



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E
INGENIERÍA**

**Estandarización y optimización de variables
del proceso para la elaboración de queso de
aro a partir de leche pasteurizada**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN QUÍMICA EN ALIMENTOS**

Presenta

YURIDIA HERNÁNDEZ SERNA

DIRECTORES

Dra. Judith Jaimez Ordaz

Dr. Luis Guillermo González Olivares

Mineral de la Reforma, Hidalgo, 2016



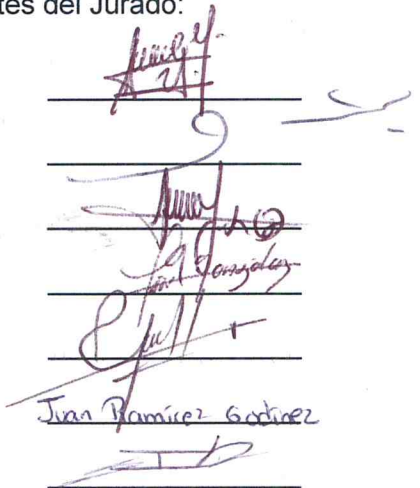
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Institute of Basic Sciences and Engineering
Área Académica de Química
Chemistry Department

M. en A. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE CONTROL ESCOLAR
DE LA U.A.E.H.
Presente:

Por este conducto le comunico que el jurado asignado a la pasante de la Licenciatura de Química en Alimentos Yuridia Hernández Serna, quien presenta el trabajo de investigación **“Estandarización y optimización de variables del proceso para la elaboración de queso de aro a partir de leche pasteurizada”**, después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales, estos han decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

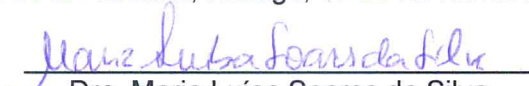
- Presidente **Dr. Javier Añorve Morga**
- Secretario **Dra. Elizabeth Contreras López**
- Primer vocal **Dra. Judith Jaimez Ordaz**
- Segundo vocal **Dr. Luis Guillermo González Olivares**
- Tercer vocal **M. en C. Melitón Jesús Franco Fernández**
- Primer suplente **M. en Q. Juan Ramírez Godínez**
- Segundo suplente **L.Q.A. Israel Oswaldo Ocampo Salinas**



Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
“Amor, Orden y Progreso”
Mineral de la Reforma, Hidalgo, 17 de Noviembre de 2016


Dra. Maria Luísa Soares da Silva
Coordinadora Adjunta
Licenciatura en Química de Alimentos



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento
 Carretera Pachuca - Tulancingo km. 4.5
 Colonia Carboneras
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
 Tel. +52 771 7172000 exts. 2200 y 2201, Fax 6502
 aaq_icbi@uaeh.edu.mx



www.uaeh.edu.mx



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

*Esta investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología II del
Área Académica de Química del Instituto de Ciencias Básicas e
Ingeniería.*

Y en el Taller de lácteos del Instituto de Ciencias Agropecuarias.

De la

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Dedicatoria

A ti mamá

Que te has esforzado tanto para que yo pueda alcanzar mis sueños y metas y por enseñarme que nunca debo rendirme a pesar de que el camino esté lleno de obstáculos y dificultades.

Gracias por tu apoyo incondicional, tu infinito amor y tus hermosas bendiciones.

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios, por darme la fortaleza y voluntad para alcanzar una etapa más de mi vida y por poner en mí camino personas y situaciones que me han dejado grandes enseñanzas de vida.

Doctora Judith, en verdad tengo tanto que agradecerle; en primer lugar por la manera en la que me enseñó a trabajar en el laboratorio, ya que ayudó a formar a una profesionalista responsable e independiente. De igual forma por brindarme su amistad, por sus consejos, su motivación, su paciencia y sobre todo por el tiempo invertido y el gran apoyo que me brindó durante la elaboración de mi trabajo.

Doctor Luis Guillermo gracias a usted me surgió el amor por los lácteos y en especial por los quesos, gracias por todas sus enseñanzas en clase, por su apoyo en la realización de mi tesis y por hacer tan amena mi estancia en el laboratorio.

De igual manera gracias M. en C. Jesús Franco por toda la atención que me brindó durante mi estancia en ICAP y por su gran aportación y consejos en mi trabajo.

A si mismo agradezco a los miembros del jurado; la Dra. Elizabeth, el Dr. Javier Añorve, al M en C. Juan y al Q.A. Oswaldo por su tiempo invertido y por las observaciones y recomendaciones aportadas para la mejora de mi tesis.

A toda mi familia, pero en especial a mis abuelitos Paula y Flavio por su gran apoyo y por recordarme todos los días que soy su orgullo, sus palabras siempre son mi motor para seguir adelante.

A ti Luis por tu apoyo y tu amor incondicional en todo momento y porque cada día a tu lado aprendo algo nuevo que me inspira a seguir adelante para alcanzar mis metas.

A doña Josefina y don Benjamín por apoyarme en momentos difíciles y por abrirme las puertas de su hogar y hacerme sentir como en casa.

Mis bellas amigas Ary, Caro e Ilse; gracias por todas las experiencias bonitas que me han hecho pasar durante los últimos años de la licenciatura y durante la elaboración de mi tesis y por enseñarme que el significado de amistad va más allá de una simple compañía.

A mi gran amigo Jorge, quien me ha brindado su amistad, confianza y apoyo incondicional.

A los ingenieros Luis y Vicky por brindarme su amistad y por todas las enseñanzas y consejos que me dieron durante mi estancia en PROUNILAC, los cuales me ayudaron tanto en mi vida personal como para la realización de mi trabajo, en verdad nunca podría olvidarme de ustedes.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	IV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1. Definición de leche	2
2.2. Componentes de la leche.....	2
2.2.1. Componentes químicos de la leche	3
2.3. Microbiología de la leche.....	4
2.3.1. Clasificación de los microorganismos presentes en la leche	4
2.4. Tratamientos térmicos aplicados a la leche.....	5
2.5. Producción mundial y nacional de leche y derivados	7
2.6. Definición de queso	8
2.6.1. Clasificación de quesos	8
2.7. Queso en México	10
2.7.1. Situación de la producción de queso en México	10
2.7.2. Quesos mexicanos genuinos.....	12
2.7.3. Queso de aro	14
2.7.4. Características generales del queso de aro	14
2.7.5. Proceso de elaboración del queso de aro.....	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo general.....	16
3.2. Objetivos específicos	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4.1. Visitas de campo y consulta de fichas técnicas de elaboración de queso de aro .	17
4.2. Muestras de leche.....	17
4.3. Caracterización fisicoquímica de la leche cruda.....	17
4.4. Elaboración del queso de aro	20
4.4.1. Estandarización de la leche	22
4.4.2. Pasteurización de la leche.....	23
4.4.3. Cortado y tiempo de agitado de la cuajada.....	25
4.4.4. Salado	25

4.5.	Estandarización en el prensado del queso de aro.....	25
4.5.1.	Evaluación microbiológica del queso de aro.....	26
4.5.2.	Análisis de humedad.....	27
4.5.3.	Determinación del rendimiento quesero.....	27
4.6.	Caracterización de queso de aro comercial.....	28
4.6.1.	Caracterización física y química.....	28
4.6.2.	Caracterización microbiológica.....	29
4.7.	Estudio de vida útil	29
4.7.1.	Estudios microbiológicos	29
4.7.2.	Caracterización física y química.....	29
4.7.3.	Análisis sensorial.....	30
4.8.	Elaboración de un diagrama de flujo del queso de aro	32
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
5.1.	Visitas de campo y consulta de fichas técnicas de elaboración de queso de aro .	33
5.2.	Caracterización fisicoquímica de la leche cruda.....	33
5.3.	Elaboración del queso de aro	35
5.3.1.	Estandarización de la leche	36
5.3.1.	Acidez de la leche.....	36
5.3.2.	Pasteurización de la leche.....	37
5.3.3.	Cortado y tiempo de agitado a la cuajada.....	38
5.3.4.	Salado	39
5.4.	Estandarización en el prensado del queso de aro.....	40
5.4.1.	Evaluación microbiológica del queso de aro.....	41
5.4.2.	Análisis de humedad.....	43
5.4.3.	Determinación del rendimiento quesero.....	44
5.5.	Caracterización de queso de aro comercial.....	45
5.5.1.	Caracterización física y química.....	45
5.5.2.	Caracterización microbiológica.....	47
5.6.	Estudio de vida útil	48
5.6.1.	Estudios microbiológicos	48
5.6.2.	Caracterización física y química.....	49

5.6.3. Análisis sensorial.....	53
5.7. Elaboración de un diagrama de flujo del queso de aro.	56
6. CONCLUSIONES	59
7. PERSPECTIVAS.....	60
REFERENCIAS	61
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características fisicoquímicas de la leche.	2
Tabla 2. Relación tiempo/temperatura aplicada a la pasteurización (FDA, 2007).....	6
Tabla 3. Principales quesos mexicanos genuinos	13
Tabla 4. Variables ensayadas para la estandarización y optimización del proceso de elaboración de queso de aro.....	22
Tabla 5. Diluciones realizadas en muestras de leche.....	24
Tabla 6. Orden de experimentos aleatorizados.....	26
Tabla 7. Diluciones realizadas en de queso de aro	26
Tabla 8. Valores promedio de las pruebas de plataforma realizadas en leche cruda.....	34
Tabla 9. Valores promedio obtenidos mediante el analizador de leche	34
Tabla 10. Recuentos microbiológicos en leche cruda y leche pasteurizada.....	37
Tabla 11. Prueba presuntiva para microorganismos coliformes fecales.....	38
Tabla 12. Estandarización del proceso de elaboración del queso de aro.....	40
Tabla 13. Recuentos microbiológicos en leche cruda y leche pasteurizada	41
Tabla 14. Recuento de coliformes totales para los tres tiempos de prensado.....	42
Tabla 15. Recuento de bacterias mesófilas aerobias para los tres tiempos de prensado	42
Tabla 16. Valores de humedad en los tres tiempos de prensado	43
Tabla 17. Porcentaje de rendimiento final en los distintos tiempos de prensado	44
Tabla 18. Caracterización física y química de los quesos de aro comerciales obtenidos de las queserías visitadas	46
Tabla 19. Recuentos de microorganismos indicadores obtenidos de queso de aro comercial	47
Tabla 20. Resultados del análisis microbiológico durante el almacenamiento del queso de aro elaborado	48
Tabla 21. Resultados de humedad, acidez y pH determinados durante el almacenamiento del queso de aro	50
Tabla 22. Parámetros de color superficial medidos en el queso de aro durante el almacenamiento	52
Tabla 23. Parámetros de color interior medidos en el queso de aro durante el almacenamiento	52
Tabla 24. Promedio de los puntajes obtenidos de la escala sensorial.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1. Producción nacional de leche 2012-2015 (SIAP, 2015).....	7
Figura 2. Producción de quesos en México por tipo para el periodo enero-noviembre del 2015 (adaptado de INEGI, 2015)	11
Figura 3. Queso de aro	14
Figura 4. Lectura de grasa en el butirómetro.....	19
Figura 5. Analizador de leche Lactoscan MCC50.....	20
Figura 6. Procedimiento general utilizado para la elaboración del queso de aro	21
Figura 7. Cuadro de Pearson aplicado en la estandarización de la leche	23
Figura 8. Ficha de cata utilizada para la evaluación sensorial del queso de aro	31
Figura 9. Cortado y agitado del gel	39
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del queso de aro estandarizado.....	57
.....	
Gráfica 1. Votos de los panelistas sobre la calidad gustativa del queso de aro recién elaborado (problema).....	54
Gráfica 2. Atributos relacionados con la diferencia percibida (número de votos) entre el queso de aro recién elaborado y el almacenado	55

1. INTRODUCCIÓN

En México, se producen al menos 40 variedades de quesos genuinos, la mayoría a partir de leche cruda. Se elaboran en pequeña escala y siguiendo procedimientos artesanales tradicionales. Los quesos genuinos se diferencian claramente de los quesos de imitación o análogos de queso ya que en estos productos no necesariamente se emplea leche fluida, sino otros ingredientes como leche en polvo, grasa vegetal, sales fundentes, saborizantes, emulsificantes y estabilizantes. Estos tipos de queso, procedentes de las grandes industrias, dominan el mercado de los quesos en nuestro país. A pesar de que los quesos genuinos son consumidos en la mayoría del país, actualmente son poco valorados tanto por las cadenas productivas como por la sociedad debido a que algunos de ellos corren el riesgo de desaparecer en un futuro inmediato debido a problemas relacionados con su producción tales como competencia desleal, contaminación microbiológica, bajo rendimiento y disminución del volumen de producción. Uno de los primeros quesos definido como queso mexicano genuino, es el queso de aro o queso ranchero como se le conoce en la mayor parte del territorio nacional. Este queso se elabora utilizando únicamente leche cruda fluida, cuajo y sal, se moldea en aros de madera o plástico. Su procedimiento de elaboración ha sufrido pocos o ningún cambio desde sus orígenes. Exclusivamente en este tipo de queso; las principales causas de la disminución de su producción a lo largo del tiempo, es la falta de estandarización en su proceso de elaboración y la rápida descomposición del producto asociada al uso de leche no pasteurizada. Además, el proceso de elaboración de este tipo de queso no incluye el prensado ya que los fabricantes relacionan el rendimiento quesero con el contenido de suero que se retiene en la cuajada, argumentando que, a mayor retención de suero, obtendrán un mayor peso y con ello, las ganancias serán también mayores. El problema con esta idea es que durante el transporte del producto al punto de venta y sin una adecuada cadena de frío, el queso expulsa una gran cantidad de suero que trae múltiples consecuencias, las cuales generan grandes pérdidas económicas para el fabricante y posibles riesgos para la salud del consumidor. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue estandarizar y optimizar variables en el proceso de elaboración de queso de aro que incluyen la incorporación de pasteurización de la leche, así como el prensado del producto final para garantizar una mejor calidad microbiológica, una vida útil más prolongada y un mayor rendimiento, en comparación con un queso no estandarizado. Lo anterior, sin afectar las características de sabor, color, olor y textura que definen a este tipo de queso. La información obtenida resultará de gran utilidad para pequeñas y medianas empresas productoras de queso de aro que presenten problemas en la optimización y conservación de su producto.

2. ANTECEDENTES

2.1. Definición de leche

La NOM-184-SSA1-2002 define como leche al producto destinado para consumo humano, proveniente de la secreción natural de las glándulas mamarias de especies domésticas.

Desde el punto de vista fisicoquímico; la leche es un sistema coloidal constituido por una solución acuosa de lactosa, sales y otros elementos en estado de disolución, en donde se encuentran las proteínas en estado de suspensión y la materia grasa en estado de emulsión (Walstra et al., 2006).

2.2. Componentes de la leche

La leche se describe como el alimento más completo de la naturaleza; es la única fuente alimenticia de los lactantes recién nacidos y en muchos países constituye el principal aporte alimenticio para el desarrollo de los niños. La importancia de la leche en la dieta humana se debe a dos de sus principales componentes: las proteínas y el calcio. Las proteínas proporcionan muchos de los aminoácidos esenciales para el ser humano y por otro lado, el calcio es un nutriente necesario e indispensable en la nutrición humana (Silva, 2000).

La leche al igual que sus derivados, presenta propiedades físicas y químicas particulares que son el reflejo de su composición (Tabla 1).

Tabla 1. Características fisicoquímicas de la leche.

Características	Valor
Densidad (g/mL)	1.030-1.034
Calor específico (KJ)	0.93
Punto crioscópico (°C)	-0.55
pH	6.5-6.6
Acidez Dornic (°D)	16-18
Conductividad eléctrica (ohm a 25°C)	0.005
Índice de refracción (a 20°C)	1.35

Un grado Dornic (1°D) se define como 0.1g de ácido láctico

Fuente: adaptado de Veisseyre, 1988

2.2.1. Componentes químicos de la leche

Proteínas. La leche contiene 30-35 g/L de proteína total de alta calidad nutritiva. Dichas proteínas se clasifican en proteínas del suero (β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, inmunoglobulinas, seroalbúmina bovina, proteínas menores y proteosomas-peptonadas) y en caseínas (α_{s1} , α_{s2} , β , γ y κ). Las caseínas forman un complejo esférico singular altamente hidratado conteniendo fosfato cálcico, denominado micela. Estas constituyen la mayor fracción de las proteínas de la leche bovina; consecuentemente, el coágulo formado por aglomeración de micelas de caseína durante la fabricación del queso retiene la mayoría de la proteína total de la leche (Varnam y Sutherland, 1994; Fennema, 2000).

Enzimas. Las enzimas se producen en la glándula mamaria y de ahí se transfieren a la leche donde se encuentran distribuidas, ya sea en unión a las micelas de caseína, a la membrana del glóbulo de grasa o en forma libre en el suero. Entre las enzimas más importantes presentes en la leche destacan la lipasa, proteasa, fosfatasa alcalina, catalasa y lactoperoxidasa. Hay enzimas que se emplean como índice de calidad en algunos procesos tecnológicos de la leche, por ejemplo, la fosfatasa alcalina, la cual se usa para determinar la eficiencia de la pasteurización de la leche y la catalasa que es utilizada para medir la presencia de mastitis en la ubre de las vacas (Walstra et al., 2001; Walstra et al., 2006).

Lípidos. La composición lipídica de la leche bovina es la más compleja que se conoce. Siendo los triglicéridos los que tienen la mayor proporción de los lípidos totales. Durante el almacenamiento ocurre cierto grado de lipólisis produciéndose mayores concentraciones de ácidos grasos libres de mono y diglicéridos. En la leche de bovinos se han identificado más de 400 ácidos grasos diferentes; no obstante, solamente 20 ácidos grasos individuales representan la mayoría de los residuos. Con base a todos los ácidos grasos identificados, los ácidos saturados representan el 62.83% del total, los ácidos monoenoicos el 30.75%, los ácidos dienoicos el 2.97%, los ácidos polienoicos el 0.85%, los ácidos monorramificados el 0.83% y otros ácidos el 0.40% (Walstra et al., 2006).

Carbohidratos. La lactosa es el principal carbohidrato de la leche y está considerado por algunos autores como el único; sin embargo, también se encuentran pequeñas cantidades de glucosa, galactosa, sacarosa, cerebrosidos y aminoazúcares derivados de la hexosamina. La lactosa se sintetiza en la glándula mamaria por un sistema enzimático en el que interviene la α -lactoalbúmina, para después segregarse en la leche; tiene aproximadamente 15% del poder edulcorante de la sacarosa y contribuye, junto con las sales, al sabor global de este alimento (Walstra et al., 2001).

Sales y minerales. La leche contiene varias sales y minerales, entre los que destacan, citratos, cloruros y fosfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio; estos se encuentran tanto en solución como formando parte del sistema coloidal de las caseínas. Aproximadamente 50% del fósforo total está esterificado a las fosfoserinas de las caseínas (Walstra et al., 2006). Existe un equilibrio entre el calcio coloidal y el soluble que depende del pH y de la temperatura del

sistema; en condiciones ácidas hay un desplazamiento del calcio coloidal al soluble que incrementa la inestabilidad de las proteínas, mientras que a temperaturas elevadas se favorece la formación de calcio coloidal. Las sales desempeñan un papel muy importante en la estabilidad térmica de todos los productos lácteos, de tal manera que si se añaden iones calcio y magnesio existe la tendencia a que el sistema proteínico se desestabilice (Badui, 2006).

2.3. Microbiología de la leche

La leche cruda se considera un sistema vivo porque contiene una gran diversidad de microorganismos por mililitro los cuales determinan la alterabilidad de la leche. Su primera fuente de contaminación es el pezón el cual aporta numerosos microorganismos bacterianos como lo son: estreptococos, estafilococos, bacilos, coliformes y pseudomonas (Villegas, 2012).

La carga bacteriana depende de las condiciones de manejo bajo las cuales se obtiene la leche. En México, la leche cruda presenta una cuenta total (mesófilo-aeróbica) que se halla en un intervalo entre 20 000 UFC/mL y dos millones de UFC/mL que está en función del sistema de producción lechera, ya sea intensivo tecnificado, familiar de traspatio, y de doble propósito siendo esta última la que tiene la mayor carga microbiana (Villegas, 2012). En efecto, la carga microbiana total de la leche cruda reviste gran importancia en el producto terminado, por ejemplo en el queso ya que afecta fuertemente su vida de anaquel y sus características sensoriales (Varnam y Sutherland, 1994).

2.3.1. Clasificación de los microorganismos presentes en la leche

Los microorganismos que pueden estar presentes en la leche se clasifican de acuerdo a distintos criterios como su temperatura óptima de crecimiento, requerimiento de oxígeno, patogenicidad y a la tinción de Gram, entre otros.

De acuerdo a su temperatura óptima de crecimiento, los microorganismos pueden ser:

- Psicrofílos: se multiplican aún a bajas temperaturas (0° a 6°C) sin embargo su valor óptimo de crecimiento es de 20°C, por ejemplo, géneros como *Pseudomonas* y algunos coliformes
- Mesófilos: se multiplican entre los 15° y 40°C, y su temperatura óptima se encuentra entre los 30° y 37°C, en este grupo se incluyen bacterias ácido lácticas y algunos coliformes y patógenos
- Termófilos: su temperatura óptima está entre los 40 y los 50°C y destacan principalmente los géneros *Lactobacillus* y *Streptococcus*
- Termodúricas: son resistentes al calor y pueden soportar temperaturas de hasta 70°C. no se desarrollan, solo son capaces de sobrevivir

Por su requerimiento de oxígeno se clasifican en:

- Aerobios estrictos: microorganismos que necesitan indispensablemente el oxígeno para sobrevivir, como lo son las *Pseudomonas*
- Aerobios facultativos: los que proliferan tanto en ausencia como en presencia de oxígeno, la flora coliforme y las levaduras son un ejemplo de este tipo de microorganismos
- Anaerobios estrictos: los que son inhibidos ante la presencia de oxígeno, por ejemplo, el género *Clostridium*

En cuanto a su capacidad patogénica se agrupan en:

- Banales: microorganismos que solo alteran los componentes de la leche y sus derivados, por ejemplo, las bacterias ácido lácticas
- Patógenos: aquellos que se consideran fuente de infecciones e intoxicaciones para el consumidor, algunos ejemplos son *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi* y *Mycobacterium tuberculosis*

Por su respuesta a la tinción de Gram pueden ser:

- Gram-positivos: aquellos microorganismos que retienen el colorante de Gram, (cristal violeta), como son *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Clostridium*
- Gram-negativos: los que no retienen el colorante cristal violeta, estos retienen el colorante de contraste, la safranina. Los principales géneros son los coliformes y psicrótrofos

(Marth y Steele, 2001; Villegas, 2012).

2.4. Tratamientos térmicos aplicados a la leche

El tratamiento térmico de la leche tiene por objetivo la destrucción de microorganismos o sistemas enzimáticos que sean perjudiciales en los procesos de elaboración de derivados y para el consumidor (Scott et al., 2002). A pesar de que existen diversos tratamientos térmicos a los que puede someterse la leche (pasteurización, tratamiento a temperaturas ultra altas, tratamiento a temperaturas bajas por corto tiempo, esterilización, entre otros), la normativa exige la pasteurización como principal tratamiento térmico (Secretaría de Salud, 1994; FDA, 2007).

Pasteurización. Se define como cualquier tratamiento térmico que asegura la destrucción del bacilo tuberculoso sin afectar de manera importante las propiedades físicas y químicas de la leche (Rosando y Rosando, 2013). Por su parte, la Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1.1994 define pasteurización al proceso al cual es sometido el producto a una adecuada relación de temperatura y tiempo para destruir la flora bacteriana y casi la totalidad de la flora microbiana.

La pasteurización de la leche se compone de dos partes separadas; una es la temperatura a la cual la leche se calienta y la segunda es el tiempo durante el cual la leche se mantiene a dicha temperatura, a esta última se le conoce como “tiempo de retención” el cual se considera un tratamiento calórico eficaz, ya que no todos los microorganismos son destruidos instantáneamente (Scott et al., 2002; IDFA, 2016).

La combinación de tiempo y temperatura es importante, ya que determina la intensidad del tratamiento térmico aplicado a la leche. Existen curvas de tratamiento térmico con efectos letales probados para diferentes microorganismos presentes en la leche como bacterias coliformes, tifus y el bacilo de la tuberculosis. Según estas curvas, las bacterias coliformes son destruidas calentando la leche a 70°C durante un segundo, a 65°C se necesitan 10 segundos para conseguir el mismo efecto, mientras que para asegurar la destrucción de los bacilos de la tuberculosis se necesita una temperatura de 70°C por 20 segundos o 63°C por 30 minutos (Bylund, 1996; Dumalisile et al., 2005).

La FDA recomienda la relación de tiempo y temperatura (Tabla 2) que debe aplicarse a la pasteurización para destruir *Mycobacterium tuberculosis* y *Coxilla burnetti* los cuales se consideran los patógenos más resistentes encontrados en la leche.

Tabla 2. Relación tiempo/temperatura aplicada a la pasteurización (FDA, 2007)

Temperatura °C	63 ^a	72 ^a	89	90	94	96	100
Tiempo	30 min	15 s	1 s	0.5 s	0.1 s	0.05 s	0.01 s

^aSi el contenido de grasa de la leche es 10% o más, o si es endulzada, la temperatura especificada debe ser incrementada en 3°C.

De acuerdo a Dumalisile et al. (2005) las formas comerciales de pasteurización más utilizadas son la pasteurización por lotes o “pasteurización lenta” a baja temperatura (LTLT, *Low Temperature, Long Time*) y la operación continua “pasteurización rápida” a alta temperatura (HTST, *High Temperature, Short Time*) en la que el producto se calienta en un intercambiador de calor por un tiempo definido.

El tratamiento LTLT, se lleva a cabo de forma discontinua, la leche es calentada por convección en envases abiertos a 63°C por 30 minutos (Bylund, 1996). Es un método empleado, sobre todo, en países en desarrollo y por pequeños productores, debido a que es un proceso térmico sencillo y provoca mínimas modificaciones en el sabor y el color de la leche (Barrera, 2012).

2.5. Producción mundial y nacional de leche y derivados

De acuerdo a la FAO (2015), existen alrededor de 150 millones de personas en todo el mundo que se dedican a la producción de leche y según estimaciones del Banco Mundial (2013), en los últimos 30 años, la población mundial aumentó la producción y consumo de leche y derivados al año, pasando de 500 a 769 millones de toneladas en sus distintas presentaciones (leche fresca 42.9%, queso 25.2%, mantquilla 23.1%, leche en polvo descremada 5.1% y leche entera en polvo el 3.7%).

En el 2015, el SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) y la FAO, reportaron que los países con mayor producción de leche son la Unión Europea, India, Estados Unidos de América, China, Brasil, Federación Rusa, Alemania y Francia, representando el 60% de países productores a nivel mundial. Con respecto al consumo, la leche de vaca es la más consumida, con un 85%, seguida por la de búfala con 11%, de cabra 2%, de oveja 1% y de camella con un 0.4%. En los últimos decenios, algunos países en desarrollo han aumentado su participación de producción lechera. Por ejemplo, México ocupó la posición nueve en la producción mundial de leche a finales del 2015 y se encuentra en tercer lugar en América Latina con más de 11 mil 394 millones de litros al año (FAO, 2015; SIAP, 2015), en la Figura 1 se muestra la evolución que ha tenido la producción de leche a partir del 2012. La producción lechera se desarrolla en todo el territorio y los estados que más han contribuido con la producción nacional desde junio del 2015 hasta junio del 2016 son Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, México, Puebla, Hidalgo, Chiapas, Aguascalientes y Querétaro. Hidalgo representa el 4% de la producción nacional de leche con 413 mil 97 litros al año (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2015; Información Sobre el Sector Lechero (LACTODATA), 2016).

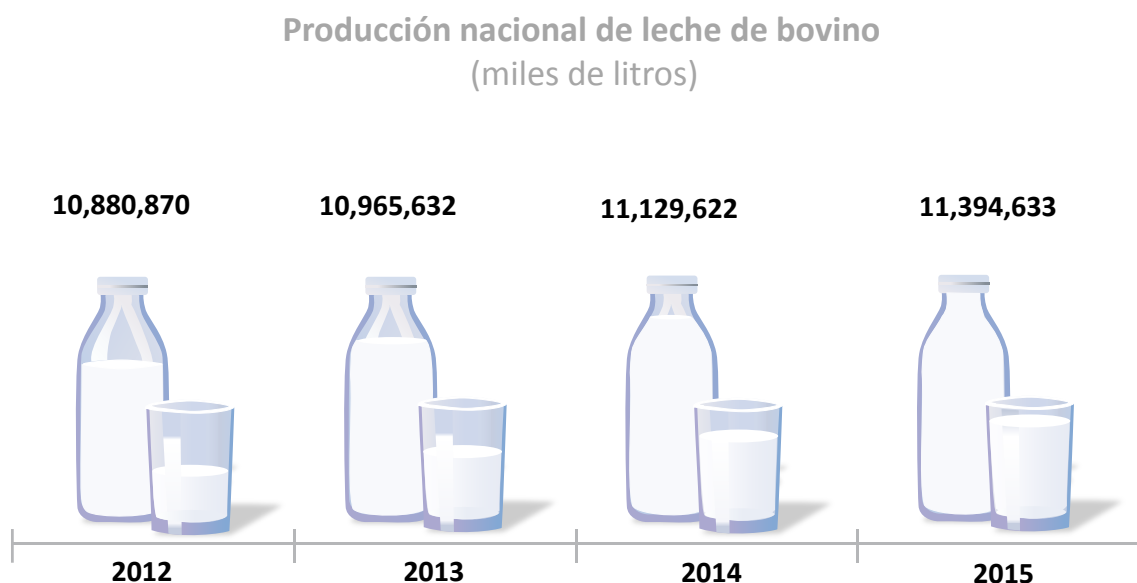


Figura 1. Producción nacional de leche 2012-2015 (SIAP, 2015)

La industria de los productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México. Hasta finales de la década de 1980 el Sistema Lechero Mexicano estaba determinado por la importancia del mercado de la leche cruda que representaba el 47% de la producción nacional contra un 22% de leche pasteurizada y un 31% para derivados lácteos (Del Valle, 2002). Hoy en día la producción de leche cruda se ha reemplazado por la producción formal e informal de leche pasteurizada y la elaboración de productos lácteos. Durante el 2014 Tetra Pak México reportó que la demanda total de productos lácteos en general era de 15 mil 600 millones de litros, de los cuales 7 mil millones correspondían a productos lácteos, siendo este el sector con mayor número de unidades y de empresas diferentes donde la producción de queso es la más destacada.

De acuerdo a la SIAP y SAGARPA (2015) la elaboración de derivados lácteos y fermentos lácteos como queso, crema, yogurt, etc. alcanzó un volumen de 1 millón 036 mil 679 toneladas con un valor de 39 mil 507 MDP al finalizar el 2015.

2.6. Definición de queso

En México, la norma mexicana NOM-243-SSA1-2010 define como queso al producto elaborado con la cuajada de la leche estandarizada y pasteurizada de vaca y otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con 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 de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos, pudiendo por su proceso, ser fresco, madurado o procesado.

Desde un punto de vista fisicoquímico, el queso es un sistema tridimensional tipo gel, formado básicamente por la caseína integrada en un complejo caseinato-fosfato-cálcico el cual por coagulación engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias, menores de la leche las cuales permanecen absorbidas en el sistema o se mantienen en la fase acuosa retenida (Walstra et al., 2006).

2.6.1. Clasificación de quesos

Es difícil clasificar los quesos de una forma clara, ya que, además de que existe una gran variedad de los mismos, muchos de ellos están en los límites de las clases que se establecen. Para su clasificación, a menudo se toman en cuenta ciertos criterios, tanto de elaboración, como del país o región de origen, del tipo de leche utilizada, contenido de humedad, tiempo de maduración, textura y método de coagulación de la leche, entre otros. A continuación se muestra una clasificación de quesos tomando en cuenta algunos de los criterios mencionados anteriormente.

Por su contenido de humedad (Heredia, 2006):

- *Frescos*: con un contenido de humedad del 60-80%
- *Blandos*: contienen entre 55-57% de humedad
- *Quesos semiduros*: presentan entre 42-52% de humedad
- *Quesos duros*: poseen entre 20-40 % de humedad

Por la coagulación de la caseína (González, 2002):

- *Quesos de coagulación enzimática*: la coagulación enzimática se produce cuando se añade cuajo a la leche. El cuajo es una enzima proteolítica que actúa desestabilizando a la caseína, lo que da lugar a la formación de un “gel” o coágulo que engloba al suero y los glóbulos grasos en su interior
- *Quesos de coagulación ácida*: la coagulación ácida es realizada por bacterias lácticas presentes en la leche cruda o procedentes del fermento, las cuales transforman la lactosa en ácido láctico haciendo descender el pH de la leche, lo que produce la alteración de la caseína hasta la formación del coágulo
- *Quesos de coagulación ácida/térmica*: se emplea una cantidad de cuajo considerable a una temperatura que permita el desarrollo óptimo de los fermentos lácticos (28-32 °C) y que al mismo tiempo garantice condiciones favorables para la acción del cuajo

Según su textura (Madrid, 1999):

- *Quesos con ojos o agujeros redondos*: Emmental, Gruyère, Gouda
- *Quesos de textura granular*: Manchego, Tilsit
- *Quesos de textura cerrada*: Parmesano, Cheddar

En México, la Norma Oficial Mexicana (NOM-121-SSA1-1994) clasifica a los quesos como quesos frescos, quesos madurados y quesos procesados.

Quesos frescos: se caracterizan por ser productos de alto contenido de humedad, sabor suave y no tener corteza, pudiendo o no, adicionarle ingredientes opcionales y tener un periodo de vida de anaquel corto, requiriendo condiciones de refrigeración para su conservación.

- *Frescales*: Panela, Canasto, Sierra, Ranchero, Fresco, Blanco, Enchilado, Adobado
- *De pasta cocida*: Oaxaca, Asadero, Mozzarella, Del Morral, Adobera
- *Acidificados*: Cottage, Crema, Doble crema, Petit Suisse, Nuefchatel

Quesos madurados: 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 de que se trate, lo que le permite prolongar su vida de anaquel, los cuales pueden o no, requerir condiciones de refrigeración para su conservación.

- Madurados prensados de pasta dura: Añejo, Parmesano, Cotija, Reggianito
- Madurados prensados: Cheddar, Chester, Chihuahua, Manchego, Edam, Gouda, Gruyere, Emmental, Port Salut, etc.
- De maduración con mohos: Azul, Cabrales, Camembert, Roquefort, Danablu, Limburgo, Brie

Quesos procesados:

- Fundidos
- Fundidos para untar

2.7. Queso en México

En México, el queso se ha elaborado desde tiempos de la colonia cuando los conquistadores españoles trajeron a la Nueva España los primeros rebaños de cabra y oveja y luego ejemplares de ganado criollo. Los primeros quesos definidos como mexicanos quizás fueron los rancheros de pasta hilada, los frescos de aro y los de marqueta (Huerta y Villegas, 2015). Actualmente en nuestro país, la elaboración de queso está fuertemente relacionada con la producción primaria, coexistiendo tres grandes sistemas lecheros: el intensivo, el de traspatio (ganadería familiar) y el de doble propósito (carne/leche). Los tres sistemas canalizan leche a la elaboración de queso, pero difieren en la cantidad y tratamiento de ésta. Independientemente de la procedencia, la transformación de leche en queso reviste en el país una gran importancia económica y social (Villegas, 2012).

2.7.1. Situación de la producción de queso en México

La agroindustria quesera se caracteriza por ser el subsector lácteo con mayor número de empresas. La decisión de elaborar lácteos (quesos en particular) en lugar de vender la leche se debe principalmente al tamaño reducido del hato que existe en el país por lo que se busca dar mayor valorización al producto, pero no es la única causa; en muchos otros casos, elaborar queso se convierte en la única alternativa de conservar y aprovechar la leche, sobre todo en zonas aisladas con un mercado local limitado (Poméon y Cervantes, 2010).

De acuerdo al INEGI (2015), en todo el país existen alrededor de 200 mil queserías que procesan más de 60 tipos de quesos. Al concluir el mes de noviembre del 2015, el SIAP publicó que la industria del queso produjo 332 mil 251 toneladas de queso con un valor en el mercado de 15 mil 351 MDP, siendo el queso fresco el de mayor producción, seguido del panela y el doble crema (Figura 2). En efecto, los datos y cifras mencionados solo son una parte. El sector de la quesería informal es muy importante, a nivel mundial se estima que casi la mitad de la leche producida transita por canales informales por lo que es difícil cuantificar el impacto que representa (Poméon y Cervantes, 2010). Cada vez son más las familias que dependen económicamente de la producción informal de queso, sin embargo, dicha

producción está en constante conflicto debido a que se caracteriza principalmente por no respetar algunas reglas relacionadas con la pasteurización de la leche y el etiquetado, por mencionar algunas. La gran mayoría de las queserías informales son de tipo artesanal las cuales trabajan con leche cruda y el empleo de una tecnología básica (equipos y procesos) fundamentada únicamente en el “saber-hacer queso”. Por falta de conciencia y de medios, sus exigencias en términos de calidad son más reducidas que la agroindustria quesera formal (Poméon y Cervantes, 2010; Del Valle, 2002).

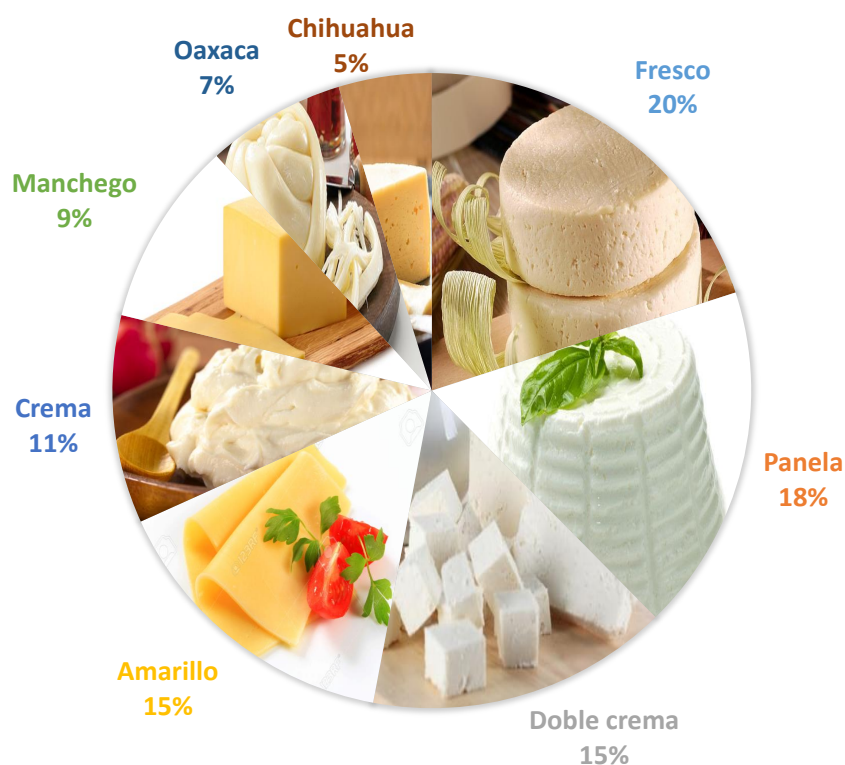


Figura 2. Producción de quesos en México por tipo para el periodo enero-noviembre del 2015 (adaptado de INEGI, 2015)

2.7.2. Quesos mexicanos genuinos

En México existe un término específico para nombrar a ciertos quesos elaborados dentro del territorio nacional por mexicanos nativos, estos son los llamados quesos mexicanos genuinos. Estos productos son elaborados y comercializados a nivel regional, por lo que cada estado o cierto grupo de estados presentan tipos de quesos específicos. De acuerdo con cifras recientemente publicadas, la producción nacional de quesos en México se encuentra muy fragmentada y se sabe que más del 50% de ésta, la constituye la quesería genuina que es dependiente del abastecimiento de leche proveniente principalmente de sistemas de producción de doble propósito y familiar (Vallejo y González, 2013).

Las características principales que presentan los quesos genuinos es que deben ser elaborados a partir de leche fluida de vaca, generalmente cruda, con el empleo mínimo de aditivos, estos no incluyen grasa vegetal ni derivados protéicos, a excepción de pequeñas cantidades de éstos últimos, solamente para estandarizar la relación % de grasa/% de proteínas. De acuerdo a lo anterior, estos quesos están en riesgo de extinción debido a la competencia que sufren ante los quesos de imitación y la alta industrialización que impide igualar su proceso, además, debido a su producción tradicional-artesanal, el incumplimiento de la normativa frecuentemente genera diversos problemas (Huerta y Villegas, 2015; Escoto, Vargas, y Villegas, 2006).

Se considera de gran importancia el rescate de los quesos genuinos ya que juegan un papel muy importante en el desarrollo rural de México; se destacan por ofrecer oportunidades a los productores de leche para mantener un buen sustento económico a quienes no tienen lugar en cadenas industrializadas, además de proveer productos lácteos a sectores de la población de escasos recursos que presentan dificultades en el acceso de alimentos y con ello una mejor nutrición. Por otra parte contribuyen directamente sobre la gastronomía regional, inclusive en el 2010, la UNESCO reconoció a los quesos artesanales como patrimonio cultural (Cervantes y Villegas, 2013).

En la Tabla 3 se muestran algunos quesos mexicanos genuinos rescatando algunas de sus características más importantes como el tipo de leche empleada, su forma, peso, zona y el nivel de producción en el país.

Tabla 3. Principales quesos mexicanos genuinos

Tipo de leche empleada	Nombre del queso	Forma y peso	Nivel de producción	Zonas de producción
Leche pasteurizada	Chihuahua	Cilíndrico-plano y prisma rectangular, de 5 kg hasta 10 kg	Industrial	Chihuahua, Durango Coahuila, Zacatecas y centro del país
	Panela	Tronco-cónico-plano, desde 0.5 hasta 2 kg	Industrial	Varios estados del país
	Morral	Almohada, de 2 a 5 kg	Industrial	Hidalgo, Puebla, Estado de México, Jalisco
	Oaxaca	Bola o madeja, de 250g hasta 1kg	Industrial	En toda la República Mexicana
Leche cruda (cruda)	Chihuahua (menonita)	Cilíndrico-plano y prisma rectangular, de 5 a 10 kg	Artesanal, industrial	Chihuahua, Durango, Coahuila y Zacatecas
	Asadero	Discoidal delgado, prismático, rectangular más frecuente	Artesanal, industrial	Estados del norte como Chihuahua y Durango
	Sierra	Cilíndrico, más de 2 kg	Industrial	Bajío y varios estados del centro del país
	Cotija	Gran formato, cilíndrico entre 20 y 30 kg	Industrial	Huasteca potosina Chiapas, Michoacán, Jalisco
	De aro (Molido)	Pequeño, cilíndrico de 250 g a 1 kg	Artesanal	Hidalgo, Veracruz y la Huasteca potosina
	Adobera	Prismático-rectangular de 500 g a 1 kg	Artesanal	Jalisco, Guanajuato, Michoacán
	Crema tropical	Pequeño, cilíndrico plano de 250 g a 1 kg	Artesanal	Zona de los Ríos, Tabasco
Guaje	En forma de bastón, de 250 g a 1 kg	Artesanal	Huasteca Potosina	

Fuente: adaptada de Escoto, Villegas y Vargas, 2006

2.7.3. Queso de aro

Uno de los principales quesos elaborados en el estado de Hidalgo, es el queso molido o de aro, conocido también como queso ranchero y en algunas zonas, como queso huasteco. Este tipo de queso se elabora y consume en casi todo el país; sin embargo, los estados con mayor producción son Hidalgo, Veracruz y San Luis Potosí. Debido a que su elaboración no requiere de profundos conocimientos técnicos, ni procesos largos de elaboración, este queso se produce en las casas, pequeñas rancherías y muy pocas veces, en fábricas bien establecidas; es frecuente que se venda en mercados públicos y ambulantes sin respetar una cadena de frío (Villegas, 2012).

2.7.4. Características generales del queso de aro

El queso de aro se elabora con leche cruda; de vaca, cabra o una combinación de ambas. Es un queso fresco, de pasta blanda, no prensada que se presenta como un cilindro de escasa altura (Figura 3). Los distintos nombres que recibe se asocian con alguna característica de su proceso de elaboración, tal es el caso de la denominación “queso de aro”, asociado al molde que le da la forma, un aro de lámina galvanizada de plástico o de madera; el nombre “Molido”, obedece a que durante uno de los pasos de su elaboración, la cuajada, ya desuerada, se muele a mano, al mismo tiempo que se sala; el nombre “Ranchero”, porque al ser tan sencillo el proceso de fabricación es posible elaborarlo bajo implementos rústicos, en ranchos o en pequeñas poblaciones donde se produzca leche.



Figura 3. Queso de aro

Además, es un queso altamente perecedero debido a su elaboración con leche cruda y al elevado contenido de agua, que oscila entre 55 y 60% (Escoto et al., 2006; Villegas, 2012). Dicho contenido de agua es debido a la alta retención de suero, generada a propósito por los queseros, quienes entienden por rendimiento a la cantidad máxima de suero que puede quedar retenido en el queso durante su comercialización, razón por la cual no prensan el producto

final. Sin embargo, contrario a lo que los fabricantes creen, una alta retención de suero no representa un mayor rendimiento, ya que durante el transporte hasta el punto de venta y durante su exposición (generalmente, a temperatura ambiente), el queso se desestabiliza desprendiendo la mayor cantidad de suero que quedó retenida durante su elaboración, generando múltiples problemas algunos de los cuales se mencionan a continuación:

- Disminuye el rendimiento calculado por el fabricante; el producto al pesar menos, debe venderse más económico
- El suero al quedar retenido en las bolsas de polietileno donde se comercializa, da una mala imagen al producto
- El suero liberado se convierte en un caldo nutritivo ideal para el desarrollo de bacterias deterioradoras y/o patógenas

Lo anterior trae consigo importantes pérdidas económicas y contribuye a la baja valorización por parte de los consumidores.

2.7.5. Proceso de elaboración del queso de aro

El queso de aro presenta una escasa estandarización, tanto en la materia prima como en el proceso de elaboración. La infraestructura básica consta de una parrilla de gas, botes para calentar leche, aros de madera o pvc y bateas o mesas de trabajo (Casín et al., 2007). Su producción no está sujeta a un control y supervisión por parte de instituciones gubernamentales como la Secretaría de Salud (Villegas, 2012).

En el proceso de elaboración del queso de aro la leche utilizada es de cabra, vaca o una mezcla de las dos, generalmente cruda, esta puede ser entera o parcialmente descremada. La leche se filtra en mantas de cielo y se traslada a las tinas de calentamiento para el posterior cuajado, el cual se lleva a cabo con fragmentos de cuajar obtenidos del abomaso de los mamíferos rumiantes, pastillas de cuajo o cuajo líquido (Castañeda et al., 2009). La cuajada se corta de varias formas: con cuchillo, con pala de madera, o con la mano, y se desuera aglomerándola manualmente o con ayuda de una malla de manta fina. Posteriormente se muele o se amasa a mano en mesas o bateas de madera y en algunas queserías meramente artesanales este paso se realiza en metate y a su vez, se lleva a cabo el salado, donde el porcentaje utilizado es propio de cada productor. Por último, se deposita en moldes de plástico o acero de un cuarto, medio kilo o un kilo para su posterior venta (Cervantes et al., 2012; Villegas, 2012). Su comercialización se lleva a cabo en puestos fijos de algún mercado, venta itinerante en los tianguis, venta de casa en casa y entrega periódica en cremerías (Casín et al., 2007).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Estandarizar la elaboración de queso de aro a partir de leche pasteurizada mediante la identificación y control de algunos parámetros de proceso con la finalidad de prolongar su vida útil sin afectar la calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar las condiciones del proceso de elaboración del queso de aro, mediante la consulta de fichas técnicas y la observación del proceso artesanal llevado a cabo en rancherías y pequeñas queserías ubicadas en la sierra del estado de Hidalgo
- Determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica inicial de la leche, a través de técnicas oficiales nacionales
- Elaborar el queso de aro utilizando leche estandarizada y bajo condiciones de proceso controladas
- Determinar el tiempo ideal de prensado del queso de aro a través de la medición del rendimiento, contenido de humedad y cuenta total de microorganismos
- Estimar la vida útil del queso de aro elaborado bajo condiciones controladas a través de la medición de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales
- Proponer un diagrama de elaboración del queso de aro, incluyendo la utilización de las variables de proceso controladas

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Visitas de campo y consulta de fichas técnicas de elaboración de queso de aro

Con la finalidad de conocer y aprender acerca de los distintos procedimientos utilizados para la fabricación tradicional-artesanal de queso de aro se visitaron 3 queserías y una ranchería. Dos de las queserías visitadas se ubican en los municipios de Calnali y Huejutla de Reyes, Hidalgo y la tercera en el Municipio de Tempoal, Veracruz. La ranchería está ubicada en Ixtlahuaco, Hidalgo. Los criterios de elección de las queserías y rancherías fueron que la elaboración del queso de aro fuera tradicional-artesanal, la ubicación (Hidalgo y Veracruz, estados donde se comercializa este tipo de queso) y la autorización para observar el proceso.

A su vez, se realizó una investigación en la literatura con la finalidad de consultar fichas y procedimientos, oficiales y no oficiales, para la elaboración de este queso. A partir de la información consultada, se seleccionó la información de dos fichas técnicas publicadas en libros (Villegas, 2012 y Cervantes et al., 2013), el procedimiento publicado en un Manual de Laboratorio (González, 2012) y el publicado por la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2005). También se tomaron en cuenta las recomendaciones del responsable del Taller de Lácteos del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la UAEH (J. Franco; Comunicación personal; 2016).

4.2. Muestras de leche

La leche utilizada se obtuvo de dos ranchos; uno ubicado en la colonia El Saucillo, Mineral de la Reforma (Rancho 1) y el otro ubicado en la Ex-Hacienda de Aquetzalpa, Tulancingo (Rancho Universitario) (Rancho 2), ambos en el estado de Hidalgo. La leche se recolectó según lo establecido en la NOM-109-SSA-1994 y de acuerdo a Martínez et al. (2011), para ello, se utilizaron recipientes de plástico limpios y secos, previamente desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio (5 ppm). La recolección se llevó a cabo justo después de la ordeña. Una vez recolectada la leche, se almacenó en refrigeración a 4°C hasta su uso (1-2 horas).

4.3. Caracterización fisicoquímica de la leche cruda

La leche obtenida de los dos ranchos se caracterizó fisicoquímicamente a través de las siguientes determinaciones: densidad (NMX-F-424-S-1982), acidez titulable, pH, grasa y sólidos totales. Las pruebas se realizaron de acuerdo a la Norma NOM-155-SCFI-2012. Simultáneamente, las muestras se midieron con ayuda del analizador de leche Lactoscan MCC50, con la finalidad de obtener datos sobre el contenido de proteína, sólidos no grasos, lactosa, agua y conductividad.

Medición de densidad. Un litro de muestra previamente homogenizada mediante agitación, se colocó en una probeta de 1 L, sobre una superficie plana y horizontal, evitando la formación de espuma. Se introdujo el lactodensímetro en la parte central de la probeta, evitando su adhesión a las paredes internas. La lectura se realizó transcurridos aproximadamente 30 segundos utilizando para ello, la escala correspondiente a leche entera del lactodensímetro. El cálculo de la densidad, se efectuó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\delta = V + 0.0002 (T - 15 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Donde:

V = valor medido

T = es la temperatura de la leche

Determinación de acidez titulable. Se colocaron 9 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 150 mL, se añadieron 3 gotas de fenolftaleína al 1% y se agitó suavemente. Posteriormente, la mezcla se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N hasta el vire a un color rosa tenue. La acidez presente en la muestra, expresada en g/L de ácido láctico, se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez g/L}_{\text{ácido láctico}} = \frac{V \times N \times 90}{M}$$

Conversión a °Dornic (°D)

$$1 \text{ } ^\circ\text{D} = 0.1 \text{ g}_{\text{ácido láctico}}$$

Donde:

V = son los mililitros de solución de NaOH 0.1 N gastados en la titulación

N = es la normalidad de la disolución de NaOH

M = es el volumen de la muestra en mL

pH. La muestra de leche (10 mL) se colocó en un vaso de precipitados de 100 mL, posteriormente se introdujo el electrodo del potenciómetro (el bulbo de vidrio solamente) previamente calibrado con soluciones estándar de pH 4 y 7. Se dejó el bulbo inmerso por 15 segundos, y se registró la medición.

Grasa. El contenido de grasa de la leche se determinó utilizando el método Gerber. A los butirómetros limpios y secos se les introdujeron 10 mL de ácido sulfúrico al 90%, cuidando de no impregnar el cuello de los mismos. La muestra a analizar, se homogenizó invirtiendo el recipiente contenedor en tres o cuatro tiempos. A continuación, se midieron 11 mL de leche depositándola en los butirómetros con una pipeta, apoyándola en posición oblicua (en ángulo de aproximadamente 45°) contra la pared interna del cuello para que se deslizara a lo largo del vidrio y se superpusiera al ácido sulfúrico sin producir rastros de calcinado. Posteriormente, a cada butirómetro, se le añadió un mililitro de alcohol amílico, agitándolos en dos tiempos; en el primero se realizó una agitación vigorosa, sin interrupción y sin inversiones, hasta conseguir que la leche y el ácido sulfúrico se mezclaran y la proteína se disolviera. Enseguida, se invirtieron unas cuantas veces, permitiendo que el ácido de la sección de la escala graduada y el de la ampolla terminal se mezclara. La agitación terminó cuando no se observaron vestigios de caseína sin disolver. Inmediatamente se centrifugaron durante 5 minutos a 100 rpm y posteriormente se colocaron con la escala hacia arriba, en un baño maría a 65°C, durante 5-10 minutos (tiempo necesario para permitir la separación total de la grasa). Se alzaron verticalmente del baño maría hasta que el menisco de la columna de grasa estuviera al nivel de los ojos y se tomó la lectura (Figura 4).

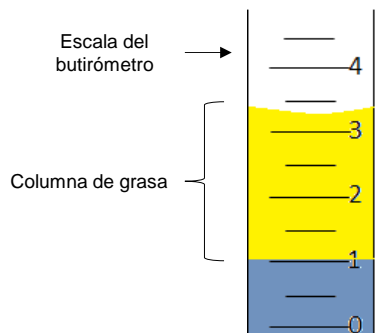


Figura 4. Lectura de grasa en el butirómetro

Sólidos totales. El contenido de sólidos totales en la leche (% ST) se determinó utilizando los datos obtenidos de densidad y porcentaje de grasa (% G). Para el cálculo de sólidos totales se aplicó la fórmula de Richmond:

$$\% ST = (1.25 \times \% G) + (0.25 \times D) + 0.66$$

Donde:

%G= es el porcentaje de grasa en la leche

D= dos últimas cifras del valor obtenido del lactodensímetro (ejemplo: si $d=1.032$; $D=32$)

Caracterización de la leche mediante el Lactoscan MCC50. (Figura 5) se realizó de acuerdo al procedimiento de LactoscanMCC, (2012). Se colocaron aproximadamente 15 mL de leche en dos viales Lactoscan. En el primer vial se midió el pH de la leche con un electrodo previamente calibrado con el equipo. El segundo vial se utilizó para la medición de grasa, sólidos no grasos, densidad, lactosa, sólidos totales, proteínas, agua, temperatura, punto crioscópico y conductividad. Para ello, el vial se colocó en la rejilla frontal del analizador donde un tubo aspiró la muestra para la realización de la medición de los parámetros mencionados. La medición se llevó a cabo en 60 segundos.



Figura 5. Analizador de leche Lactoscan MCC50

4.4.Elaboración del queso de aro

Para la elaboración del queso de aro se tomó como base el procedimiento observado en las queserías y rancherías visitadas así como los procedimientos presentados en las fuentes mencionadas en el apartado 4.1 y se efectuaron las modificaciones que se consideraron pertinentes. A partir de lo anterior se elaboró un diagrama con el procedimiento general de elaboración del queso de aro a seguir en el presente estudio (Figura 6).

Para la estandarización y optimización del procedimiento utilizado en la elaboración del queso de aro, se realizaron 9 ensayos (Tabla 4) con el fin de lograr la simulación más cercana a un queso de aro comercial.

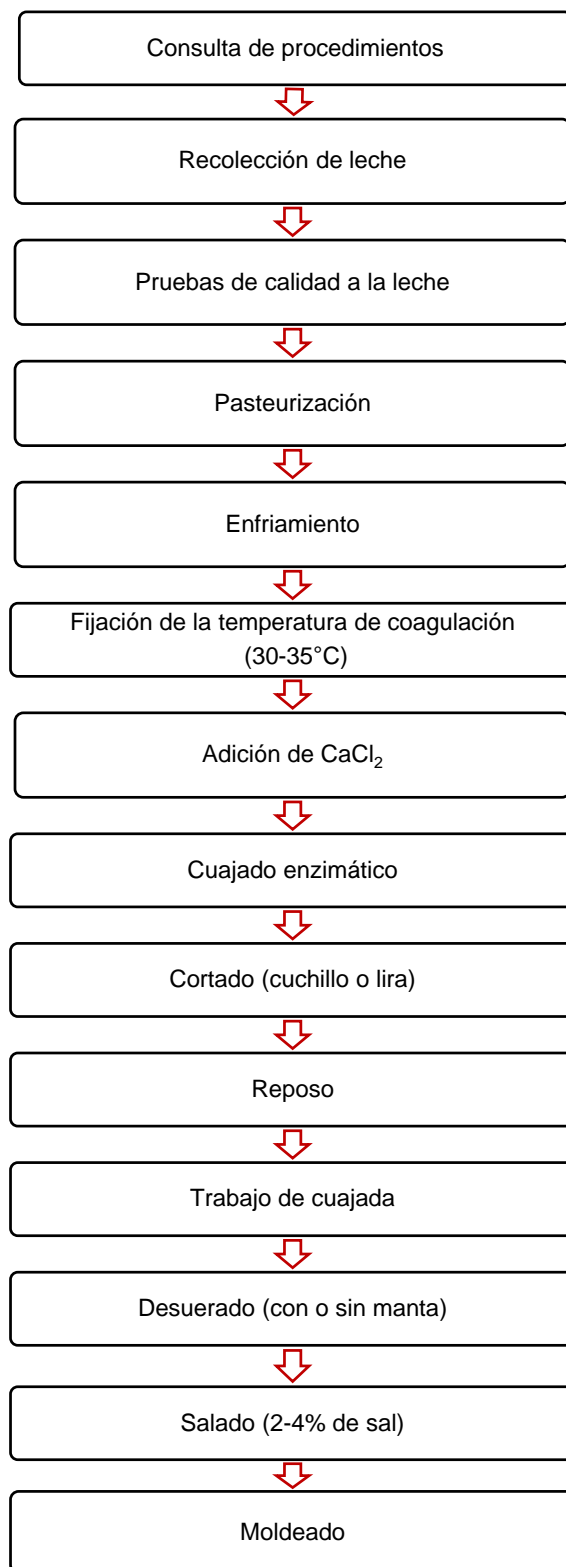


Figura 6. Procedimiento general utilizado para la elaboración del queso de aro

Tabla 4. Variables ensayadas para la estandarización y optimización del proceso de elaboración de queso de aro

Número de ensayos	Variable	Descripción
2	Estandarización de leche: contenido de grasa	Descremado Adición de crema
1	Pasteurización	Pruebas con leche pasteurizada comercial y pasteurizando leche cruda con la temperatura recomendada por la FDA
3	Cortado y tiempo de agitado a la cuajada	Fijar el tipo y medida de corte Establecer tiempo y temperatura de agitado
3	Contenido de sal del queso de aro	Ajuste al contenido de sal y tipo de salado recomendado en la literatura 1-4%

4.4.1. Estandarización de la leche

La estandarización de la leche se realizó con ayuda del cuadro de Pearson (Figura 7). Se tomó como referencia el porcentaje de grasa inicial medido de la leche fresca, a partir de dicho porcentaje se propuso el descremado o la adición de crema para disminuir o aumentar el contenido de grasa y lograr el porcentaje establecido tomando como valores para la sustitución en el cuadro, el porcentaje de grasa de leche entera y porcentaje de grasa de leche descremada o crema, dependiendo del valor inicial de grasa.

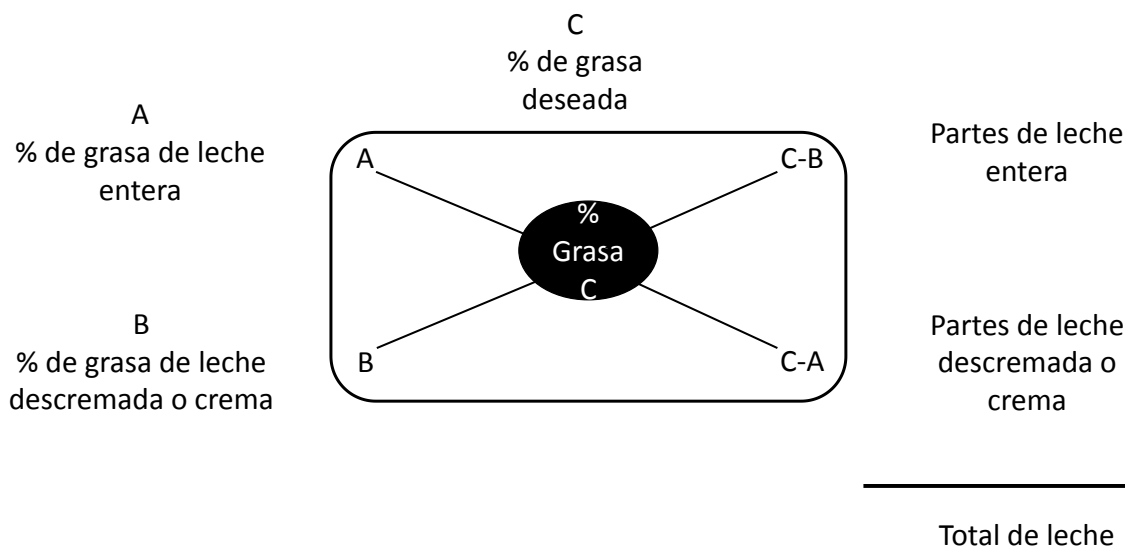


Figura 7. Cuadro de Pearson aplicado en la estandarización de la leche

Descremado. El descremado se llevó a cabo con una separadora centrífuga (ELECREM). Se midió el contenido de grasa de leche entera y a partir de dicho porcentaje se calcularon los litros de leche a descremar para lograr el porcentaje de grasa deseado (3%) para la elaboración del queso.

4.4.2. Pasteurización de la leche

La pasteurización de la leche se llevó a cabo en recipientes de acero inoxidable. Para lograr una correcta homogeneización, la leche se calentó con agitación a 63°C por 30 minutos (FDA, 2007; IDFA, 2016) utilizando parrillas de calentamiento. La temperatura se monitoreó con termómetros digitales. Posteriormente, el recipiente se pasó a tinas con hielo para provocar un choque térmico y disminuir la temperatura de la leche hasta 35°-37°C (temperatura ideal para la enzima coagulante) y de esta manera realizar la coagulación de la leche. Para determinar la eficiencia de la pasteurización, se realizó una evaluación microbiológica de la leche antes y después del tratamiento térmico.

Evaluación microbiológica de la leche. Para analizar la carga microbiana de la leche cruda y pasteurizada, se utilizaron los métodos descritos en las siguientes normas oficiales mexicanas: NOM-110-SSA1-1994 (Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico), NOM-113-SSA1-1994, (Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa), NOM-092-SSA1-1994, (Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa), NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema Producto leche- alimento-lácteo- leche cruda de vaca- especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba y NOM-210-SSA1-2014 (Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos).

Dependiendo del tipo de leche utilizada (cruda o pasteurizada) y de la cantidad de microorganismos que se esperaba encontrar se trabajaron las diluciones presentadas en la Tabla 5.

Tabla 5. Diluciones realizadas en muestras de leche

Alimento	Diluciones	
	Cuenta de bacterias mesófilas aerobias	Cuenta de bacterias coliformes totales
Leche cruda	10 ⁻² , 10 ⁻³ , 10 ⁻⁴	10 ⁻² , 10 ⁻³ , 10 ⁻⁴
Leche pasteurizada	Directa, 10 ⁻¹ , 10 ⁻² , 10 ⁻³ ,	Directa, 10 ⁻¹ , 10 ⁻² , 10 ⁻³ ,

Fuente: Adaptado de Velázquez et al., 2013

Previo a su inoculación, las placas Petri se identificaron con fecha de análisis, tipo de alimento y dilución. La muestra (10 mL de leche) contenida en un tubo se homogenizó agitándola manualmente. Posteriormente, se transfirió 1 mL de muestra a un tubo que contenía 9 mL de diluyente estéril (dilución 10⁻¹). Se homogenizó de nuevo la muestra agitando el tubo manualmente. Se tomó 1 mL de la dilución anterior y se diluyó con 9 mL del diluyente en el tubo siguiente y se realizó lo mismo sucesivamente hasta la obtención de una dilución 10⁻⁴. Las cajas Petri se inocularon con 1 mL de las diluciones previamente preparadas y se vertieron 15 mL de agar (agar cuenta estándar o agar bilis rojo violeta) atemperado a 45°C. El agar y el inóculo se mezclaron con 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en sentido a las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás para delante hasta lograr una completa homogenización y se dejó solidificar. En el caso de la cuenta de bacterias coliformes totales, una vez solidificado el agar, se vertió otra capa de agar (aproximadamente 4 mL) en la superficie del medio inoculado y se dejó solidificar nuevamente. Las cajas se incubaron a 35°C en posición invertida, 24 horas para coliformes totales y 48 horas para bacterias mesófilas aerobias.

Para el caso de la prueba presuntiva de coliformes fecales, se transfirió 1 mL de las diluciones 10⁻¹, 10⁻², y 10⁻³ de la muestra diluida a cada uno de los tubos de caldo lactosado con campana de Durham (verificando que las campanas no tuvieran burbujas en su interior), consecutivamente se incubaron los tubos a 37°C por 24 horas. Una vez transcurrido ese tiempo, se transfirió una asada de los tubos que presentaron formación de gas en la campana de Durham a un tubo de ensayo con caldo verde brillante y se incubaron a 44.5°C por 24 horas. Posteriormente, se examinaron los tubos considerando como prueba positiva la formación de gas en los tubos de caldo verde brillante.

Los resultados de las determinaciones microbiológicas de indicadores se expresaron en unidades formadoras de colonias por mililitro o gramo de producto (UFC/ 1 mL o g). Mientras que la prueba presuntiva de coliformes fecales se expresó en NMP/100 mL.

4.4.3. Cortado y tiempo de agitado de la cuajada

Considerando lo establecido en la literatura (Escoto et al., 2013; Walstra, et al., 2001) respecto a la textura de un queso para que sea considerado queso fresco blando, se seleccionó una medida de corte de 3 cm³. Una vez definida esta medida, se realizaron 3 experimentos; el primero para definir el tipo de corte (con cuchillo o lira) y dos más para definir el tiempo y temperatura de agitado. Estos experimentos se basaron en lo observado en las queserías y ranchería y en los procedimientos citados en la sección 4.1. Después del cortado, el gel se dejó reposar durante 5 minutos para favorecer la sinéresis. Una vez reposado, se agitó constantemente durante 20 minutos a una temperatura de 38°C para evitar una expulsión excesiva de suero. Posteriormente, se llevó a cabo el desuerado y el salado en tina explicado más adelante.

4.4.4. Salado

El porcentaje de sal agregado y el tipo de salado se establecieron considerando lo observado en las visitas de campo así como lo señalado en la literatura consultada mencionadas en el apartado 4.1.

4.5. Estandarización en el prensado del queso de aro

Para determinar el tiempo de prensado ideal, se estudiaron tres distintos periodos de tiempo: 60, 120 y 180 minutos. Durante el prensado a los tiempos ensayados, los quesos se voltearon cada 30, 60 y 90 minutos, respectivamente con la finalidad de homogenizar la forma del producto final. Se utilizó una prensa de tornillo y pesas libres la cual ejerce un peso de 5 kg/kg al producto.

Los distintos tiempos de prensado se ensayaron en 9 experimentos obtenidos a través de un método estadístico univariable siguiendo un orden aleatorio (Tabla 6). Una vez elaborado el queso de aro bajo estas condiciones de prensado, se evaluó la humedad, el rendimiento y la calidad microbiológica después del prensado. Con esto se obtuvieron las condiciones ideales para la estandarización total del proceso y el posterior estudio de vida útil del queso de aro.

Tabla 6. Orden de experimentos aleatorizados

Número de experimentos	orden aleatorio	tiempo de prensado (minutos)	aleatorio
1	3	60	0.627
2	2	60	0.985
3	8	180	0.351
4	6	120	0.177
5	5	120	0.351
6	7	180	0.330
7	1	60	0.632
8	9	180	0.758
9	4	120	0.800

4.5.1. Evaluación microbiológica del queso de aro

Para evaluar la calidad microbiológica del queso elaborado, se realizó la cuenta de coliformes totales en placa (NOM-113-SSA1-1994) y la cuenta de bacterias mesófilas aerobias en placa (NOM-092-SSA1-1994) de acuerdo al procedimiento descrito en la sección 4.4.2.

Se tomaron 10 g de queso molido y se diluyeron con 90 mL de agua peptonada, posteriormente se realizaron las diluciones correspondientes de acuerdo a la Tabla 7.

Tabla 7. Diluciones realizadas en de queso de aro

Alimento	Diluciones	
	Cuenta de bacterias mesófilas aerobias	Cuenta de bacterias coliformes totales
Queso	10^{-2} , 10^{-4} , 10^{-6}	10^{-2} , 10^{-4} , 10^{-6}

Fuente: Adaptado de Velázquez et al., 2013

4.5.2. Análisis de humedad

La humedad se determinó mediante la Norma de la FIL 78C:1991, ISO 5550:1978. Se pesaron 4-6 g de muestra en cada cápsula previamente taradas; se colocaron las cápsulas en la estufa y se mantuvieron a una temperatura de 102°C por 5 horas. Una vez transcurrido este tiempo se transfirieron al desecador; se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se pesaron. El pesado se repitió las veces necesarias hasta obtener un peso constante. Posteriormente, se realizó el cálculo del porcentaje de humedad con los datos obtenidos de acuerdo a la siguiente fórmula:

Cálculos

$$\% H = \frac{P - P_1}{P_2} (100)$$

Donde:

P = es el peso del recipiente con la muestra húmeda en gramos

P_1 = es el peso del recipiente con la muestra seca

P_2 = es el peso de la muestra en gramos

4.5.3. Determinación del rendimiento quesero

A cada uno de los quesos de aro elaborados bajo diferentes tiempos de prensado se les midió el rendimiento quesero real como los gramos de queso obtenidos en relación al peso (volumen por densidad) de leche normalizada. Los resultados se expresaron como kilogramos de queso al final del prensado por cada kilogramo de leche (Villegas, 2012).

$$\% R = \frac{kg_Q}{(L_{LE}) * (\rho_{LE})} (100)$$

Donde:

kg_Q = son los kilogramos de queso obtenidos después del prensado

L_{LE} = son los litros de leche estandarizada

ρ_{LE} = es la densidad de leche estandarizada

4.6. Caracterización de queso de aro comercial

Una vez realizada la estandarización del queso de aro se compararon los parámetros obtenidos en este estudio con quesos de aro comerciales provenientes de las 3 queserías objeto de las visitas de campo. Queso 1, proveniente de Calnali, Hidalgo (Q_C), queso 2, obtenido de Huejutla, Hidalgo (Q_H) y el queso 3 del municipio de Tempoal, Veracruz (Q_T).

Los quesos de aro fueron adquiridos en las queserías el mismo día de su elaboración, colocados en bolsas de plástico y transportados en hieleras a una temperatura entre 8 y 10°C hasta el laboratorio para la realización de los análisis correspondientes.

4.6.1. Caracterización física y química

Para la caracterización física del queso de aro elaborado, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: color, forma, tipo de pasta, peso, ancho y largo siguiendo las recomendaciones de la Norma UNE-87-001-94 y de Chamorro y Losada (2002).

Determinación de humedad. La determinación de humedad se realizó siguiendo el procedimiento descrito en la 4.5.2.

Determinación de acidez titulable. Se realizó de acuerdo a Meyer et al. (1982) y a la NOM-F-206-1986. Se pesaron 10 gramos de queso y se molieron finamente en un mortero. El queso molido se colocó en un matraz volumétrico de 100 mL y se añadió agua destilada a 40°C hasta alcanzar 100 mL. La mezcla se agitó vigorosamente y se filtró la solución. Con una pipeta se tomaron 5 mL del filtrado. Esta cantidad correspondía a 5 g de la muestra en forma de solución. Posteriormente se agregaron 2 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador, se tituló la solución con hidróxido de sodio 0.1 N hasta la aparición de un color rosado tenue. Una vez que el color permaneció por 15 segundos se terminó la titulación y se tomó la lectura del volumen gastado. La acidez del producto se expresó como porcentaje de ácido láctico. El cálculo de la acidez titulable se efectuó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez } g/L_{(\text{ácido láctico})} = \frac{V * N * 90}{M}$$

Donde:

V= mililitros de NaOH gastados

N= normalidad de NaOH (0.1 N)

C= peso equivalente expresado en gramos de ácido predominante en el producto (ácido láctico)

M= peso de la muestra en gramos

Determinación de pH. La determinación de pH en queso se realizó como lo marca la Norma Mexicana NMX-F-099-1970 (SCFI, 1970). Se tomó la muestra realizando un corte desde la corteza hasta el centro de la pieza del queso. De ese corte, se pesó 1 g de la muestra, se molió y se transfirió a un vaso de precipitados con de 10 mL de agua. El potenciómetro se calibró con la solución buffer de 4 y 7. Posteriormente, se realizó la lectura introduciendo el electrodo de membrana de vidrio en el queso disuelto.

4.6.2. Caracterización microbiológica

Se determinó la cuenta de coliformes totales en placa y de bacterias mesófilas aerobias en placa presentes en los quesos de aro comerciales de acuerdo al procedimiento descrito en la sección 4.4.2 y tomando en cuenta las diluciones de la Tabla 7.

4.7. Estudio de vida útil

Se elaboraron 20 quesos de 250 gramos cada uno siguiendo el procedimiento ya estandarizado. Posteriormente, se trasladaron en hieleras manteniendo una temperatura menor a 10°C hasta el punto de análisis. Los quesos fueron almacenados en refrigeración a 4°C en bolsas Ziploc, durante 28 días, tomando 4 muestras cada 7 días; de las cuales dos fueron para realizar el análisis microbiológico y fisicoquímico y dos para el análisis sensorial.

4.7.1. Estudios microbiológicos

Se determinó la presencia de bacterias coliformes (NOM-113-SSA1-1994) y de bacterias mesófilas aerobias (NOM-092-SSA1-1994) de acuerdo al procedimiento descrito en la sección 4.4.2. Así como la presencia de mohos y levaduras de acuerdo a la norma NOM-111-SSA1-1994.

4.7.2. Caracterización física y química

La calidad fisicoquímica del queso de aro fue evaluada tomando en consideración los parámetros siguientes: acidez total, pH, humedad y color. Se tomaron muestras de queso de aro almacenado cada 7 días durante 28 días.

La acidez total y el pH. Se efectuaron de acuerdo a lo descrito en el apartado 4.5.2.

Humedad. Se siguió el procedimiento descrito en la sección 4.5.2.

Color. Se realizó considerando las coordenadas colorimétricas del espacio CIEL*a*b*, siendo L* la luminosidad (con valores comprendidos entre 0 y 100), a* la desviación hacia el rojo (+) y el verde (-) y b* la desviación hacia el amarillo (+) y el azul (-). Para ello se utilizó un espectrocolorímetro (MiniScan, XE Plus) tomando como referencia el observador 10° e

iluminante D65. Las lecturas se tomaron directamente primero sobre la superficie de las muestras y posteriormente en su interior. La medición de color se realizó por triplicado a las muestras tomadas cada 7 días durante los 28 días.

4.7.3. Análisis sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo realizando una prueba pareada con una escala numérica; este método permite detectar pequeñas diferencias entre dos muestras (Wittig, 2001). Es ampliamente utilizado para evaluar la calidad de un producto y para saber cuál es el atributo principal que determina la diferencia del mismo.

Las pruebas se llevaron a cabo semanalmente, en el Laboratorio de Análisis sensorial del edificio de Química en Alimentos. Se utilizó un panel conformado por 25 panelistas semientrenados con una edad comprendida entre los 20 y 60 años. Las pruebas se realizaban después de comprobar que la calidad microbiológica del queso fuera adecuada para evitar cualquier problema de salud en los panelistas.

A cada juez se le presentaron dos muestras de aproximadamente 30 gramos cada una. Una muestra era un control, que en este caso representaba el queso almacenado y una muestra problema la cual representaba un queso fresco elaborado bajo las mismas condiciones cada semana.

Para el análisis de la calidad sensorial del queso de aro estandarizado, la prueba se dividió en tres partes (medición de la diferencia a través de la escala sensorial, evaluación de la calidad gustativa y descripción de atributos en los que se basa la diferencia). La escala que se utilizó para la prueba pareada realizada constó de 6 puntos, donde 0 representaba que no había diferencia y 6 que eran extremadamente diferentes.

Para determinar la calidad gustativa (sabor y aroma) del queso de aro estandarizado recién elaborado (problema) y el queso de aro almacenado (control), se les presentó a cada panelista una muestra de aproximadamente 30 g de cada queso y estos debían responder si la calidad gustativa percibida en el queso recién elaborado era superior o inferior que la del queso almacenado. La ficha de cata se muestra en la Figura 8.

Nombre:	
Fecha:	
Muestra: Queso fresco de aro	
<p>Por favor pruebe las muestras que se presentan, de izquierda a derecha. Sírvase indicar con una (X) si hay diferencia entre ambas muestras.</p>	
Escala	
No hay diferencia	_____ 0 _____
Diferencia muy pequeña	_____ 1 _____
Diferencia pequeña	_____ 2 _____
Diferencia moderada	_____ 3 _____
Gran diferencia	_____ 4 _____
Extremadamente diferentes	_____ 5 _____
La calidad gustativa de la muestra es	
Inferior al control	_____
Superior al control	_____
La diferencia se basa en	
Color	_____
Olor	_____
Sabor	_____
Textura	_____
Comentarios	

Gracias	

Figura 8. Ficha de cata utilizada para la evaluación sensorial del queso de aro

Análisis estadístico de los datos. Los datos experimentales obtenidos se examinaron estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA). Además, se realizó la comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. Para el análisis de los datos se empleó el programa Minitab versión 17.

4.8.Elaboración de un diagrama de flujo del queso de aro

Se elaboró un diagrama de flujo para la elaboración del queso de aro, basado en las condiciones estandarizadas y optimizadas así como en la vida de anaquel calculada.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Visitas de campo y consulta de fichas técnicas de elaboración de queso de aro

Resulta muy complejo cuantificar el número de pequeñas agroindustrias queseras existentes en México, debido en buena medida a su dispersión, a la informalidad en la que se encuentran la mayor parte de ellas y a la ausencia de estudios respecto al tema (Cervantes y Villegas, 2013). Debido a lo anterior, no fue posible establecer de una manera fidedigna un número total de queserías y rancherías con producción tradicional-artesanal de queso de aro, ubicadas en la zona de estudio. Durante las visitas de campo se ubicaron alrededor de 50 queserías y rancherías de las cuales, solo 3 queserías y una ranchería permitió el acceso para la observación del proceso de elaboración.

La renuencia de los queseros artesanales a compartir su proceso de elaboración provenía principalmente de la desconfianza tanto a las autoridades como a la competencia, ya que los principales argumentos para la negativa fueron que podría tratarse de una inspección sanitaria, o una especie de intromisión por parte de otros queseros.

Durante las visitas a las distintas queserías y derivado de la revisión bibliográfica, se observó que la producción de queso de aro se realiza sin un proceso controlado o estandarizado. Los factores comunes que se identificaron fueron: la inexistencia de un diagrama de proceso, la falta de pasteurización y estandarización de la leche, tiempos y temperaturas de agitado no controlados, falta de homogenización en el contenido de sal añadida así como la falta de prensado en el producto.

5.2. Caracterización fisicoquímica de la leche cruda

En la Tabla 8 y en la Tabla 9 se muestran los resultados promedio correspondientes a los parámetros medidos como pruebas de plataforma y los obtenidos mediante el analizador de leche, respectivamente. Estos resultados fueron comparados con los valores establecidos en el Manual de Normas de Control de Calidad de Leche Cruda clave VST-DP-NR-005, así como en la NOM-155-SCFI-2012.

Se encontró que respecto al porcentaje de proteína (2.86-2.94%) y lactosa (3.77-3.80%), la leche procedente de ambos ranchos presentó valores inferiores a los establecidos (3.4 y 4.9%, para proteína y lactosa, respectivamente). Mientras que en el contenido de sólidos no grasos, los dos ranchos cumplen con lo establecido por las normas, donde se especifica un mínimo de 8.3%.

Tabla 8. Valores promedio de las pruebas de plataforma realizadas en leche cruda

Parámetros medidos	Unidades	Rancho 1	Rancho 2
Densidad	g/mL	1.031 ^a ± 0.01	1.032 ^a ± 0.01
Acidez titulable	°D	19 ^a ± 0.05	18 ^a ± 0.02
pH		6.59 ^a ± 0.61	6.61 ^a ± 0.96
Grasa	%	3.2 ^a ± 2.48	3.4 ^a ± 1.62
Sólidos totales	%	12.04 ^a ± 1.56	12.77 ^a ± 2.54

Los datos indican el valor medio ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

Tabla 9. Valores promedio obtenidos mediante el analizador de leche

Parámetros medidos	Unidades	Rancho 1	Rancho 2
Grasa	%	3.65 ^a ± 0.70	3.60 ^a ± 0.09
Sólidos no grasos	%	8.81 ^a ± 0.29	8.54 ^a ± 0.32
Densidad (20°C)	g/mL	1.031 ^a ± 0.001	1.030 ^a ± 0.002
Lactosa	%	3.80 ^a ± 0.03	3.77 ^a ± 0.03
Proteína	%	2.86 ^a ± 0.27	2.94 ^a ± 0.37
Agua	%	16.27 ^a ± 2.12	15.02 ^a ± 2.53
Temperatura	°C	26 ^a ± 5.21	27 ^a ± 6.12
Punto crioscópico	°C	-0.498 ^a ± 0.04	-0.520 ^a ± 0.05
pH		6.66 ^a ± 0.005	6.64 ^a ± 0.003
Conductividad	mS/cm	4.23 ^a ± 0.12	4.31 ^a ± 0.14

Los valores fueron comparados con el rango de medición establecido en el manual de operaciones del analizador de leche. Los datos indican el valor medio ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

En cuanto al valor del punto crioscópico, la leche del rancho 1 presenta un valor superior al establecido por las normas (-0.510 a -0.536°C) donde se menciona que valores más cercanos a cero indican adulteración con agua. El aumento del valor de este parámetro se debe a que la lactosa y las sales minerales se encuentran en solución y cuando se le agrega agua a la leche se diluyen sus solutos (Maracaibo, 2002). Lo observado en este estudio para la leche procedente del Rancho 1 coincide con lo reportado por Escoto et al. (2013) quienes estudiaron la calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo donde los valores del punto crioscópico y la acidez, principalmente de la cuenca lechera de Tizayuca, indicaron una posible adulteración.

En el caso del contenido de grasa, la leche de los dos ranchos presentó valores superiores al 3%, sin embargo, los resultados fueron muy variables tanto entre los métodos (Gerber y lactoscan) como entre las muestras. Las normas mencionadas anteriormente establecen 3% como valor de grasa mínimo que debe tener la leche cruda entera 3% y no establecen un valor máximo.

En general, los componentes de la leche presentan variaciones importantes en función de numerosos factores relativos tanto al animal como al ambiente en que se desarrolla. Los principales factores de variación relacionados con el animal son fisiológicos (estado de salud, edad y periodo de lactancia), alimenticios (composición y nivel energético del alimento) y factores genéticos (raza). Por ejemplo, la edad de la vaca influye principalmente en la producción de leche y en el porcentaje de materia grasa mientras que durante el periodo de lactancia (casi diez meses) se modifica la concentración de grasa, proteína y lactosa. Por su parte, la alimentación y la raza de la vaca influyen principalmente en la cantidad porcentual de los componentes orgánicos de la leche (Manual de Normas de Control de Calidad de Leche Cruda clave VST-DP-NR-005).

En cuanto a los factores relacionados con el ambiente, los más importantes son las condiciones climáticas, estación del año, el horario y forma de ordeña entre otros (Manual de Normas de Control de Calidad de Leche Cruda clave VST-DP-NR-005; Martínez et al., 2011). Así, se tiene que el contenido graso, de lactosa y de proteína (en menor proporción) varía más durante el verano que durante el invierno. Se ha observado que debido al aumento de temperatura durante el verano estos componentes disminuyen mientras que el contenido de minerales aumenta para mantener la presión isosmótica en la glándula mamaria (Avila y Gutiérrez, 2010).

5.3.Elaboración del queso de aro

El objetivo de elaborar un queso de acuerdo a las observaciones realizadas en las visitas de campo y a lo consultado en la literatura fue identificar los parámetros principales que influyen negativamente en la elaboración de este tipo de queso. Partiendo de esto, se determinaron

condiciones que deben controlarse antes de realizar la estandarización en el tiempo de prensado.

5.3.1. Estandarización de la leche

El conocimiento de la grasa butírica de la leche destinada para quesería es esencial, ya que en la fabricación de cualquier tipo de queso es necesario estandarizar el nivel de grasa con el fin de obtener un cociente grasa/proteína adecuado, siendo (9/11 y 9/10) las relaciones más adecuadas en leche destinada para elaboración de quesos frescos, ya que se ha demostrado que esta relación ayuda a fijar hasta 3 gramos de agua en queso fresco, lo cual influye directamente en el rendimiento quesero y en las características organolépticas del queso fresco (Rodríguez y Novoa, 1993; Walstra et al., 2006; Villegas, 2012).

La estandarización de la leche se enfoca al ajuste del contenido de materia grasa ya que es el parámetro que presenta mayor variabilidad. En cambio, el contenido proteico tiende a mantenerse constante (Rodríguez y Novoa, 1993). Este hecho se corroboró durante el presente estudio ya que se observó que el contenido de grasa en la leche era muy variable entre cada análisis. Como ya se mencionó en el apartado 5.2, el contenido de grasa de la leche esta influenciado por distintos factores, entre ellos, la edad, el periodo de lactancia y la raza. Respecto a la raza, se observa que mientras la Holstein presenta un promedio de 3.5% de grasa, la raza Pardo Suizo presenta valores de 3.8% hasta 4.2%. Respecto a la lactancia, dependiendo el periodo de lactación; el porcentaje de grasa puede variar desde 1.6% a 8.1% (Avila y Gutiérrez, 2010).

Estas diferencias en el contenido de grasa podrían acarrear como consecuencia que las características tanto fisicoquímicas como sensoriales del queso cambiaran y que no se lograra una estandarización correcta, es por ello que fue necesario establecer un contenido de grasa fijo para la elaboración del queso de aro. Debido a que no hay referencias sobre el contenido de grasa que debe tener la leche destinada a la elaboración de este tipo de queso en específico, se propuso un valor de 3% de acuerdo a lo observado en las visitas de campo y debido a que en el caso de un queso panela, que es un queso fresco similar al de aro, un porcentaje por debajo de 2.6 provoca quesos muy consistentes y “hulosos” mientras que por encima de 3, provoca quesos blandos y deformables (Villegas, 2012).

5.3.1. Acidez de la leche

La acidez de la leche cruda proveniente de ambos ranchos se encontró en un rango de 17-20°D. Para la elaboración de queso de aro, no existen valores establecidos de acidez de la leche utilizada como materia prima y según López (2004) en la elaboración de queso ranchero no es necesario adicionar ningún ácido o bacteria iniciadora a la leche para establecer un contenido determinado de acidez, ya que al tratarse de un queso fresco, no se

busca que dicha acidez influya organolépticamente en el queso. Por lo tanto, se estableció que el contenido de acidez para este tipo de queso sería la misma que presentó la leche durante su recolección ya que valores superiores provocarían precipitación de proteínas durante el tratamiento térmico mientras que valores menores de acidez darían como resultado características sensoriales del producto final no propias de un queso de aro.

5.3.2. Pasteurización de la leche

La leche utilizada para la elaboración tradicional-artesanal de queso de aro suele ser cruda, lo que aunado a incorrectas prácticas de higiene supone el principal riesgo de contaminación del producto final. Es por ello que en el presente estudio, la leche utilizada como materia prima para la elaboración del queso se pasteurizó. Para determinar la eficiencia de dicho tratamiento, se determinó la calidad microbiológica de la leche antes y después del pasteurizado.

En las Tabla 10 y 11 se muestran los recuentos de los principales indicadores microbiológicos y prueba presuntiva para coliformes fecales, respectivamente, realizados para leche cruda y leche pasteurizada por pasteurización LTLT.

Tabla 10. Recuentos microbiológicos en leche cruda y leche pasteurizada

Número de Experimento	Coliformes totales Log UFC/mL		Bacterias mesófilas aerobias Log UFC/mL	
	Leche cruda	Leche pasteurizada	Leche cruda	Leche pasteurizada
1	5.45	1.84	5.33	<1
2	5.3	<1	5.3	<1
3	5.25	1.23	5.7	1.45
Media ± SD	5.33^a ± 0.10	1.02^b ± 0.94	5.44^a ± 0.22	0.48^b ± 0.84

<1: Placas sin colonias, se reporta la cuenta en placa como menor que el valor de la dilución más baja usada de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994. Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas).

Superíndices diferentes dentro de la misma fila denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

Tabla 11. Prueba presuntiva para microorganismos coliformes fecales

Leche cruda	Leche pasteurizada
NMP/100 mL	NMP/100 mL
3	<3
6	<3
3	<3

NMP (número más probable) con 95% de límite de confianza para varias combinaciones de resultados positivos y negativos usando 3 diluciones. NOM-210-SSA1-2014

Los recuentos de los grupos microbianos analizados fueron altos en la leche cruda y disminuyeron significativamente al someterla a pasteurización. A su vez, la ausencia de coliformes fecales, determinada mediante una prueba presuntiva, demuestra que la pasteurización realizada a 63°C con un tiempo de retención de 30 minutos fue eficiente para la destrucción de dichos microorganismos.

Estos resultados fueron comparados con lo establecido por la NOM-091-SSA1-1994 y la NOM-243-SSA1-2010 que especifican que el límite máximo permitido para organismos coliformes totales es de <10 UFC/mL y 30 000 UFC/mL para mesófilos aerobios.

Barrera (2012), en un estudio sobre la calidad microbiológica para leche pasteurizada por el método de LTLT reporta un promedio general de 3.49 Log UFC/mL para bacterias mesófilas, valor considerablemente mayor comparado a lo obtenido en este trabajo y un valor promedio de 1.079 Log UFC/mL para coliformes totales, valor similar al obtenido en este estudio. Por otro lado, Luigi et al. (2013) observaron gran variabilidad en los recuentos de bacterias aerobias mesófilas y coliformes totales encontrados en leche pasteurizada estableciendo un promedio de 2.29 y 1.89 expresado en logaritmos. Por otra parte es importante mencionar que tanto la pasteurización HTST como LTLT tienen una eficiencia únicamente de 95% a 99% y que dicha eficiencia depende directamente de la calidad microbiológica inicial de la leche cruda (Walstra et al., 2006; Villegas, 2012; Barrera, 2012).

5.3.3. Cortado y tiempo de agitado a la cuajada

Cada quesería guarda técnicas y procedimientos específicos sobre la elaboración de sus distintos tipos de quesos que las hace únicas en una región, ciudad o país. Mientras se realizaron las visitas de campo se fueron descubriendo estas técnicas y “secretos”, como lo llaman los productores, empleados en la elaboración de queso de aro para lograr todas sus características en conjunto. De estas visitas se tomaron ciertas notas acerca del tipo de corte (Figura 9) y el tiempo de agitado y al complementarlo con la literatura y los consejos de expertos en la elaboración de quesos se logró establecer un procedimiento correcto con sus

parámetros correspondientes para llegar a la obtención de las características propias del queso de aro.



Figura 9. Cortado y agitado del gel

De acuerdo a Villegas (2012) es importante efectuar un buen corte del gel en el punto correcto de consistencia para evitar pérdidas de grasa (estas pueden ser desde 0.1% hasta 1%) y de material caseínico en forma de polvo de caseína en el suero, esto suele ocurrir cuando el corte se efectúa sin los instrumentos adecuados o cuando la maduración de la cuajada aun es prematura.

En otro contexto, Walstra et al. (2001) mencionan que durante el fenómeno de la sinéresis, a nivel molecular se van creando enlaces entre los grupos de micelas formando una red de micelas de paracaseína y glóbulos grasos con muy baja permeabilidad que depende principalmente del tamaño del corte, la temperatura y la agitación de la cuajada. Por ejemplo, la influencia de la temperatura durante el agitado es tan grande que si esta disminuye puede detenerse la sinéresis, mientras que una temperatura considerablemente elevada (38° a 40°C) da lugar a la expulsión de suero en menor tiempo.

5.3.4. Salado

Algunos autores como Estrella (2013) y López (2004) mencionan porcentajes de sal de 1-3% y 1.8-3% en la elaboración de queso de aro. El nivel de salado está directamente relacionado con factores culturales y sociales como lugar donde se elabora el queso o costumbres de una región. Sin embargo, en base a lo reportado en las fichas técnicas de Escoto et al. (2006) y Ramírez y Velez (2012) y a lo observado en las queserías y rancherías visitadas, se estableció utilizar un porcentaje de sal de 3-4% como ideal, realizar un salado en tina, con desuerado total, con un tiempo de reposo de 5 minutos.

Walstra et al. (2006) describe que después de aproximadamente 5 o 10 minutos de reposo durante el salado en tina se alcanza la absorción de sal adecuada, esta velocidad está influenciada directamente por la temperatura, el tamaño del grano y la cantidad de sal añadida.

Las variables controladas para la estandarización del proceso de elaboración del queso de aro se resumen en la Tabla 12.

Tabla 12. Estandarización del proceso de elaboración del queso de aro

Variable a controlar	Condiciones
Estandarización de la leche	3% de grasa 12-14% sólidos totales
Acidez de la leche	17-20°D
Pasteurización de la leche	Pasteurización LTLT 63°C por 30 minutos
Cortado y tiempo de agitado a la cuajada	Cortado: cubos homogéneos de 3 cm ³ con cuchillo o lira Agitado 20 minutos a 38°C
Contenido de sal del queso de aro	Salado en tina 3-4% de sal

Flores et al. (2016) concluyen que para lograr la estandarización y optimización de un procedimiento de elaboración de un queso, es necesario partir de condiciones controladas como acidez de la leche, ajuste de sólidos totales, tiempos y temperaturas de agitación definidos, etc. De este modo se puede lograr un mayor rendimiento así como homogeneidad durante la producción.

5.4. Estandarización en el prensado del queso de aro

El objetivo de evaluar la calidad microbiológica de la leche destinada para el estudio de la elección del tiempo de prensado fue descartar que cualquier contaminación microbiológica en el queso fuera debida a la leche ya pasteurizada y determinar si el tiempo de prensado influía en la contaminación del queso.

5.4.1. Evaluación microbiológica del queso de aro

En la Tabla 13 se muestran los recuentos de coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias realizados para leche cruda y leche pasteurizada para los 9 experimentos de la elección del mejor tiempo de prensado. La media de los grupos de microorganismos fue expresada en Log UFC/mL.

Tabla 13. Recuentos microbiológicos en leche cruda y leche pasteurizada

Número de Experimento	Coliformes totales Log UFC/mL		Bacterias mesófilas aerobias Log UFC/mL	
	Leche cruda	Leche pasteurizada	Leche cruda	Leche pasteurizada
60 minutos de prensado				
1	5.45	1.84	5.33	<1
2	5.75	1.85	5.53	<1
3	5.3	1.74	5.3	<1
Media ± SD	5.50 ^a ± 0.23	1.81 ^b ± 0.06	5.39 ^a ± 0.13	0.00 ^b ± 0.00
120 minutos de prensado				
4	5.25	1.74	5.7	1.62
5	5.2	1.43	5.17	<1
6	5.17	1.36	5.47	<1
Media ± SD	5.21 ^a ± 0.04	1.51 ^b ± 0.20	5.45 ^a ± 0.27	0.54 ^b ± 0.94
180 minutos de prensado				
7	5.23	1.45	5.3	<1
8	5.17	1.93	5.55	1.61
9	4.96	1.94	4.91	1.72
Media ± SD	5.12 ^a ± 0.14	1.77 ^b ± 0.28	5.25 ^a ± 0.32	1.11 ^b ± 0.96

<1: Placas sin colonias, se reporta la cuenta en placa como menor que el valor de la dilución más baja usada de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994.

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

Como se observa, los recuentos microbiológicos de la leche pasteurizada son muy bajos comparados estadísticamente con los recuentos de la leche cruda. Por lo tanto, se esperaba que los recuentos microbiológicos en queso debieran ser bajos de igual manera.

Determinación de microorganismos coliformes totales en queso después del prensado

Los resultados obtenidos del recuento de microorganismos coliformes totales para los tres tiempos de prensado se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Recuento de coliformes totales para los tres tiempos de prensado

Número de tratamiento	Tiempo de prensado (min)		
	60	120	180
	Log UFC/g Coliformes totales		
muestra 1	1.45	1.42	1.39
muestra 2	1.48	1.37	1.47
muestra 3	1.51	1.48	1.55
Media ± SD	1.48^a ± 0.03	1.42^a ± 0.06	1.40^a ± 0.04

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

Determinación de bacterias mesófilas aerobias en queso después del prensado

Tabla 15. Recuento de bacterias mesófilas aerobias para los tres tiempos de prensado

Número de tratamiento	Tiempo de prensado (min)		
	60	120	180
	Log UFC/g Bacterias mesófilas aerobias		
muestra 1	<1	1.84	1.57
muestra 2	1.91	1.76	1.61
muestra 3	1.89	<1	1.84
Media ± SD	1.27^a ± 1.10	1.20^a ± 1.04	1.67^a ± 0.15

<1: Placas sin colonias, se reporta la cuenta en placa como menor que el valor de la dilución más baja usada de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994. Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia estadísticamente significativa con 95% de confianza.

Tanto en el recuento de microorganismos coliformes como de bacterias mesófilas aerobias se observa un valor más alto en el tiempo de prensado de 180 minutos debido quizá a una posible contaminación post-pasteurización durante el prensado, relacionada con el tiempo que estuvo el producto en contacto con el exterior. Sin embargo, las diferencias observadas en los recuentos no son significativas estadísticamente, razón por la cual se eligió el tiempo de prensado menor considerando también los demás parámetros estudiados.

En un estudio realizado por Recinos (2007) se demostró que mientras la calidad microbiológica de la leche sea buena, el prensado no afecta las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso.

5.4.2. Análisis de humedad

La media de los resultados obtenidos del análisis de humedad en los quesos con tiempos de prensado de 60, 120 y 180 minutos se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Valores de humedad en los tres tiempos de prensado

Número de tratamiento	Tiempo de prensado (min)		
	60	120	180
muestra 1	53.56	54.38	48.41
muestra 2	54.95	54.13	48.01
muestra 3	54.47	51.53	48.04
Media (%) ± SD	54.33^a ± 0.710	53.35^a ± 1.576	48.15^b ± 0.220

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

Se observa que a mayor tiempo de prensado menor es el porcentaje de humedad retenido en el queso. Estadísticamente se observa diferencia significativa en el contenido de humedad del queso después de 180 minutos de prensado con respecto a los dos tiempos restantes.

Visualmente, después de 180 minutos de prensado se comenzó a generar una corteza debido a la deshidratación excesiva que sufrieron las proteínas superficiales del queso, mientras que su interior dejó de ser granular y se convirtió en un gel de pasta seca completamente cerrada, lo cual se considera un defecto ya que de acuerdo a la descripción general del queso de aro, este no contiene corteza y la pasta interior debe ser blanda, desmoronable, y granular, con pequeñas cavidades de origen mecánico (Silva, 2000; Chamorro y Losada, 2002; Villegas, 2012). Lo anterior también se tomó en cuenta para la elección del tiempo ideal de prensado ya que uno de los principales objetivos de la investigación fue estandarizar las mejores condiciones de prensado sin afectar las características que definen a este producto.

5.4.3. Determinación del rendimiento quesero

En este estudio, el cálculo del rendimiento quesero permitió identificar qué tanto se ve afectado el rendimiento real del queso de aro con respecto a los distintos tiempos de prensado empleados. Esta determinación, sumada al cálculo de humedad y los recuentos microbiológicos, permitieron identificar el tiempo ideal de prensado.

En la Tabla 17 se muestra la media del porcentaje del rendimiento final del queso para los tres tiempos de prensado.

Tabla 17. Porcentaje de rendimiento final en los distintos tiempos de prensado

Número de tratamiento	Tiempo de prensado (min)		
	60	120	180
muestra 1	13.87	13.48	10.08
muestra 2	13.97	12.92	10.15
muestra 3	13.79	12.62	10.09
Media (%) ± SD	13.88^a ± 0.093	13.01^b ± 0.436	10.11^c ± 0.037

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma fila denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza

Al igual que con el porcentaje de humedad, en el rendimiento quesero también se observó una disminución a un mayor tiempo de prensado, presentando una correlación muy cercana a 1 entre estas dos variables estudiadas (Anexo 1). Estadísticamente, los resultados son significativamente distintos, sin embargo en la gráfica se observa que entre el tiempo 1 y 2 la diferencia es mínima comparada con el tiempo 3.

De acuerdo a Walstra et al. (2006) el rendimiento del queso está en función de la calidad de la leche, en particular del contenido de proteínas, especialmente caseínas y grasa; razón principal por la que es necesario establecer una relación grasa/proteína durante la estandarización del queso. El rendimiento también depende de las operaciones realizadas durante la elaboración del queso, como el corte y temperatura de la cuajada. Sin embargo, de acuerdo a lo observado en las queserías y rancherías visitadas, los fabricantes relacionan este rendimiento con el contenido de suero que queda retenido en el gel, el cual se expulsa durante el transporte causando múltiples problemas principalmente económicos y microbiológicos.

Con base en los resultados obtenidos se eligió el primer tiempo de prensado (60 minutos) como el ideal ya que se observó que utilizando este tiempo, las características que definen al queso de aro se conservaron, tales como su tipo de pasta, la cual a pesar de la disminución de humedad (hasta 54.33%) se encuentra aún en la clasificación de quesos frescos de pasta blanda. Además, se obtuvo un rendimiento mayor (13.88%) al mencionado por los queseros entrevistados durante las visitas de campo, quienes obtienen generalmente un rendimiento de

10 a 12%. Del mismo modo, el rendimiento obtenido fue mayor al 10% reportado por Villegas (2012), quien atribuye el bajo rendimiento al corte de la cuajada, entre otros factores, ya que este se realiza de manera inadecuada con utensilios toscos como palas de madera que dañan al delicado gel provocando pérdida de sus componentes, principalmente proteicos.

Dependiendo del tipo de queso que se desee elaborar, es posible manipular el tiempo de prensado para conseguir las características deseadas en el producto final ya que dicho tiempo es directamente proporcional al porcentaje de extracto seco e inversamente proporcional al porcentaje de humedad (Torres y Gudiño, 2008).

El objetivo de la estandarización del tiempo de prensado fue demostrar que incluyendo el prensado en las operaciones para la elaboración de queso se puede corregir el desuerado excesivo durante su almacenamiento, transporte, y exposición para su venta. De este modo, el rendimiento quesero no se verá afectado siempre y cuando se tenga un buen control en las variables del procedimiento de elaboración, se puede mantener dicho rendimiento o inclusive aumentarlo.

5.5. Caracterización de queso de aro comercial

La comparación del queso de aro elaborado bajo condiciones controladas con un queso de aro comercial fue de gran utilidad para verificar en qué magnitud afectan las mejoras realizadas durante su proceso de elaboración y cómo éstas afectan directamente las características principales que definen a este queso.

5.5.1. Caracterización física y química

En la Tabla 18 se muestra la descripción física de los quesos de aro provenientes de las distintas queserías visitadas (Q_C , queso de Calnali, Q_H queso de Huejutla y Q_T queso de Tempoal). Por razones ajenas a la investigación, no fue posible muestrear en la rancharía visitada en Ixtlahuaco. En la misma tabla se muestra la descripción del queso de aro y los datos promedio obtenidos de humedad, acidez y pH y se compara con el queso obtenido en este estudio (Q_E , queso estandarizado).

Como ya se mencionó anteriormente, existe escasa información acerca del queso de aro por lo que los datos obtenidos fueron comparados con los reportados por López (2004) y Villegas (2012) quienes describen que un queso de aro es de un color que va desde blanco brillante hasta ligeramente amarillo dependiendo del contenido de grasa de la leche y se presenta en forma cilíndrica de escasa altura con un peso que va desde los 200 gramos hasta 1 kg.

Tabla 18. Caracterización física y química de los quesos de aro comerciales obtenidos de las queserías visitadas

Caracterización física				
	Q_C	Q_H	Q_T	Q_E
Apariencia				
Forma	Cilíndrica	Cilíndrica irregular	Cilíndrica irregular	Cilíndrica
Tipo de pasta	Blanda y granular	Blanda y cerrada	Blanda y granular	Blanda y granular
Color	Blanco amarillento	Blanco	Beige blanquizco	Blanco amarillento
Medidas				
Peso (g)	350.01 ^a ± 5.500	395.34 ^b ± 5.030	390.66 ^c ± 3.210	400.33 ^d ± 1.52
Altura (cm)	3.99 ^a ± 0.005	3.90 ^{ab} ± 0.170	3.77 ^b ± 0.570	4.49 ^b ± 0.005
Ancho (cm)	11.29 ^a ± 0.010	12.13 ^b ± 0.150	11.61 ^c ± 0.470	11.53 ^d ± 0.005
Humedad (%)	63.89 ^a ± 0.680	60.81 ^b ± 0.060	58.44 ^c ± 0.100	54.33 ^d ± 0.710
Acidez (g/L)	0.86 ^a ± 0.011	0.75 ^b ± 0.011	0.46 ^c ± 0.011	0.92 ^d ± 0.040
pH	6.41 ^a ± 0.005	5.84 ^b ± 0.025	5.98 ^c ± 0.005	5.73 ^d ± 0.000

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

En cuanto a sus características fisicoquímicas, el queso de aro tiene un porcentaje de humedad que va de 46 a 57% y un pH entre 5 y 6 (Ramírez y Vélez, 2012; Villegas, 2012). Por su parte, Estrella (2013) menciona que este tipo de queso puede contener arriba de 60% de humedad debido a la falta de prensado, como se observa en las muestras Q_C y Q_H.

Las características tanto visuales como fisicoquímicas de los quesos comerciales y del elaborado en este estudio son similares, a excepción del porcentaje de humedad que fue menor en el queso estandarizado debido posiblemente al prensado al que fue sometido. Valores altos de humedad son indeseables en el queso de aro debido a que pueden favorecer el crecimiento microbiano y mal aspecto en el producto.

5.5.2. Caracterización microbiológica

En la tabla 19 se presentan los valores microbiológicos obtenidos de los quesos de aro comerciales. La NOM-243-SSA1-2010 referente a disposiciones y especificaciones sanitarias de la leche y derivados no define el número máximo permisible para microorganismos coliformes totales ni para bacterias mesófilas aerobias en quesos frescos.

Tabla 19. Recuentos de microorganismos indicadores obtenidos de queso de aro comercial

Queso comercial	Microorganismos indicadores	
	Log UFC/g	
	Coliformes totales	Bacterias mesófilas aerobias
Q _C	5.32 ^a ± 0.09	7.14 ^a ± 0.08
Q _H	5.17 ^b ± 0.04	5.33 ^b ± 0.21
Q _T	6.26 ^b ± 0.14	6.26 ^c ± 0.14

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la calidad microbiológica de los quesos de aro comerciales es inadecuada, ya que presentó recuentos altos tanto para coliformes totales como para bacterias mesófilas por lo que su consumo podría implicar riesgo de transmisión de enfermedades alimentarias, además del acortamiento de su vida útil debido a alteraciones fisicoquímicas y sensoriales.

Diversos estudios han demostrado que el queso fresco elaborado con leche cruda presenta altos recuentos de microorganismos indicadores, tal es el caso de González y Franco (2015) quienes analizaron queso de aro comercializado en el municipio de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, encontrando valores promedio de 6.94 Log UFC/g y 8.14 Log UFC/g de coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias, respectivamente. Por su parte, Reséndiz et al. (2012) reportaron valores de 6.88 Log UFC/g para bacterias mesófilas aerobias, 2.98 Log NMP/g para coliformes totales y 2.92 Log NMP/g para coliformes fecales en un queso artesanal elaborado con leche cruda en Tuzupan, Puebla. Resultados similares también se obtuvieron durante el análisis de queso fresco venezolano analizado por Maldonado y Llanca (2008) quienes encontraron valores de 9.63 Log UFC/g para mesófilos aerobios y 6.94 Log NMP/g para coliformes totales, valores que sobre pasan lo recomendado por las normas venezolanas.

Recuentos elevados de microorganismos indicadores en quesos frescos, incluido el de aro, podría deberse a dos posibles situaciones; la utilización de leche cruda para la elaboración de los quesos y/o contaminación post-pasteurización debida a factores como malas prácticas de

higiene tanto del personal como de los equipos y utensilios de trabajo, contaminación del aire y almacenamiento inadecuado del producto final (Salustiano et al., 2009). La contaminación post-pasteurización es uno de los principales factores limitantes para el mantenimiento de la calidad de leche pasteurizada y sus derivados lácteos.

Debido a que los recuentos de microorganismos indicadores obtenidos en los quesos de aro comerciales analizados, se descartó la posibilidad de realizar el estudio de vida útil del queso de aro estandarizado comparándolo con un queso comercial, ya que el estudio sensorial representaría un riesgo para los catadores.

5.6. Estudio de vida útil

5.6.1. Estudios microbiológicos

Los resultados del recuento de microorganismos indicadores durante los días de almacenamiento del queso de aro elaborado de acuerdo al procedimiento estandarizado se muestran en la Tabla 20. Durante las tres primeras semanas de almacenamiento del queso (día 0 al día 21) no se observó crecimiento de ningún tipo de microorganismo analizado. Sin embargo, a partir del día 28, las muestras presentaron crecimiento de coliformes totales y mesófilos aerobios. Debido a ello, las pruebas sensoriales correspondientes a la cuarta semana de almacenamiento ya no se llevaron a cabo, ya que podrían representar un riesgo de salud para los panelistas.

Tabla 20. Resultados del análisis microbiológico durante el almacenamiento del queso de aro elaborado

Días de almacenamiento	Microorganismos indicadores Log UFC/g		
	Coliformes totales	Mesófilos aerobios	Mohos y levaduras
0	<1	<1	<1
7	<1	<1	<1
14	<1	<1	<1
21	<1	<1	<1
28	2.13 ± 0.02	2.24 ± 0.01	<1

<1: Placas sin colonias, se reporta la cuenta en placa como menor que el valor de la dilución más baja usada de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994. Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas).

Considerando los resultados obtenidos, se tomó el día 21 como punto final de la vida útil del queso de aro estandarizado desde el punto de vista microbiológico ya que hasta ese momento no ocurrieron alteraciones. Este periodo de vida útil es mayor al esperado para un queso fresco que suele ser de aproximadamente 15 días bajo almacenamiento refrigerado (4°C). En efecto, Cristóbal y Maurtua (2003) comprobaron en un estudio realizado a queso fresco, que a temperatura ambiente, el crecimiento microbiano aumentó en cuestión de horas reduciendo la vida útil del queso de 15 días a tan solo entre 78 y 82 horas. Del mismo modo, el periodo de vida útil obtenido para el queso de aro elaborado mediante el proceso estandarizado, es mayor que el reportado por Restrepo y Montoya (2010) para un queso fresco almacenado a 4°C (2 semanas) ya que estos autores reportaron crecimiento de coliformes totales, mohos y levaduras a partir de la tercera semana de almacenamiento.

En algunos casos, el tiempo de vida útil es todavía menor a los mencionados, por ejemplo, en el municipio de Tetlatlahuaca, Tlaxcala una de las principales preocupaciones de los queseros es que el queso de aro que elaboran solo conserva sus características por 7 días a partir de la fecha en la que se produce, lo que conlleva a grandes pérdidas económicas. Este tiempo de vida útil se atribuye a que el queso se elabora con leche cruda (Casín et al., 2007).

López (2004) menciona que estandarizando el proceso de elaboración del queso ranchero aplicando un tratamiento térmico a la leche, adicionando aditivos antimicrobianos y mantener buenas condiciones de almacenamiento se puede alargar la vida útil del queso de 10 a 15 días.

Zambrano (2010) asegura lo mismo, al mencionar que el uso de microorganismos productores de antimicrobianos en queso puede mejorar la calidad organoléptica del producto, elevando su vida útil hasta 21 días, los mismos calculados en esta investigación.

Al analizar dichos artículos y compararlos con este estudio se puede afirmar que no es necesaria la adición de antimicrobianos para alargar la vida útil, ya que en el trabajo presente se comprueba que la vida útil se alarga considerablemente hasta 3 semanas siguiendo las siguientes recomendaciones:

- ✓ Pasteurización de la leche
- ✓ Estandarizar las condiciones en el proceso de elaboración del queso
- ✓ Seguir buenas prácticas de higiene
- ✓ Correcto almacenamiento (4-6°C)

5.6.2. Caracterización física y química

En la Tabla 21 se muestran los resultados obtenidos de humedad, acidez y pH durante el estudio de almacenamiento del queso. En los Anexo 2, 3 y 4 se presentan las gráficas obtenidas de los tres parámetros medidos.

Tabla 21. Resultados de humedad, acidez y pH determinados durante el almacenamiento del queso de aro

Días de almacenamiento	Parámetro medido		
	Humedad (%)	Acidez (g/L)	pH
0	53.97 ^a ± 0.628	0.91 ^a ± 0.011	5.74 ^a ± 0.017
7	51.21 ^b ± 0.024	0.72 ^b ± 0.005	5.98 ^b ± 0.011
14	50.39 ^b ± 0.262	0.54 ^c ± 0.005	6.01 ^{bc} ± 0.005
21	49.66 ^b ± 0.001	0.27 ^d ± 0.011	6.22 ^{cd} ± 0.006
28	49.55 ^b ± 0.011	0.37 ^c ± 0.011	6.27 ^d ± 0.0006

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

El contenido de humedad inicial y final determinado en el queso durante el almacenamiento fue de 53.97 y 49.55%, respectivamente. Estos valores son similares a los resultados obtenidos por Restrepo y Montoya (2010) quienes reportaron un 50% de humedad inicial y un 48% de humedad final en quesos frescos almacenados durante cuatro semanas de almacenamiento. La literatura indica un porcentaje de humedad de entre el 55 y el 60% para quesos frescos (Heredia 2006; Villegas, 2012), sin embargo; estos valores en general hacen referencia a quesos frescos no prensados.

Para el queso de aro estandarizado, el cambio de humedad estadísticamente significativo se observó a partir de la primera semana de almacenamiento y a partir de los 7 días, la humedad disminuyó lentamente. Estos datos coinciden con los reportados por Cortés et al. (2016) para un queso fresco (quesillo huilense), consumido en Colombia, evaluado durante un periodo de 20 días de almacenamiento. Dichos autores observaron el cambio más evidente en la humedad durante los primeros cinco días de almacenamiento y después de este tiempo, la disminución fue lenta y constante hasta el final del estudio.

Con respecto a la acidez, ésta disminuyó significativamente a lo largo de las 4 semanas de almacenamiento presentando un ligero aumento en la última semana, provocado posiblemente por alteraciones bioquímicas debido al crecimiento microbiano. Estos resultados difieren con lo reportado por Cortés et al. (2016) para dos muestras de un queso fresco colombiano: uno elaborado artesanalmente y otro artesanal comercial. El primero mostró un aumento drástico en la acidez en los primeros 5 días de almacenamiento y variaciones significativas durante el tiempo que duró el estudio mientras que el valor de acidez del queso artesanal comercial se mostró sin cambios significativos durante los 20 días de almacenamiento. Un aumento en el contenido de acidez, generalmente indica fermentación de lactosa residual.

En el caso del pH el valor inicial fue de 5.74, observándose un aumento significativo durante todo el periodo de almacenamiento del queso de aro estandarizado hasta alcanzar un pH de 6.27. Estos resultados son similares a los reportados por Cortés et al. (2016) y por Estrella (2013), en estudios de vida útil de quesos frescos. De acuerdo a Brito et al. (2003), el aumento del pH se debe a la liberación de aminoácidos básicos, NH_3 y por la descomposición de ácido láctico a lactato, aunque esto último sea menos probable en quesos frescos.

Un queso en almacenamiento sufre distintos tipos de degradación, ya sean simultáneos o sucesivos, siendo los más importantes; la fermentación de la lactosa, hidrólisis de proteínas y degradación de la materia grasa. El tipo de degradación y el orden en el que se presente va a depender del tipo de queso y de las condiciones a las que sea sometido (Villegas, 2012).

Los cambios observados en la acidez (disminución) y pH (aumento) del queso de aro estandarizado, aunque no están relacionados directamente, podrían explicar que durante el estudio de vida útil del queso ocurrió una proteólisis. Aunque el queso de aro, es un queso fresco al que no se le agregan agentes de maduración (bacterias iniciadoras y enzimas) durante su almacenamiento, puede ocurrir una maduración debida a sistemas enzimáticos que sobrevivieron a la pasteurización o por enzimas coagulantes agregadas a la leche durante la obtención de la cuajada.

La proteólisis inicia debido a la actividad enzimática, específicamente del sistema peptidásico capaz de degradar un amplio rango de péptidos contribuyendo así a la producción de aminoácidos libres (Panizzolo et al., 2011). Cuando un queso no tiene cultivos iniciadores inoculados, estas enzimas son producidas por microorganismos resistentes a tratamientos térmicos en la leche o a algunos géneros como *Pseudomonas* (presente en leche cruda) que a pesar de que son eliminadas durante la pasteurización, algunas especies producen enzimas extracelulares termorresistentes como lo son las proteasas y peptidasas; enzimas primordiales que inician con la proteólisis actuando principalmente sobre las β y α_{s1} -caseína que da como resultado la disminución de la firmeza y modificación en el color, sabor, la textura y la elasticidad del queso debida a la producción de aminoácidos, amoníaco, sulfuro de hidrogeno, aldehídos y cetonas. (Gómez, 1996; Guerrero et al., 2003; Ramírez y Vélez, 2012).

Aunque es difícil afirmar con certeza si ocurren más procesos simultáneos o sucesivos de degradación en el queso de aro, el ligero aumento de acidez en la última semana podría deberse tanto a una fermentación de lactosa con producción de ácido láctico y otros ácidos orgánicos como a una posible lipólisis con producción de ácidos grasos que aumentaron la concentración de ácidos en la pasta.

Con respecto al color, en la Tabla 22 se muestran los resultados de color superficial del queso de aro, medido durante el almacenamiento.

Tabla 22. Parámetros de color superficial medidos en el queso de aro durante el almacenamiento

Días de almacenamiento	Parámetro medido		
	L*	a*	b*
0	91.28 ^a ± 0.036	1.56 ^a ± 0.015	15.87 ^a ± 0.029
7	89.54 ^b ± 0.015	1.64 ^b ± 0.021	15.95 ^b ± 0.012
14	88.94 ^c ± 0.015	1.83 ^b ± 0.006	16.23 ^c ± 0.012
21	86.45 ^d ± 0.012	1.86 ^c ± 0.012	16.62 ^d ± 0.006
28	83.76 ^e ± 0.006	1.91 ^d ± 0.012	16.98 ^e ± 0.009

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

En la Tabla 23 se muestran los resultados de color interno del queso de aro obtenidos durante el periodo de almacenamiento.

Tabla 23. Parámetros de color interior medidos en el queso de aro durante el almacenamiento

Días de almacenamiento	Parámetro medido		
	L*	a*	b*
0	91.11 ^a ± 0.058	1.83 ^a ± 0.005	15.16 ^a ± 0.006
7	90.88 ^b ± 0.015	1.85 ^b ± 0.006	15.23 ^b ± 0.006
14	89.66 ^c ± 0.006	1.86 ^{bc} ± 0.006	15.47 ^c ± 0.011
21	88.22 ^d ± 0.012	1.89 ^{cd} ± 0.017	15.75 ^d ± 0.006
28	86.84 ^e ± 0.075	1.91 ^d ± 0.006	16.92 ^e ± 0.015

Media ± SD (desviación estándar de 3 réplicas). Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

Tanto en el color superficial como en el interno, se observó una disminución en la luminosidad o brillo (L*) al paso de los días, mientras que los valores de a* (+rojo, - verde) y b* (+amarillo, - azul) aumentaron, notándose un mayor cambio en la coordenada b*. Todos los valores medidos mostraron diferencias estadísticamente significativas, aunque a simple vista, esta diferencia fue más notoria en la superficie del queso que en su interior. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Medina et al. (2013) para un queso fresco cuya luminosidad también disminuyó durante el almacenamiento, mientras que los valores de a* y b* se incrementaron.

Durante la elaboración y almacenamiento del queso, dependiendo del tipo de leche utilizada, los carotenos (pigmentos principales de la leche) se concentran en la materia grasa

permitiendo que el color amarillo se intensifique presentando valores elevados del parámetro b^* , mientras que la pérdida de humedad y consecuentemente, la concentración de sólidos, disminuyen la luminosidad (Mejía, 2012; Fuentes, 2014).

Lo mismo se observó en el quesoillo Huilense estudiado por Cortés et al. (2010) donde trascurridos 5 días de almacenamiento, el queso comenzó a perder brillo medido a través de la luminosidad, la cual disminuyó al paso de los días, a su vez se observó un aumento de color amarillo al incrementar la coordenada b^* haciendo del quesoillo, un queso de color característico blanco, crema a ligeramente amarillo

Los cambios bioquímicos y químicos ocurridos durante el almacenamiento afectan directamente el color del queso, se observa un aumento de color amarillo durante el tiempo de almacenamiento que podría ser debido a reacciones enzimáticas y a la generación de nuevos compuestos favorecidos por los cambios de acidez, pH y humedad. Estadísticamente se demostró que existe una correlación positiva entre el pH y la coordenada b^* , así como entre la acidez y la luminosidad (Anexo 6). Esto es corroborado por Medina et al. (2013) quienes mencionan que el aumento de los valores de b^* se han relacionado con un aumento de pH debido a la presencia de proteólisis y reacciones de pardeamiento enzimático.

5.6.3. Análisis sensorial

Escala sensorial. En la Tabla 24 se muestra el promedio obtenido de la medición de la diferencia entre los quesos (control y problema) a través de la escala por los 25 panelistas durante los 21 días de almacenamiento.

Tabla 24. Promedio de los puntajes obtenidos de la escala sensorial

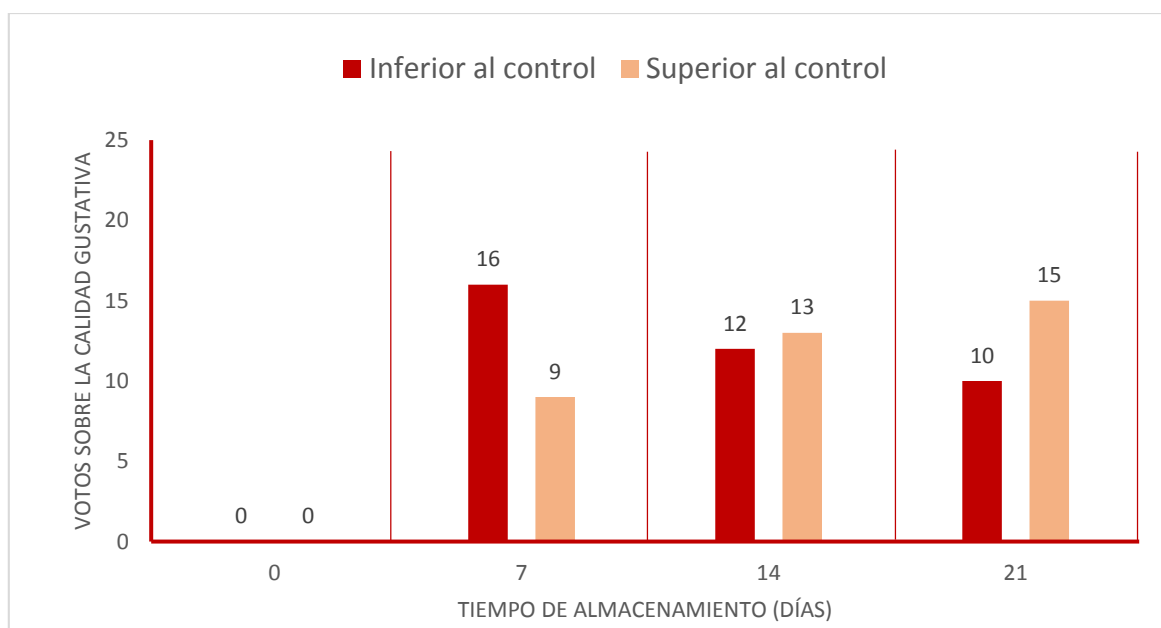
Días de almacenamiento	Promedio de escala
0	0.14 ^a ± 0.35
7	1.28 ^b ± 0.71
14	2.04 ^c ± 0.80
21	2.85 ^d ± 0.72

Media ± SD (desviación estándar de 25 panelistas). Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia estadísticamente significativa a un 95% de confianza.

Se observó diferencia significativa entre el queso recién elaborado (muestra problema) y el queso almacenado (muestra control) ya que los panelistas indicaron que si observaban diferencias después de 1, 2 y 3 semanas de almacenamiento. Sin embargo, las diferencias percibidas fueron moderadas puesto que las puntuaciones otorgadas por los jueces se

encontraron entre 0 y 3. Es decir, el queso de aro estandarizado, después de 14 y 21 días de almacenamiento, conserva sus características similares al queso recién elaborado ya que ningún panelista percibió gran diferencia entre ambos quesos o que estos fueran extremadamente diferentes.

Calidad gustativa. Los resultados obtenidos sobre la calidad gustativa del queso de aro estandarizado recién elaborado y almacenado se observan en la Gráfica 1. Del día 0 al día 7, los panelistas consideraron que ambos quesos presentaban la misma calidad gustativa. Después de 7 días de almacenamiento, 16 panelistas (64%) consideraron que la calidad gustativa del queso fresco era inferior a la del control. Sin embargo, a los 14 días de almacenamiento, la calidad gustativa del queso de aro almacenado fue considerada como inferior con respecto al queso fresco por el 48% de los panelistas. Por último, después de la tercera semana de almacenamiento, el 60% de los panelistas calificó la calidad gustativa del queso de aro fresco como superior a la del queso almacenado.

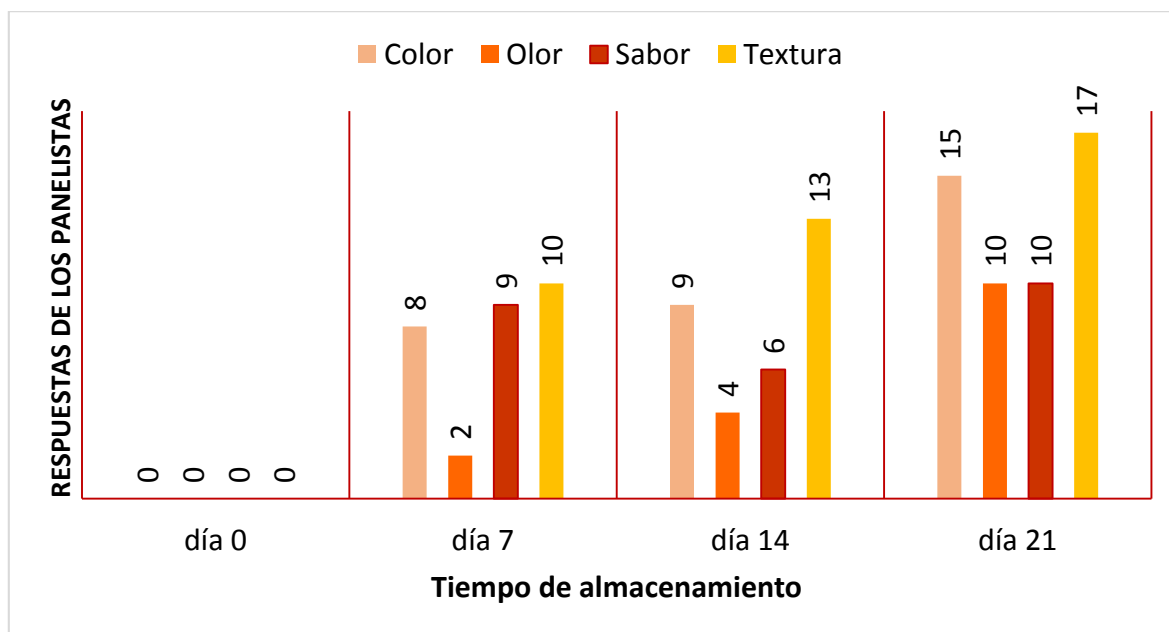


Gráfica 1. Votos de los panelistas sobre la calidad gustativa del queso de aro recién elaborado (problema)

Estos resultados indican que después de dos semanas de almacenamiento, la calidad gustativa del queso de aro empieza a disminuir ligeramente, esto podría deberse a que al paso de los días de almacenamiento, al ocurrir una ligera maduración, las características sensoriales del queso se modifican, y los panelistas dejan de considerarlo como un queso fresco aunque su sabor y aroma no sean desagradables. Este punto depende de la percepción de cada consumidor que a su vez está definida por factores intrínsecos y extrínsecos como lo son

edad, situación económica, lugar de origen, cultura, tradiciones, etc. (Chamorro y Losada, 2002)

Descripción de atributos en los que se basa la diferencia. Se determinó cuál fue el atributo o atributos con mayor influencia sobre la diferencia percibida entre el queso de aro recién elaborado y el almacenado. En la Gráfica 2 se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los atributos analizados como origen de la diferencia entre los quesos.



Gráfica 2. Atributos relacionados con la diferencia percibida (número de votos) entre el queso de aro recién elaborado y el almacenado

Durante la primera semana los panelistas no percibieron ninguna diferencia en los atributos evaluados para ambos quesos. A partir del día 7, se empezaron a notar las diferencias entre el queso fresco y el control. Durante todo el periodo de almacenamiento estudiado, los atributos mayormente percibidos como diferentes fueron la textura, el color y el sabor. El olor fue el atributo menos afectado por el almacenamiento durante las dos primeras semanas de almacenamiento. Durante la tercera semana se observó un aumento en la percepción de la diferencia entre todos los atributos evaluados a los quesos, siendo mayor para la textura y color. Estrella (2013) menciona que el color y la textura son los atributos que más influyen en la percepción de cambios durante el almacenamiento del queso fresco, lo que se atribuye a la pérdida de humedad.

En el (Anexo 5) se muestra la descripción de los atributos proporcionada por los panelistas. La mayoría coincide en que el queso de aro sin almacenar presenta una textura firme,

húmeda, blanda y suave al paladar la cual cambia a seca y suave después de 21 días de almacenamiento. En cuanto al color, inicialmente este es claro, brillante con ligeras tonalidades amarillas y a la tercera semana de almacenamiento se torna más oscuro y pierde brillo. Con respecto al sabor, el queso de aro recién elaborado presenta sabor a suero y a leche recién ordeñada mientras que con el paso del almacenamiento, los panelistas percibieron un sabor ligeramente amargo. Al igual que para el sabor, el olor del queso recién elaborado se describió como olor a suero y a leche mientras que en el queso almacenado fue descrito como dulce y picante.

Al analizar la correlación entre los atributos sensoriales evaluados y los parámetros físicos y químicos medidos en los quesos (Anexo 6) se observó que existe una alta correlación entre el color (0.90) y olor (0.98) evaluado por los jueces y la coordenada b^* que mide la escala positiva de amarillos. Otros parámetros que muestran elevada correlación son el pH y los puntajes otorgados a la escala sensorial y el pH con el color y la textura.

Con base en los resultados obtenidos se podría inferir que el primer fenómeno de degradación que sufre el queso de aro es la proteólisis, la cual afecta directamente al sabor, ya que se ha reportado que la detección del sabor amargo se produce cuando la concentración de los péptidos en el queso supera el nivel de umbral de detección y dicha concentración aumenta con el tiempo de almacenamiento (Guerrero et al., 2003). En cuanto al olor, Chamorro y Losada (2002) mencionan que en quesos jóvenes (frescos) es dominante el olor láctico, sin embargo, con el paso de su maduración o almacenamiento se perciben otros olores generados por mecanismos enzimáticos que actúan sobre los componentes del queso, formando principalmente compuestos aromáticos los cuales pueden ser benéficos o indeseables dependiendo del producto.

No existe una norma que establezca la vida útil de un queso fresco, sin embargo, existen artículos (Cristóbal y Maurtua, 2003; López, 2004 Estrella, 2013) que comprueban que este tiempo varía desde unas horas hasta 30 días dependiendo de las condiciones de elaboración. En este estudio se determinó que después de 21 días de almacenamiento en refrigeración, empiezan a ocurrir cambios perceptibles en los atributos sensoriales de un queso fresco. Esta vida útil sensorial es más larga que la que presentan los quesos de este tipo reportados en la literatura.

5.7.Elaboración de un diagrama de flujo del queso de aro.

Considerando las variables controladas y el tiempo de prensado estandarizado se construyó un diagrama de flujo detallado del procedimiento general de la elaboración del queso, el cual se muestra a continuación (Figura 10).

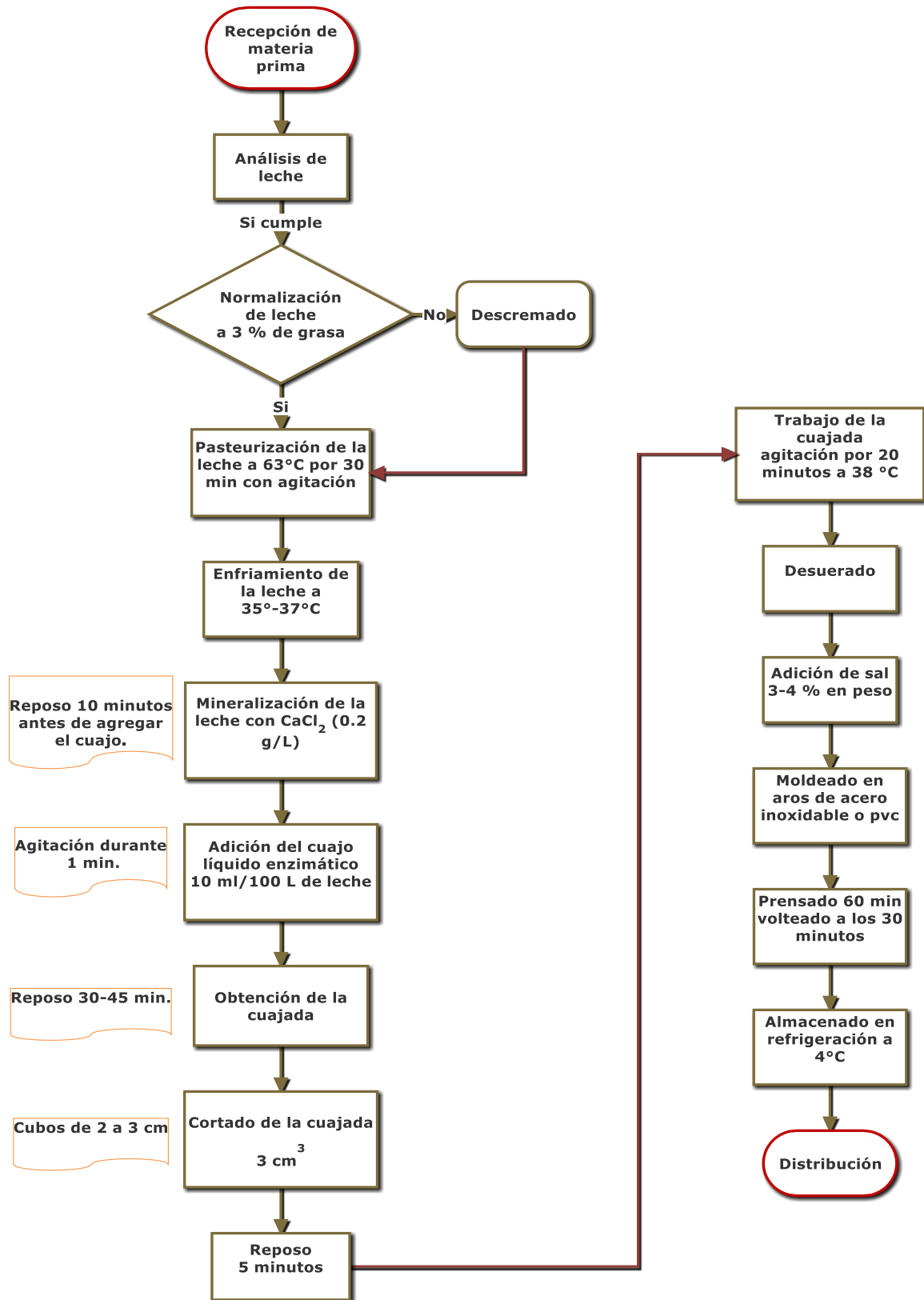


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del queso de aro estandarizado

Durante la elaboración de un queso, el control de ciertas variables del proceso así como su estandarización, es de gran importancia. Una vez que se cuenta con ello es necesario plasmar de forma esquematizada la secuencia de pasos a seguir, con esto se garantiza una mejor comprensión cuando se explica a terceras personas (Castañeda et al., 2009) así como la homogeneización en la calidad final del producto.

En los últimos años, han surgido asesores queseros quienes apoyan a las pequeñas queserías y ranchos en la mejora de sus procedimientos, con la finalidad de aumentar la calidad de los quesos y lograr un cambio en la industria quesera, aumentando el valor agregado y la confianza por parte de los consumidores en los quesos artesanales (Alejo 2015). Contar con un diagrama de flujo será de gran utilidad para facilitar la explicación de los pasos a seguir para la elaboración de un queso de aro estandarizado.

6. CONCLUSIONES

El análisis de la calidad fisicoquímica de la leche cruda es fundamental para determinar una posible adulteración y para realizar una adecuada estandarización, particularmente en cuanto al contenido de grasa ya que este afecta de manera importante el rendimiento y la calidad sensorial del queso.

La calidad microbiológica de la leche cruda afecta la eficacia de la pasteurización por lo que debe ser medida a fin de realizar los ajustes al tratamiento térmico que garanticen la destrucción de los microorganismos patógenos presentes.

Es posible elaborar un queso de aro utilizando leche pasteurizada, estandarizada y bajo condiciones de proceso controladas sin afectar las características que definen este tipo de queso.

La inclusión de un tiempo de prensado durante la elaboración del queso de aro evita un desuerado excesivo sin afectar el rendimiento del producto final ni sus características.

La estandarización del proceso de elaboración del queso de aro, permite aumentar su vida útil comparada con la de quesos de aro comerciales.

La estandarización de parámetros, variables y procedimientos permitió desarrollar un diagrama de flujo que podrá ser utilizado por pequeñas queserías dedicadas a la producción de queso de aro que presenten problemas de optimización y conservación del queso.

7. PERSPECTIVAS

- ❖ Resultaría útil realizar pruebas específicas para corroborar cuáles son fenómenos de deterioro que sufre el queso de aro
- ❖ Sería de gran utilidad relacionar tiempos y temperaturas de pasteurización con la carga inicial de microorganismos presentes en la leche para garantizar una destrucción más eficiente de los mismos

REFERENCIAS

- "Alimentos lácteos. Determinación de acidez expresada como ácido láctico en leche en polvo". Norma Mexicana. NMX-F-206-1996. Diario Oficial de la Federación 14 de julio de 1986.
- "Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Especificaciones sanitarias" Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación 23 de febrero de 1995.
- "Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa". Norma Oficial Mexicana. NOM-092-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación. 12 de diciembre de 1995.
- "Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa". Norma Oficial Mexicana. NOM-113-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación 10 de mayo de 1995.
- "Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico". Norma Oficial Mexicana. NOM-110-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación 10 de mayo de 1995.
- "Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias". Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación 23 de febrero de 1996.
- "Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias. Method for aerobic mesophylic bacteria count". Norma Mexicana NMX-F-253-1977. Diario Oficial de la Federación 8 de marzo de 1977.
- "Determinación de humedad en productos alimenticios. Foods. Moisture in food products determination". Norma Mexicana NMX-F-083-1986. Diario Oficial de la Federación 14 de julio de 1986.
- "Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba". Norma Oficial Mexicana. NOM-155-SCFI-2012. Diario Oficial de la Federación 15 de marzo de 2012.
- "Productos alimenticios para uso humano. Determinación de la densidad en la leche fluida. Food products for human use. Determination of the density in fluid milk". Norma Mexicana NMX-F-424-S-1982. Diario Oficial de la Federación 2 de septiembre de 1982.

- "Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos". Norma Oficial Mexicana. NOM-210-SSA1-2014. Diario Oficial Mexicana 26 de junio de 2015.
- "Sistemas Producto leche- lácteo- leche cruda de vaca- especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba". Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Diario Oficial de la Federación 20 de marzo de 2014.
- Alejo, M., Ortiz, H., Recino, M., González, C., & Jiménez, V. (2015). Tiempo de maduración y perfil microbiológico del queso de poro artesanal. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(5), 15-24. Obtenido de <http://www.reibci.org/publicados/2015/septiembre/1200104.pdf>
- Análisis Sensorial. Vocabulario. Norma Unión Europea. UNE-87-001-94. Asociación Española de Normalización y Certificación 1994.
- Avila, T., & Gutiérrez, A. (2010). *Producción de leche*. México: Manual Moderno.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Alhambra Mexicana.
- Banco Mundial (WB). (2013). Obtenido de <http://go.worldbank.org/LE880YAAH0>
- Barrera, J. (2012). *Determinación de la vida útil de la leche cruda envasada y después pasteurizada (LTLT) vs leches pasteurizada y envasada por procedimientos tradicionales. Tesis de pregrado*. Universidad Austrial de Chile, Valdivia Chile.
- Brito, C., Manríquez, A., Haydée, M., & Pinto, M. (2003). Estudio de maduración de queso chanco bajo en grasa elaborado con leche homogenizada. *Rev. Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(3), 299-305.
- Bylund, G. (1996). *Manual de industrias lácteas*. Suecia: Tetra Pak Processing Systems.
- Camacho, A., Giles, M., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos (2a ed.)*. México: UNAM.
- Casín, A., Aliphath, F., Ramírez, B., Herrera, J., & Martínez, D. (2007). Ganadería lechera familiar y producción de queso. Estudio en tres comunidades del municipio de Tetlatlahuaca en el estado de Tlaxcala , México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 45(1), 61-76. doi:10.22319/rmcp.v45i1.1787
- Castañeda, T., Boucher, F., Sánchez, E., & Espinoza, A. (2009). La concentración de agroindustrias rurales de producción de quesos en el noroeste del estado de México: un estudio de caracterización. *Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo*, 17(34), 75-109.

-
- Cervantes, E., & Villegas, A. (2013). *Los quesos mexicanos genuinos: alimentos tradicionales elaborados a base de leche cruda*. Brasil: Slow Food Brasil.
- Cervantes, F., Villegas, A., Cesín, A., & Espinoza, A. (2013). *Los quesos mexicanos genuinos. Patrimonio cultural que debe rescatarse*. México: Mundi-Prensa.
- Chamorro, M., & Losada, M. (2002). *El análisis sensorial de los quesos (1a ed.)*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Chester, H., & Broadwater, N. (2009). *Pasteurization*. Obtenido de <http://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/calves-and-heifers/pasteurization-considerations-for-dairy-calves.pdf>
- Codex Committee on Milk and Milk Products. Codex General Standard. CODEX STAN MMP 00/9-1999 (Codex Alimentarius 3 de julio de 1999).
- Cortés, M., Peña, N., Amorocho, C., & Gutiérrez, G. (2016). Evaluation of physicochemical parameters of quesoillo huilense, in cold storage. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 110-118. doi:10.18684/BSAA(14)110-118
- Cristóbal, D., & Murtua, D. (2003). Evaluación bacteriológica de quesos artesanales comercializados en Lima, Perú, y la supuesta acción bactericida de *Lactobacillus* spp. *Panam Journal Public Health*, 14(3). Obtenido de <http://www.scielo.org/pdf/rpsp/v14n3/a02v14n3.pdf>
- De Angelis, M., Candia, S., Calasso, M., Faccia, M., Guinee, T., Simonetti, M., & Gobbetti, M. (2008). Selection and use of autochthonous multiple strain cultures for the manufacture of high moisture traditional Mozzarella cheese. *International Journal Food Microbiology*, 125(2), 123-132. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.043
- Del Valle, M. (2002). El sistema mexicano en el contexto del mercado internacional. *Memorias del seminario internacional "Nuevas tendencias en el análisis socioeconómico de la lechería en el contexto de la globalización"*, (págs. Pp. 25-40). México.
- Dumalisile, P., Witthuhn, R., & Britz, T. (2005). Impact of different pasteurization temperatures on the survival of microbial contaminants isolated from pasteurized milk. *International Journal of Dairy Technology*, 58(2), 74-82. doi:10.1111/j.1471-0307.2005.00189.x
- Escoto, C., Vargas, A., & Oño, M. (2013). La calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(1), 75-86.
-

-
- Escoto, F. C., Vargas, A. C., & Villegas, A. (2006). Los quesos mexicanos genuinos: un saber que se debe rescatar y preservar. *Congreso Internacional de la Red Sial Alimentación y Territorios. Universidad Internacional Andalucía*. Jaen, España.
- Estrella, G. (2013). *Monitoreo de la calidad e inocuidad durante el almacenamiento de queso fresco elaborado artesanalmente en las parroquias rurales del Cantón Riobamba. Tesis de pregrado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Fennema, R. O. (2000). *Química de los Alimentos (2a ed.)*. España: Acribia.
- Flores, O., Juárez, A., Rodríguez, G., Galván, L., Soto, M., Becerra, P., & Mares, M. (2016). Estandarización y Optimización de un proceso de elaboración artesanal de queso Provolone ahumado. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1(1)*, 732-739.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). Obtenido de <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/es/>
- Food and Drug Administration (FDA). (2007). Obtenido de <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/UCM209789.pdf>
- Franco, F., & González, M. (2015). Microbiological profile of aro cheese consumed in Oaxaca, México. *Brazilian Journal of Food Technology, 18(3)*, 250-257. doi:10.1590/1981-6723.7514
- Fuentes, L. (2014). *Effect of refrigerated storage time on the quality of Mexican Oaxaca cheese made from raw milk, and studies on the taxonomy and technological properties of the lactic acid bacteria isolated from this cheese. Tesis doctoral*. Universidad de León, León, España.
- Gómez, M. (1996). *Degradación de péptidos hidrófobos por bacterias lácticas. Aplicación en la eliminación del sabor amargo en queso. Tesis doctoral*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- González, O. (2012). *Manual de prácticas de Ciencia y Tecnología de Lácteos*. Pachuca de Soto, Hidalgo: UAEH.
- González, V. (2002). *Tecnología para la elaboración de queso blanco, amarillo y yogurth*. República de Panamá: SENACYT y AMPYME.
- Guerrero, L., Román, S., & Pacheco, L. (2003). Proteolysis during cold storage of refrigerated raw milk. Effect of proteolytic enzymes on casein integrity. *Revista Científica, 13(3)*, 187-192.

-
- Heredia, M. (2006). *Aplicación de Antibut (bactericida) para eliminar bacterias del grupo coli arogenes en la elaboración de queso andino. (Tesis de Grado)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Hough, G., & Fiszman, S. (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de alimentos*. España: Programa CYTED.
- Huerta, R., & Villegas, A. (2015). Nature, evolution, contrast, and implications of imitations of genuine Mexican cheeses. *Estudios Sociales*, 23(45), 215-236.
- Información Sobre el Sector Lechero (LACTODATA). (2016). Obtenido de www.lactodata.info
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=25433&t=1>
- International Dairy Foods Associations (IDFA). (2016). Obtenido de <http://www.idfa.org/news-views/media-kits/milk/pasteurization>
- LactoscanMCC. (2012). *LACTOSCAN MCC Manual de operaciones*. Bulgaria: Milktronic.
- López, O. (2004). *Mejoramiento de vida de anaquel en queso tradicional ranchero y queso de pasta hilada oaxaca. Tesis de maestría*. Universidad Iberoamericana, México.
- Luigi, T., Rojas, L., & Valbuena, O. (2013). Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda y pasteurizada expendida en el estado de Carabobo, Venezuela. *Salus*, 17(1), 25-33. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=375933972006>
- Madrid, V. (1999). *Clasificación de los quesos según su textura*. España: Iragra.
- Maldonado, R., & Llanca, L. (2008). Study of the "Queso de Mano" (Hand Cheese) quality sold in Girardot municipality Aragua state, Venezuela. *Rev. Cient. (Maracaibo)*, 18(4), 431-436. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000400014&lng=es&nrm=iso
- Manual de Normas de Control de Calidad de Leche Cruda. VST-DP-NR-005 (Subdirección de Aseguramiento de la Calidad 06 de junio de 2007).
- Maracaibo. (2002). *Determinación de adulteración de la leche con agua, cloruros y sacarosa. Guía práctica*. Venezuela: Universidad del Zulia.
- Marks , N., Grandison, A., & Lewis, M. (2001). Challenge testing of the lactoperoxidase system in pasteurized milk. *Journal of Applied Microbiology*, 91(4), 735-741. doi:10.1046/j.1365-2672.2001.01435.x

-
- Marth, E., & Steele, J. (2001). *Applied Dairy Microbiology*. (2a ed.). New York: Marcel Dekker Inc.
- Martínez, L. R., Tepal, J., Hernández, A. L., Escobar, R. C., Guitiérrez, A. R., & Blanco, O. M. (2011). *Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca. Manual de capacitación*. Cuajumalpa D.F.: INIFAP.
- McSweeney, P. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. doi:10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x
- Medina, Z., Igual, M., Contreras, C., & Camacho, M. (2013). *Caracterización de queso fresco y curado fabricados a partir de leche de cabras alimentadas con diferentes dietas. Tesis de maestría*. Universidad de Valencia, Valencia, España.
- Mejía, A. (2012). *Evaluación de dos porcentajes de grasa y sal en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso seco. Tesis de pregrado*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Meyer, R., Gaetano, P., Usami, O., & Medina, F. (1999). *Control de calidad de productos agropecuarios. Manuales para la educación agropecuaria*. México: Trillas.
- Norma general del Codex para el queso. Codex General Standard. Codex Stan 283-1978. (Comisión del Codex Alimentarius 1999, 2010).
- Oliveira, A., Gallo, C., & Calvalho, C. (1994). Tratamiento térmico do leite acondicionado em filme plástico em banho maría. *Scientia Agrícola*, 1(51), 175-183.
- Panizzolo, L., Aruajo, A., Taroco, L., Rodríguez, A., & Schöpf, G. (2011). Evolución de la proteólisis durante la maduración de quesos Danbo elaborados con distintos cultivos indicadores. *Revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay*(6), 24-27.
- Poméon, T., & Cervantes, E. (2010). *El sector lechero y quesero en México de 1990 a 2009; entre lo global y lo local*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). (2005). Obtenido de http://www.profeco.gob.mx/tecnologias/lacteo/queso_ran.asp
- Ramírez, C., & Vélez, J. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*, 6(2), 131-148.
- Recinos, P. (2007). *Efecto de la temperatura de cocción de la cuajada y presión del prensado en las características fisicoquímicas y sensoriales del queso seco. Tesis de pregrado*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Zamorano, Honduras.
-

-
- Reséndiz, M., Hernández, Z., Ramírez, H., & Pérez, A. (2012). Traditional fresh cheese basket basic health and quality in Tuzupán, México. *Actas Iberoamericanas de Cosnervación Animal (AICA)*, 2, 253-255.
- Restrepo, A., & Montoya, G. (2010). *Implementación y diseño de procedimiento para la determinación de vida útil de quesos frescos, chorizos frescos y aguas en bosa. Tesis de pregrado*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Rodríguez, A., & Novoa, C. (1993). *Tecnología de elaboración de quesos madurados*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: ICTA.
- Roginski, H., Fuquay, J., & Fox, P. (2003). *Enciclopedia of dairy science*. Amsterdam: Academic/Elsevier Science.
- Rosando, P. H., & Rosando, J. H. (2013). *Tratamientos previos a la leche*. Málaga, España: IC editorial.
- Salustiano, V., Andrade, N., Soares, N., Lima, J., Bernardes, P., Luiz, L., & Fernandes, P. (2009). Contamination of milk with *Bacillus cereus* by post-pasteurization surface exposure as evaluated by automated ribotyping. *Food Control*, 20, 439-442.
- Santos, M. A., & Villegas, A. (2010). *Calidad de la leche cruda*. México: Trillas.
- Scott, R., Robinson, R., & Wilbey, R. (2002). *Fabricación de queso* (2a ed.). Madrid: Acribia.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2015). Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/97617/Brochure_leche_DIC2015.pdf
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Obtenido de <http://imagenagropecuaria.com/2016/bajo-consumo-de-queso-en-mexico-oportunidad/>
- Silva. (2000). *Apuntes del curso de Elaboración de Queso*. México: CEDELE.
- Silva, M., Silva, J., Ramos, A., Melo, R., & Olvera, J. (2008). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de leche pasteurizada destinada a un programa de leche en Estado de Alagoas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(28), 767-773.
- Torres, V., & Gudiño, S. (2008). *Evaluación del tiempo de prensado y tiempo de maduración en queso semimaduro tipo cheddar. Tesis de pregrado*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

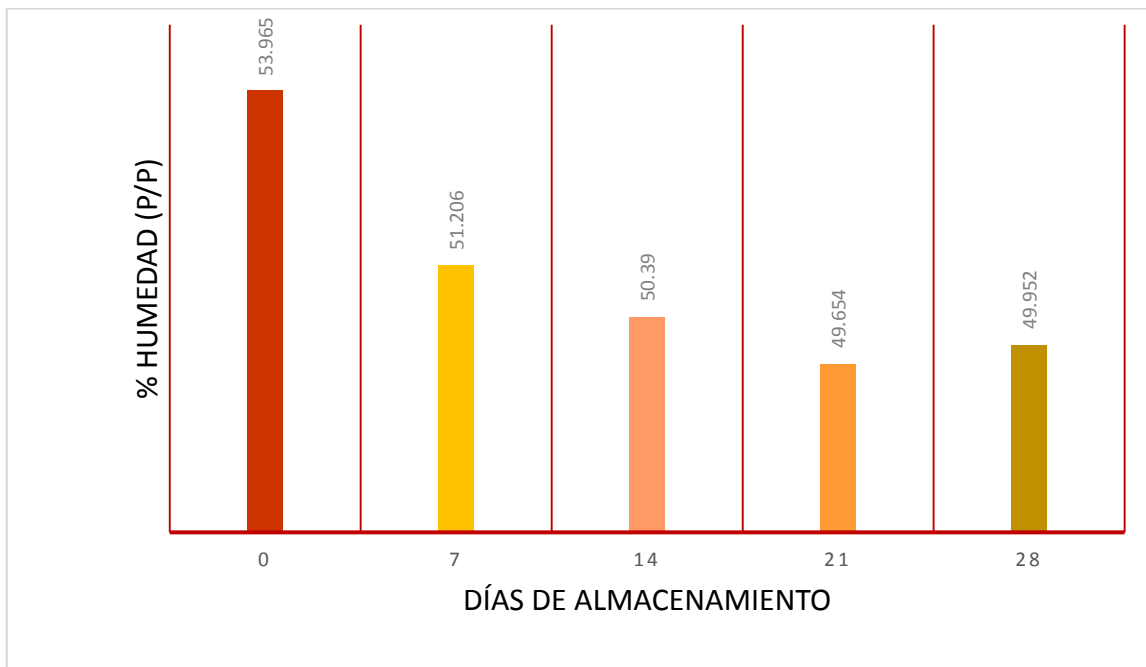
-
- Valbuena, E., Castro, G., Lima, K., Acosta, W., Bríñez, W., & Tovar, A. (2004). Calidad microbiológica de las principales marcas de leche pasteurizada distribuidas en la ciudad de Maracaibo, Venezuela. *Revista Científica*, 14(1), 1-14.
- Varnam, A., & Sutherland, J. (1994). *Leche y productos lácteos, tecnología, química y microbiología*. Zaragoza, España: Acribia .
- Weisseyre, R. (1988). *Lactología Técnica. (2a ed)*. España: Acribia.
- Velázquez, B. L., Castro, C. M., Alcázar, M. C., Núñez, E. J., Gómez, P. L., Sánchez, L. S., & Víte, P. R. (2013). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Inocuidad y Calidad de los Alimentos de Origen Animal*. México: UNAM.
- Villegas, A. (2012). *Tecnología Quesera*. México D.F.: Trillas.
- Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & Boekel, M. A. (2001). *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. España: Acribia.
- Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology*. USA: Taylor y Francis.
- Wittig, E. P. (2001). *Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos*. Chile: Biblioteca Digital de la Universidad de Chile.
- Zambrano, D. (2010). *Elaboración de queso fresco con la utilización de un fermento probiótico (Lactobacillus acidophilus)*. Tesis de pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

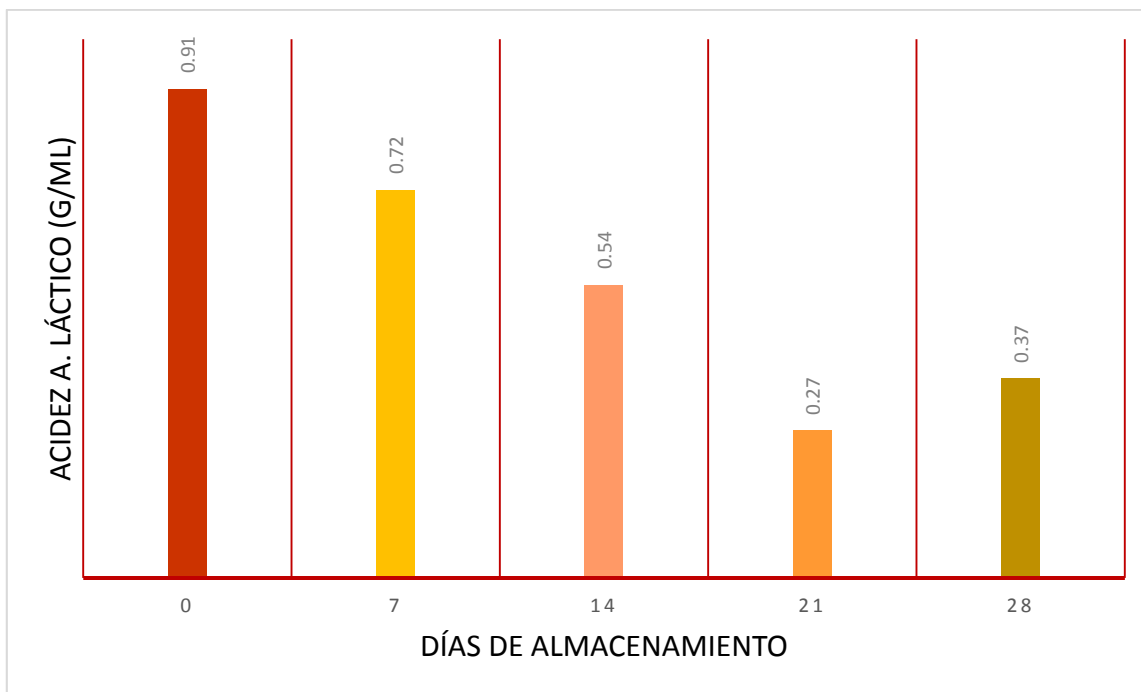
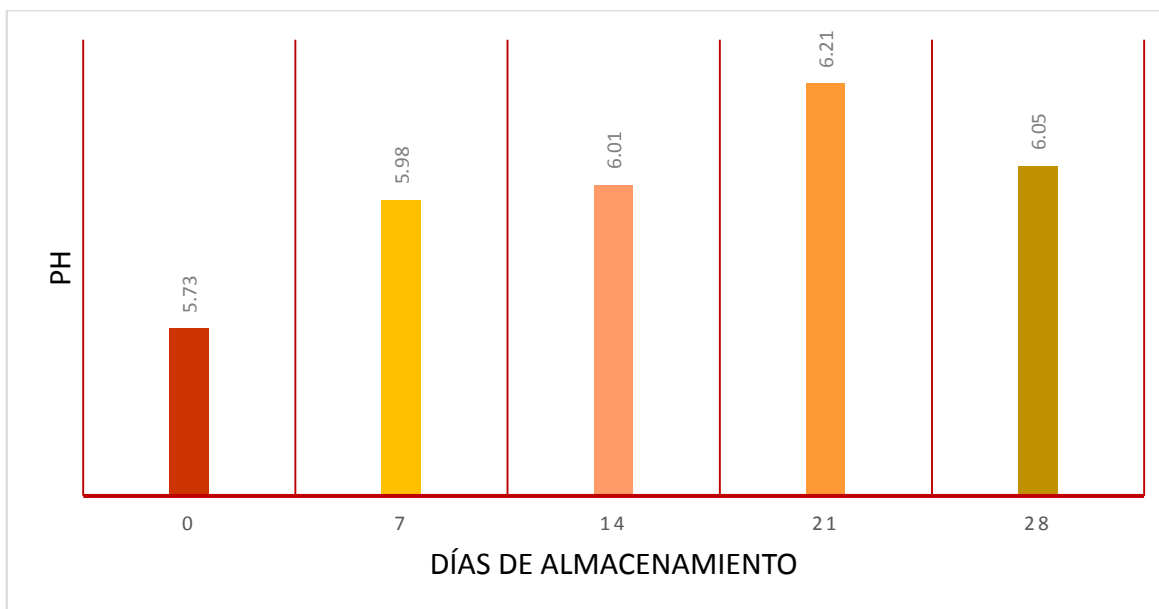
ANEXOS

Anexo 1. Correlación entre las variables medidas de la estandarización del tiempo de prensado

	Humedad	Rendimiento	Coliformes	Mesófilos
Humedad	1			
Rendimiento	0.99	1		
Coliformes	-0.62	-0.55	1	
Mesófilos	-0.96	-0.94	0.81	1

Anexo 2. Gráfica de humedad con respecto al tiempo de almacenamiento



Anexo 3. Gráfica de acidez con respecto al tiempo de almacenamiento**Anexo 4.** Gráfica de pH con respecto al tiempo de almacenamiento

Anexo 5. Atributos sensoriales descritos por los jueces durante el estudio de vida útil del queso

Día 0	Día 7	Día 14	Día 21
Textura firme, húmeda, blanda y suave al paladar	Textura granular y seca	Textura seca pero cremosa	Textura seca y suave
Color claro y brillante, con ligeras tonalidades amarillas	Color amarillo claro	Color amarillo claro y tonalidad oscura	Color amarillo crema Tonalidad oscura
Sabor a suero y leche recién ordeñada	Sabor cremoso y a leche	Sabor ligeramente amargo	Sabor ligeramente amargo pero dulce
Olor a leche y suero	Olor a leche	Olor suave a picante	Olor dulce y picante

Anexo 6. Correlación entre las variables medidas en el estudio de vida útil

	Humedad	Acidez	pH	b*	Puntaje de escala	Color sensorial	Olor	Sabor	Textura	Inferior al control
Humedad	1.00									
Acidez	0.93	1.00								
pH	-0.95	-0.93	1.00							
b*	-0.75	-0.89	0.69	1.00						
L*	0.78	0.87	-0.71	-0.98						
Puntaje de escala	-0.96	-0.98	0.92	0.90	1.00					
Color sensorial	-0.95	-0.96	0.91	0.90	0.98	1.00				
Olor	-0.82	-0.95	0.81	0.98	0.94	0.95	1.00			
Sabor	-0.91	-0.81	0.87	0.73	0.87	0.93	0.79	1.00		
Textura	-0.98	-0.95	0.92	0.85	0.99	0.99	0.90	0.92	1.00	
Inferior al control	-0.17	0.20	0.09	-0.44	-0.10	-0.08	-0.40	0.18	0.04	1.00