 52(6): 488–513.
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria. pp: 39-44.
- Espinoza-Hernández, J.C., Ayala-Burgos, A.J., Aguilar-Pérez, C.F., Magaña-Monforte, J.G., Ku-Vera, J.G. (2013). Milk yield and composition, and efficiency of utilization of metabolisable energy for lactation by Pelibuey ewes. In *Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production* (pp. 123-124). Wageningen Academic Publishers.
- FAO. (2016). Producción y productos lácteos. <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/composicion-de-la-leche/es/#>.
- FAO. (2007). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Technical meeting on prebiotics. Rome, Italy. Available from: <http://ftp.fao.org/>. Accessed 2015 July 31.
- FAO. (2015). FAOSTAT: Statistics division. food and agriculture organization of the United Nations. (2010). Available from: <http://faostat.fao.org/>. Accessed 2015 July 31.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. (2017). Cheese: historical aspects. In *Fundamentals of Cheese Science* (pp. 1-10). Springer, Boston, MA.
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (1997). Rennets: their role in milk coagulation and cheese ripening. En: *Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk*, Editor Law B.A. Blackie Academic & Professional, London, UK.
- Fox, PF, McSweeney, P.H.L. (2004). Queso: una visión general. En: *Aspectos Generales*, En: Fox, PF, McSweeney, P., Cogan, T., Guinee, T. (Eds.), *Cheese: Chemistry, Physics y Micro biología*, vol. 1. Academic Press, EE.UU., pp. 1-18.
- Fox, PF, McSweeney, PL, Cogan, TM y Guinee, TP (Eds.). (2004). *Queso: Química, Física y Microbiología, Volumen 1: Aspectos generales*. Elsevier.
- Gómez-Ruiz, J. A., Taborda, G., Amigo, L., Ramos, M., Molina, E. (2007). Sensory and mass spectrometric analysis of the peptidic fraction lower than one thousand daltons in manchego cheese. *Journal Dairy Science*, 90(11): 4966–4973.
- González Godínez, H. F., & Nanduca Quevedo, A. T. (2016). *Elaboración de quesos adicionados con frutos no convencionales de la costa de Chiapas* (Doctoral dissertation, Facultad en Ciencias de la Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Gastronomía-UNICACH).
- Gonzalez, J., Puhrl, L., Agres, A., Coste, B., & Allocati, P. (2016). Ripening time of ewes' milk cheese. Sensory profile. *Revista Argentina de Producción Animal*, 36(2), 83-89.
- González, m., Hernández-hierro, i. and Revilla, I. 2009. Changes in the mineral content in cheeses of different compositions during 6 months of ripening. *Czech. Journal of Food Science*. 27, 114–118

- Gripon, J.C. (1993). Quesos maduros en moho. En *Cheese: química, física y microbiología* (págs. 111-136). Springer, Boston, MA.
- Guinee, T. P., Sutherland, B. J. (2011). Cheese| salting of cheese.
- Haenlein, G. F. W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small ruminant research*. 51(2), 155-163.
- Haenlein, G.F.W., Wendorff, W.L. (2006). Sheep milk—production and utilization of sheep milk. In: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*.
- Hernández, P. L. M., Méndez, N. G. (2014). Estudio sobre la utilización de un cultivo lácteo productor de exopolisacáridos sobre el rendimiento, sabor y textura del queso crema. *CIBIA*, 97.
- Jaramillo, P. (2007). Aptitud quesera de la leche de oveja Guirra y efecto de la dieta sobre las características tecnológicas de la leche y del madurado del queso. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona
- Jenkins, T.C., McGuire, M. A., (2006): "Major advances in Nutrition: Impact on Milk Composition", *Journal of Dairy Science*. 89, pp. 1302-1310
- Kalantzopoulos, G.C. (1993). Los quesos de oveja y leche de cabra. En: Fox, P.F., *Química queso, Física y Microbiología* (Ed.). vol. 2: Mayor queso Grupo, 2ª edición. Chapman y Hall, Londres, pp. 507-543.
- Keating, P., F., *Introducción a la lactología*, 2 edición, Editorial Limusa C.V., México D.F, Grupo Noriega Editores. (2004). pp.167-266
- Konstance, R.P., Honsinger, V.H. (1992). Development of rheological test methods for chees. *Food and Technology*. 46:105-109.
- Licon, C.C. (2012). Tesis doctoral. Development of pressed ewe's milk cheese with saffron spice (*Crocus sativus L.*). Universidad de Castilla La Mancha.
- Lopez, C., Dufour, E. (2001): "The Composition of the Milk Fat Globule Surface Alters the Structural Characteristics of the Coagulum", *Journal of Colloid and Interface Science*. 233, pp. 241-24
- Lobato-Calleros, C., Robles-Martinez, J.C., Caballero-Perez, J.F., Vernon-Carter, E.J., Aguirre-Mandujano, E. (2001). Fat replacers in low-fat Mexican Manchego cheese. *Journal of Texture Studies*. 32, 1–14.
- Lucas, A., Rock, E., Agabriel, C., Chilliard, Y., Coulon, J.B. (2008). Relaciones entre especies animales (vaca versus cabra) y algunos constituyentes nutricionales en quesos de granja de leche cruda. *Investigación sobre pequeños ruminantes*. 74 (1-3), 243-248.
- Maegenis, R.B., Schwinden, E., Beddin, C., Pentead, M., Silvio do Egito, A., Daguer, H. (2014). Evaluación reológica, fisicoquímica y de autenticidad del queso Minas Frescal. *Control de alimentos*. 45: 22-28
- Marilley, L., Casey, M.G. (2004). Sabores de los quesos: vías metabólicas, herramientas analíticas e identificación de cepas productoras. *Revista internacional de microbiología alimentaria*. 90 (2), 139-159.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., Wilkinson, R.G. (2011): "Animal Nutrition", Prentice Hall, 7th Edition, pp. 692.
- McSweeney, P.L.H., Fox, P.F. (1997). Métodos químicos para la caracterización de la proteólisis en quesos durante la maduración. *Le lait*. 7 (1), 41-76.

- McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J. (2000). Vías bioquímicas para la producción de compuestos de sabor en el queso durante la maduración. *Le Lait*. 80, 293-324.
- Morais, J., Guamis López, B., Buffa, M.N. (2004). Estudio de adecuación de cepas lácticas autóctonas aisladas de leche cruda de oveja guirra para la elaboración de queso. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Murtaza, M. A., Ur-rehman, S., Anjum, F. M., Huma, N., Hafiz, I., (2014): "Cheddar Cheese Ripening and Flavor Characterization: A Review", *Food Science and Nutrition*, 54, pp. 1309-1321 Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK, and Ames, Iowa, USA. pp: 137–194.
- Norma Mexicana NMX-F-083-1986. (1986). Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. DOF
- Norma Mexicana NMX-F-098-1976. (1976). Determinación de proteínas en quesos. Method of test for protein in cheese. DOF
- Norma Mexicana NMX-F-111-1984. (1984). Alimentos. Lácteos. Determinación de sólidos totales en quesos. DOF
- Norma Mexicana NMX-F-387-1982. (1982). Leche fluida. Determinación de grasa butírica por el Método de Gerber. DOF
- Norma Mexicana NMX-F-424-S-1982. (1982). Productos alimenticios para uso humano-Determinación de la densidad en leche fluida. DOF
- Norma Mexicana NMX-F-462-1984. (1984). Lácteos. Queso tipo manchego. Foods. Lacteous. Manchego type cheese. DOF
- Norma Mexicana NMX-F-490-1987. (1987). Determinación de la composición de ácidos grasos a partir de C6 por cromatografía de gases en aceites y grasas. Foods for humans. Oils and fats. Determination of fat acids composition from C6 by gases chromatography. DOF
- Norma Oficial Mexicana NOM 155-SCFI-2003. (2003). Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. DOF
- Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994. (1994). Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. DOF
- O'Callaghan, D., Guinee, T. (2004). Rheology and texture of cheese, in *cheese: chemistry, physics and microbiology*, vol. 1.
- Oberg, C. J., Broadbent, J.R. (1993). Thermophilic starter cultures: another set of problems. *Journal of dairy science*, 76(8), 2392-2406.
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68(1-2): 88–113.
- Park, Y.W., Haenlein, G.F., Wendorff, W.L. (2006). *Manual de leche de mamíferos no bovinos*. Ames, IA: Blackwell.
- Peniche, G.I. (2016). Rendimiento, composición de leche y digestibilidad en ovejas de pelo alimentadas con *Mucuna pruriens*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Pereira, J.R. (2019). Biocontrol de " *Penicillium*" alterantes y micotoxigénicos en queso madurado (tipo Castellano) mediante el uso de bacterias ácido-lácticas como cultivos protectores. Universidad de León.

- Pirisi, A., De Cremoux, R., Gonzalo, C. (2007). Células somáticas de leche de cabra y oveja: Aspectos analíticos, sanitarios, productivos y tecnológicos. *Investigación sobre pequeños ruminantes*. 68 (1-2), 126-144.
- Pizzillo, M., Claps, S., Cifuni, G. F., Fedele, V., Rubino, R. (2005). Effect of goat breed on the sensory, chemical and nutritional characteristics of ricotta cheese. *Livestock Production Science*. 94(1-2), 33-40.
- Pomeón, T. (2007). El queso Cotija, México. Un producto con marca colectiva queso Cotija Región de origen, en proceso de adquisición de una Denominación de Origen. FAO/ICA. México.
- Prandini, A., Sigolo, S., Tansini, G., Brogna, N., Piva, G. (2007). Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy product from Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20(1): 472–479.
- Proaño, S. A., Lema, K. A. (2015). Optimización de pasteurización y tiempo de incubación en la elaboración de queso keferinado fortificado con esteroides vegetales.
- Pulina, G., Nudda, A., Battacone, G., Cannas, A. (2006). Efectos de la nutrición sobre el contenido de grasas, proteínas, células somáticas, compuestos aromáticos y sustancias indeseables en la leche de oveja. *Ciencia y tecnología de la alimentación animal*. 131 (3-4), 255-291.
- Pulina, G., Nudda, A., Battacone, G., Cannas, A. (2006). "Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk", *Animal Feed Science and Technology*. 131, pp. 255-291
- Rajagopal, S.N., Sandine, W.E. (1990). Crecimiento asociativo y proteólisis de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* en leche desnatada. *Revista de ciencia láctea*. 73 (4), 894-899.
- 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.
- Raynal-Ljutovac, K., Gaborit, P., Lauret, A. (2005). La relación entre los criterios de calidad de la leche de cabra, sus propiedades tecnológicas y la calidad de los productos finales. *Investigación sobre pequeños ruminantes*. 60 (1-2), 167-177.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Ruminant Research*. 79, 57-72.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*. 79(1), 57-72.
- Ribeiro, A.C. (2010). Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*. 89(2–3): 225–233.
- Rodrigues, A.R.F. (2014). Otimização do processo de fabrico de um queijo de ovelha amanteigado.
- Rulikowska, A., Kilcawley, K.N., Doolan, I.A., Alonso-Gomez, M., Nongonierma, A.B., Hannon, J.A. Wilkinson, M.G. (2013). The impact of reduced sodium



















- chloride content on Cheddar cheese quality. *International Dairy Journal*. 28(2), 45-55
- Sbampato, C.G., Abreu, L.R.D., Furtado, M.M. (2000). Queijo gorgonzola fabricado com leite pasteurizado por ejetor de vapor e HTST: Parâmetros físico-químicos e sensoriais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 35(1), 191-200.
- Scintu M.F., Piredda G. (2007). Typicity and biodiversity of goat and sheep milk products. *Small Ruminant Research*. 68:221–31
- Shingfield, K.J., Bonnet, M., Scollan, N.D. (2013). Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived food. *Animal*. 7(1): 132–162.
- SIAP. (2019). Panorama de la leche en México. http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Diciembre2018.pdf. Consultado el 1 de julio de 2019.
- Smit, G., Verheul, A., Van Kranenburg, R., Ayad, E., Siezen, R., Engels, W. 2000. Cheese flavour development by enzymatic conversions of peptides and amino acids. *Food Research International*. 33:153-160.
- Chombo, P. (2002). La denominación de origen del Queso Cotija. Acompañamiento tecnológico para la certificación y revalorización de productos artesanales. Memorias del Seminario Internacional “Nuevas tendencias en el análisis socioeconómico de la lechería en el contexto de la globalización”. CICA, UAEM, CIESTAAM, UA Chapingo, UAM-Xochimilco. 167-179.
- Tavaria, F.K., Franco, I., Carballo, F. J., Malcata, F.X. (2003). Amino acid and soluble nitrogen evolution throughout ripening of Serra da Estrela cheese. *International Dairy Journal*. 13(7), 537-545.
- Tavaria, F.K., Sousa, M.J., Malcata, F.X. (2001): “Storage and lyophilization effects of extracts of *Cynara cardunculus* on the degradation of ovine and caprine caseins”, *Food Chemistry*. 72, pp. 79-88
- Tsakalidou, E., Manolopoulou, E., Tsilibari, V., Georgalaki, M., Kalantzopoulos, G. (1993). Actividades esterolíticas de cepas de *Enterococcus durans* y *Enterococcus faecium* aisladas de queso griego. *Holandés Milk and Dairy Journal*. 47, 145-145.
- Varela, C., Varela, F. (2017). Efecto de la raza y número de lactancias sobre la composición y capacidad coagulativa de la leche en un rodeo caprino.
- Villegas, A. (2003). Los quesos mexicanos. 2da edición. Universidad Autónoma Chapingo, México-Texcoco. pp: 111.
- Villegas, A., Cervantes, F. (2011). La genuinidad y tipicidad en la revalorización de los quesos artesanales mexicanos. *Estudios sociales*. 19(38): 147-164.
- Virto, M., Chávarri, F., Bustamante, M., Barron, L., Aramburu, M., Vicente, M., Pérez-Elortondo, F., Albisu, M., de Renobales, M., (2003). Cuajo en pasta de cordero en el queso ovino fabricación, la lipólisis y sabor. *International Dairy Journal*. 13, 391-399.
- Ye, A., Cui, J., Singh, H., (2011): “Proteolysis of milk fat globule membrane proteins during in vitro gastric digestion of milk”, *Journal of Dairy Science*. 94, pp. 2762– 2770.
- Zamora-Vega, R., Martínez-Flores, H. E., Soto, J. L. M., Huerta, U., Silva, R. E. P. S. (2012). Estudio microbiológico de queso fresco adicionado con el probiótico *Saccharomyces boulardii*.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Anexo



Physico-Chemical, Sensory and Texture Properties of an Aged Mexican Manchego-Style Cheese Produced from Hair Sheep Milk

by  Jesús Alberto Mezo-Solis¹   Víctor Manuel Moo-Huchin²   Adriana Sánchez-Zarate¹ ,
 Manuel Gonzalez-Ronguillo³   Raciél Javier Estrada-León⁴   Rodrigo Ibáñez⁵ ,
 Paula Toro-Mujica⁶   Alfonso J. Chay-Canul^{1,*}  and  Einar Vargas-Bello-Pérez^{7,*} 

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A. La Huasteca 2a Sección, Villahermosa CP 86280, Tabasco, Mexico

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, TecNM-Instituto Tecnológico de Mérida, Av. Tecnológico s/n, Mérida 97000, Yucatán, Mexico

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, Toluca CP 50000, Mexico

⁴ TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, Av. Ah-Canul, Calkiní CP 24900, Campeche, Mexico

⁵ Center for Dairy Research, University of Wisconsin—Madison, Madison, WI 53706, USA

⁶ Instituto de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad de O'Higgins, Campus Colchagua, San Fernando 3070000, Chile

⁷ Department of Veterinary and Animal Sciences, Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen, Grønnegårdsvej 3, DK-1870 Frederiksberg C, Denmark

* Authors to whom correspondence should be addressed.

Foods 2020, 9(11), 1666; <https://doi.org/10.3390/foods9111666>

Received: 21 October 2020 / Revised: 6 November 2020 / Accepted: 6 November 2020 / Published: 15 November 2020

(This article belongs to the Special Issue **Non-bovine Milk: Novel Sources and Recent Advances in Their Nutrition, Safety, Functionality and Acceptability**)

[View Full-Text](#)

[Download PDF](#)

[Browse Figures](#)

[Cite This Paper](#)

Article

Physico-Chemical, Sensory and Texture Properties of an Aged Mexican Manchego-Style Cheese Produced from Hair Sheep Milk

Jesús Alberto Mezo-Solis¹, Víctor Manuel Moo-Huchin², Adriana Sánchez-Zarate¹, Manuel Gonzalez-Ronquillo³, Raciél Javier Estrada-León⁴, Rodrigo Ibáñez⁵, Paula Toro-Mujica⁶, Alfonso J. Chay-Canul^{1,*} and Einar Vargas-Bello-Pérez^{7,*}

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A. La Huasteca 2a Sección, Villahermosa, Tabasco CP 86280, Mexico; jesusmezo.solis@gmail.com (J.A.M.-S.), rjq.adrianasz@gmail.com (A.S.-Z.)

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, TecNM-Instituto Tecnológico de Mérida, Av. Tecnológico s/n, Mérida, Yucatán 97090, Mexico; vmoo@yahoo.com

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, Toluca CP 50000, Mexico; mrg@uaemex.mx

⁴ TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, Av. Ah-Canul, Calkiní, Campeche CP 24900, Mexico; rjestrada@itescam.edu.mx

⁵ Center for Dairy Research, University of Wisconsin—Madison, Madison, WI 53706, USA; ribanez@cdr.wisc.edu

⁶ Instituto de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad de O'Higgins, Campus Colchagua, San Fernando 3070000, Chile; paula.toro@moh.cl

⁷ Department of Veterinary and Animal Sciences, Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen, Grønnegårdsvej 3, DK-1870 Frederiksberg C, Denmark

* Correspondence: aljuch@hotmail.com (A.J.C.); evargas@sun1.ku.dk (E.V.-B.-P.)

Received: 21 October 2020; Accepted: 6 November 2020; Published: 15 November 2020



Abstract: The objective of this study was to evaluate the physicochemical and texture changes of the Manchego-style cheese produced from hair sheep (Pelibuey) throughout 180 days of ripening, as well as consumer's acceptance. Cheese pH was constant from 1 to 180 days of ripening. Moisture, water activity, fat, elasticity and hardness decreased from day 1 to day 180, while protein, trichloroacetic acid-soluble N and free amino acid increased. Cheese lightness decreased as ripening time increased, while elasticity and hardness decreased. Principal Component Analysis was useful in discriminating cheeses according to their physicochemical composition and that allowed cheeses to be classified in two groups according to their ripening time and this resulted in those with less than 60 days and those with more than 90 days of ripening. Compared with cheeses ripened at 1 and 90 days, aged cheeses at 180 days reduced scores for appearance, color, odor, taste, texture and overall acceptance. Overall, Manchego-style cheeses from hair sheep had the usual ripened cheese physicochemical changes.

Keywords: pelibuey ewes; sensory properties; manchego cheese; ripening; proteolysis