



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

UTILIZACIÓN DE LA ENZIMA TRANSGLUTAMINASA YG EN LA
ELABORACIÓN DE QUESO PANELA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

I.A. OSCAR GONZALEZ REYNOSO

ASESORA: DRA. SARA ESTHER VALDES MARTINEZ

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX.

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
ASUNTO: VOTO APROBATORIO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**



ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos la:

Utilización de la enzima Transglutaminasa YG en la elaboración de queso panela

Que presenta la pasante: **Oscar González Reynoso**

Con número de cuenta: **40602653-4** para obtener el Título de: **Ingeniero en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 15 de febrero de 2012.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dr. José Francisco Montiel Sosa	
VOCAL	Dra. Clara Inés Álvarez Manrique	
SECRETARIO	Dra. Sara Esther Valdés Martínez	
1er SUPLENTE	M. en C. Tais Nopal Guerrero	
2do SUPLENTE	I.A. Patricia Muños Aguilar	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).

HHA/pm

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A mis padres

Por el apoyo que me brindaron durante toda mi formación académica y durante la vida, por los consejos que siempre fueron de gran utilidad y aunque muchas veces no lo entendí en el momento siempre descubrí que tenían razón.

Mamá gracias por estar siempre a mi lado y apoyarme por que aun cuando muchas veces no tenias la respuesta sobre lo que me preguntaban en las tareas siempre te esforzaste por no dejarme solo y siempre me diste una respuesta a todo.

Papá gracias por ser mi ejemplo a seguir, sé que me quieres mucho y quiero agradecerte tus consejos no obstante que muchas veces sentía que me regañabas cuando me decías las cosas, pero tu lo hacías por mi beneficio, ahora entiendo que siempre me exigías mas por que sabias que era capaz de hacerlo.

Papas espero nunca defraudarlos y les prometo que hare mi mayor esfuerzo para siempre demostrar que todo el esfuerzo que hicieron para mi crecimiento no fue en vano y que siempre estén orgullosos de mi.

A mis hermanos

Porque fueron una pieza muy importante en este proceso ya que me siempre me llenaban de energía con su entusiasmo y alegría que desbordan, y aun que luego teníamos nuestras diferencias saben que los quiero mucho y son una inspiración para mi.

A mis abuelos(a)

A mis abuelas Aurelia y Catalina por que siempre me hacían sentir que era el mejor y me consintieron dándome lo que quería y preocupándose por mi bien estar, principalmente cuando me enfermaba, a mis dos abuelos Miguel y Mario que son mis ángeles que me cuidan desde el cielo, sé que son los causantes de que tenga tan buena suerte y me hubiera gustado poder tenerlos mas tiempo pero el tiempo que estuvieron conmigo me enseñaron muchas cosas que moldearon mi personalidad.

A mis amigos

Por todas y cada una de las experiencias que vivimos, las cuales me permitieron crecer durante la universidad y ser una mejor persona cada día, principalmente quiero agradecerte a ti Raquel por que siempre estuviste allí cuando más necesitaba un apoyo y siempre me impulsaste a dar lo mejor de mi, siempre creíste en que podría lograr este objetivo eres una persona muy importante para mi, te admiro mucho por que gracias a tu forma de ser me haz complementado con cosas que nunca había tenido en mi vida y me has hecho sentir mas

seguridad en mí, me ha enseñado que aunque las cosas a veces no son como uno quiere o como uno piensa siempre se puede salir adelante y conseguir lo que uno se propone.

A mis amigos, Mario, Ernesto, José, David, Oscar "Cuau", Citlaltepétl, Carlos, Mofo, Israel, Gabriel, Iván, Karla, Brenda, Liz, Daniela, por que siempre me apoyaron en cualquier momento aun cuando muchas veces demostraba diferencia siempre estuvieron allí en las buenas en las malas y saben que siempre podrán contar con una persona que en la medida de lo posible tatará de apoyarles así como ustedes lo hicieron conmigo.

A mis Maestros

Gracias a todos que me compartieron su conocimiento y contribuyeron a convertirme en el profesionalista que soy ahora. En especial quiero agradecer a la Dra. Sara Esther Valdés, ya que además de que fue una gran maestra fue una persona que me tuvo mucha paciencia y que siempre me apoyo para dar lo mejor de mí, agradezco su apoyo en cada una de las situaciones buenas y malas de este proyecto. Gracias a usted este objetivo se pudo cumplir y sé que sin usted este trabajo no sería el mismo.

A mi familia

A todos mis tíos, primos, que me impulsaron ha ser mejor cada día con una sonrisa, un regaño o un abrazo permitiéndome sentir su cariño y su deseo de que fuera una persona mejor día con día.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1	ANTECEDENTES	1
1.1	Leche	1
1.1.1	Ordeño	1
1.1.2	Definición	3
1.1.3	Propiedades físicas	4
1.1.4	Composición	5
1.1.4.1	Agua	5
1.1.4.2	Hidratos de carbono	6
1.1.4.3	Proteínas	7
1.1.4.4	Grasa	8
1.1.5	Propiedades fisicoquímicas	9
1.1.6	Propiedades microbiológicas	9
1.1.6.1	Componentes indeseables en la leche	10
1.1.7	Recepción y tratamiento de leche destinada a quesería	11
1.1.7.1	Recepción	12
1.1.7.2	Termización de la leche	13
1.1.7.3	Almacenamiento	14
1.1.7.4	Pasteurización de la leche	14
1.1.7.4.1	Métodos de pasteurización	14
1.1.8	Productos derivados de la leche	16
1.1.9	Producción de leche en México	17
1.2	Queso	18
1.2.1	Definición	18
1.2.2	Clasificaciones de los quesos	19
1.2.2.1	Por el origen de la leche:	19
1.2.2.2	Por el tipo de elaboración	19
1.2.2.3	Por el tipo de proceso (NOM-243-SSA1-2009)	19
1.2.2.4	Por su composición y clase de leche	20
1.2.2.5	Por el tipo de pasta	20
1.2.2.6	Por dureza de la pasta	20
1.2.2.7	Por grado de maduración	20
1.2.3	Composición de algunos tipos de quesos	21
1.2.4	Principios fundamentales de la quesería	21
1.2.4.1	Coagulación o cuajado de la leche	22
1.2.4.1.1	Coagulación láctica o ácida	22
1.2.4.1.2	Coagulación enzimática	23
1.2.4.1.3	Coagulación mixta	24
1.2.4.2	Prácticas de desuerado	25

1.2.4.2.1	Desuerado de una cuajada de tipo láctico	25
1.2.4.2.2	Desuerado de una cuajada de tipo enzimático	26
1.2.4.2.3	Desuerado de un coágulo mixto	26
1.2.5	Defectos en los quesos.....	27
1.2.6	Producción de queso	28
1.3	Queso panela	29
1.3.1	Definición	30
1.3.2	Origen	30
1.3.3	Diagrama de proceso del queso panela	30
1.3.4	Descripción del proceso de queso panela	32
1.3.5	Producción de queso panela.....	33
1.4	Enzima	34
1.4.1	Definición	34
1.4.2	Clasificación.....	35
1.5	Transglutaminasa	38
1.5.1	Mecanismo de reacción.....	39
1.5.2	Condiciones óptimas de funcionamiento de la transglutaminasa.....	39
1.5.2.1	pH.....	39
1.5.2.2	Temperatura.....	40
1.5.3	Especificidad de los sustratos.....	42
1.5.4	Preparaciones de transglutaminasa.....	42
1.6	Transglutaminasa YG	43
1.6.1	Aplicaciones en productos lácteos.....	43
1.6.2	Condiciones de operación.....	44
1.6.3	Rangos para aplicaciones particulares	44
1.6.4	Tiempo de vida y manejo.....	44
CAPITULO 2	DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	45
2.1	Cuadro metodológico	45
2.2	Objetivo general.....	46
2.3	Actividades preliminares.....	46
2.3.1	Actividad 1	46
2.3.2	Actividad 2	46
2.4	Objetivo particular 1	46
2.4.1	Actividad 1	46
2.4.2	Actividad 2	46
2.4.3	Actividad 3	47
2.5	Objetivo particular 2	47

2.5.1	Actividad 1	47
2.5.2	Actividad 2	47
2.5.3	Actividad 3	47
2.6	Objetivo particular 3	47
2.6.1	Actividad 1	48
2.6.2	Actividad 2	48
2.6.3	Actividad 3	48
2.7	Objetivo particular 4	48
2.7.1	Actividad 1	48
2.7.2	Actividad 2	48
2.8	Materiales	48
2.8.1	Enzima transglutaminasa YG.....	49
2.8.1.1	Especificación de la muestra.....	49
2.8.2	Leche bronca	50
2.8.3	Cuajo	50
2.9	Métodos	50
2.9.1	Elaboración de queso Panela	50
2.9.2	Pruebas de Análisis a materia prima y producto terminado	53
CAPITULO 3	RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	54
3.1	Actividades preliminares.....	54
3.1.1	Actividad 1: Pruebas de andén	54
	Se llevaron a cabo las pruebas de andén a la leche de estudio las pruebas fueron: punto crioscópico, acidez, densidad y alcohol.	54
3.1.2	Actividad 2: Análisis microbiológico y de AQP de la leche bronca	55
3.2	Objetivo Particular 1 y 2	56
3.2.1	Actividad 1 Corridas experimentales.....	56
3.2.2	Actividad 2: Rendimiento quesero	57
3.2.3	Actividad 3: Sinéresis.....	58
3.3	Objetivo particular 3	59
3.3.1	Actividad 1: AQP de las muestras de queso panela	59
3.3.2	Actividad 2 Textura de las muestras de queso panela.....	59
3.3.3	Actividad 3: Análisis microbiológico a las muestras de queso panela	62
3.4	Objetivo particular 4	62
3.4.1	Actividad 1: Vida de anaquel.....	62
3.4.2	Evaluación Sensorial	66

CAPITULO 4	ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	68
4.1	Pruebas de Andén.....	68
4.2	Microbiológicos a la leche	69
4.3	Análisis químico proximal a la leche (AQP)	69
4.4	Corridas experimentales de queso panela con Transglutaminasa 70	
4.5	Rendimiento quesero	71
4.6	Sinéresis	71
4.7	Determinación de la concentración y adición adecuada en base a rendimiento quesero y sinéresis.....	71
4.8	Análisis Químico Proximal de queso Panela.....	72
4.9	Análisis de TPA en el queso panela	73
4.10	Análisis microbiológico del queso panela.....	74
4.11	Estudio de vida de anaquel.....	74
4.12	Evaluación Sensorial del queso panela	75
CONCLUSIONES		76
BIBLIOGRAFÍA.....		78

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Fases de la leche	4
TABLA 2: Composición de la leche de diferentes especies (por cada 100 gramos)	5
TABLA 3: Propiedades fisicoquímicas de la leche.....	9
TABLA 4: Propiedades microbiológicas en la leche.....	9
TABLA 5: Productos derivados de la leche	16
TABLA 6: Producción anual de leche	17
TABLA 7: Composición de algunos tipos de queso	21
TABLA 8. Evolución de un coágulo enzimático contra un coágulo ácido	27
TABLA 9: Posibles defectos presentes en los quesos.....	27
TABLA 10: Producción anual de queso en México.....	29
TABLA 11: Producción de queso panela en México.....	33
TABLA 12: Relación tiempo temperatura para el funcionamiento de la transglutaminasa.	41
TABLA 13: Reactividad de la tg para varias proteínas.....	42
TABLA 14: Funcionalidad de la transglutaminasa yg en productos lácteos	43
TABLA 15: Condiciones óptimas de operación de la transglutaminasa yg	44
TABLA 16: Concentraciones sugeridas de la transglutaminasa yg en diferentes tipos de productos lácteos	44
TABLA 17: Especificaciones de la enzima transglutaminasa YG	49
TABLA 18: Metodología de cálculo para la adición de la TG	49
TABLA 19: Pruebas y métodos utilizados para la evaluación de queso panela	53
TABLA 20: Índice crioscópico de la leche bronca.....	54
TABLA 21: Acidez de la leche bronca	54
TABLA 22: Densidad de la leche.....	55
TABLA 23: Prueba de alcohol	55
TABLA 24: Análisis microbiológico de la leche bronca.	55
TABLA 25: Contenido fisicoquímico de la leche	56
TABLA 26: Formulación de TG para la elaboración de queso panela	56
TABLA 27: Rendimiento quesero de los quesos panela elaborados con TG	57
TABLA 28: Evaluación de la sinéresis del queso panela elaborado con TG.....	58
TABLA 29: AQP de los quesos panela seleccionados.....	59
TABLA 30: Tabla de textura de los quesos panela	59
TABLA 31: Microbiológicos de las muestras de queso panela	62
TABLA 32: Vida de anaquel de la muestra testigo	63
TABLA 33: Vida de anaquel de la muestra A.....	64
TABLA 34: Vida de anaquel de la muestra B.....	65
TABLA 35: Evaluación sensorial del queso	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Producción anual de la leche.	18
GRÁFICO 2: Producción de queso en México.....	29
GRÁFICO 3: Producción de queso panela en México	34
GRAFICO 4: Rendimiento quesero de los quesos panela elaborados con tg.....	57
GRAFICO 5: Sinéresis de queso panela elaborado con tg.....	58
GRÁFICO 6: Dureza de queso panel	60
GRÁFICO 7: Elasticidad de queso panela.....	60
GRÁFICO 8: Cohesividad de queso panela.	61
GRÁFICO 9. Masticabilidad	61
GRAFICO 10: Vida de anaquel de la muestra testigo.....	63
GRÁFICO 11: Vida de anaquel de la muestra A.....	64
GRÁFICO 12: Vida de anaquel de la muestra B.....	65
GRÁFICO 13: Evaluación sensorial de las muestras de queso	67

ÍNDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS

FIGURA 1: Proceso del ordeño de la leche.....	3
FIGURA 2: La lactosa se sintetiza en la ubre a partir de la glucosa y galactosa.....	6
FIGURA 3: Estructura de las proteínas (R1, R2, etc., son los radicales específicos de cada aminoácido. El número de aminoácidos en la caseína de la leche varía de 199 a 209).	7
FIGURA 4: Estructura de los triglicéridos (R1, R2, R3, representan las cadenas de ácidos grasos que le otorgan a los triglicéridos sus características individuales.)....	8
DIAGRAMA 1: Elaboración de queso panela	31
DIAGRAMA 2: Elaboración de queso panela con adición de tg posterior a la pasteurización	51
DIAGRAMA 3: Elaboración de queso panela con adición de tg un día antes de procesar	52

1.1 Leche

La leche es un alimento básico que tiene la función primordial de satisfacer los requerimientos nutricionales de todos los seres vivos para quienes esta destinada, sean los mamíferos de las diferentes especies animales o el hombre ya que presentan un alto valor nutrimental por la excelente calidad de su proteína y su buen balance de vitaminas, carbohidratos y sales minerales, por otro lado es una buena fuente de energía.

1.1.1 Ordeño

Es la extracción de la leche de las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, para que se inicie el vaciado de la ubre se debe liberar una hormona llamada oxitocina dentro de la corriente sanguínea de la vaca. Esta hormona es segregada y almacenada en la hipófisis. Cuando la vaca es preparada para el ordeño mediante estímulos apropiados, tiene lugar el envío de una señal a la hipófisis que libera entonces la reserva de oxitocina en la corriente sanguínea. Originalmente, el estímulo en la vaca era generado por la cría, pero en la actualidad, los estímulos son generados por otros estímulos, tales como los sonidos, olores y otras sensaciones relacionadas con el ordeño.

La oxitocina empieza a tener efecto alrededor de un minuto después de prepara el ordeño, provocando que las células musculares compriman a los alvéolos. Esto genera una presión en la ubre que puede sentirse en la mano y que se conoce como el reflejo de la bajada de leche. La presión fuerza a la leche a descender hasta la cisterna del pezón, desde donde es extraída por cualquiera de los métodos de ordeño.

El efecto del reflejo de la baja disminuye con el tiempo, debido a que la oxitocina es diluida y descompuesta en la corriente sanguínea, desapareciendo después de de 5-8 minutos, por lo que el ordeño debe llevarse durante ese tiempo (Gösta Bylund, 2003)

En la actualidad hay 2 métodos de ordeño:

- Manual
- Mecánico

Manual

Este método es utilizado en los establos pequeño de todo el mundo, normalmente la vaca es ordeñada por la misma persona todos los días, la primera leche extraída es normalmente rechazada ya que en esta van la mayor cantidad de bacterias. Mediante un chequeo visual de esta primera leche es posible apreciar cualquier cambio que pueda indicar que la vaca esta enferma.

La forma en el que se aplica este método es que los dos cuartos opuestos diagonalmente se ordeñan a la vez. Una mano extrae por presión la leche fuera de la cisterna de un pezón, después de lo cual la presión es disminuida para permitir que entre mas leche dentro del pezón desde la cisterna de la ubre. Al mismo tiempo, la leche es presionada hacia fuera del otro pezón, de modo que los dos pezones son ordeñados alternativamente. Cuando los dos cuartos han sido vaciados de este modo, el ordeñador procede entonces a los otros dos hasta que la ubre entera este vacía.

La leche extraída es depositada en cantaros de 30-50 litros y la leche es sometida a refrigeración (Gösta Bylund, 2003).

Mecánico

Este método es aplicado en establos de tamaño mediano y grande de todo el mundo, la leche es extraída por medio de equipos mecánicos. Las maquinas ordeñadoras extraen la leche de la ubre por vacío. El equipo de ordeño consiste en una bomba de vacío, un depósito de vacío que también sirve para recoger la leche, las pezoneras conectadas por medio de mangueras al deposito de vacío y un pulsador que alternativamente aplica vacío y presión atmosférica a las pezoneras.

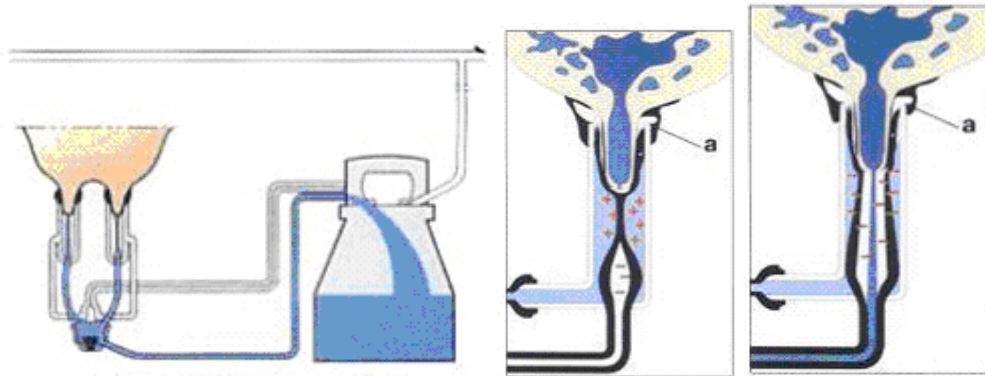
Cada pezonera está compuesta por un tubo de acero inoxidable, el cual contiene una goma en la parte interior llamada manguito de ordeño, el cual está en contacto con los pezones de la vaca, sometido a un vacío de 0.5 bar durante el ordeño.

La presión en la cámara de pulsación es regularmente alternada por el pulsador, entre 0.5 bar en la fase de succión y la presión atmosférica en la fase de masaje. De esta manera se consigue que la leche sea extraída de la cisterna del pezón durante la fase de succión, durante la fase de masaje el manguito permanece cerrado permitiendo que la leche descienda a la cisterna del pezón, esta fase es muy importante para evitar la acumulación de sangre y de fluido en la misma, ambas fases se alterna una a la otra durante todo el proceso durante 40 a 60 veces por minuto (Gösta Bylund, 2003).

Para evitar el traslado de la leche de donde se recolecta hasta donde se deposita, la maquina ordeñadora lleva mediante sus mangueras toda la leche recolectada es transportada a los depósitos donde es almacenada la leche.

En la Figura 1 se muestra de forma grafica el proceso de extracción de la leche de forma mecánica, en la cual se observa la conexión de las mangueras a la ubres de la vaca y como es vaciada a un recipiente contenedor.

Figura 1: Proceso del ordeño de la leche.



Fuente: Gösta B. Manual de Industrias Lácteas. Ed. Mundi-Prensa 2003.pág 4-5

1.1.2 Definición

La leche puede ser definida de diversas formas, a continuación, se mencionan algunas de ellas desde diversos enfoques:

Definición biológica:

“Es el producto secretado por las hembras mamíferos para la alimentación de sus crías durante las primeras etapas de su crecimiento.” (Dobler J., 2007)

Definición legal:

“Es el producto íntegro y fresco de la ordena completa que procede de una o mas vacas sanas y en reposo. Exento de calostro y que cumpla con las características físicas, químicas, y bacteriológicas que establece el código sanitario.” (Dobler J., 2007)

Definición tecnológica:

Es un sistema fluido muy complejo en el cual co-existen 3 fases fisicoquímicas, bien definidas y en equilibrio dinámico, que son: una emulsión (agua-aceite), una suspensión (coloide proteico) y una solución verdadera. (Dobler J., 2007)

1.1.3 Propiedades físicas

La leche es un líquido opaco, blanco, más o menos amarillo dependiendo de la concentración de beta-carotenos en la materia grasa. Las fases de la leche se clasifican de acuerdo al tamaño de partículas que lo constituyen en la Tabla 1 de presentan las diferentes fase que contiene la leche.

Tabla 1: Fases de la leche

Fases de la leche	Tipo de solución	Componentes
1 ^{er}	Acuosa	Contiene moléculas como lactosa e iones como el Ca disueltos
2 nd	Coloidal	Contiene dos coloides hidrófilos; las albúminas y las globulinas, asociado con un complejo de caseinato de calcio que es un coloide micelar muy inestable por su carga negativa.
3 ^{er}	Emulsión	Contiene glóbulos grasos rodeados de una membrana lipoproteico con carga negativa.

Fuente: Luquet F.M., Leche y productos lácteos, España, Ed. Acribia, 1991

La leche es un producto nutritivo complejo que posee más de 100 sustancias que se encuentran ya sea en suspensión, dispersión o en emulsión en agua. Contiene proteínas, grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales, a continuación se comenta brevemente sobre los diferentes complejos que tiene la leche.

Caseína, principal proteína de la leche, se encuentran dispersas como un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan, y permanecen en suspensión.

Las grasas y vitaminas solubles se encuentran en emulsión, esto es una suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua de la leche.

La lactosa, algunas proteínas, sales minerales y otras sustancias solubles, esto significa que están disueltas en el agua de la leche.

Las micelas de caseína y los glóbulos grasos le dan a la leche la mayoría de sus características físicas, además del olor, sabor a los derivados lácteos tales como yogurt, queso, mantequilla entre otros.

1.1.4 Composición

La composición de la leche varía dependiendo de la especie, la raza, la época de lactancia, la época del año, la alimentación, entre algunos otros factores. Dentro de los estándares que se manejan en la literatura para diversas especies animales, están las que se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2: Composición de la leche de diferentes especies (por cada 100 gramos)

Nutriente	Vaca	Búfalo	Humano
Agua, g	88,0	84,0	87,5
Proteína, gr.	3,2	3,7	1,0
Grasa, gr.	3,4	6,9	4,4
CHO, gr.	4,7	5,2	6,9
Cenizas, gr.	0,72	0,79	0,20

Fuente: Manitoba Milk producers, All about Milk and milk products, manitoba, Canada, 1999

Ciertos tipos de alimentos con los cuales fue alimentado el ganado productor, pueden agregar sabor a la leche. Ejemplos de esto son nabo, col, y un inadecuado almacenamiento en silo. Algunas pasturas naturales (como cebolla salvaje) pueden afectar también la leche. El alimento conduce a la presencia de algunos ácidos grasos en la leche que otorgan diferente sabor y pueden también afectar las propiedades físicas de las grasas. Un silo de alta humedad puede, por ejemplo, incrementar el contenido de ácido graso butírico y los triglicéridos relacionados con el mismo.

A continuación, se describirán brevemente, los componentes químicos de la leche:

1.1.4.1 Agua

El valor nutricional de la leche como un todo es mayor que el valor individual de los nutrientes que la componen debido a su balance nutricional único. La cantidad de agua en la leche refleja ese balance. En todos los animales, el agua es el nutriente requerido en mayor cantidad y la leche suministra una gran cantidad de agua, conteniendo aproximadamente 90% de la misma.

La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que va en la leche es transportada a la glándula mamaria por la corriente circulatoria.

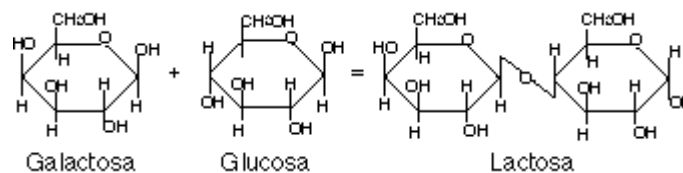
La producción de leche es afectada rápidamente por una disminución de agua y cae el mismo día que su suministro es limitado o no se encuentra disponible. Esta es una de las razones por las que la vaca debe de tener libre acceso a una fuente de agua abundante todo el tiempo.

1.1.4.2 Hidratos de carbono

El principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa (Figura 2). A pesar de que es un azúcar, la lactosa no se percibe por el sabor dulce. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 5% (4.8%-5.2%).

A diferencia de la concentración de grasa en la leche, la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación. Las moléculas de las que la lactosa se encuentra constituida se encuentran en una concentración mucho menor en la leche: glucosa (14 mg/100 g) y galactosa (12 mg/ 100 g).

Figura 2: La lactosa se sintetiza en la ubre a partir de la glucosa y galactosa.



Fuente: Badui Dergal S., 2006, Química de los alimentos, Pearson Educación

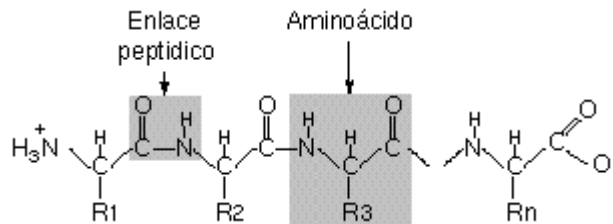
En una proporción significativa de la población humana, la deficiencia de la enzima lactasa en el tracto digestivo resulta en la incapacidad para digerir la lactosa. La mayoría de los individuos con baja actividad de lactasa desarrollan síntomas de intolerancia a grandes dosis de lactosa, pero la mayoría puede consumir cantidades moderadas de leche sin padecer malestares.

No todos los productos lácteos poseen proporciones similares de lactosa. La fermentación de lactosa durante el procesamiento baja su concentración en muchos productos, especialmente en los yogures y quesos. Además, leche pre-tratada con lactasa, que minimiza los problemas asociados con la intolerancia a la lactosa, se encuentra disponible en el mercado.

1.1.4.3 Proteínas

La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en la forma de proteína (Figura 3). Los bloques que construyen a todas las proteínas son los aminoácidos. Existen 20 aminoácidos que se encuentran comúnmente en las proteínas. El orden de los aminoácidos en una proteína, se determina por el código genético, y le otorga a la proteína una conformación única. Posteriormente, la conformación espacial de la proteína le otorga su función específica.

Figura 3: Estructura de las proteínas (R1, R2, etc., son los radicales específicos de cada aminoácido. El número de aminoácidos en la caseína de la leche varía de 199 a 209).



Fuente: Badui Dergal S., 2006, Química de los alimentos, Pearson Educación

La concentración de proteína en la leche varía de 3.0 a 4.0% (30-40 gramos por litro). El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche-cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína.

Las proteínas se clasifican en dos grandes grupos: caseínas (80%) y proteínas séricas (20%). Históricamente, esta clasificación es debida al proceso de fabricación de queso, que consiste en la separación del cuajo de las proteínas séricas luego de que la leche se ha coagulado bajo la acción de la renina (una enzima digestiva colectada del estómago de los terneros).

El comportamiento de los diferentes tipos de caseína (α , β , κ) en la leche al ser tratada con calor, diferente pH (acidez) y diferentes concentraciones de sal, proveen las características de los quesos, los productos de leche fermentada y las diferentes formas de leche (condensada, en polvo, etc.).

Ocasionalmente, los niños o lactantes son alérgicos a la leche debido a que su cuerpo desarrolla una reacción a las proteínas en la leche. La alergia produce erupciones en la piel, asma y/o desórdenes gastrointestinales (cólicos, diarrea, etc.). En los casos de alergia, la leche de cabra es utilizada generalmente como

substituto; aun así, algunas veces la leche con caseína hidrolizada debe ser utilizada.

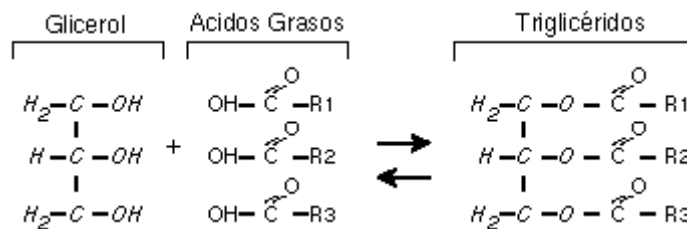
1.1.4.4 Grasa

Normalmente, la grasa (o lípido) constituye desde el 3,5 hasta el 6,0% de la leche, variando entre razas de vacas y con las prácticas de alimentación. Una ración demasiado rica en concentrados que no estimula la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa (2,0 a 2,5%).

La grasa se encuentra presente en pequeños glóbulos suspendidos en agua. Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, que evitan que los glóbulos se aglutinen entre sí repeliendo otros glóbulos de grasa y atrayendo agua. Siempre que esta estructura se encuentre intacta, la leche permanece como una emulsión.

La mayoría de los glóbulos de grasa se encuentran en la forma de triglicéridos formados por la unión de glicerol con ácidos grasos (Figura 4). Las proporciones de ácidos grasos de diferente largo determina el punto de fusión de la grasa y por lo tanto la consistencia a la mantequilla que deriva de ella. La grasa de la leche contiene principalmente ácidos grasos de cadena corta (cadenas de menos de ocho átomos de carbono) producidos de unidades de ácido acético derivadas de la fermentación ruminal.

Figura 4: Estructura de los triglicéridos (R1, R2, R3, representan las cadenas de ácidos grasos que le otorgan a los triglicéridos sus características individuales.)



Fuente: Badui Dergal S., 2006, Química de los alimentos, Pearson Educación

Esta es una característica única de la grasa de la leche comparada con otras clases de grasas animales y vegetales. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados (deficientes en hidrógeno), siendo los predominantes el oleico (cadena de 18 carbonos), y los poliinsaturados linoleico y linolénico.

1.1.5 Propiedades fisicoquímicas

En la tabla 3 se presentan las propiedades fisicoquímicas de la leche, las cuales sirven para controlar que la leche no haya sufrido alteraciones ni adulteraciones:

Tabla 3: Propiedades fisicoquímicas de la leche

Propiedades fisicoquímicas	Densidad (kg*m ³)	Viscosidad (Pa*s)	Punto de congelación (°C)	pH
Leche	1.028-1.034	2.20E-03	-0.555	6.6-6.8

Fuente: Mahaut, M., 2003, introducción a la tecnología quesera. Ed. Acriba. 2003

1.1.6 Propiedades microbiológicas

La leche recién obtenida es un sustrato ideal para un gran número de géneros bacterianos, algunos beneficiosos y otros perjudiciales, que provocan alteraciones diversas del alimento y sus propiedades, en la tabla 4 se menciona los tipos de bacterias que están presentes en la leche, además de lo efectos que tiene sobre ella y cuales son las condiciones para su proliferación.

Tabla 4: Propiedades Microbiológicas en la leche.

Tipo de bacterias	Efectos sobre el alimento	Condiciones necesarias para su activación o desarrollo
Lácticas	Son las bacterias que convierten mediante la fermentación la lactosa en ácido láctico. Pueden generar una alteración en la consistencia, como <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , que puede hacer espesar la leche, paso principal para elaborar yogurt. Genera que el porcentaje de acidez suba y el pH baje a 4,5.	Se requiere de temperaturas ya sea ambiental o superior. A temperaturas ambientales se genera un cultivo láctico y puede tardar hasta 2 días, aplicando calentamiento el proceso se hace menos lento.
Propionicas	Generan liberación de dióxido de carbono (CO ₂). Actúan sobre las trazas de ácido propiónico de la leche para generar ácido acético. Pueden generar un exceso burbujeante sobre la leche y dar un olor excesivamente ácido.	Requieren de temperaturas de 24°C para comenzar a actuar.

Butíricas	Generan coágulos grasos en la leche no acidificada. La alteración de la grasa puede generar una viscosidad poco deseado.	Requieren de poca acidez y de un pH superior a 6,8.
Patógenas	Alteran todas las propiedades. La acidez disminuye, el pH comienza a hacerse básico, existe una separación irregular de las grasas y la caseína (se "corta") y el olor se hace pútrido. Su presencia, como la de coliformes, puede indicar contaminación fecal. Producen liberación de CO ₂ y dióxido de nitrógeno (NO ₂). Generan burbujas grandes y pareciera efervescer.	Requieren de temperaturas de 37°C y de acidez baja. Usualmente, la leche fuera de refrigeración experimenta estos cambios.
Psicrófilas	Este tipo de bacterias aparecen después del esterilizado de la leche y resisten las bajas temperaturas pudiendo incluso manifestar crecimiento bacteriano entre 0° y 10° Celsius. Aunque en el esterilizado se eliminan la mayor cantidad de este tipo de gérmenes, estos dejan una huella enzimática (proteasa) que resiste las altas temperaturas provocando en las leches un amargor característico cumplido el 50% del tiempo de su caducidad. En la industria láctea, este tipo de bacterias (Familia Pseudomonas) son responsables de conferir un sabor amargo a cremas y leches blancas.	Requieren un grado de acidez y valor de pH menor a 6.6 para crecer. No son inhibidas por congelamiento y presentan una fuerte actividad enzimática.

Fuente: Varnam, A.H. y Sutherland, J.P. 1994. Milk and Milk Products Technology -Chemistry and Microbiology

1.1.6.1 Componentes indeseables en la leche

La leche y sus productos derivados son alimentos perecederos. Se requiere contar con altos estándares de calidad a lo largo de todo el procesamiento de la leche para alcanzar o mantener la confianza del consumidor, y para hacer que ellos decidan comprar los productos lácteos comercializados bajo una marca determinada.

La leche producida debe de ser de la más alta calidad nutricional-inalterada, sin contaminar y/o alterar. Dentro de las sustancias indeseables las más importantes son las siguientes:

- Agua adicionada con el objeto de aumentar el volumen aparente de la leche.
- Presencia de detergentes y desinfectantes, que indica un deficiente lavado y enjuagado de equipos.
- Presencia de pesticidas o insecticidas que indican la presencia de químicos en la pastura de alimentación de las vacas, pudiendo dañar a los consumidores.
- Antibióticos los que indicaría que a las vacas las han inyectado para aumentar su desarrollo, pero estos compuestos son perjudiciales para el hombre.
- Bacterias patógenas lo que genera que la leche disminuya su vida de anaquel ya que las bacterias descomponen la leche lo cual no la hace apto para el consumo.

La vigilancia de los productores en seguir las instrucciones en el usos de productos químicos, como también un buen ordeño, limpieza y almacenamiento de los productos no son solo esencial para los propios productores sino para toda la industria láctea en general.

1.1.7 Recepción y tratamiento de leche destinada a quesería

La leche empleada en la elaboración de quesos debe ser de buena calidad, tanto desde el punto de vista químico como microbiológico. Los mismos niveles de higiene que se exigen para la leche líquida de consumo directo deben ser exigidos para la leche destinada a la fabricación de quesos. Además, se debe evitar la presencia de antibióticos que inhiben el desarrollo de las bacterias lácticas que se adicionan a la leche en la quesería. Tampoco se deben utilizar calostros ni leche de animales procedentes de animales enfermos.

(Madrid, 1999)

Las cualidades que debe tener una leche para su utilización en quesería son:

- a) Debe coagular bien con el cuajo.
- b) Buena eliminación del suero.
- c) Elevado rendimiento quesero.

d) Buena calidad microbiológica.

Los tratamientos a que se debe someter la leche antes de su conversión en queso pueden tener efectos perjudiciales o benéficos.

Empeoran las aptitudes queseras de la leche con los siguientes tratamientos:

- Almacenamiento prolongado a bajas temperaturas (2 a 10 °C), ya que dificulta la coagulación de la leche y la separación del suero.
- Tratamiento mecánicos (bombeos, transporte por tuberías), debido a genera un daño mecánico en las proteínas haciendo que la coagulación no se lleve en forma adecuada.
- Tratamientos térmicos severos (por encima de 82 a 85° C), ya que despliega las proteínas lo que genera que estas no coagulen y no permitan la formación de queso.

Por otro lado, se mejoran las aptitudes queseras de la leche con los siguientes tratamientos:

- Almacenamiento por no más de un día a bajas temperaturas (2 a 10°C), con esto se garantiza que la leche haya sido revisada y analizada para garantizar su calidad además de generar que las proteínas se estabilicen y pueda realizar mejor su función.
- Terminación, cuando sea posible aplicarlo o tratamientos térmicos de pasteurización alta de 72 a 75 °C), ya que genera la eliminación de microorganismos y permite que la leche no se descomponga con mayor rapidez. (Madrid, 1999).

1.1.7.1 Recepción

La leche es descargada pasando en primer lugar por un tamiz donde se separan las impurezas más gruesas que pudiese llevar (paja, excremento, tierra etc.). Inmediatamente después pasa a un depósito de desaireación sometido a la acción de vacío para eliminar el oxígeno ocluido.

Normalmente, la leche contiene un porcentaje de aire que se encuentra disuelto o en forma de burbujas. Por otra parte, la leche absorbe más aire a temperaturas bajas, por lo que es especialmente importante evitar la mezcla con aire cuando se mantiene entre 3 y 8 °C.

Posteriormente se pasa a un depósito intermedio donde se toman muestras para analizar diversos parámetros de control de calidad tanto fisicoquímicos como microbiológicos. Estos son controles internos que debe tener la central lechera de la materia prima que recibe. (Madrid, 1999).

Para producir un buen producto es indispensable una buena materia prima, en este caso la leche cruda debe tener buen sabor, olor y aspecto, además, debe tener una cuenta bacteriana baja y no tener impurezas. Una leche de mala calidad debería ser rechazada, sin procesar, estos parámetros de calidad disminuyen conforme incrementa el almacenamiento.

En general, la leche que llega a la quesería tiene que esperar hasta su procesamiento de 1 a 2 días, especialmente los fines de semana, durante este tiempo tiene que ser almacenada en depósitos. El almacenamiento en frío tiene sus inconvenientes para las leches dirigidas a quesería a saber:

- Aumenta el período de coagulación en la elaboración del queso.
- Dificulta la separación del suero.

Cuanto más prolongado es el período de almacenamiento, más inconvenientes se presentan.

Algunas queserías, cuando la leche recibida va a estar almacenada más de un día antes de su utilización, proceden a su termización, el cual se explica a continuación.

1.1.7.2 Termización de la leche

La termización de la leche es el calentamiento de la leche cruda, durante 15 segundos como mínimo, a una temperatura comprendida entre 57 y 68 °C, de forma que la leche después de dicho tratamiento, reaccione positivamente a la prueba de la fosfatasa.

Este es un proceso térmico que se hace en algunos centros de acopio e industrias cuando la leche va a permanecer más de 24 horas en depósitos de almacenamiento. Se ha visto que, si la leche debe esperar mucho tiempo, antes de ser procesada como leche de consumo directo (leches pasteurizadas o esterilizadas envasadas) u otros derivados lácteos, no basta con mantenerla refrigerada entre 3 a 6 °C, sino que se recurre a un tratamiento térmico más suave, como lo es la termización, que reduce considerablemente el número total de microorganismos. Esta condición es indispensable para que la leche sea enfriada inmediatamente entre 3 a 4 °C.

Se ha comprobado que la termización tiene un efecto benéfico cuando la leche se destina a la elaboración de quesos. De cualquier manera, no se debe abusar

de este proceso, ya que lo idea es que la leche, a su llegada a la industria, no sea sometida a largos períodos de almacenamiento. (Alais, 1985)

1.1.7.3 Almacenamiento

Las industrias lácteas deben disponer básicamente de tres tipos de sistemas de almacenamiento:

1. Depósitos de recepción de la leche cruda.
2. Depósitos de tratamiento, normalización y mezcla.
3. Depósitos de regulación entre etapas de los procesos de fabricación.

Normalmente, la leche cruda recién llegada a la central lechera, se almacena en grandes depósitos (30,000 a 500,000 litros). Estos depósitos, por necesidades de espacio, se pueden instalar fuera de las naves de la industria, En este caso, deben aislarse para conservar la leche a la temperatura adecuada.

Para evitar la separación de las fases (grasa y acuosa), los depósitos deben llevar un sistema de agitación suave, ya que si es fuerte produce efectos nocivos tales como:

- Incorporación de aire a la leche, que produce oxidación de grasas, problemas mecánicos en el bombeo y datos erróneos en el volumen.
- Rotura de los glóbulos grasos, con pérdida de su membrana protectora, lo que facilita el ataque enzimático a la grasa láctea.

Una agitación débil puede hacer que la leche que sale primero por el fondo del depósito tenga menos grasa que la última, con la diferencia que eso supondría en la elaboración del queso. Por ello, en los depósitos muy altos se recomienda la utilización de dos agitadores colocados de forma que se asegure una mezcla uniforme de toda la leche.

El fondo de los depósitos debe ser cónico o plano con una ligera inclinación para facilitar el vaciado de la leche. (Gösta Bylund, 2003)

1.1.7.4 Pasteurización de la leche

La pasteurización se debe a Luis Pasteur, quien mediante un tratamiento de calor aplicado a los vinos, observo que se podía destruir las bacterias patógenas responsables de la descomposición acida o amarga.(Revilla,1982)

1.1.7.4.1 Métodos de pasteurización

La pasteurización es un tratamiento térmico, cuyo objetivo es por el empleo de calor destruir casi toda la flora banal y la totalidad de la flora patógena de la

leche, procurando alterar lo menos posible la estructura física de la leche, su equilibrio químico y sus nutrientes.

Se pueden distinguir tres grandes métodos:

- Pasteurización baja (LTLT) se define por un calentamiento a 63 °C durante 30 minutos. Es un método lento y discontinuo, pero presenta la ventaja de no modificar las propiedades de la leche. No se coagulan las albúminas, ni las globulinas y el estado de los glóbulos grasos permanecen inalterados. Por otra parte, aún en la actualidad, la baja calidad bacteriológica de la leche exige un tratamiento térmico más severo. Este es tanto más conveniente cuanto que algunos gérmenes termófilos pueden crecer a 63 °C y desarrollarse en la leche pasteurizada. (Gösta Bylund, 2003)
- Pasteurización alta (HTST) se define como el calentamiento a 72 °C durante 15 segundos. El método es rápido y continuo, pero modifica ligeramente las propiedades de la leche, si bien los aparatos modernos reducen este inconveniente. Las albúminas y las globulinas sufren siempre una coagulación parcial.

La pasteurización alta (HTST) está hoy mundialmente extendida. En los principales países productores como Francia es casi el único método empleado. (Gösta Bylund, 2003)

- UHT: El tratamiento UHT es una técnica de preservación de alimentos líquidos mediante su exposición a un breve e intenso calentamiento, normalmente a temperaturas en el rango de 135-140°C. Esto mata a todos los microorganismos que podrían de otra manera afectar a la salud humana y/o destruir los productos. No se aconseja pero se puede utilizar, para la producción de queso, la leche del tipo UHT, ya que está muy desnaturalizada por las altas temperaturas a las que se la somete, y los resultados pueden no tener el sabor y/o la textura esperada.(Tortora,2007)

En el caso de los quesos, la pasteurización es obligatoria en la mayoría de los casos. Es preferible no pasar de las condiciones de la pasteurización alta (HTST). Debido a que puede generar la desaparición de aromas y sabores característicos de los mismos.

1.1.8 Productos derivados de la leche

La leche tiene una infinidad de industrializaciones y por ende de productos derivados de esta, especialmente porque se ha desarrollado mucha tecnología, en cuanto a maquinaria y procesos se refiere; probablemente se debe a que este producto tiene un gran nivel de aceptación entre los consumidores del mundo. De esta se obtienen productos directos como los que se sitúan a continuación, en la Tabla 5.

Tabla 5: Productos Derivados de la Leche

Proceso	Conserva
Mantequilla	Componentes grasos.
Leche pasteurizada	La leche, restando los nutrientes perdidos por el tratamiento térmico
Leche UHT	La leche, restando una mayor pérdida de nutrientes por el alto tratamiento térmico
Leche en polvo	Todos los nutrientes exceptuando el agua que contiene la leche.
Yogurt	Todos los compuestos de la leche, además de <i>Lactobacillus</i> que son benéficos para el organismo
Bebidas fermentadas	La mayoría de los compuestos de la leche además de una <i>Lactobacillus</i> , y otros microorganismos que principalmente son benéficos para el la flora intestinal
Natilla	Todos los compuestos de la leche
Crema	Componentes grasos
Helados	Componentes grasos
Bebidas alcohólicas y no	Todos los compuestos de la leche

alcohólicas (licuados, rompopes, etc.)	
Cajeta	Todos los compuestos de la leche
Queso	Principalmente proteínas de la leche, en especial la caseína, además de algunos otros nutrientes.

1.1.9 Producción de leche en México

De acuerdo con estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en la última década creció alrededor de 12 por ciento la producción de litros, al pasar de 9 mil 480 millones, en el 2000, a 10 mil 711 millones, en 2010.

La Coordinación General de Ganadería de la SAGARPA, dio a conocer que para 2011 se espera que la producción de leche tenga un crecimiento de alrededor de tres por ciento, con relación al año anterior.

En casi diez años la producción de leche de bovino en México creció más de mil millones de litros, revelan estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), las cuales reflejan que se pasó de nueve mil 480 millones 311 mil litros, en el año 2000, a diez mil 592 millones 303 mil litros para el cierre del 2009.

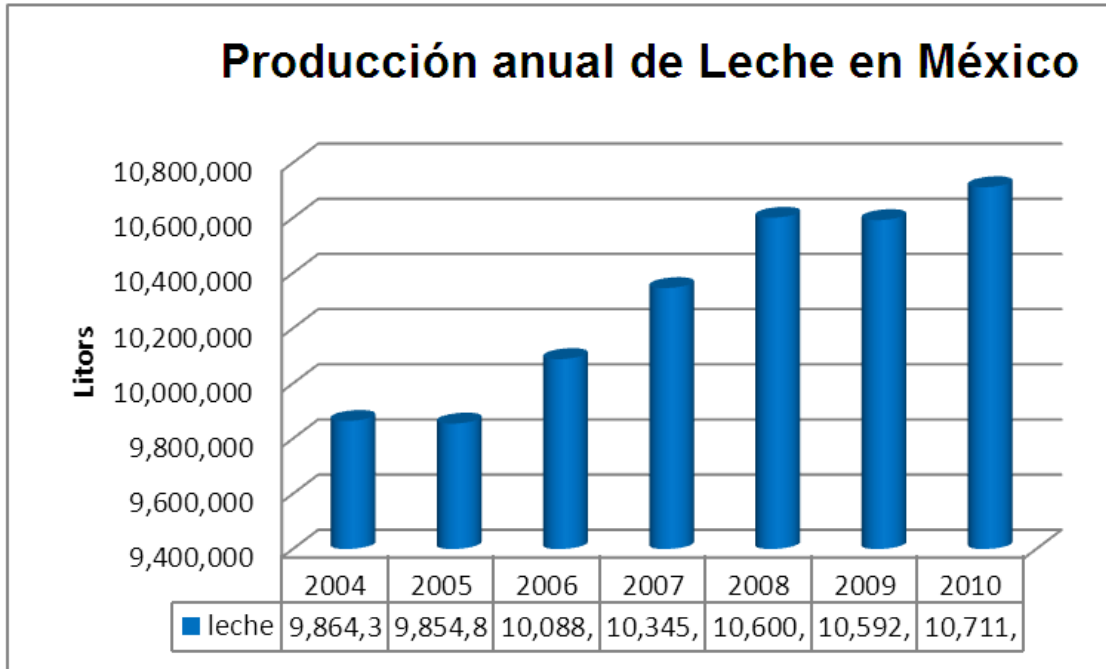
De acuerdo con dichas estadísticas la producción de leche de bovino se incrementó en aproximadamente mil 112 millones de litros entre los años 2000 y 2009, esto es, la producción tuvo un crecimiento acumulado de alrededor de 12 por ciento, principalmente en Jalisco, el mayor productor de leche en México.

Tabla 6: Producción Anual de Leche

Año	Leche (miles de litros)
2004	9,864,301
2005	9,854,805
2006	10,088,551
2007	10,345,982
2008	10,600,853
2009	10,592,303
2010	10,711,622

Fuente: INEGI

Gráfico 1: Producción anual de la leche.



Fuente: INEGI

Como se puede apreciar en la tabla y gráficos anteriores la producción de leche en México ha tenido un gran incremento durante los últimos 5 años, salvo el año 2009 donde un ligero descenso por una sequía que sucedió en ese año, se tiene una tendencia al crecimiento en su producción.

1.2 Queso

El queso es producto lácteo que puede cubrir diferentes hábitos de consumo como muy distintos usos de interés nutricional gracias a su rico contenido en proteína y calcio.

1.2.1 Definición

“Los quesos son productos elaborados de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida de la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácteos, 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.(NOM-243-SSA1-2009)”.

1.2.2 Clasificaciones de los quesos

Existen diferentes clasificaciones de queso las cuales se mencionan a continuación;

1.2.2.1 Por el origen de la leche:

En esta clasificación los quesos se les denominan dependiendo del animal de donde procede la leche para su elaboración:

- Queso de leche de vaca
- Queso de leche de cabra
- Queso de leche de búfala
- Queso de leche de oveja
- Queso con 2 o mas tipos de leche en mezcla

1.2.2.2 Por el tipo de elaboración

Esta clasificación se da en base a la forma en que es elaborado:

- Queso industriales: Son aquellos elaborados en instalaciones grandes donde la leche es adquirida al los ganaderos.
- Quesos de granja: Son aquellos elaborados en el mismo lugar donde es extraída la leche del animal, las instalaciones son pequeñas.
- Quesos artesanales: Son los elaborados por procesos artesanales o manuales, donde el ganado puede ser o no del dueño, normalmente la cantidad de producto elaborado es restringida.

1.2.2.3 Por el tipo de proceso (NOM-243-SSA1-2009)

- Quesos frescos: Aquellos que además de cumplir con la descripción general de queso se caracterizan por su alto contenido de humedad, sin corteza o con una corteza muy fina, pudiendo o no adicionarles aditivos e ingredientes opcionales.
- Quesos madurados: Aquellos que además de cumplir con la descripción general de queso, se caracterizan por ser de pasta dura, semidura o blanda y pueden tener o no corteza; sometidos a un proceso de maduración mediante adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar en ellos cambios bioquímicos y físicos característicos del producto del que se trate, lo que le permite prolongar su vida de anaquel, los cuales pueden o no requerir o no condiciones de refrigeración.

- Quesos procesados: Aquellos que además de cumplir con la descripción general de queso se caracterizan por ser elaborados con mezclas de quesos, fusión y emulsión con sales fundentes, aditivos para alimentos permitidos e ingredientes opcionales, sometidos a proceso térmico de 70°C durante 30 segundos o someterse a cualquier otra combinación equivalente o mayor de tiempo y temperatura, lo que le permite prolongar su vida de anaquel.
- Quesos de suero: Productos obtenidos a partir del suero de leche entera, semidescremada, o descremada pasteurizada de vaca, cabra u oveja, el cual es coagulado por calentamiento.

1.2.2.4 Por su composición y clase de leche

- Quesos de leche entera
- Quesos de leche semi-descremada
- Quesos de leche descremada
- Queso de crema

1.2.2.5 Por el tipo de pasta

- Pasta untable: Doble crema, Crema, Petit-suisse, Cottage.
- Pasta tajable: Cheddar, Manchego, Emmental, Edam.
- Pasta rallable: Cotija, Añejo, Parmesano, Torino.
- Pasta hilada: Oaxaca, Guaje, Asadero, Mozzarella.

1.2.2.6 Por dureza de la pasta

- Pasta blanda: Panela, Ranchero, Crema
- Pasta Semidura: Chihuahua, Manchego, Cheddar, Roquefort
- Pasta dura: Añejo, Cotija, Parmesano.

1.2.2.7 Por grado de maduración

- Quesos frescos: Panela, Ranchero, Crema, Adobera.
- Quesos medianamente maduros: Manchego, Chihuahua, Edam.
- Quesos maduros: Cotija, Roquefort, Añejo, Camembert, Parmesano.

1.2.3 Composición de algunos tipos de quesos

En la Tabla 7 se muestra la composición química de los principales tipos de queso que se comercializan en México.

Tabla 7: Composición de algunos tipos de queso

Tipos	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %
Chihuahua	33.8	27.6	32.3	3.6
Manchego	44.5	21.7	29.6	3.7
Oaxaca	49.1	25.4	28.9	3.5
Asadero	48	24	23	3.5
Panela	58	20	20	3.8
Cotija	37.4	28.8	24	6.5
Queso crema	48	22	24	2.5

Fuente: Villegas. A. Los quesos mexicanos. México. Universidad Autónoma Chapingo. 1993.

1.2.4 Principios fundamentales de la quesería

La fabricación de un queso comprende tres fases esenciales:

- Cuajado o coagulación de la leche. La formación del gel de caseína.
- Desuerado de la cuajada. La deshidratación parcial de este gel por sinéresis, es decir, por la contracción de las micelas que lo forman.
- Afinado o maduración de la cuajada. Es la maduración enzimática del gel deshidratado, del que es responsable, en primer lugar, la proliferación de determinados microorganismos.

En el caso de los quesos frescos, como lo es el panela la fabricación termina con el desuerado.

1.2.4.1 Coagulación o cuajado de la leche

Físicamente, el fenómeno se traduce en la floculación de las micelas de caseína, que se sueldan para formar un gel compacto aprisionando el líquido de la dispersión que constituye el suero.

Las cuajadas de queso se obtienen por acción simultánea del cuajo y del ácido láctico proveniente de la transformación de la lactosa por las bacterias lácticas. No obstante, siempre existe un predominio más o menos acusado de uno de los dos modos de floculación citados.

En una cuajada enzimática domina ampliamente la acción del cuajo y se disminuye al máximo la acidificación láctica. Por el contrario, en una cuajada ácida, el papel del cuajo es limitado y el agente principal de la floculación es la acidificación (Veisseyre, 1988).

1.2.4.1.1 Coagulación láctica o ácida

Es la que se lleva a cabo acidificando la leche por vía biológica en el seno de la leche mantenida en reposo, este es el único método que permite obtener un gel homogéneo. Al reducirse el pH de la leche provoca la alteración de las micelas de caseína modificando su dispersabilidad. Cuando el pH de la leche llega a ser 5.2 a 20 °C, las micelas se han desestabilizado lo suficiente para aglomerarse y formar un gel láctico. Sin embargo, la desmineralización no es total. Para alcanzar este estado es necesario acidificar la leche hasta un pH de 4.6 que corresponde al punto isoeléctrico de la caseína. Se observa entonces la precipitación de la proteína en forma de flóculos de caseína que quedan suspendidos en el lactosuero que contiene todo el calcio micelar en estado disuelto. (Battro, 2010)

Es importante conocer las características físicas del coágulo láctico, pues regulan su evolución futura. El gel láctico es firme, friable, poroso y poco contráctil. Su deshidratación es difícil debido a la retención de agua resultante de la elevada hidratación de las pequeñas partículas dispersas de caseína desmineralizada. Además la friabilidad se opone al trabajo mecánico intenso.

Cuando la coagulación láctica se realiza por vía biológica, el proceso es siempre lento, con el fin de evitar retrasos, es importante asegurarse de que la temperatura de la leche sea la conveniente, que la población microbiana sea la adecuada, tanto en cantidad como en calidad y que el medio sea apto para el desarrollo de estos microorganismos. Los parámetros a controlar durante la coagulación es el tiempo de toma, la velocidad de endurecimiento de la cuajada y la capacidad de desuerado (Dunand, 1999). El tiempo de toma es el tiempo desde que se adiciona el cuajo hasta que se obtiene un gel. El tiempo de coagulación incluye, además del tiempo de toma, el tiempo de endurecimiento, esto es, la consistencia que debe tener la cuajada antes de someterlo al corte.

1.2.4.1.2 Coagulación enzimática

Es el sistema de coagulación más ampliamente empleado en quesería. El mecanismo de acción de la enzima es como sigue: la enzima provoca una proteólisis limitada de la caseína κ con lo cual pierde sus propiedades estabilizantes en presencia de calcio respecto a las caseínas α_{s1} y β . (Battro, 2010)

Las micelas de caseína, cuya estructura se ha modificado, se agregan en flóculos y después en fibras que finalmente constituyen una red tridimensional cuya estructura se elabora progresivamente. La red retiene en su interior lactosuero y los glóbulos grasos de manera semejante a un líquido que impregna una esponja.

La rigidez del gel está asegurada principalmente por el fosfato cálcico coloidal que constituye una verdadera armadura. La caseína se encuentra en forma de un complejo de fosfoparacaseinato de calcio, es decir, en una forma muy mineralizada (Veisseyre, 1988).

Los factores de los que depende la coagulación enzimática son los siguientes:

- La dosis de cuajo. Depende de la fuerza del mismo.
- La temperatura. La velocidad de coagulación es máxima entre 30 y 35 °C.
- El pH de la leche. Cuando el pH es inferior a 7 se observa una aceleración de la gelificación porque se acerca al pH óptimo de la actuación de la enzima que es 5.5, y porque se reducen las cargas eléctricas de las micelas de caseína con lo que disminuye su estabilidad.
- El contenido de la leche en iones Ca^{++} . En principio la presencia de iones Ca^{++} es necesaria para la propia existencia de las micelas de caseína. Pero estas micelas son muy sensibles al Ca^{++} cuando son sometidas a la acción del cuajo. Por tanto, las más mínimas modificaciones del contenido de la leche en iones Ca^{++} pueden influir en la velocidad de coagulación. Es decir, todas las causas de disminución de la concentración de iones Ca^{++} en la leche deben descartarse. Así, ciertas leches que originariamente son pobres en iones calcio reaccionan lentamente por acción del cuajo. Igualmente, una leche calentada a temperaturas superiores a 65-70 °C coagula difícilmente debido a la insolubilidad de las sales de calcio. Estos problemas se resuelven fácilmente mediante la práctica de añadir cloruro de calcio a la leche, lo que aumenta el contenido de calcio iónico y, por lo tanto, favorece la coagulación.

- El contenido de la leche en fosfato cálcico coloidal. El contenido de éste juega un papel esencial en la fase de coagulación. Para una concentración dada de sales de calcio solubles (iones calcio), el tiempo de coagulación disminuye a medida que el contenido en fosfato coloidal aumenta.
- La dimensión de las micelas de caseína. Se sabe que las micelas de gran tamaño son ricas en fosfato cálcico coloidal y caseína κ. También son las más hidratadas.

Las características del coágulo enzimático son, que es flexible, elástico, compacto, impermeable y contráctil. Esta última propiedad permite efectuar el desuerado. Su carácter compacto tolera la intervención de acciones mecánicas potentes que facilitan la contracción del coágulo y la salida del suero. Sin esta acción, el gel no desuera debido a su impermeabilidad (Veisseyre, 1988).

1.2.4.1.3 Coagulación mixta

Es el resultado de la acción conjunta del cuajo y la acidificación láctica. Es la base de la fabricación de numerosos quesos de pastas suaves o blandas.

En la práctica industrial, la obtención de un gel mixto puede llevarse a cabo aplicando una de dos técnicas: la adición de cuajo a una leche ácida o la acidificación de un gel enzimático (Veisseyre, 1988).

- Cuajado de una leche ácida: como se sabe, el medio ácido favorece la acción del cuajo. Por otra parte, la estabilidad de las micelas disminuye y el tiempo de coagulación se reduce considerablemente. Pasando de un pH de 6.7 a 5.7. La velocidad de gelificación se multiplica por 6 o 7, esta reducción en el tiempo de cuajado representa ahorro en tiempo y por lo tanto dinero en industria. El coágulo obtenido tiene caracteres intermedios entre el láctico y el enzimático, ya que presenta menor flexibilidad y contractibilidad y mayor firmeza y friabilidad que el coágulo enzimático.
- Acidificación de un coágulo enzimático: Es un fenómeno que puede observarse cuando se mantiene a 25-30 °C un gel enzimático poblado de bacterias lácticas. El coágulo es asiento de una fermentación láctica y, por tanto, de una acidificación que provoca la solubilización progresiva de la armadura fosfocálcica del gel. Este pierde entonces su firmeza original, se vuelve menos elástico y menos contráctil con lo que se acerca a las características del coágulo láctico (Gobin, 1999).

Cuando el gel ha alcanzado suficiente firmeza, el cual es tradicionalmente determinado subjetivamente por el quesero, es cortado con liras o cuchillas. En la práctica, si la cuajada es cortada cuando está muy suave, el contenido de humedad del queso resultante es más bajo (Johnson *et al.*, 2001). Si el gel es al contrario mantenido por un largo tiempo antes del corte, el contenido de humedad del queso es más alto. Este cambio en el contenido de humedad es una consecuencia de la extensión de los enlaces entre y dentro de las micelas de caseína, los cuales se incrementan con el tiempo.

1.2.4.2 Prácticas de desuerado

El gel, cualquiera que sea su modo de obtención, constituye un estado físico inestable, debido a su alto contenido de agua. Según las condiciones en las que se encuentra, el líquido de dispersión (lactosuero) que lo impregna se separa más o menos rápidamente y la fase sólida restante constituye la cuajada. Este fenómeno se denomina desuerado.

Cuando se dejan en reposo, los geles evolucionan según su modo de formación.

Dejan escapar espontáneamente el lactosuero como consecuencia de la contracción de la red inicial. Este fenómeno es la sinéresis cuyo mecanismo íntimo no es del todo conocido. Puede pensarse en una disminución, con el tiempo, del grado de hidratación de las micelas. La disminución del grado de hidratación de las micelas y el estrechamiento de las mallas del gel, se producen simultáneamente pero la contribución de cada uno de los fenómenos varía con el tipo de coágulo.

1.2.4.2.1 Desuerado de una cuajada de tipo láctico

Un gel láctico deja escapar rápida y espontáneamente una cantidad importante pero mínima de lactosuero.

Debido a la gran dispersión de los agregados moleculares de caseína, a la contractibilidad casi nula del gel y a la ausencia de carga mineral (que se encuentran en el suero que escurre en forma de lactato cálcico soluble) el desuerado de un coágulo de tipo láctico es difícil y conduce necesariamente a la obtención de una cuajada muy húmeda y poco desuerada. Por esta razón, la coagulación estrictamente láctica no se emplea en la práctica quesera común. Puede hacerse uso de la temperatura para regular el fenómeno. A 30°C el desuerado de un gel láctico es rápido, sin embargo, la fabricación de quesos de pasta fresca ha demostrado que es preferible prolongar el tiempo de desuerado trabajando a una temperatura moderadamente baja, inferior a 22 °C, para evitar la obtención de pastas de escasa finura. (Romero R., 2004)

1.2.4.2.2 Desuerado de una cuajada de tipo enzimático

Un gel enzimático recién formado, es casi impermeable, no hay deshidratación rápida de las micelas pero, con el tiempo, se contraen y expulsan el lactosuero más fácilmente en cuanto se realiza el cortado de la cuajada adecuadamente ya que se multiplican las vías de eliminación de suero.

En un gel enzimático, la situación es completamente diferente. La estructura original de la leche se conserva. Los nudos de la red están constituidos por micelas de fosfoparacaseinato de calcio. Una fracción importante del lactosuero se encuentra retenida mecánicamente y puede escapar cuando la red sea cortada. Por otra parte, la elevada carga mineral de las micelas confiere rigidez y compacidad al gel enzimático.

Para permitir la salida del lactosuero que impregna el gel es preciso recurrir a acciones de tipo mecánico que tienen como objetivo destruir la cohesión y la compacidad del coágulo. Los medios mecánicos de desuerado utilizados en quesería son el troceado y la agitación. Su acción se completa, o simplemente se controla con la temperatura. El troceado del gel tiene también como objetivo multiplicar la superficie de exudación y, por tanto, favorecer la evacuación del lactosuero.

A menudo el troceado va seguido de la agitación de los granos, más o menos acentuado y prolongado, según los casos. La acción de la temperatura es fundamental en el desuerado de los geles enzimáticos. En efecto, la elevación de la temperatura permite disminuir el grado de hidratación de los granos de la cuajada favoreciendo la sinéresis (Roser, 2004).

1.2.4.2.3 Desuerado de un coágulo mixto

La expresión “coágulo mixto” no se aplica a un conjunto homogéneo de fenómenos. Este coágulo puede presentar características más o menos próximas al láctico o al enzimático. A medida que el carácter enzimático predomina sobre el ácido es posible someter la cuajada a acciones mecánicas más enérgicas. Se habla entonces de desuerado forzado posibilitado por la cohesión y elasticidad del gel (Veisseyre, 1988).

Otro factor que juega un papel muy importante en el desuerado es el salado, cuyo papel fundamental es regular el desarrollo microbiano, contribuye también al desuerado de la cuajada; se realiza en seco o por inmersión en un baño de salmuera. La migración de agua se produce por capilaridad, esta absorción de agua es el origen de la formación de la costra superficial y de la deshidratación parcial de la pasta. En la Tabla 8, se resume la evolución de un coágulo enzimático contra un coágulo ácido

Tabla 8. Evolución de un coágulo enzimático contra un coágulo ácido

Caracteres del coagulo	Tipos de coagulo		
	Vía enzimática	Vía láctica	Mixta
pH	6.7-6.5	< 4.5	
Estructura micelar	Modificada	Destruida	Aumenta
Mineralización	Fuerte	Débil	Disminuye
Fermentación	Débil	Fuerte	Disminuye
Elasticidad	Fuerte	Débil	Aumenta
Permeabilidad	Débil	Fuerte	Disminuye
Contractibilidad	Fuerte	Débil	Aumenta
Tensión	Fuerte	Débil	Aumenta
Aptitud a la coagulación espontánea	Débil	Fuerte	Disminuye
Aptitud a los tratamientos mecánicos	Fuerte	Débil	Aumenta
Humedad de la cuajada	Débil	Fuerte	Disminuye
Cohesión de la cuajada	Fuerte	Débil	Aumenta

Fuente: Gobin F., 1999, La preparation du lati, coagulation et egouttage, Apuntes distribuidos por la ecole nationale d' industrie laitiere des industries agro-alimentaries.

1.2.5 Defectos en los quesos

En los quesos puede haber un sin número de defectos los cuales pueden ser originados por fermentaciones anormales provocadas por agentes ya existentes en la leche o que se introducen posteriormente por contaminación. Pueden también ser derivados de técnicas defectuosas de producción u originadas por un manejo inadecuado y faltas de condiciones ambientales propias durante el almacenamiento. Es difícil establecer una clasificación estricta de los defectos porque muchos de estos resultan en defectos idénticos, aunque su origen sea diferente (Alima, 1983) La Tabla 9 muestra los siguientes posibles defectos:

Tabla 9: Posibles defectos presentes en los quesos

Defectos	Causas
1.-Cocido	Exceso de acidez
2.-Paludo	Falta de acidez, leche adulterada
a)Seco duro	Leche neutralizada, formación de caseinatos, pH alto al cuajar, cuajada con predominio enzimático.
3.-Sabor amargo	Fuertemente contaminado con levaduras y

4.-Sabor Rancio	hongos, contaminación con bacterias fuertemente proteolíticas.
5.- Quesos inflamados	Contaminación con bacterias fuertemente lipolíticas
6.- Defecto del fundido	Contaminación por bacterias coliformes, falta de acidez de la leche al cuajar, importante contaminación con levaduras.
a)Funde demasiado consistencia como crema	sin Exceso de acidez
b)No funde	Falta de acidez
c) Funde grumoso y se desuera	Leche adulterada con suero, residuos de antibióticos o químicos en la leche.
7.- Presencia de hongos en la superficie	Falta de higiene en el manejo del producto terminado, material de empaque contaminado o roturas de este.
8.- Reblandecido	Alta pasteurización y alta temperatura de malaxado o malaxado prolongado
Pasta sin cohesión, hebra indefinida y se integra la masa	
9.- Defectos de color	
a)Color óxido	Oxidación de la grasa por contacto con el aire, presencia de adulteraciones en la leche Ej: Soya, sustituto de leche.
b)Color amarillento	Colorantes naturales de la grasa en verano(usar un colorante)

Fuente: Alima. M. Control Microbiológico de la leche y productos lácteos. Sesato. Lima 1983.

1.2.6 Producción de queso

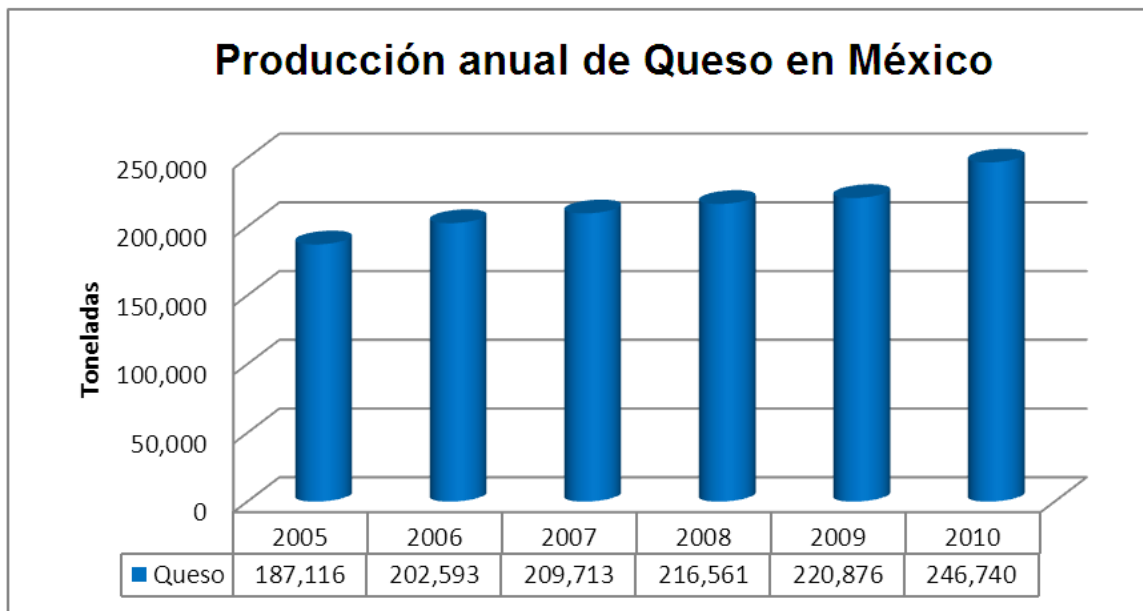
El queso es uno de los derivados lácteos de mayor producción en México, en donde existe una gran variedad de estos, a continuación se presenta la producción que se ha tenido en los últimos 5 años.

Tabla 10: Producción anual de queso en México

Año	Volumen (toneladas)
2005	187,116
2006	202,593
2007	209,713
2008	216,561
2009	220,876
2010	246,740

Fuente: INEGI

Gráfico 2: Producción de queso en México



Fuente: INEGI

En la tabla y gráfico anterior se aprecia como la producción de queso ha tenido una tendencia al crecimiento, por lo que se determina como un producto que cada vez es más demandado en el mercado.

1.3 Queso panela

El queso Panela llamado también "Queso de la canasta" porque lleva la impresión de la cesta en la que se moldea o "Queso Blanco". Es un queso muy típico en México, el cual es uno de los más comercializados (Villegas, 1999)

1.3.1 Definición

Es un queso tipo fresco, Su corteza es fresca y mientras se va madurando se torna amarillenta. La textura del queso panela es suave pero firme, su sabor es fresco y no cambia a ácido con el añejamiento, ya que este tipo de queso es un queso fresco se recomienda que se consuma antes de 3 semanas.

1.3.2 Origen

Como en la mayoría de los quesos mexicanos, no se sabe con certeza cual es el origen de este producto; algunos lo sitúan en región de los Balcanes, en donde se elaboran ciertos quesos rústicos moldeados en cestos; lo mismo sucede en la península Itálica.

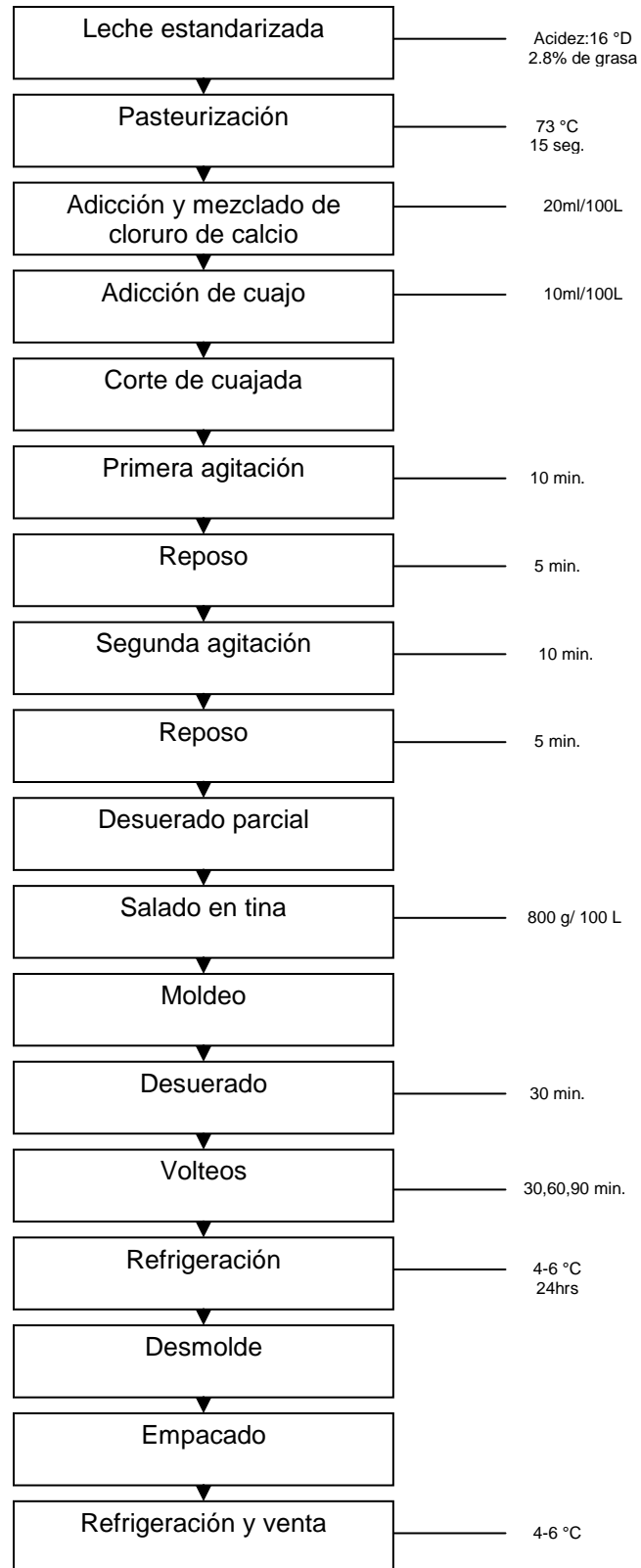
Aun al mismo nombre de "Panela" es difícil de seguirle la huella. Tendrá que ver con los cestos de pan que se usan en las regiones mencionadas, o bien porque se asemeja al piloncillo mexicano y producto rústico de la concentración del jugo de caña o guarapo conocido también como "panela" en varias regiones del país.

Sin embargo, se puede hipotetizar que el Panela es un queso oriundo realmente de México, pues si bien el ganado y la leche son de origen español, los cestos, y los canastillos provienen de las culturas indígenas prehispánicas pero también de la propia península ibérica donde no es ajena esta técnica y de donde se supone llegarían los primeros ganaderos y por supuesto los primeros elaboradores de queso en esta parte del mundo. Ahora bien, si por cualquier razón se prefiere buscar el origen de este queso en los Balcanes e incluso más allá, pues tampoco hay razón para negarlo siempre y cuando haya alguna razón de peso que lo avale (Villegas,1999).

1.3.3 Diagrama de proceso del queso panela

En el siguiente diagrama se muestra la metodología de elaboración de queso panela de forma semi- industrial y la cual fue utilizada en el presente trabajo.

Diagrama 1: Elaboración de queso panela



1.3.4 Descripción del proceso de queso panela

A continuación describe brevemente las operaciones unitarias realizadas para la elaboración del queso panela

Recepción y tratamientos previos a la leche: La leche que es ordeñada se encuentra a 37 °C lo cual resulta un excelente medio de cultivo para bacterias por lo que se lleva a refrigerar entre 2 y 6 °C, la leche que se lleva a la planta de quesera debe pasarse por un tamiz para eliminar partículas gruesas, almacenándose en un depósito de espera en refrigeración antes de su tratamiento y conversión en queso.

Estandarización: La leche cruda contiene una cantidad determinada de grasa y acidez la cual para efecto de este tipo de queso debe ser verificada que cumpla con los parámetros de 2.8% de grasa y una acidez de 16°D .

Pasteurización: Se lleva a cabo a 73 °C durante 15 seg. para la destrucción de bacterias patógenas, y evitar la descomposición rápida del producto.

Adición de cloruro de calcio: Se lleva a cabo la adición del cloruro de calcio, que ayuda a la reconstitución del calcio perdido generado el tratamiento térmico aplicado para eliminar a los microorganismos patógenos (la pasteurización), además el cloruro de calcio también tiene como finalidad aumentar el rendimiento ayudando a una mayor retención de grasa y otros sólidos, una coagulación mas fuerte y un desuerado mas rápido.

Coagulación de la leche: La coagulación es el paso fundamental en la elaboración de queso. En esta etapa se añade el cuajo a la leche cuya actividad enzimática hace que coagule esta en un tiempo variable según el tipo de queso a procesar (28 a 45 min.), a temperatura de 28 a 35 °C.

Corte de la cuajada: La leche es cortada en la propia tina o cuba con dispositivos de corte en pequeños granos generalmente con la utilización de liras Verticales (V) y horizontal (H).

Primera agitación: se procede a una primera agitación lenta, se realiza así para evitar romper en exceso los coágulos formados ya que a este tiempo aun no tienen la fuerza suficiente para resistir impactos mecánicos severos.

Reposo: Es el tiempo necesario para, permitir fortalecer el coágulo.

Segunda agitación: La segunda agitación se realiza con mayor velocidad, para ayudar a la salida del suero, gracias a estos tratamientos se produce gran parte de la separación del suero, que es un líquido rico en lactosa y sales minerales..

Desuerado parcial: Se desuera prácticamente $\frac{3}{4}$ del suero presente en la tina o cuba, para simplemente dejar la cuajada, se recomienda que el suero restante, se utilice como vehiculo en el salado.

Salado: El salado se lleva acabo con el cuajado en la tina, realizando una agitación para permitir una mezcla homogénea y que todos los granos contengan la misma proporción de sal, se recomienda adicionar sal en un 1% en base a la cuajada.

Moldeado: Después de la eliminación de gran parte del suero, los granos de leche coagulada se colocan en moldes pueden ser plástico o metal.

Desuerado: Se dejan desuerar en los moldes permitiendo drenar el suero.

Volteos: Se realizan volteos cada 30, 60, 90 min.

Refrigeración: Se pone a refrigeración de 4°C durante 24hrs con todo y molde, evitando secar la corteza del queso.

Desmoldado: Se desmolda el queso panela.

Empacado: El queso debe empacarse, para ello, hay diferentes tipos de empaques, los cuales pueden ser bolsa de plástico de polietileno, bolsa para envasar al vacío, este paso se realiza antes de su salida al punto de venta.

1.3.5 Producción de queso panela

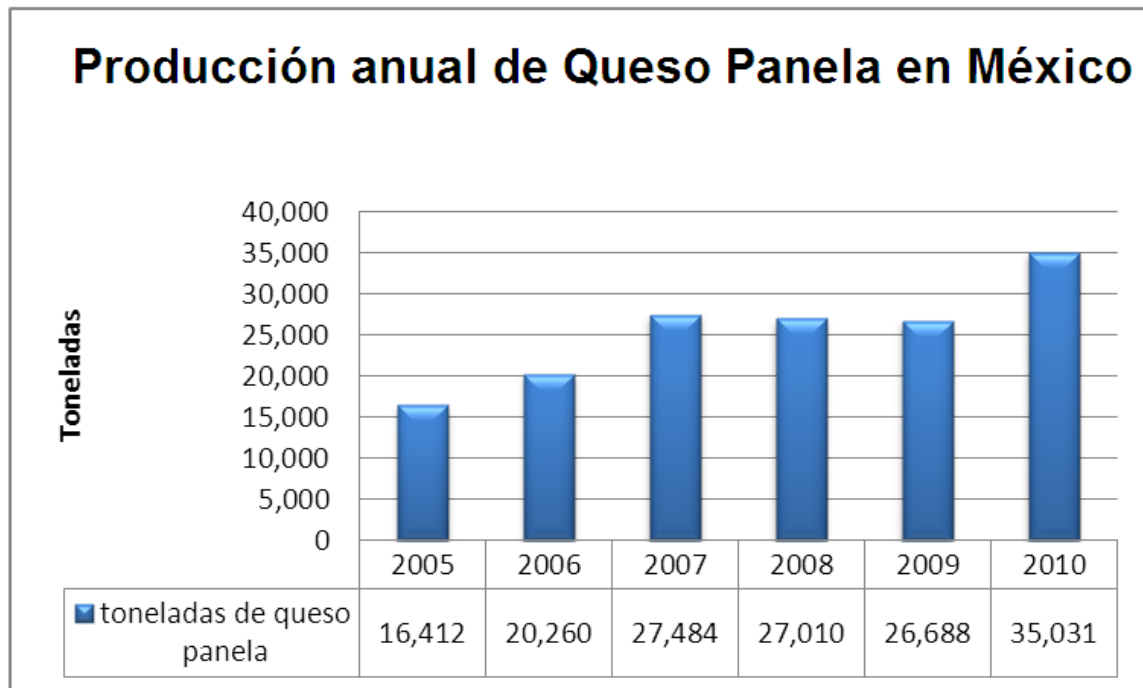
La producción de queso panela principalmente se da de forma artesanal en pequeñas queserías, independientemente los grandes productores lecheros han incrementado la producción de este tradicional queso mexicano, en la Tabla 11, se muestra la producción de queso panela en los últimos 5 años. (INEGI)

Tabla 11: Producción de queso panela en México

Año	Volumen (toneladas)
2005	16,412
2006	20,260
2007	27,484
2008	27,010
2009	26,688
2010	35,031

Fuente: INEGI

Gráfico 3: Producción de queso panela en México



Fuente: INEGI

En la tabla y gráfico anterior se presenta la producción del queso panela en los últimos 5 años, como se aprecia en el año 2007 tuvo un gran crecimiento de en la producción, sin embargo los 2 años posteriores se presentó una disminución en la producción, cambiando esta tendencia de manera muy importante en el año 2010 por lo que se puede apreciar que se ha tenido un gran crecimiento en la producción de este producto.

1.4 Enzima

Las enzimas son proteínas que actúan como importantes catalizadores y gracias a esta funcionalidad tienen muchos usos médicos y comerciales.

1.4.1 Definición

La enzima es la sustancia de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas, siempre que sea termodinámicamente posible. Las enzimas son generalmente proteínas globulares que pueden presentar tamaños muy variables, desde 62 aminoácidos como en el caso del monómero de la 4-oxalocrotonato tautomerasa, hasta los 2.500 presentes en la sintasa de ácidos grasos.

En estas reacciones, las enzimas actúan sobre moléculas denominadas sustratos, mejorando procesos al convertir ciertas moléculas en otras, que por lo general son los productos esperados o aumentan rendimiento etc.. A las reacciones mediadas por enzimas se las denomina reacciones enzimáticas.

Debido a que las enzimas son extremadamente selectivas con sus sustratos y su velocidad crece sólo con algunas reacciones de entre otras posibilidades, el conjunto (*set*) de enzimas sintetizadas en una célula determina el metabolismo que ocurre en cada célula. A su vez, esta síntesis depende de la regulación de la expresión génica.

Como todos los catalizadores, las enzimas funcionan aumentando y disminuyendo la energía de activación (ΔG^\ddagger) de una reacción, de forma que se acelera sustancialmente la tasa de reacción. Las enzimas no alteran el balance energético de las reacciones en que intervienen, ni modifican, por lo tanto, el equilibrio de la reacción, pero consiguen acelerar el proceso incluso millones de veces. Una reacción que se produce bajo el control de una enzima, o de un catalizador en general, alcanza el equilibrio mucho más rápido que la correspondiente reacción no catalizada.

Las actividades de las enzimas vienen determinadas por su estructura tridimensional. Casi todas las enzimas son mucho más grandes que los sustratos sobre los que actúan, y solo una pequeña parte de la enzima (alrededor de 3 a 4 aminoácidos) está directamente involucrada en la catálisis. La región que contiene estos residuos encargados de catalizar la reacción es conocida como centro activo. Las enzimas también pueden contener sitios con la capacidad de unir cofactores, necesarios a veces en el proceso de catálisis, o de unir pequeñas moléculas, como los sustratos o productos (directos o indirectos) de la reacción catalizada. Estas uniones pueden incrementar o disminuir la actividad enzimática, dando lugar así a una regulación por retroalimentación.

1.4.2 Clasificación

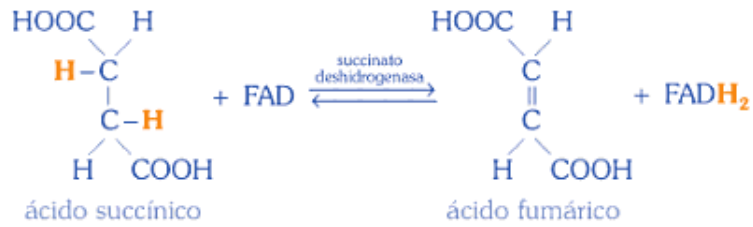
Inicialmente las enzimas recibieron nombres asignados por quien lo descubrió, posteriormente y debido al gran número de enzimas que hay, la denominación se va sistematizando, de forma que refleje el sustrato sobre el que actúa, segundo el nombre de la coenzima si es que la hubiere y finalmente se añade la función que realiza con la terminación *asa*. La excepción a la regla es cuando la acción de la enzima es la hidrólisis del sustrato, ejemplo la sacarosa- hidrolasa, es sacarasa. (Teijon, 2006)

La International Union of Biochemistry ha establecido un sistema según el cual las enzimas se clasifican en 6 grupos:

- Oxido-reductasa:

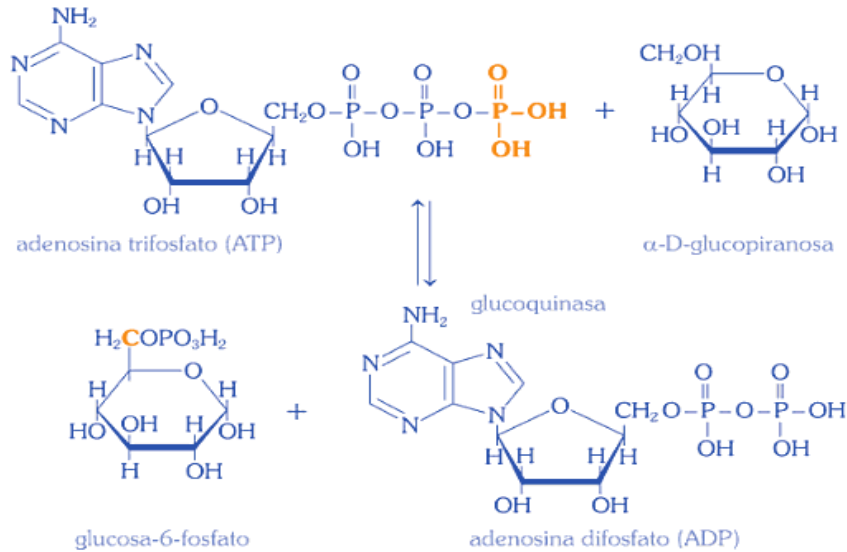
Catalizan reacciones de oxidorreducción o redox. Precisan la colaboración de las coenzimas de oxidorreducción (NAD^+ , NADP^+ , FAD) que aceptan o ceden los electrones correspondientes; tras la acción catalítica, estas coenzimas quedan

modificadas en su grado de oxidación, por lo que deben ser transformadas antes de volver a efectuar la reacción catalítica. (Teijon, 2006)



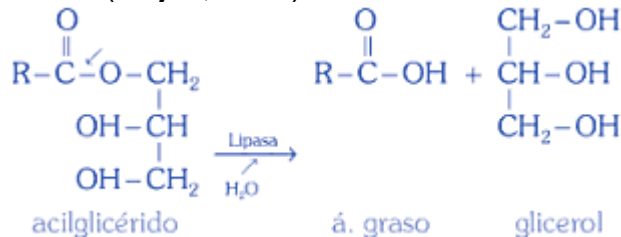
- Transferasas

Transfieren grupos activos (obtenidos de la ruptura de ciertas moléculas) a otras sustancias receptoras. Suelen actuar en procesos de interconversión de monosacáridos, aminoácidos, etc. (Teijon, 2006)



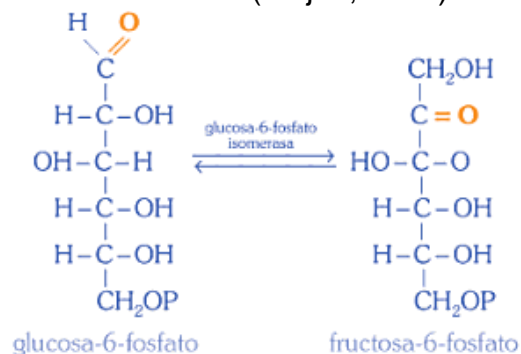
- Hidrolasas

Verifican reacciones de hidrólisis con la consiguiente obtención de monómeros a partir de polímeros. Actúan en la digestión de los alimentos, previamente a otras fases de su degradación. (Teijon, 2006)



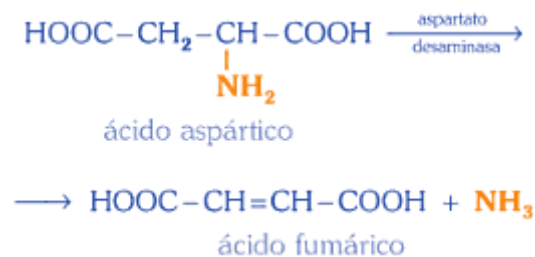
- Isomerasas

Actúan sobre determinadas moléculas obteniendo de ellas sus isómeros de función o de posición, es decir, catalizan la racemización y cambios de posición de un grupo en determinada molécula obteniendo formas isoméricas. Suelen actuar en procesos de interconversión. (Teijon, 2006)



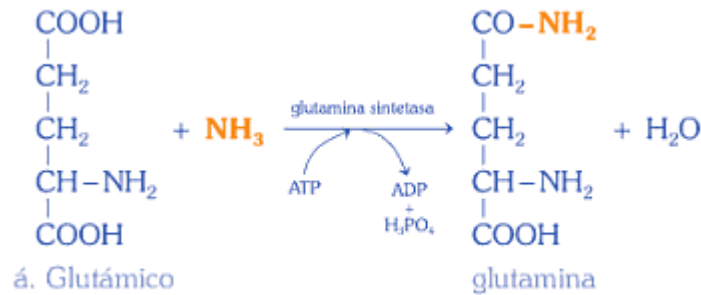
- Liasas

Catalizan reacciones en las que se eliminan grupos (H_2O , CO_2 y NH_3) para formar un doble enlace o añadirse a un doble enlace, capaces de catalizar la reducción en un sustrato. El sustrato es una molécula, la cual, se une al sitio activo de la enzima para la formación del complejo enzima-sustrato. El mismo, por acción de la enzima, es transformado en producto y es liberado del sitio activo, quedando libre para recibir otro sustrato. (Teijon, 2006)



- Ligasas

Realizan la degradación o síntesis de los enlaces denominados "fuertes" mediante al acoplamiento a sustancias de alto valor energético (como el ATP). (Teijon, 2006)



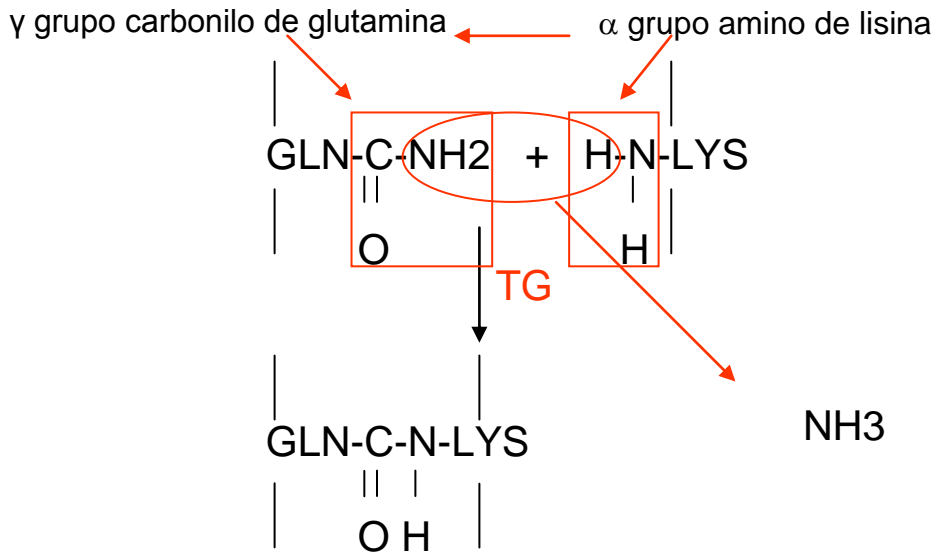
1.5 Transglutaminasa

La transglutaminasa (EC 2.3.2.13) es un tipo de transferasa, producida por fermentación microbiana de organismos de origen natural *Streptovercillium mobaraense*. Varios tipos de transglutaminasa se han encontrado en animales, plantas y diferentes tipos de microorganismos. Este tipo de enzima es calcio-independiente, es decir, que no necesariamente requiere del calcio para funcionar, y esta característica es la que le brinda ciertas ventajas en muchos sistemas de alimentos (Motoki, 1998).

La función de la transglutaminasa es la de una enzima con la capacidad de formar enlaces cruzados de proteínas por medio de enlaces covalentes. Hay 2 aminoácidos utilizados que utiliza, para formar los enlaces cruzados las cuales son la Glutamina y la Lisina. Cualquier proteína o combinación de proteínas que contenga la adecuada concentración de estos aminoácidos pueden ser entre enlazados o unidos efectivamente. La enzima cuenta con 331 aminoácidos, siendo su centro activo la cisteína (Gauche, 2008)

1.5.1 Mecanismo de reacción.

La transglutaminasa utiliza los grupos ϵ -amino de los residuos de lisina ligados en proteínas como receptores de acil, se forman enlaces cruzados ϵ -(γ -Glu)Lys intermolecular e intramolecular.



Fuente: Ajinomoto, Co. Ficha técnica

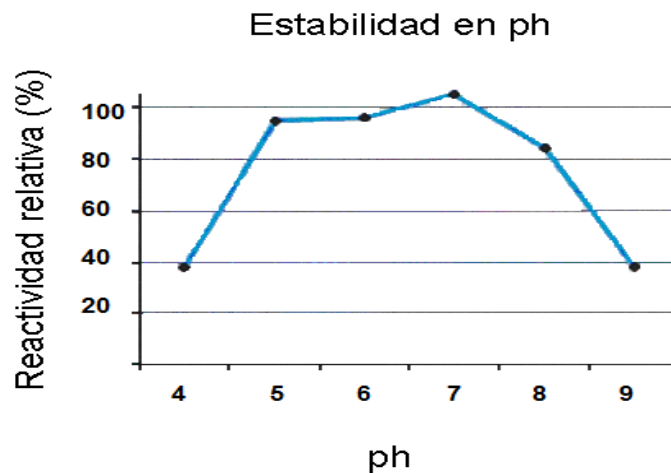
Esta reacción causa enlaces cruzados de moléculas de proteínas lo cual resulta en cambios físicos y de unión entre los alimentos y otros productos. En la actualidad la mayoría de las enzimas utilizadas en la industria, como la amilasa y la transferasa, rompen el sustrato en pequeños componentes. Sin embargo, la transglutaminasa es un tipo de enzima diferente, esta crea moléculas mayores a partir de pequeños sustratos proteicos a través de reacciones de enlaces cruzados. (Motoki, 1998)

1.5.2 Condiciones óptimas de funcionamiento de la transglutaminasa

La Transglutaminasa, así como otras enzimas utilizadas en la industria alimentaria, tienen condición de procesamiento en las que realizan mejor su funcionamiento. A continuación se mencionan las condiciones óptimas para la misma.

1.5.2.1 pH

La transglutaminasa muestra que funciona mejor a un rango de pH de 4 a 9, siendo su pH óptimo de funcionamiento 6-7, estos rangos de pH, son típicos en los que se manejan los alimentos, por lo que no existe riesgo alguno de que se desactive en algún alimento.

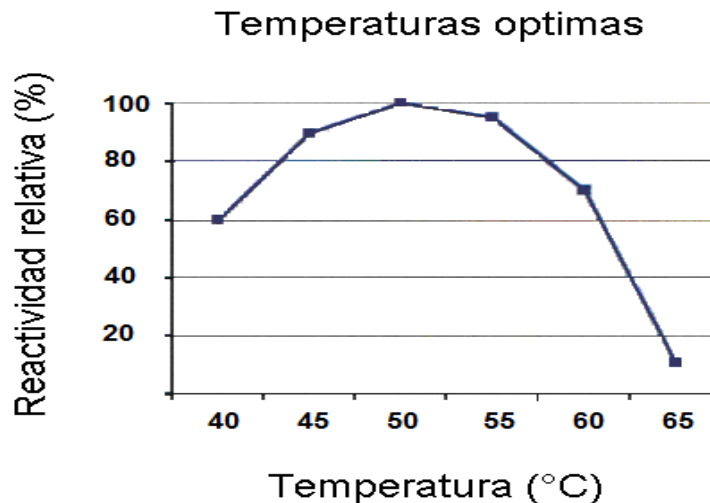


Fuente: Ajinomoto, Co. Ficha técnica

- Optimo pH 6-7
- Rango de pH 4-9

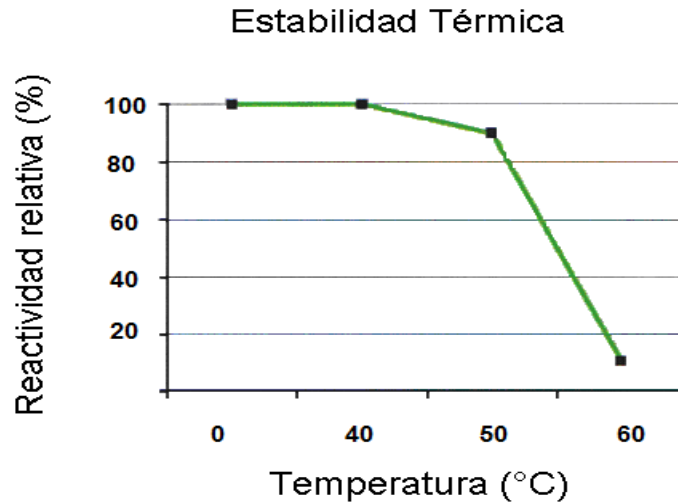
1.5.2.2 Temperatura

La transglutaminasa es estable a temperaturas superiores a los 40 °C, aunque al llegar a los 50 °C su estabilidad empieza a descender, siendo su temperatura optima de par que la reacción se lleve en el menor tiempo posible es de 50- 55 C por lo que la enzima tardaría aproximadamente 10 minutos en realizar su funcionamiento.



Fuente: Ajinomoto, Co. Ficha técnica

- Temperatura optima 50-55°C
- Rango de temperatura 0-65 °C



Fuente: Ajinomoto, Co. Ficha técnica

- Se inactiva a diferentes rangos
- Dependiendo de las condiciones

Se han calculado algunas relaciones de tiempo y temperatura para que la enzima tenga el mismo efecto que en sus condiciones óptimas de pH de 6, temperatura de 50°C por 10 min., en la tabla 12 se muestran las relaciones tiempo temperatura obtenidas. (Motoki, 1998)

Tabla 12: Relación tiempo temperatura para el funcionamiento de la transglutaminasa.

Temperatura (°C)	Tiempo(min)
5	240
15	105
20	70
30	35
40	20

Fuente: AJINOMOTO, CO. Ficha técnica de transglutaminasa

Como se observa en la tabla 12 la relación entre tiempo y temperatura es inversamente proporcional, ya que conforme aumenta la temperatura disminuye el tiempo para que la TG desarrolle su funcionamiento.

1.5.3 Especificidad de los sustratos

Las proteínas contienen muchas estructuras aleatorias, como la caseína y la gelatina, y que muchas veces son buenos sustratos para otras enzimas, y también lo son para la transglutaminasa, en la Tabla 13 se presenta ejemplos de sustratos proteicos que se encuentran en los alimentos y con que fuerza reaccionan a la transglutaminasa (Gauche,2008).

Tabla 13: Reactividad de la TG para varias proteínas

Alimento	Proteína de alimento	Reactividad
Leche	Caseína	●
	Caseinato de sodio	●
	α-Lactoalbumina	◇
	β-Lactoglobulina	◇
Huevo	Ovoalbúmina	◇
	Proteína de la yema	○
Carne	Mioglobina	◇
	Colágeno	○
	Gelatina	●
	Miosina	●
	Actina	X
	Globulina 11s	●
	Globulina 7s	●
Trigo	Gliadina	○
	Glutenina	○

- Reacciona muy bien
- Reacciona bien
- ◇ Reacciona según las condiciones
- X En general no reacciona

Fuente: AJINOMOTO, CO. Ficha técnica de transglutaminasa

1.5.4 Preparaciones de transglutaminasa

Las diferentes empresas distribuidoras de este transglutaminasas ofrecen diferentes preparaciones de esta, lo cual le hace hacer cada una de sus preparaciones tener mejor funcionamiento con los diferentes sistemas de alimentos, en el caso de Activa marca de la empresa AJINOMOTO, CO. Cuenta con una gran variedad de preparaciones, como lo son la Activa RM, TI, FP y GB así como Activa YG o Transglutaminasa YG la que es recomendable para productos lácteos.

1.6 Transglutaminasa YG

Es una preparación de transglutaminasa diseñada específicamente para la aplicación en productos lácteos. La combinación de la transglutaminas + glutatión (GSH), permite aumentar en un 20-30% la formación de enlaces entre cruzados, en la leche, comparado con otras transglutaminasas que no cuentan con la presencia de GSH (Bönisch, 2008). En el caso de esta enzima la presencia del glutatión se encuentra en el extracto de levadura, que conforma una parte de los ingredientes.

1.6.1 Aplicaciones en productos lácteos

En la tabla 14 se muestran las diferentes funcionalidades que tiene la transglutaminasa YG en diferentes productos lácteos.

Tabla 14: Funcionalidad de la Transglutaminasa YG en productos lácteos

Aplicaciones en lácteos	Funcionalidad
Yoghurt	Mejora la textura con la reducción en los sólidos no grasos
Queso	Mejora el rendimiento quesero
Postres congelados	Mejora las sensaciones en la boca en productos de bajos sólidos.

Fuente: AJINOMOTO, CO. Ficha técnica de Transglutaminasa YG

Formas de aplicar:

- **Solución:** La transglutaminasa puede ser disuelta en pequeñas cantidades de agua o leche, una vez mezclada puede ser añadida a la parte mas adecuada del proceso de elaboración, dependiendo el método a utilizar.
- **Seco:** Puede ser añadida y mezclada con los demás ingredientes en polvo de la formulación.

1.6.2 Condiciones de operación

En la tabla 15 se muestran las condiciones óptimas de operación en la que transglutaminas realiza mejor sus funciones.

Tabla 15: condiciones optimas de operación de la Transglutaminasa YG

Variable	Rango de actividad	Condiciones óptimas (actividad >95%)
pH	5.5-8	6-7
Temperatura	3-60 °C	50-55 °C

Fuente: AJINOMOTO, CO. Ficha técnica de Transglutaminas YG

1.6.3 Rangos para aplicaciones particulares

En la tabla 16 se presentan las concentraciones sugeridas de la transglutaminasa YG para su utilización en diferentes productos lácteos.

Tabla 16: Concentraciones sugeridas de la transglutaminasa YG en diferentes tipos de productos lácteos.

Aplicación	Rangos de aplicación	Concentraciones comunes en productos lácteos
Yoghurt	0.25-1.0 U/g de proteína de leche en el sistema	0.008-0.033%
Yoghurt batido	0.5-3.0 U/g de proteína de leche en el sistema	0.016-0.10%
Queso	Varia con el tipo	0.0025-0.35%

U: unidades de enzima

Nota: Transglutaminasa Activa Yg contiene 100 unidades de enzima por gramo.

Fuente: AJINOMOTO, CO. Ficha técnica de Transglutaminas YG

1.6.4 Tiempo de vida y manejo

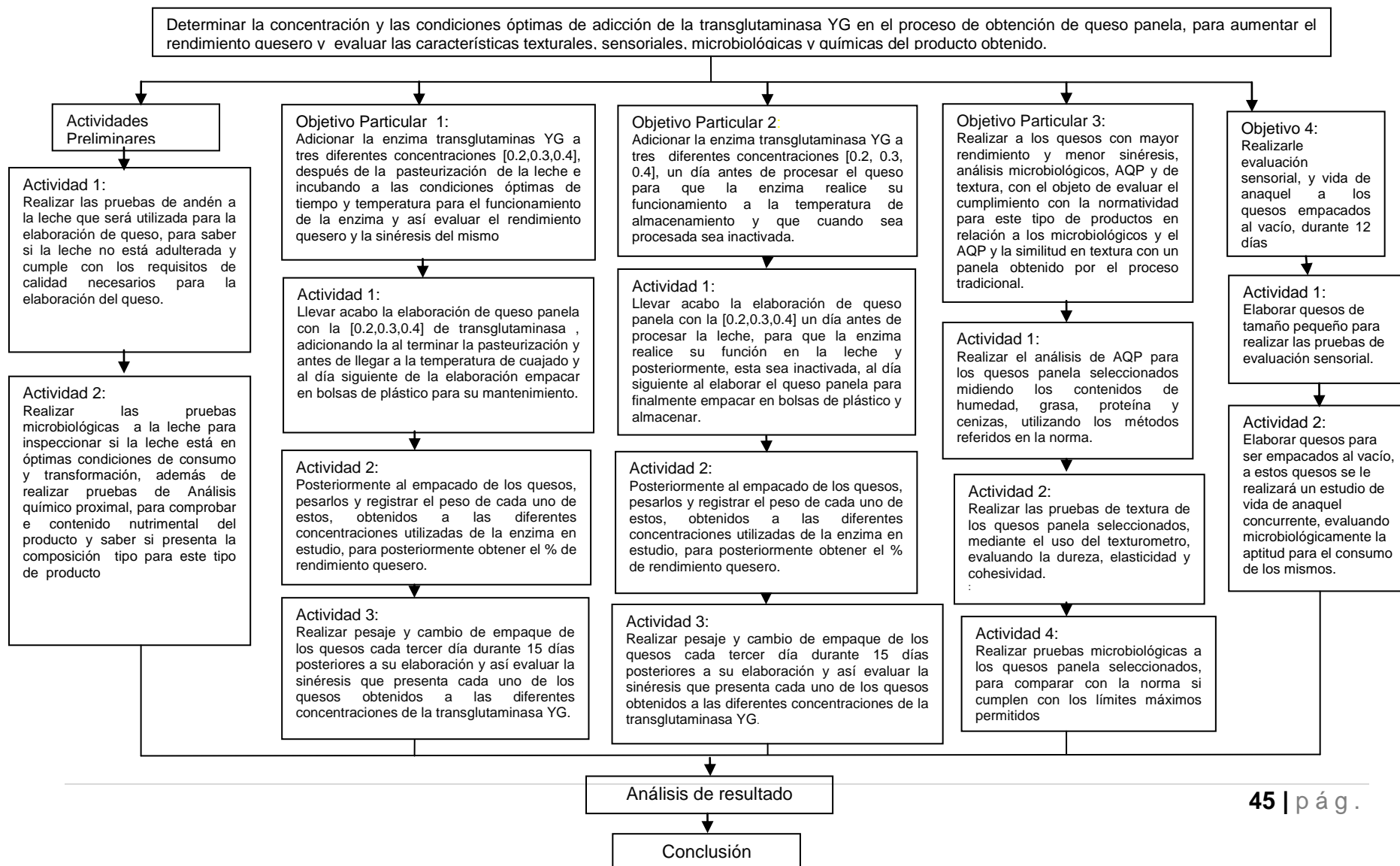
La transglutaminasa tiene una vida útil de 12 meses a partir de la fecha marcada en el empaque siempre y cuando no haya sido abierta y haya sido almacenada a temperatura por debajo - 21 °C.

Una vez que haya sido abierta se recomienda resellar la porción que no se empleó y almacenarla en el congelador por un período máximo de 1 mes, siempre y cuando haya llevado al congelador inmediatamente después de abrir.

CAPITULO 2

DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Cuadro metodológico



2.2 Objetivo general

Determinar la concentración y las condiciones óptimas de adición de la transglutaminasa YG en el proceso de obtención de queso panela, para aumentar el rendimiento quesero y evaluar las características texturales, sensoriales, microbiológicas y químicas del producto obtenido.

2.3 Actividades preliminares

2.3.1 Actividad 1

Realizar las pruebas de andén a la leche que será utilizada para la elaboración de queso, para saber si la leche no está adulterada y cumple con los requisitos de calidad necesarios para la elaboración del queso

2.3.2 Actividad 2

Realizar las pruebas microbiológicas a la leche para inspeccionar si la leche esta en óptimas condiciones de consumo y transformación, además de realizar pruebas del Análisis Químico Proximal (AQP) para comprobar el contenido nutrimental del producto y saber si presenta la composición tipo para este tipo de producto.

2.4 Objetivo particular 1

Adicionar la enzima transglutaminasa YG a tres diferentes concentraciones [0.2U/g, 0.3U/g, 0.4U/g], después de la pasteurización de la leche e incubando a las condiciones óptimas de tiempo y temperatura para el funcionamiento de la enzima y así evaluar el rendimiento quesero y la sinéresis del mismo.

2.4.1 Actividad 1

Llevar acabo la elaboración de queso panela con la [0.2U/g,0.3U/g,0.4U/g] de transglutaminasa, adicionando la al terminar la pasteurización y antes de llegar a la temperatura de cuajado y al día siguiente de la elaboración empacar en bolsas de plástico para su mantenimiento.

2.4.2 Actividad 2

Posteriormente al empacado de los quesos, pesarlos y registrar el peso de cada uno de estos, obtenidos a las diferentes concentraciones utilizadas de la enzima en estudio, para posteriormente obtener el % de rendimiento quesero.

2.4.3 Actividad 3

Realizar pesaje y cambio de empaque de los quesos cada tercer día durante 15 días posteriores a su elaboración y así evaluar la sinéresis que presenta cada uno de los quesos obtenidos a las diferentes concentraciones de la transglutaminasa YG.

2.5 Objetivo particular 2

Adicionar la enzima transglutaminasa YG a tres diferentes concentraciones [0.2U/g, 0.3U/g, 0.4U/g], un día antes de procesar el queso para que la enzima realice su funcionamiento a la temperatura de almacenamiento y que cuando sea procesada sea inactivada.

2.5.1 Actividad 1

Llevar acabo la elaboración de queso panela con la [0.2U/g,0.3U/g,0.4U/g] un día antes de procesar la leche, para que la enzima realice su función en la leche y posteriormente, esta sea inactivada, al día siguiente al elaborar el queso panela para finalmente empacar en bolsas de plástico y almacenar.

2.5.2 Actividad 2

Posteriormente al empacado de los quesos, pesarlos y registrar el peso de cada uno de estos, obtenidos a las diferentes concentraciones utilizadas de la enzima en estudio, para posteriormente obtener el % de rendimiento quesero.

2.5.3 Actividad 3

Realizar pesaje y cambio de empaque de los quesos cada tercer día durante 15 días posteriores a su elaboración y así evaluar la sinéresis que presenta cada uno de los quesos obtenidos a las diferentes concentraciones de la transglutaminasa YG.

2.6 Objetivo particular 3

Realizar a los quesos con mayor rendimiento y menor sinéresis, análisis microbiológicos, AQP y de textura, con el objeto de evaluar el cumplimiento con la normatividad para este tipo de productos en relación a los microbiológicos y el AQP y la similitud en textura con un panela obtenido por el proceso tradicional.

2.6.1 Actividad 1

Realizar el análisis de AQP para los quesos panela seleccionados midiendo los contenidos de humedad, grasa, proteína y cenizas, utilizando los métodos referidos en la norma.

2.6.2 Actividad 2

Realizar las pruebas de textura de los quesos panela seleccionados, mediante el uso del texturometro, evaluando la dureza, elasticidad y cohesividad.

2.6.3 Actividad 3

Realizar pruebas microbiológicas a los quesos panela seleccionados, para comparar con la norma si cumplen con los límites máximos permitidos.

2.7 Objetivo particular 4

Realizar pruebas de evaluación sensorial, así como pruebas de vida de anaquel a los quesos empacados al vacío durante 12 días.

2.7.1 Actividad 1

Elaborar quesos de tamaño pequeño para realizar las pruebas de evaluación sensorial.

2.7.2 Actividad 2

Elaborar quesos para ser empacados al vacío, a estos quesos se le realizará un estudio de vida de anaquel concurrente, evaluando microbiológicamente la aptitud para el consumo de los mismos.

2.8 Materiales

Los materiales utilizados son productos de buena calidad, los cuales son tradicionalmente utilizados para la elaboración de queso panela, exceptuando a la enzima transglutaminasa YG

2.8.1 Enzima transglutaminasa YG

La muestra utilizada durante la experimentación es la enzima TRANSGLUTAMINASA, con una preparación especial, la cual según el proveedor es referida para su uso en productos lácteos, por lo que la menciona como TRANSGLUTAMINASA YG, esta enzima fue proporcionada por la empresa AJINOMOTO CO.

2.8.1.1 Especificación de la muestra

Tabla 17: Especificaciones de la enzima transglutaminasa YG

Variable	Rango de actividad	Condiciones optimas (actividad >95%)
pH	5.5-8	6-7
Temperatura	3-60 °C	50-55 °C
Aplicación	Concentraciones comunes	
Queso	0.0025-0.35U/g	

Contenido de 100 Unidades (U)/g de enzima.

Durante toda la experimentación la enzima fue utilizada para la elaboración de queso panela, por lo que se evaluaron los efectos, cambios y beneficios que su aplicación genera en el producto. Dentro de los parámetros a medir, está la sinéresis del producto, el rendimiento quesero, los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, texturales, sensoriales y de vida de anaquel.

En la tabla 18 se muestra la metodología de cálculo que se realizó para saber la cantidad de enzima a adicionar en las diferentes corridas realizadas, estos cálculos se realizaron en base a las especificaciones indicadas por el productor, quien marcaba la concentraciones sugeridas en quesos, además de una metodología de cálculo para la determinación de la cantidad de uso de la enzima.

Tabla 18: Metodología de cálculo para la adición de la TG

g leche	% proteína de leche	g de proteína	[]de Unidades TG/ g de proteína	Unidades de enzima necesitada	TG YG unidades/g	Conc. De la enzima YG
20000g	3.11	622g	0.20U	124.4	100U	1.244g
20000g	3.11	622g	0.30U	186.6	100U	1.866g
20000g	3.11	622g	0.40U	248.8	100U	2.488g

U: unidades de contenidas en la enzima

La metodología con la cual se obtuvieron los valores de la tabla 16 que sirvieron para determinar la cantidad de enzima necesaria para hacer corridas de 20 L de leche se presenta a continuación:

- $(\text{g de leche}) \times (\% \text{ de proteína de la leche}) = \text{g de proteína.}$
- $(\text{g de proteína}) \times ([] \text{ de Unidades TG/ g de proteína}) = \text{Unidades de enzima necesitada}$
- $(\text{Unidades de enzima necesitada}) \times (\text{TG YG unidades /g}) = \text{Cantidad de enzima TG YG}$

2.8.2 Leche bronca

La leche bronca fue proporcionada por el taller de lácteos de la FES Cuautitlán de la UNAM, ubicada en campo 4.

Esta leche fue extraída de vacas sanas libres de infecciones, obteniendo un producto de calidad, la cual se corroboró de forma experimental, mediante un análisis microbiológico de rutina (coliformes totales, mohos y levaduras, mesofilos aerobios) a la leche, así mismo se realizó un análisis de sus componentes nutrimentales como los son las proteínas, grasa, etc. Los parámetros cumplieron con lo establecido en la normatividad mexicana, para su utilización en la elaboración de productos lácteos.

2.8.3 Cuajo

El cuajo utilizado es de la marca Guz-Beck el cual se obtiene de la mucosa del cuarto estómago o cuajar de los mamíferos rumiantes lactantes, esta marca de cuajo contiene una fuerza de cuajada de 1:10.000, la cual representa la cantidad de producto necesario para poder cuajar un cierto volumen de leche.

2.9 Métodos

A continuación se presentan los métodos utilizados durante la experimentación del presente trabajo.

2.9.1 Elaboración de queso Panela

La metodología seleccionada para la elaboración de queso panela fue semi-industrial y se describe en los diagramas 2 y 3, los cuales especifican la forma y el tiempo del proceso de elaboración del queso panela, en donde se le adiciona la transglutaminasa.

Diagrama 2: Elaboración de queso panela con adicción de TG posterior a la pasteurización

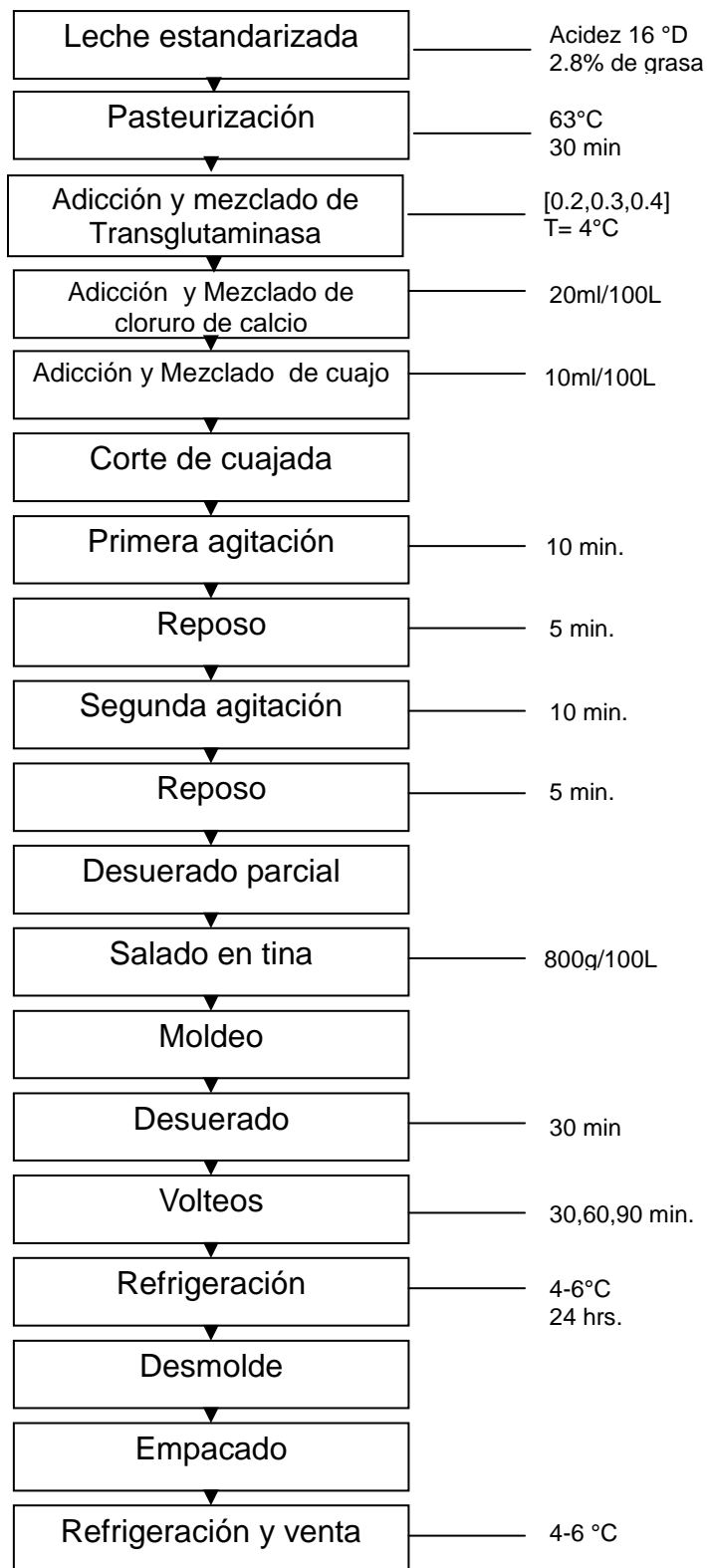
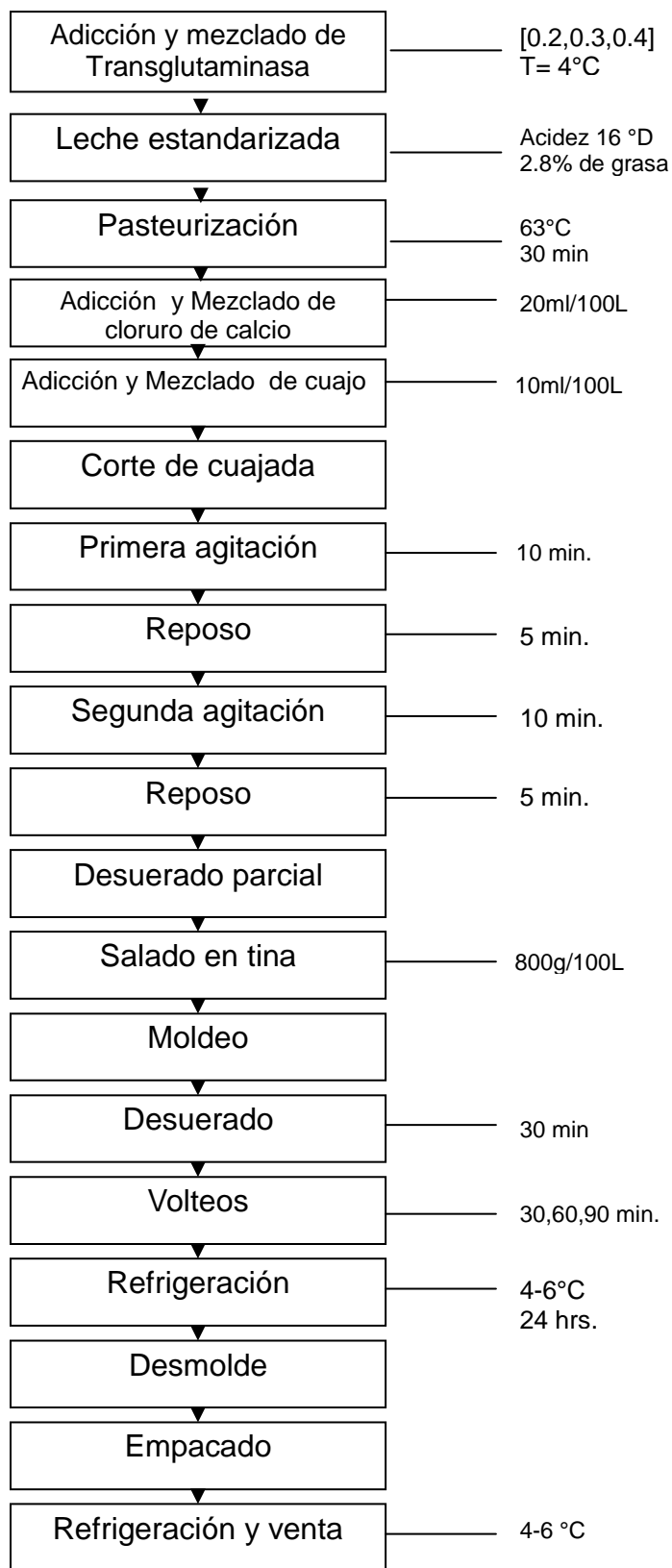


Diagrama 3: Elaboración de queso panela con adición de TG un día antes de procesar



En el diagrama 2 (pág. 51) se aprecia la forma en la que se adiciona la enzima el mismo día en el que se procesa la leche, agregándose posterior a la realización de la pasteurización; mientras que en el diagrama 3 (pág. 52) se presenta como la metodología a seguir cuando se adicione la enzima un día antes de llevar a cabo la elaboración de queso, mientras que para el queso testigo se elaboró mediante la metodología del diagrama 1 (pág. 30).

2.9.2 Pruebas de Análisis a materia prima y producto terminado

En la tabla 19 se muestran las pruebas que se le realizaron a la leche y al queso, indicando la metodología en la cual empleada.

Tabla 19: Pruebas y métodos utilizados para la evaluación de queso panela

Prueba	Aplicación	Método
Índice crioscópico	Materia prima	NOM-155-SCFI-2003
Acidez	Materia prima	NOM-155-SCFI-2003
Densidad	Materia prima	NOM-155-SCFI-2003
Alcohol	Materia prima	NOM-155-SCFI-2003
Proteína	Materia Prima, Producto Terminado	NMX-F-608-NORMEX-2002
Grasa	Materia Prima, Producto Terminado	NMX-F-387-1982
Humedad	Materia Prima, Producto Terminado	NOM-116-SSA1-1994
Cenizas	Materia Prima, Producto Terminado	NMX-F-607-NORMEX-2002
Textura	Producto Terminado	TPA
Mohos y levaduras	Materia Prima, Producto Terminado	NOM-111-SSA1-1994
Coliformes Totales	Materia Prima, Producto Terminado	NOM-113-SSA1-1994

Mediante los métodos anteriormente referidos se llevó a cabo cada una de las pruebas tanto a la leche bronca como a los quesos panela seleccionados para evaluación.

CAPITULO 3 RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante la experimentación del presente trabajo.

3.1 Actividades preliminares

Se realizaron pruebas de andén y AQP a la leche que se utilizó en la elaboración del queso panela, siguiendo la metodología marcada en la Tabla 19 (pág. 53).

3.1.1 Actividad 1: Pruebas de andén

Se llevaron a cabo las pruebas de andén a la leche de estudio las pruebas fueron: punto crioscópico, acidez, densidad y alcohol.

En la tabla 20 se muestran los resultados del índice crioscópico de la leche, prueba que permite detectar adulteraciones en la leche por adición de agua.

Tabla 20: Índice Crioscópico de la leche bronca

Muestras	Promedio	DS	CV
0.6 0.52 0.55	0.556667	0.040415	0.072601

DS: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación

En la tabla 21 se muestran los resultados de la medición de la acidez de la leche la cual, el índice de acidez, indica si la leche está fresca o ya tiene un determinado tiempo almacenada o si contiene una carga microbiana alta que ha convertido la lactosa en ácido láctico.

Tabla 21: Acidez de la leche bronca

Muestras	Promedio	DS	CV
16 17 16	16.333333	0.235702	0.014431

DS: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación

En la tabla 22 de muestran los resultados de la densidad de la leche, el cual nos permite ver alguna adulteración que pudiera existir en la misma

Tabla 22: Densidad de la leche.

Muestras(g/cm)	Promedio	DS	CV
1.02575	1.025717	2.36E-05	2.30E-05
1.0257			
1.0257			

DS: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación

En la tabla 22 se muestran los resultados de la prueba de alcohol realizada a la leche la cual nos indica si la leche es resistente a tratamientos térmicos como lo es la pasteurización. Lo cual puede generar problemas de falta de estabilidad

Tabla 23: Prueba de alcohol

Muestras	Resultado
1	Negativa
2	Negativa
3	Negativa

3.1.2 Actividad 2: Análisis microbiológico y de AQP de la leche bronca

Posteriormente a la realización de las pruebas de andén y saber que la leche que se tenía cumplía con estas, se le realizó el análisis microbiológico en las cuales se midieron el contenido de coliformes y *Staphylococcus*.

En la tabla 24 se presenta los resultados del contenido de los análisis microbiológicos presentes en la leche bronca.

Tabla 24: Análisis microbiológico de la leche bronca.

Prueba	Coliformes totales	<i>Staphylococcus Aureus</i>
1	10	negativo
2	12	negativo
3	0	negativo

Así mismo se realizó el AQP a la leche bronca, midiéndole el contenido de humedad, proteína, grasa y cenizas, presentes para poder determinar la calidad nutricional de la misma.

En la tabla 25 se muestra el resultado del promedio del análisis de todos los componentes químicos de la leche y su comparación con lo reportado en la teoría.

Tabla 25: Contenido Fisicoquímico de la leche

%	Leche utilizada	Desviación estándar	CV	Leche teórica
Humedad	87.88	0.06	0.0007	88
Grasa	3.86	0.06	0.01	3.4
Proteína	3.11	0.10	0.0320	3.2
Cenizas	0.98	0.07	0.0714	0.70
Carbohidratos	4.17	-	-	4.7

Se observa que el contenido de grasa es mayor a reportado en la teoría, mientras que la humedad y las proteínas se encuentran por debajo de lo reportado en la teoría.

3.2 Objetivo Particular 1 y 2

En los objetivos particular 1 y 2 se llevó a cabo la elaboración del queso panela con concentraciones de la TG [0.2U/g, 0.3U/g, 0.4U/g], así como las 2 formas de adición (24h antes o en el proceso), para poder saber si hay un cambio significativo entre una u otro forma de adicionar la enzima, reflejado en el rendimiento.

3.2.1 Actividad 1 Corridas experimentales

En la tabla 26 se presentan las diferentes concentraciones utilizadas de TG, y las 2 formas de adición de la misma, con las cuales se realizaron los diferentes quesos panelas.

Tabla 26: Formulación de Tg para la elaboración de queso panela

Muestra	Concentración de TG	Forma de adición
Muestra A	0.2U/g	Mismo día de proceso
Muestra B	0.2 U/g	Un día antes de procesar
Muestra C	0.3 U/g	Mismo día de proceso
Muestra D	0.3 U/g	Un día antes de procesar
Muestra E	0.4 U/g	Mismo día de proceso
Muestra F	0.4 U/g	Un día antes de procesar

3.2.2 Actividad 2: Rendimiento quesero

A las formulaciones anteriores se les evaluó el rendimiento en peso y porcentaje, en base a los parámetros anteriormente mencionados para de ahí elegir las 2 mejores formulaciones en cuanto rendimiento y sinéresis, para con ellas continuar el estudio.

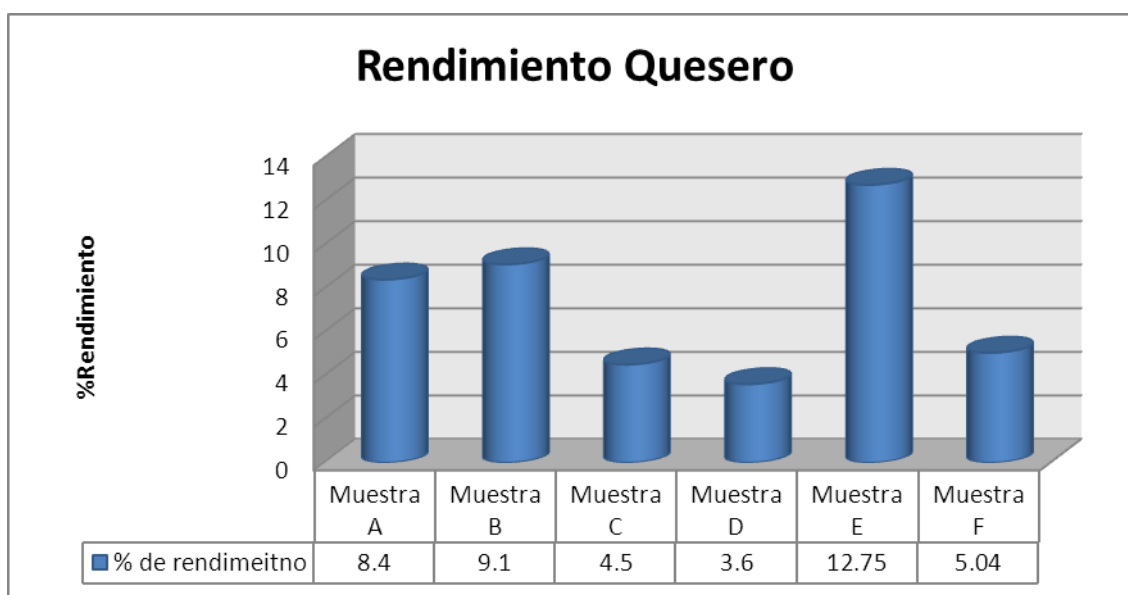
En la Tabla 27 se presenta el % de rendimiento quesero que obtuvieron las formulaciones con la TG y las 2 formas de adición de la misma.

Tabla 27: Rendimiento quesero de los quesos Panela elaborados con TG

Concentración	Litros de leche	Rendimiento quesero (g)	%
Muestra patrón	20 L	2.401	-
Muestra A	20 L	2.603	8.4
Muestra B	20 L	2.620	9.1
Muestra C	20 L	2.510	4.5
Muestra D	20 L	2.487	3.6
Muestra E	20 L	2.706	12.75
Muestra F	20 L	2.521	5.04

En grafico 4 se muestra gráficamente, el rendimiento quesero obtenido por la adición de la enzima transglutaminasa

Grafico 4: Rendimiento quesero de los quesos Panela elaborados con TG



Se observa que el mayor rendimiento se da en la muestra E, seguido de la B y la A.

3.2.3 Actividad 3: Sinéresis

Se realizó una medición de la cantidad suero desprendió por parte de los diferentes queso, durante 15 días los cual arrojó la sinéresis que tiene cada una de las formulaciones.

En la tabla 28 se muestra los resultados de la sinéresis de los quesos panela evaluados con la transglutaminasa.

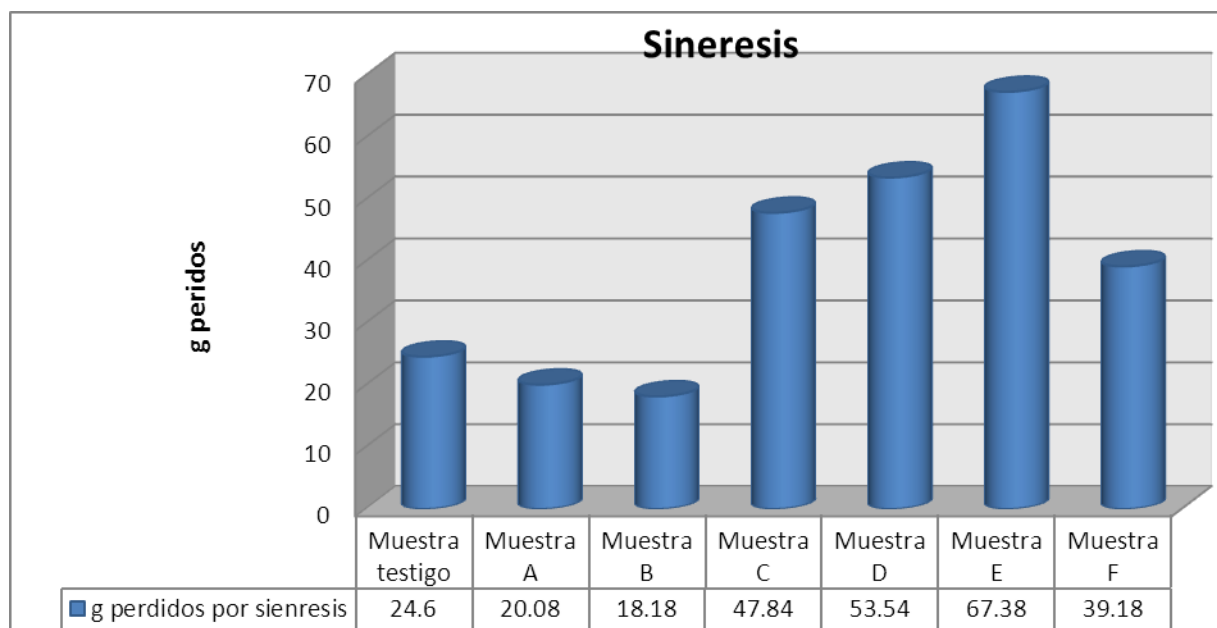
Tabla 28: Evaluación de la sinéresis del queso panela elaborado con TG

Muestras	1	2	3	4	5	Promedio
Muestra testigo	23.7	23.5	15.8	25	35	24.6 ^a
Muestra A	18.1	16	24	16.7	25.6	20.08 ^a
Muestra B	19.1	21	17.5	16.2	17.1	18.18 ^a
Muestra C	35.9	49.1	40.8	62.6	50.8	47.84 ^{bc}
Muestra D	43.8	59.4	50	63.4	51.1	53.54 ^c
Muestra E	68.2	76.6	67.2	64.6	60.3	67.38 ^d
Muestra F	37	34.2	40.6	42.6	41.5	39.18 ^b

Los valores que se presentan con la misma letra (a, b, c, d), no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$

En el grafico 5 se muestra de manera gráfica la comparación entre las diferentes formulaciones de TG y la muestra patrón en la liberación de la sinéresis

Grafico 5: Sinéresis de queso panela elaborado con TG



Se observa que la muestra E es la que presenta una mayor sinéresis, seguido por la C y D, además se observa que las muestras A y B son las que presentan menor sinéresis incluso menor a la muestra testigo.

3.3 Objetivo particular 3

3.3.1 Actividad 1: AQP de las muestras de queso panela

Se realizó un AQP, a un queso testigo, y a los 2 tipos de quesos a evaluar los cuales fueron la muestra A (Tg 0.2U/g Mismo día de elaboración), y la muestra B (Tg 0.2U/g Un día antes de la elaboración). En la tabla 29 se presenta el resultado obtenido del AQP del queso panela testigo.

Tabla 29: AQP de los quesos panela seleccionados.

%	Testigo	Muestra A	Muestra B
Humedad	57 ^a	59.8 ^b	58.77 ^b
Grasa	19 ^a	16 ^b	16 ^b
Proteína	20.7 ^a	21.89 ^b	22.33 ^b
Cenizas	3.81 ^a	3.29 ^b	3.67 ^{ab}

Los valores que se presentan con la misma letra (a, b, c, d), no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$

Los resultados obtenidos por el análisis químico proximal, permiten observar las que existe diferencia significativa entre la muestra testigo y las muestras A y B en el contenido de humedad y de proteína, mientras que en los demás parámetros no existe diferencia significativa entre las muestras.

3.3.2 Actividad 2 Textura de las muestras de queso panela

Se llevó a cabo un análisis de textura de los quesos estudiados, mediante una prueba de TPA, con las siguientes condiciones: cilindro de acrílico de 1in de diámetro, 20°C, 21.7mm de altura, 20mm de diámetro y 40% de compresión, con lo que se obtuvo los resultados que se presentan en la Tabla 30, en los que se midieron una gran cantidad de parámetros pero solo se presentan los más importantes para este tipo de alimento.

Tabla 30: Tabla de textura de los quesos panela

Parámetros de textura	Testigo	Muestra A	Muestra B
Dureza (Kgf)	0.1849 ^a	0.2237 ^a	0.583 ^b
Cohesividad	0.6503 ^a	0.6388 ^a	0.6472 ^a
Elasticidad(mm)	6.763 ^a	6.752 ^a	6.799 ^a
Masticabilidad (Kgf mm)	0.1165 ^a	0.1409 ^a	0.3668 ^b

Los valores que se presentan con la misma letra (a, b, c, d), no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$

Gráfico 6: Dureza de queso panel

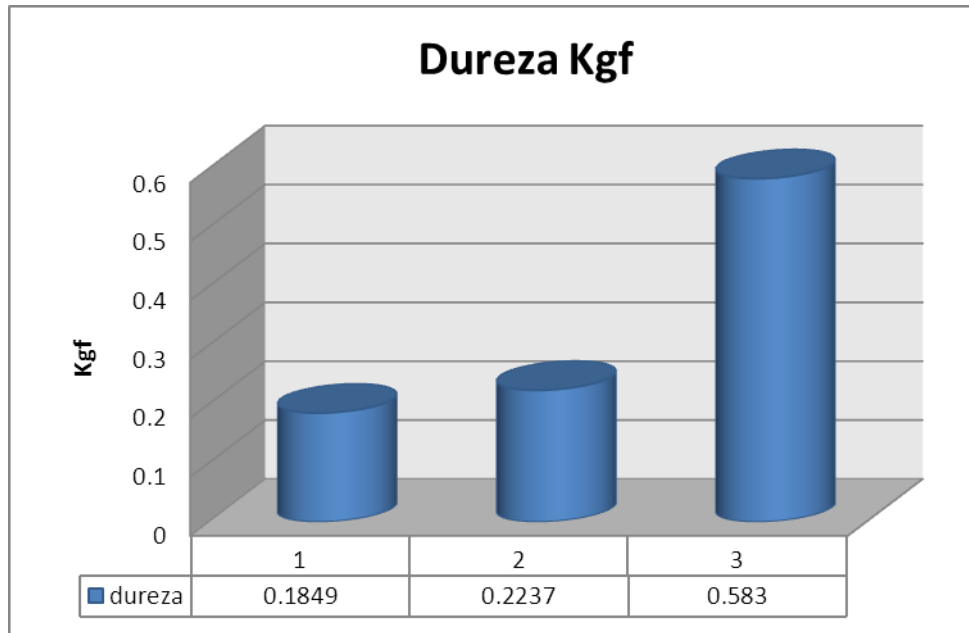


Gráfico 7: Elasticidad de queso panela

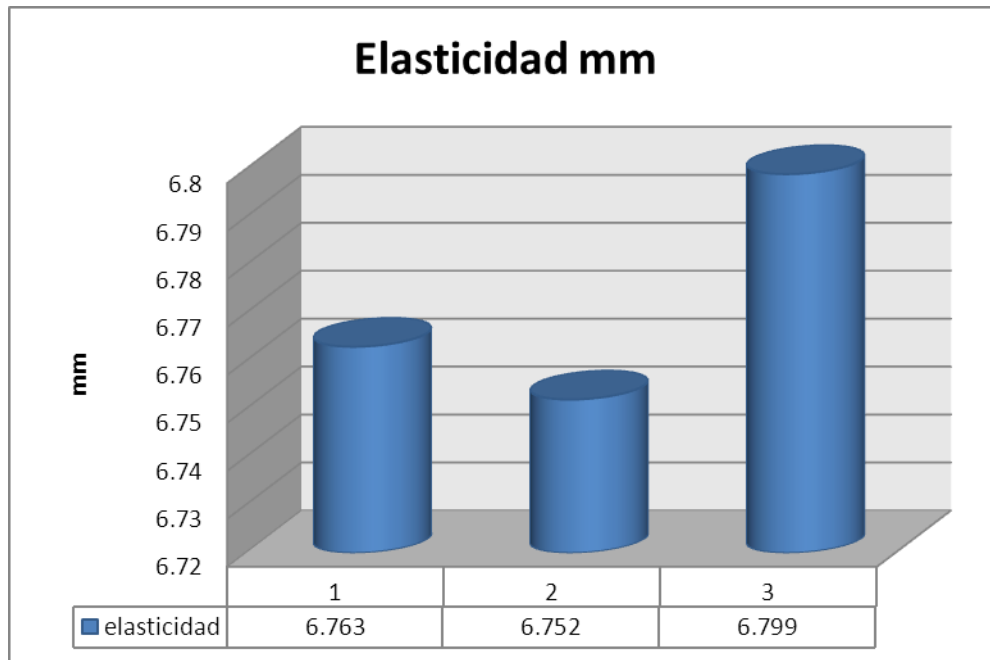


Gráfico 8: Cohesividad de queso panela.

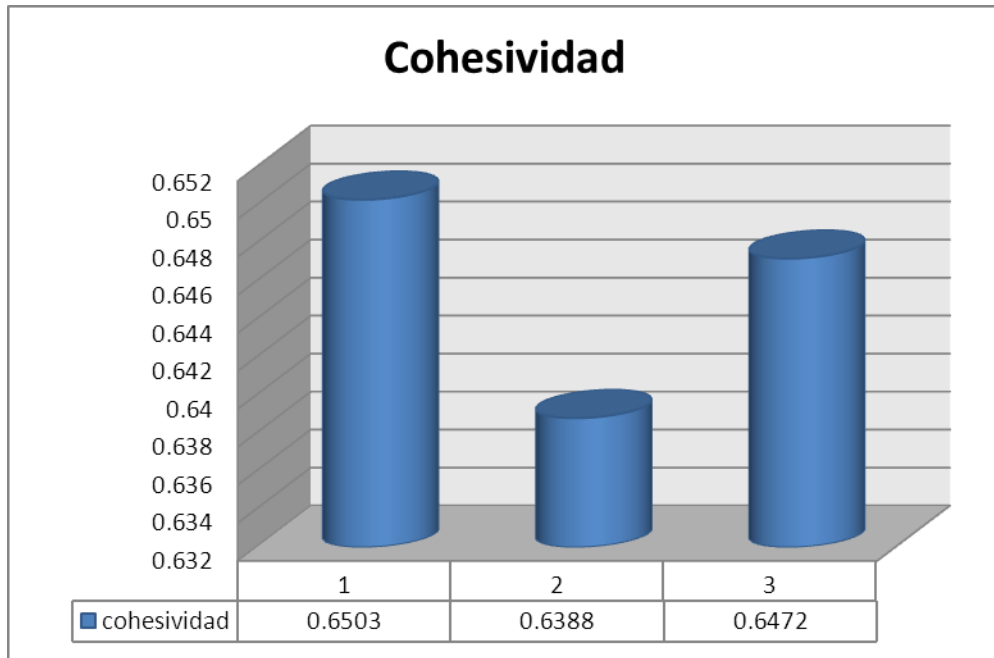
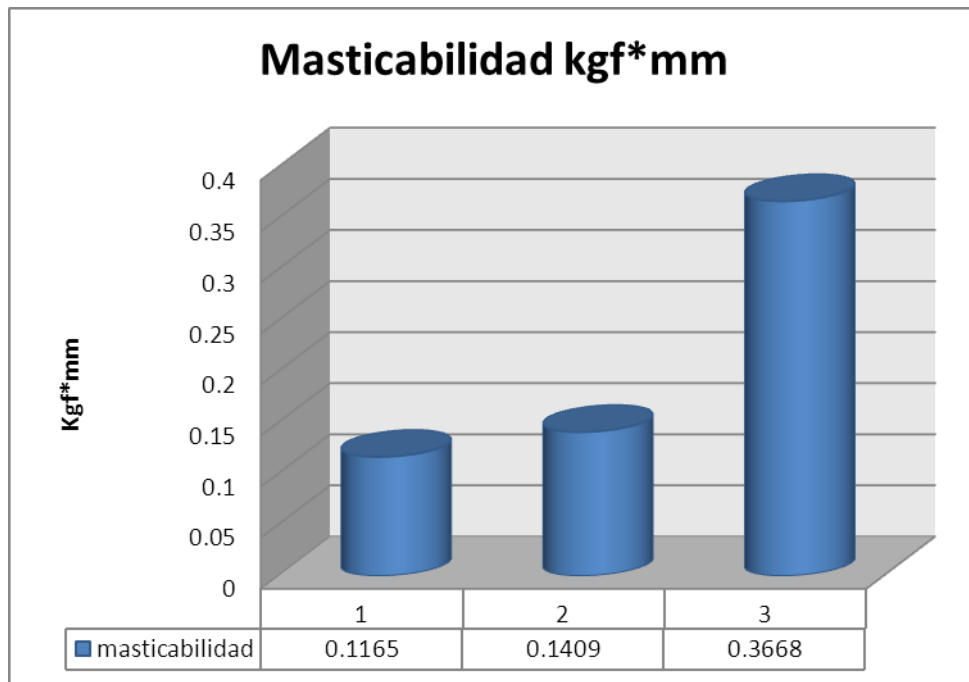


Gráfico 9. Masticabilidad



3.3.3 Actividad 3: Análisis microbiológico a las muestras de queso panela

Se realizaron pruebas de análisis microbiológico a los quesos panelas estudiados. Se realizó el análisis microbiológico rutinario a los quesos obtenidos, con el propósito de observar conformidad con la normatividad en la NOM-121-SSA1-1994.

En la tabla 31 se presentan los resultados obtenidos de este análisis.

Tabla 31: Microbiológicos de las muestras de queso panela

Microorganismo	Queso patrón	Queso a	Queso b	NOM-121-SSA1-1994 LIMITES MAXIMOS
Coliformes totales	3 ^a	8 ^b	9 ^b	100(UFC/g)
Mesófilos	24 ^a	40 ^b	30 ^a	1000(UFC/g)
Mohos y levaduras	16 ^a	18 ^a	16 ^a	500(UFC/g)

Los valores que se presentan con la misma letra (a, b, c, d), no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$

Los resultados obtenidos en el cuadro anterior, permiten observar que los quesos panelas cumplen con los parámetros microbiológicos solicitados por la NOM-121-SSA1-1994, por lo que son aptos para su consumo.

3.4 Objetivo particular 4

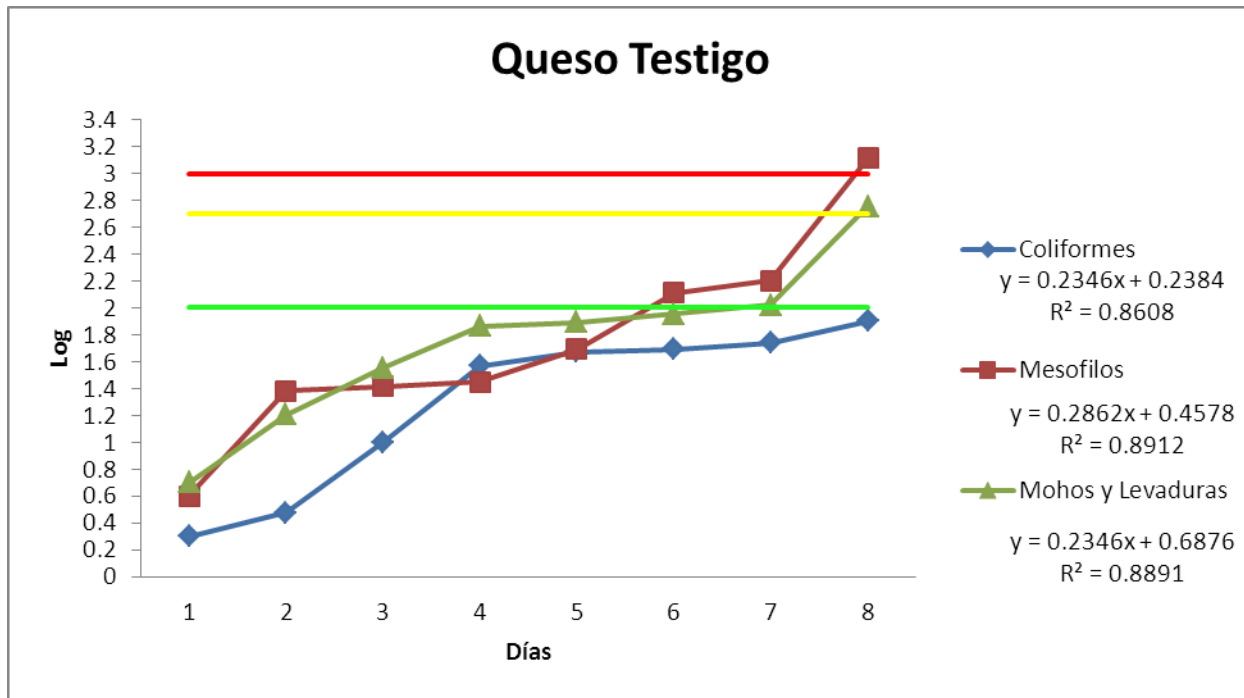
3.4.1 Actividad 1: Vida de anaquel

Se llevó a cabo un estudio de vida de anaquel entre los 3 tres queso panela utilizados, el testigo, la muestra A y la muestra B. En el siguiente grafico se observa el estudio de vida de anaquel realizado, los resultados fueron comparados con los límites permitidos de la NOM.

Tabla 32: Vida de anaquel de la muestra Testigo

Día	Contenido de coliformes	Contenido de mesófilos	Contenido de Mohos y Levaduras	Log coliformes	Log de mesófilos	Log de hongos
1	2	4	5	0.30103	0.60205999	0.69897
2	3	24	16	0.47712125	1.38021124	1.20411998
3	10	26	36	1	1.41497335	1.5563025
4	37	28	73	1.56820172	1.44715803	1.86332286
5	47	49	78	1.67209786	1.69019608	1.8920946
6	49	130	90	1.69019608	2.11394335	1.95424251
7	55	160	105	1.74036269	2.20411998	2.0211893
8	80	1300	570	1.90308999	3.11394335	2.75587486

Grafico 10: Vida de anaquel de la muestra Testigo



— Límite máximo permitido de mesófilos.

— Límite máximo permitido de Mohos y levaduras

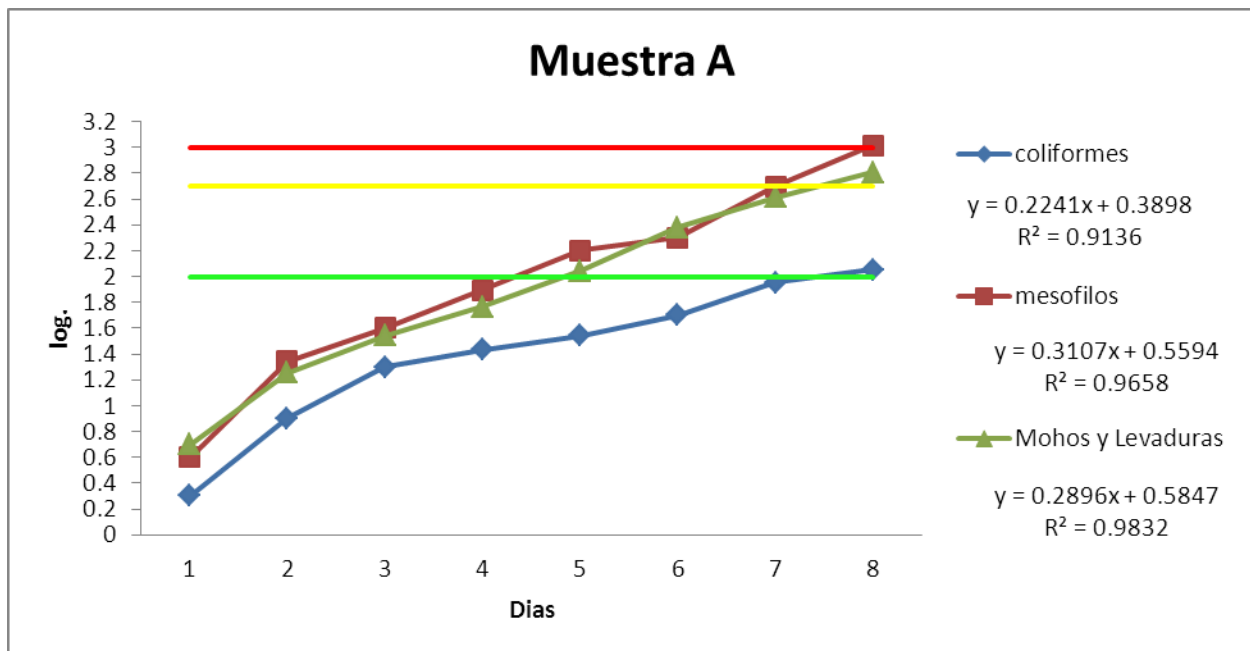
— Límite máximo permitido de coliformes

En el grafico anterior podemos observar que para la muestra excedió los límites máximos permitidos en mesófilos, Mohos y levaduras, el día 8, mientras que para coliformes no excedió

Tabla 33: Vida de anaquel de la muestra A.

Día	Contenido de coliformes	Contenido de mesófilos	Contenido de Mohos y Levaduras	Log coliformes	log mesófilos	log hongos
1	2	4	5	0.301029996	0.60205999	0.69897
2	8	22	18	0.903089987	1.34242268	1.25527251
3	20	40	35	1.301029996	1.60205999	1.54406804
4	27	78	58	1.431363764	1.8920946	1.76342799
5	35	160	110	1.544068044	2.20411998	2.04139269
6	50	200	240	1.698970004	2.30103	2.38021124
7	90	500	410	1.954242509	2.69897	2.61278386
8	113	1040	640	2.053078443	3.01703334	2.80617997

Gráfico 11: Vida de anaquel de la muestra A



— Límite máximo permitido de mesófilos.

— Límite máximo permitido de Mohos y levaduras

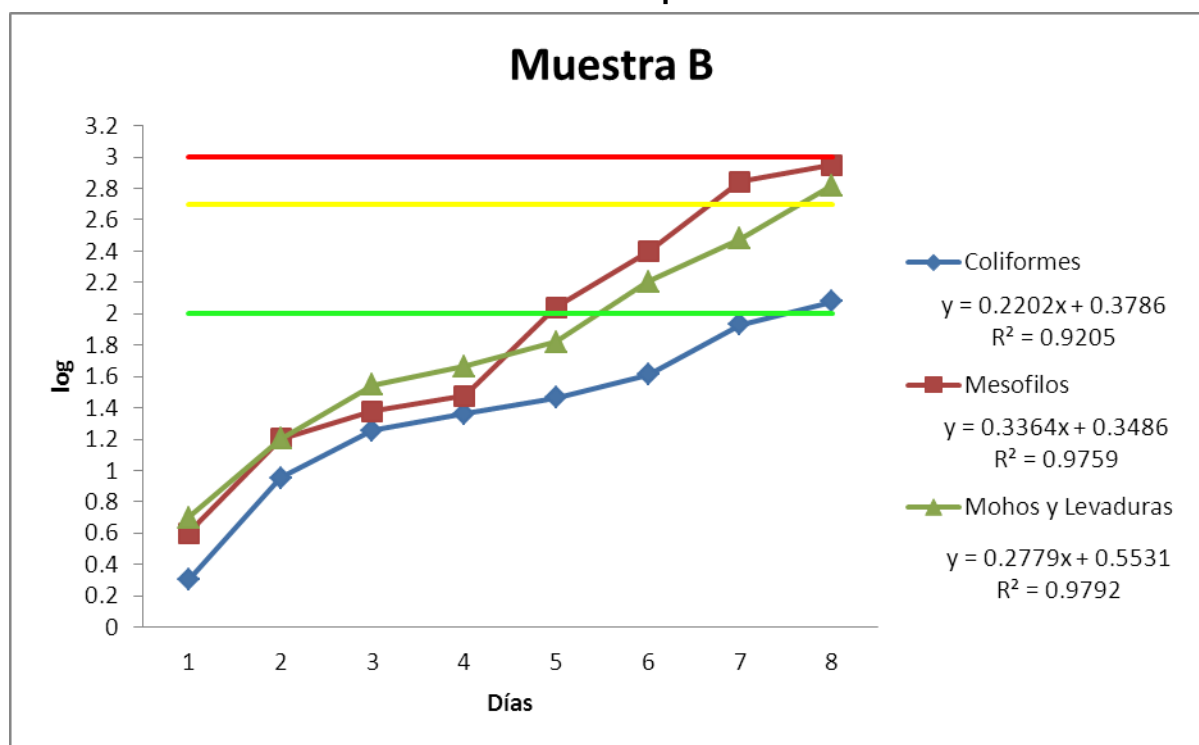
— Límite máximo permitido de coliformes

En la gráfica anterior se observa que para todos los análisis la muestra excede los límites máximos permitidos el día 8.

Tabla 34: Vida de anaquel de la muestra B.

Día	Contenido de coliformes	Contenido de mesófilos	Contenido de Mohos y Levaduras	Log coliformes	log mesófilos	log hongos
1	2	4	5	0.301029996	0.60205999	0.69897
2	9	16	16	0.954242509	1.20411998	1.20411998
3	18	24	35	1.255272505	1.38021124	1.54406804
4	23	30	46	1.361727836	1.47712125	1.66275783
5	29	110	66	1.462397998	2.04139269	1.81954394
6	41	250	160	1.612783857	2.39794001	2.20411998
7	85	700	300	1.929418926	2.84509804	2.47712125
8	120	890	660	2.079181246	2.94939001	2.81954394

Gráfico 12: Vida de anaquel de la muestra B



— Límite máximo permitido de mesófilos.

— Límite máximo permitido de Mohos y levaduras

— Límite máximo permitido de coliformes

En la gráfica anterior se observa que para coliformes, hongos y levaduras la muestra excedió los límites máximos permitidos en el día 8, mientras que para coliformes no los excedió.

3.4.2 Evaluación Sensorial

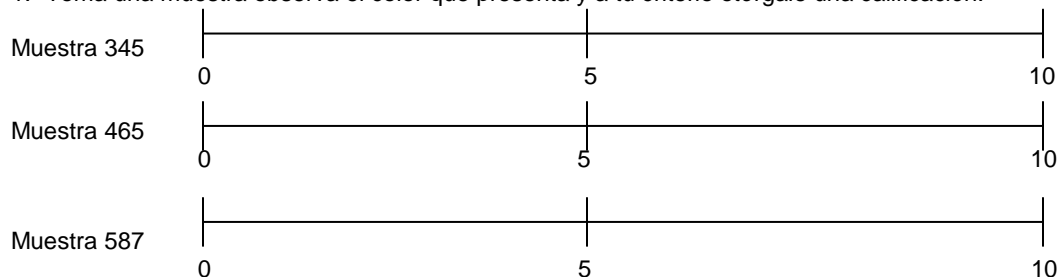
Se realizó un análisis de evaluación sensorial mediante un método cuantitativo de gradiente siendo la prueba de intervalos la utilizada, en el cual se le preguntó a jueces semi-entrenados, a los cuales se les ofreció una muestra codificada de cada uno de los queso, además del formato que a continuación se describe.

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

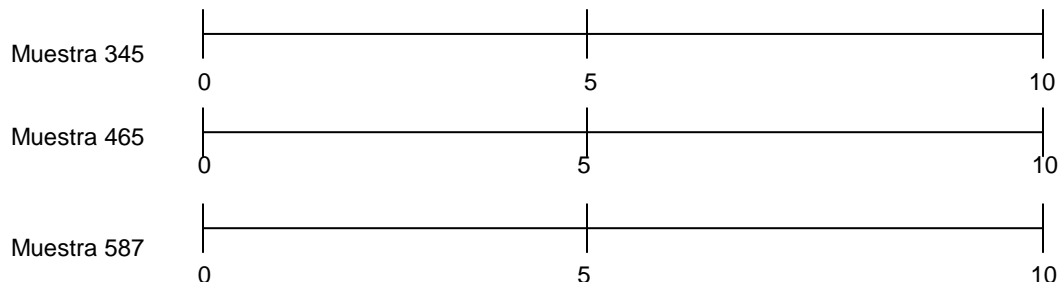
INSTRUCCIONES: Toma una muestra y contesta las preguntas que a continuación se te pide posteriormente realiza lo mismo con las demás muestras.

Asigne una calificación de 0 a 10 donde 0 es la menor calificación y 10 la mayor calificación, dependiendo del atributo que se te pide. Enjuaga tu boca con agua entre cada muestra.

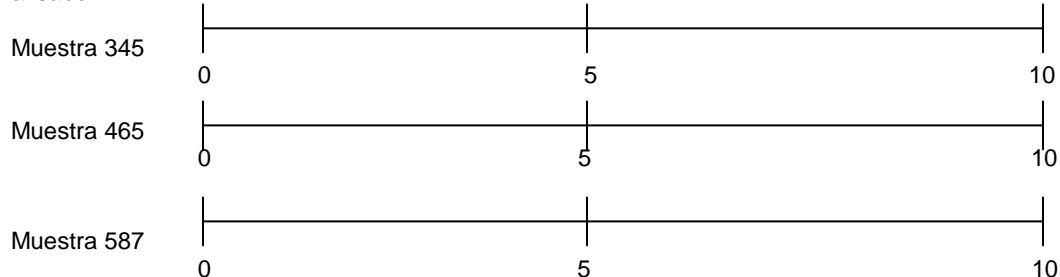
1.- Toma una muestra observa el color que presenta y a tu criterio otórgale una calificación.



2.- De la misma muestra mastica un pedazo no te lo comas simplemente másticalo y otorga tu calificación en base a la textura que presenta el producto.



3.- De la misma muestra muerde otro pedazo y si deseas comértelo la puedes hacer, otorga tu calificación en base al sabor.



Mediante este estudio se obtuvieron los resultados emitidos por los jueces, los parámetros evaluados fueron, la textura, color, sabor de la muestra, en la gráfica 13 se muestran los resultados obtenidos.

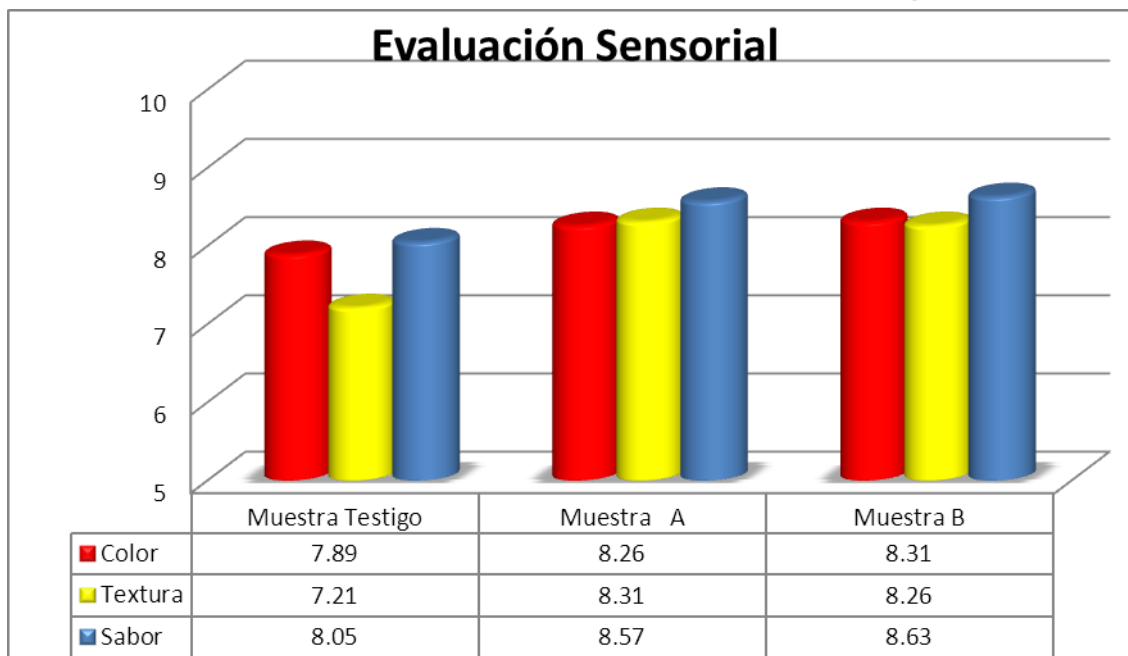
Tabla 35: Evaluación Sensorial del queso

Atributo	Muestra Testigo	Muestra A	Muestra B
Color	7.89 ^a	8.26 ^a	8.31 ^a
Textura	7.21 ^a	8.31 ^b	8.26 ^b
Sabor	8.05 ^a	8.57 ^a	8.63 ^a

Los valores que se presentan con la misma letra (a, b, c, d), no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Los resultados obtenidos nos indican que hay una diferencia significativa en la textura entre la muestra testigo con respecto a las muestras A y B, mientras que para los de más atributos no hay diferencia significativa.

Gráfico 13: Evaluación Sensorial de las muestras de queso



CAPITULO 4 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Pruebas de Andén

Analizando los resultados anteriores se puede observar que la leche utilizada es de buena calidad ya que cumple con los parámetros establecidos con la normatividad mexicana vigente, en lo correspondientes a las pruebas de andén, se basó en la NOM-155-SCFI-200, teniendo como parámetros a medir la acidez, el punto crioscópico, la densidad y la prueba de alcohol.

La acidez de una leche recién ordeñada es de 15-17 °D, NOM-155-SCFI-200 y la que obtenida es de 16.33° D que se encuentra en el punto intermedio dentro de los límites superior e inferior reportado como % de acidez de una leche recién ordeñada, gracias a esto se puede determinar que la leche analizada es apta para su uso en la elaboración de queso panela debido a que es una leche fresca no ácida (acidez máxima de 17°D) lo cual sería un indicador de descomposición o inicio de descomposición.

La prueba de alcohol permite conocer la estabilidad de la leche al tratamiento térmico, una leche positiva al alcohol es inestable y por este efecto puede coagular en las tuberías, lo cual es un problema ya que al aplicar un trabajo mecánico y un incremento de temperatura tapan las tuberías y la leche no podría fluir a través de ellas, además de que el que una leche sea inestable al tratamiento térmico nos puede indicar que la leche pueda estar mastítica o contenga calostro (Revilla A., 1982), en este caso, la prueba resultó negativa lo cual era lo esperado.

El valor de 1.025g/cm³ obtenido en la prueba de densidad se encuentra en los límites permitidos para una leche, por lo que refleja que esta, no fue sometida a adulteración con agua.

Los resultados del índice crioscópico están dentro de los límites permitidos para una leche fresca, y al igual que el valor de densidad permite comprobar que la leche no está adulterada con alguna sustancia.

Los análisis mencionados en los párrafos anteriores, son empleados para conocer si la leche cumple con la normatividad vigente NOM-155-SCFI-200 y es apta para su procesamiento dentro de la industria láctea en especial en la elaboración de queso, las pruebas microbiológicas de andén aplicadas normalmente, como lo son azul de metileno y rezasurina no fueron empleadas por no contar con los reactivos correspondientes al momento del análisis, sin embargo, con el objeto de conocer la aptitud microbiológica de la leche, se realizaron las pruebas microbiológicas de Coliformes totales y *Staphylococcus*.

4.2 Microbiológicos a la leche

Basados en la NOM-243-SSA1-2010 se realizaron los análisis microbiológicos anteriormente mencionados a la leche bronca, los resultados que se muestran en la Tabla 24 pag 55, permite observar que la leche del Rancho de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, se encuentra dentro de normatividad, ya que el contenido de Coliformes totales fue de 10UFC/g cantidad que es igual al máximo permitido para una leche que ya fue pasteurizada y fue negativo en *Staphylococcus*. En industria, estas pruebas se le realizan para corroborar la calidad de la leche, además de aplicar otros análisis tales como la determinación de *Salmonella*, *Escherichia coli*, la determinación de la toxina botulinica, etc.

4.3 Análisis químico proximal a la leche (AQP)

En los resultados obtenidos de los AQP realizados a la leche bronca, permiten saber que los contenidos de humedad 87.88% y proteína 3.11%, aunque numéricamente se ven por debajo de lo reportado (Manitoba Milk producers, 1999), no presentan una diferencia significativa de acuerdo con el análisis estadístico realizado, lo que permite tomar estos valores como correctos, otro parámetro importante es la cantidad de grasa 3.86% contenida es mayor y teniendo una diferencia significativa, esto en la elaboración del queso tiene un efecto positivo ya que para un queso entre mayor sea el contenido de la proteína y grasa se puede obtener un mayor rendimiento quesero, (Tornadijo, 1998) ya que como se sabe, el queso es el resultado de la cuajada de las proteínas de la leche, donde se queda atrapada grasa y en el caso de un queso fresco como lo es el panela también humedad.

En este sentido, de la relación del contenido de las proteínas y la grasa pudo haberse visto afectado por la estación del año ya que se ha reportado que la composición de la leche varía según la época del año, la época de la lactancia, la edad del animal y su salud entre otras (Buxade C., 1996) en algunas épocas del año las vacas proporcionan leche con bajos contenidos de grasa o proteínas, otro factor que pudo afectar el contenido de proteína de la leche es la alimentación a la que es sometida la vaca ya que también se ha reportado que la influencia de la alimentación de la leche se ve reflejado en los contenidos nutrimentales de la leche.

En base al resultado del contenido de nutrientes de la leche se consideró utilizar la leche ya que cumple con los parámetros nutrimentales que requiere una leche para la elaboración de queso.

4.4 Corridas experimentales de queso panela con Transglutaminasa

Habiendo realizado los análisis requeridos a la materia prima, se procedió a determinar las concentraciones de la enzima transglutaminasa a investigar su efecto en la elaboración de queso panela, además de evaluar dos formas de adición de la enzima, en la que se podría agregar en el proceso de elaboración.

En base a lo recomendado por los productores de la enzima (Ajinomoto Co.), se decidió probar las concentraciones de 0.2U/g, 0.3U/g, 0.4U/g y dos formas de adición de la TG:

- En el primer proceso la adición de la enzima fue posterior a la pasteurización y antes de realizar el cuajado, ya que al realizar una pasteurización LTLT se está trabajando a la temperatura óptima de funcionamiento de la enzima que es de 50-55 °C, por lo que al momento de enfriar y llevar a temperatura de cuajado de 35°C, se puede adicionar la enzima y permitir que esta ejerza su función de formar enlaces entre cruzados y poder precipitar mayor cantidad de proteínas así como retener mayor agua, todo esto anterior basado en lo reportado por Motoki.M. y Seguro. K., 1998, los cuales reportan la funcionalidad de la enzima en productos alimenticios.
- La segunda forma de adición es un día antes de procesar la leche y a temperatura de almacenamiento de 4-7°C, ya que como se mostró en la tabla 12 pag 42, en este caso se requiere de un mayor tiempo para que la enzima realice su funcionalidad debido a que en cuanto es menor la temperatura del medio la enzima requiere mayor tiempo para poder realizar su funcionamiento, esta forma de adición fue propuesta basado en lo reportado por Bonisch. Martin, Lauber Sabine, 2007, en el cual sus resultados indican que la funcionalidad de la Transglutaminasa YG es similar incluso sin la necesidad de un tratamiento térmico, es decir que no es necesario que la enzima se encuentre en su rango óptimo de funcionamiento (50-55°C), para poder obtener los mismos beneficios de esta, así como cuando se está en su rango óptimo.

En la tabla 26 pag 56, se muestran las corridas realizadas para las concentraciones propuestas así como con su respectiva forma de adición, a los queso obtenidos se realizaron los análisis de rendimiento quesero y sinéresis este último durante 15 días, para corroborar la funcionalidad de la enzima en poder retener mayor humedad y así comprobar el incremento del rendimiento tal como lo reportan Bonisch. Martin, Lauber Sabine, 2007, donde comentan que la preparación de la transglutaminasa Yg presenta una mayor precipitación de proteínas comparado con la preparación normal de transglutaminasa.

4.5 Rendimiento quesero

Los resultados mostrados por la tabla 27 y el gráfico 4 (pag. 57), permite observar que se tiene un aumento en el rendimiento quesero en los quesos A, B, E con un rendimiento quesero en porcentaje mayor de 8.4%.9.1% y 12.75% respectivamente, donde se utilizó la enzima transglutaminasa, si se compara con el queso testigo que no fue adicionado con la enzima, este aumento se debe a que, como se esperaba, la enzima realizó su función, formando enlaces entrecruzados entre las proteínas presentes lo que originó en que al momento de cuajar se retuviera una mayor cantidad de proteínas que por lo regular se pierden en el suero de la leche que se desecha, al tener un mayor número de proteínas retenidas en los diferentes coágulos se obtiene por ende una mayor precipitación de gránulos de queso que se ve reflejado en una mayor cantidad de producto final.

4.6 Sinéresis

La siguiente variable que se midió a las muestras de queso fue la sinéresis, esta variable, se evaluó durante 15 días y consistió en medir la liberación del suero que tenían los quesos panela, la sinéresis es un comportamiento natural que tienen este tipo de quesos, los resultados mostrados en la tabla 28 y grafico 5 (pag. 58) permite observar la cantidad de desuerado que tuvo cada uno de los quesos, teniendo un comportamiento inesperado ya que salvo las muestras A y B con un desuerado de 20.08g y 18.18g respectivamente, que contienen transglutaminasa las demás muestras que contenían la enzima tuvieron una mayor cantidad de desuerado, mostrando diferencia significativa con respecto a las demás muestras.

Este resultado no era como ya se mencionó el esperado, sin embargo, se considera que pudo haber debido, a que por el efecto de la transglutaminasa hubo una gran formación de enlaces lo que pudo haber generado que los coágulos de proteína formados no pudiera generar una red que pudieran retener el agua, permitiendo salir sin ninguna oposición al suero lo que genera un mal aspecto al producto, retomando la cantidad de desuerado de las muestras A 20.08g y B 18.18g y comparándolas con la muestra testigo 24.6g estas son menores, sin que se presente diferencia significativa estadísticamente, lo que nos permite ver que pudiera no existir ningún beneficio en la sinéresis, pero si estos pequeños gramos, los escalamos a cantidades industriales podrían reflejar diferencias en kg lo que otorgaría un gran beneficio para el productor, viendo así reflejado el funcionamiento de la transglutaminasa como retenedor de la humedad que pierden los queso panela.

4.7 Determinación de la concentración y adición adecuada en base a rendimiento quesero y sinéresis.

En base a estos los resultados obtenidos del rendimiento quesero y de la sinéresis, se puede analizar que las muestras A y B que contienen transglutaminasa en un porcentaje del 0.2% son las mejores, ya que en ellas, se logró el efecto esperado,

aumento en el rendimiento y reducción en la sinéresis, aunque no presente diferencia significativa en la sinéresis con respecto a muestra testigo; la muestra E que contiene transglutaminasa al 0.4% y una adición del mismo día, esta presenta un rendimiento de 12.75% el cual es superior a las otras muestras, pero presenta una mayor liberación de suero siendo la muestra que mayor perdió peso, debido a este fenómeno se determinó que esta muestra no presenta el comportamiento esperado y esta condición de trabajo, fue eliminada.

Con las condiciones adecuadas de concentración de la enzima y observando que no existe una diferencia significativa entre la forma de adición, esto sustentado mediante los resultados de rendimiento y la sinéresis, se prosiguió en pasar a la objetivo particular 3 para poder determinar si la adición de la enzima presenta un cambio en las propiedades nutrimentales del queso ya sea a favor o en contra, por lo que se le realizó un análisis químico proximal (AQP) a estas muestras, además de un análisis microbiológico y un análisis de perfil de textura (TPA) para saber la calidad del producto obtenido, estos análisis comparados con una muestra testigo la cual no contiene la enzima.

4.8 Análisis Químico Proximal de queso Panela

Los resultados del AQP realizado a los quesos panela con concentración de Tg 0.2U/g permite observar que la humedad de los quesos es significativamente mayor en base al análisis estadístico de Tuckey con nivel de confianza del 95%, en relación al queso testigo, por lo que mediante este dato aunado al resultado de una muy ligera menor sinéresis de estos quesos, se puede determinar con mayor certeza la funcionalidad de la transglutaminasa de poder retener mejor el suero del queso ya que mediante sus enlaces entre cruzados forma una red la cual no permite al suero poder liberarse con facilidad a diferencia de las muestra testigo, que no recibieron tratamiento alguno.

También este resultado del aumento de humedad se relaciona con el incremento en el rendimiento quesero ya que al ser un queso con mayor contenido de humedad y por ende más fresco. Un mayor contenido de humedad y una sinéresis reducida en estos quesos se ve reflejado en un mayor rendimiento, obteniendo un mayor número de quesos del mismo peso, reflejándose esto en una mayor ganancia económica para el productor, aunado al hecho de que el producto tendrá una mejor apariencia ante el consumidor.

Otro factor importante a considerar dentro de los componentes químicos analizados de los quesos es la cantidad de grasa ya que los queso con Tg tiene un menor porcentaje de grasa con respecto al testigo, esto se podría explicar en base al párrafo anterior ya que al haber más contenido de humedad en las muestras, el balance del producto se modifica, disminuyendo el resto de los componentes del queso, entre ellos, la grasa, tal como lo reporta Motoki. M. y Seguro. K. 1998, quienes menciona que la transglutaminasa es utilizada para la obtención de quesos bajos en grasa. Es importante recordar que aunque, lo anterior puede darnos quesos con menor

porcentaje de grasa, tendencia que actualmente es muy fuerte en el mercado, ya que el consumidor actual, sería interesante buscar la forma de recuperar la grasa butírica, ya que por sí sola, es el componente más caro de la leche y tirarla con el suero sería tirar dinero al caño.

El porcentaje de proteína presenta una diferencia significativa mayor de las muestras A y B con respecto al testigo, este resultado es interpretado como que el aumento en el porcentaje de proteína de los queso con TG se debe a las proteínas de bajo peso molecular que anteriormente o en el proceso de forma tradicional se perdían en el suero, ahora con la transglutaminasa quedan retenidas lo que genera que los coágulos de queso contengan un mayor concentración de proteínas de la leche, no sólo caseínas, generando un aumento en el valor proteico del queso panela, lo que da como consecuencia un beneficio nutrimental al producto, ya que sumado al anteriormente mencionado de la disminución de la grasa, el incremento de proteínas, proporciona un queso con un contenido de 1 a 2% promedio mayor de proteínas que un queso panela sin tratamiento alguno.

En cuanto al resto de los nutrimentos del queso panela, estadística y numéricamente permanecen constantes, por lo que en general se puede decir que en relación a los principales nutrimentos del queso panela la transglutaminasa tienen un efecto positivo para el alimento.

4.9 Análisis de TPA en el queso panela

Los cambios obtenidos en el incremento de humedad y una ligera disminución en la sinéresis debido a la firmeza de los gránulos trae un efecto que se reflejan en la textura del producto por lo que se le realizaron a estas muestras un análisis del perfil de textura (TPA), para poder determinar mecánicamente este cambio.

En el análisis de TPA, se midieron la dureza, cohesividad, elasticidad y masticabilidad, parámetros que en un queso son de gran importancia ya que estos son los que el consumidor considera para poder emitir un juicio sobre la calidad del mismo, normalmente busca un queso con mayor firmeza o dureza con una elasticidad característica y que a su vez sea de fácil masticación en la boca, todos estos parámetros son los que el consumidor busca en un queso de estas características tal como lo menciona Valencia F. 2008, en su artículo sobre un queso fresco donde considera estos parámetros texturales como los más característicos de los queso frescos.

En la tabla 30 (pag 59), se puede observar que entre la muestra patrón y los quesos con TG, y con los resultados obtenidos se puede observar que los quesos adicionados con TG tienen variación en la dureza aunque la muestra A con adición posterior a la pasteurización no presento diferencia significativa con respecto al patrón, esto fue debido a que el tiempo que tuvo la TG desde su adicción hasta la adición del cuajo, fue menor a lo recomendado por Ajinomoto Co. y lo que se presenta en la tabla 12 pag. 41,

en el cual menciona que el tiempo necesario para que la TG lleve a cabo su funcionamiento a la temperatura de 50-55°C es de 15 minutos, pero en el caso del proceso del queso panela, solo transcurrieron 10 minutos aproximadamente desde la temperatura de 62°C de pasteurización a 38°C la temperatura de cuajado, por lo que la formación de enlaces se vio reducida y a su vez algunos de los formados no fueron de gran fortaleza, como para incrementar la dureza de este producto.

Por otro lado la muestra B con la adición de un día antes de procesar, presento un incremento significativo en la dureza y la masticabilidad con respecto a las demás muestras, lo que demuestra que las moléculas se encuentra más compactas y mayormente entrelazadas, siendo así un mayor esfuerzo el que se necesita para poder deglutir el producto.

Los parámetros de cohesividad y elasticidad, también se vieron afectados, por la adición de la Tg, ya que en la muestra A se observa una disminución en ambos parámetros, estos fueron por las características desarrollados por la cantidad de enlaces formados, aunque al comparar con la muestra B que también contiene transglutaminasa no reflejan la misma tendencia, debido a que para la muestra A no se desarrollaron todas las propiedades funcionales de la enzima y se vio reflejado en las características texturales del producto por lo que solo formo enlaces que permitieron formar una red retenedora de agua pero sin poder modificar la calidad textural del queso a diferencia de la muestra B en el cual la enzima modifiko estas características.

4.10 Análisis microbiológico del queso panela

El análisis microbiológico realizado a los quesos panela experimentales, muestran, que tanto el queso patrón, así como las dos muestras con TG, fueron elaborados bajos las Buenas Prácticas de Manufactura, al encontrarse dentro de los parámetros permitidos por la NOM-121-SSA1-1994, además es importante realzar el hecho de que no existe una diferencia significativa entre las muestras.

Al contener los quesos adicionados con TG un mayor contenido de humedad, son más susceptibles al crecimiento microbiano, por lo cual es importante el buen manejo de los mismos. Por lo anterior y para poder tener un análisis más completo y representativo de cómo se comporta el producto con la TG en el queso se decidió realizar un análisis de vida de anaquel del producto para determinar si hay un efecto de TG en la proliferación de microorganismo mayor comparado contra el testigo durante la vida de anaquel supuesta para un producto como lo es el queso panela.

4.11 Estudio de vida de anaquel

El estudio de vida de anaquel que se le realizó a las muestras de queso panela con TG y al testigo, fue un estudio de vida de anaquel concurrente, por lo que se llevó a cabo un análisis diario de microorganismos (coliformes, mesófilos aerobios y Hongos y levaduras) en las muestras de queso, para poder estudiar el crecimiento de los mismos

en cada una de las muestras, y así comparar el crecimiento microbiano entre el testigo y el queso adicionado con TG. El estudio concurrente se planteó para llevarse a cabo durante 15 días que son los días que reporta la bibliografía como el tiempo promedio que dura este alimento. Por cuestiones de malas condiciones del ambiente y una posible mala manipulación de las muestras, los contenidos de microorganismos se salieron de los estándares permitidos por la NOM-121-SSA1-1994 al día 8 para la muestra Testigo, A y B, siendo el producto ya no apto para el consumo, lo que permite determinar que la vida de anaquel del queso terminó en el estudio, y aunque este resultado no era lo que se esperaba al inicio, los resultados entre las muestras reflejan una tendencia similar como se puede observar en los gráficos 10-12, mediante estos se observa que en todas las muestras el día 8 ya están fuera de los estándares de calidad, ya que aunque alguna de las muestras aún no se superaban los límites máximos para algunos microorganismos el estudio se interrumpe cuando algunos de los tres análisis supera el límite máximo permitido; conforme al resultado obtenido podemos decir que la transglutaminasa no presenta un efecto perjudicial en la vida de anaquel del queso ni en el incremento de microorganismo ya que estos no presentan diferencia con respecto al testigo, lo que sí se puede determinar es que se requiere un estudio más riguroso y con mejores condiciones para poder determinar si la vida de anaquel del producto es como lo reporta la bibliografía de 15 días.

4.12 Evaluación Sensorial del queso panela

Adicional al estudio de vida de anaquel se realizó una evaluación sensorial al producto, el objetivo de este estudio a los queso fue la de evaluar alguna diferencia en color, sabor, textura o apariencia que el consumidor pudiera detectar. En la prueba de diferenciación entre las muestras se encontró como resultado que para las personas sujetas a este estudio no existe diferencia significativa entre las 3 muestras y que por el contrario existe una mayor aceptabilidad para las muestras que contienen TG que la muestra testigo, destacando principalmente para ello, los puntos de textura y sabor donde los panelistas describen una mejor textura en ambas muestras con TG siendo la de adición un día antes de procesar y en segundo lugar la de posterior a la pasteurización y comparando con los resultados descritos anteriormente en los resultados de la prueba de TPA se puede apreciar la misma tendencia por la medición mecánica con lo que se determina que por ambos métodos la adición de la TG mejora la percepción de la textura del queso panela ya que la muestra con TG y adición posterior a la pasteurización tiene una mejor textura que la muestra testigo tanto en el análisis de la evaluación sensorial y la prueba de TPA.

En cuanto al sabor de los quesos, a los panelistas les es de mayor agrado las muestras con presencia de TG teniendo una gran diferencia entre estas muestras con respecto al testigo, esta diferencia de acuerdo a los resultados obtenidos se puede atribuir a que los quesos con mayor contenido de agua y con una mejor textura les aparenta un queso más fresco y esta condición fue obtenida por los quesos que contenían la TG.

CONCLUSIONES

Del presente estudio, se tienen las siguientes conclusiones:

- La TG aporta un gran beneficio en la elaboración de queso fresco como es el panela, ya que presenta aumento en el rendimiento quesero del mismo de 8-9% mayor con respecto al que no fue adicionado de la enzima.
- Los quesos adicionados con TG retienen mayor humedad así como una ligera disminución en la sinéresis del suero, siendo un proceso normal de este tipo de queso pero que es algo que no es muy aceptado por el mercado.
- Los quesos con TG, presentan un menor contenido de grasa que el queso testigo y un incremento significativo del contenido de proteínas, lo que genera un gran beneficio nutricional para el consumidor, se comporta acorde a las tendencias actuales del mercado.
- La textura de los quesos en el que la TG se agrega antes de procesar es mejor que la de los quesos donde la TG se adiciona posterior a la pasteurización y el testigo, dando una mayor dureza, masticabilidad, elasticidad, así como una menor cohesividad lo que permite una mejor sensación para el consumidor, mientras que la otra muestra con TG no vio reflejada estas propiedades ya que los enlaces que formó nos permitieron desarrollar estas mismas características, así mismo el consumidor no detectó diferencia significativa entre los quesos con TG ya que para ellos posee una mejor textura con respecto al testigo.
- La retención de la humedad generada por la TG no presenta un aumento en la proliferación de microorganismos comprobado tanto posteriormente a la elaboración así como en la vida de anaquel ya que la tendencia que tienen las muestras es la misma, sin embargo en este punto se tiene que realizar un estudio de vida de anaquel con un mayor control de condiciones ambientales del laboratorio y la habilidad del analista, para poder determinar si los quesos con TG pueden llegar a el objetivo teórico de 15 días de vida de anaquel.
- Otro punto que podemos concluir del presente trabajo es que la concentración de la TG ideal es 0.2U de enzima por gramo de proteína de leche, sin tener una diferencia significativa entre las dos formas de adición en el rendimiento quesero y la sinéresis además del contenido de microorganismos así como en el contenido nutricional, sin embargo en las características texturales si hay diferencia significativa entre las muestras, esto es debido a que para la muestra con adición de TG posterior a la pasteurización no cumplió con el tiempo necesario para el completo funcionamiento de la enzima, lo que reflejó en las

características texturales de este producto, a pesar de estas diferencias la enzima puede ser incluida en cualquier tipo de industria quesera ya que la pequeñas y medianas empresas que por lo general trabaja con leche recién ordeñada la cual es procesada el mismo día, podrían adicionar la enzima posterior a la pasteurización, y obtener un mayor rendimiento quesero sin verse afectada otra característica con respecto a su testigo, mientras que para las grandes industrias que por lo general almacenan la leche en silos refrigerados, la opción de adicionar la enzima un día antes de procesar podría resultar una mejor opción, ya que obtendrían un aumento en su rendimiento lo cual se vería reflejado en mayores ganancias económicas, y además de mejorar la textura del producto dando así a sus consumidores un queso con una mejor característica textural, para ambos tipos de industrias el beneficio económico podría ser grande ya que ambos obtienen un mayor rendimiento, lo que se traducirían en un mayor número de piezas de queso vendidas, con la misma cantidad de materia prima.

- A diferencia de otros procedimientos para poder aumentar el rendimiento quesero, en esta forma se obtienen queso elaborados con leche 100% natural sin la necesidad de adicionar proteínas no lácteas, u otro tipos de aditivos como se realiza actualmente en la industria, por lo que este tipo de queso es de mayor valor nutritivo además de que se puede considerar que es un queso 100% natural y no un queso extendido o análogo como es el caso de otros procedimientos que son utilizados para aumentar el rendimiento quesero.

Recomendaciones:

- Realizar pruebas con concentraciones menores de TG para poder determinar si hay una diferencia significativa con respecto a la concentración de 0.2U/g, y así ahorrar en el costo de la enzima.
- Realizar una evaluación sensorial con jueces entrenados para poder determinar diferencias muy específicas del producto tanto en parámetros de sabor como de intensidades de las diferentes notas características del queso panela.
- Llevará a cabo una nueva vida de anaquel en el cual se pueda tener un mejor control del ambiente y la manipulación del producto para poder saber si el producto es capaz de cumplir con los 15 días de vida de anaquel que es característico para este producto.
- Se pueden realizar análisis para poder comprobar el funcionamiento de la enzima Transglutaminasa como pueden ser la Electroforesis, la liberación de NH₃, para saber la influencia que tiene esta enzima en las reacciones moleculares que tiene la leche al momento que la enzima interactúa con ella.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alais, Charles, 1991, Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera, Reverte, Barcelona, pp 873.
2. Alima. M., 1983, Control Microbiológico de la leche y productos lácteos., Sesato, Lima.
3. Ajinomoto Co. Ficha técnica de la transglutaminasa, Ficha técnica de la transglutaminasa YG.
4. Atmudi R., 1991, Ciencia y tecnología de la leche: Principios y Aplicaciones, Acribia, España, pp 547.
5. Badui S., 2006, Química de los alimentos, Pearson Educación, México, pp 716.
6. Battro P., 2010, Quesos artesanales, Albatros, Argentina, pp 159.
7. Bedolla S., 2011, Introducción a la tecnología de alimentos, editorial limusa, ed. 2, pp 148.
8. Bonisch M.P., Lauber S., Kulozik U., 2007, Improvement of enzymatic cross-linking of casein micelles with transglutaminase by glutathione addition, International Dairy Journal, Vol. 17, pp 3–11.
9. Bönisch M.P., Heidebach T.C., Kulozik U., 2008, Influence of transglutaminase on the rennet coagulation of casein. Food Hydrocolloides, Vol.22, pp 288-297.
10. Buxade C., 1996, Zootenia bases de producción animal, Mundi-Prensa, España.
11. Bylund Gösta, 2003, Manual de industrias lácteas, Mundi-Prensa, Madrid, pp 215.
12. Chamorro M.C., 2002, El análisis sensorial de los quesos, Mundi-Prensa, pp 235.
13. Charley, Helen, 2001, Tecnología de alimentos: Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos, Limusa, México, pp 767

14. Dobler J., Perez M.L., Ramirez M.L., Islas J., 2007, Curso Teorico-Practico de lactologia, FES Cuautitlan, pp 118.
15. Dunand C., 2001, La flore des laitescrus, Apuntes distribuidos por la ecole nationale d´industrie laitiere des industries agro-alimentaries.
16. Early R., 2000, Tecnología de los productos lácteos, Acribia, España, pp 459.
17. Fennema R., 2000, Química de los alimentos, Acribia, Zaragoza, España, pp 1258.
18. Gauche C., Vieira T.C., Ogliari P.J. Bordignon-Luiz M.T., 2008, Crosslinking of milk whey proteins by transglutaminase, *Process Biochemistry*, Vol. 43, pp788–794.
19. Gobin F., 1999, La preparation du lati, coagulation et egouttage, Apuntes distribuidos por la ecole nationale d´industrie laitiere des industries agro-alimentaries.
20. Johnson M., Chen C.M., and Jaeggi J.J., 2001, Effect of rennet coagulation time on composition, yield and quality of reduce-fat cheddar cheese, *Journal of dairy science*, Vol.84 pp 1027-1033.
21. Judkins, Henry Forest, 1984, La leche: Su producción y procesos industriales, Continental, México, pp 495.
22. Kosikowski, Frank, 1982, Cheese and fermented milk foods, Brooktondale, New York, ed. 2, pp 711.
23. Luquet F. M., 1993, Leche y productos lácteos, Acribia, España,
24. Madrid V.A, 1999 Tecnologia quesera, AMV, ediciones Mundi Prensa.
25. Mahaut, Michel, 2003, Introducción a la tecnología quesera, Acribia, España, pp 189.
26. Manitoba Milk producers, 1999, All about Milk and milk products, Manitoba, Canada.

27. Motoki M., Seguro K., 1998, Transglutaminase and its use for food processing, Food sciences and Technology, Vol. 9 pp 204-210.
28. NMX-F-387-1982. Alimentos. Leche fluida determinación de grasas butíricas por el método de Gerber.
29. NMX-F-607-NORMEX-2002 ALIMENTOS-DETERMINACION DE CENIZAS EN ALIMENTOS -METODOS DE PRUEBA
30. NMX-F-608-NORMEX-2002 ALIMENTOS - DETERMINACION DE PROTEINAS EN ALIMENTOS -METODO DE PRUEBA
31. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
32. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
33. Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. método por arena o gasa.
34. Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003, Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba
35. NOM-243-SSA-2005, productos y servicios. leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. disposiciones y especificaciones sanitarias. métodos de prueba
36. Partanen, R., 2008, Effect of transglutaminase on structure and syneresis of neutral and acidic sodium caseinate gels, *International Dairy Journal* , 18, 414–421.
37. Pedrero D.I., 1989, Evaluación sensorial de los alimentos: Métodos analíticos, Alhambra, México, pp 251.
38. Reed G., 1993, Enzymes in food processing, California Academic, ed. 3, pp 480.
39. Revilla R, Aurelio, 1985, Tecnología de la leche: Procesamiento, manufactura y análisis, Herrero, México ed. 4, pp160.

40. Rosenthal A. J., 2001, Textura de los alimentos medidas y percepción, Acribia, España, pp 299.
41. Roser S., Mestres J., 2004, Productos lácteos. Tecnología, editorial , p.p. 228
42. Scott, R., 2002, Fabricación de queso, Acribia, España, ed. 2, pp 520.
43. Schorsch C., Carrie H., Norton I.T., 2000, Cross-linking casein micelles by a microbial transglutaminase: influence of cross-links in acid-induced gelation, International Dairy Journal ,10, 529-539.
44. Teijon J.M., 2006, Fundamentos de Bioquímica estructural, Tebar, Ed. 2, pp 444.
45. Tortor F., 2007, *Introducción a la microbiología*, 9ª edición,. Panamericana.
46. Valencia O., 2001, Manual de elaboración de productos lácteos, México, Universidad de Colima.
47. Varnam, A.H., 2001, Milk and milk products: Technology, chemistry and microbiology, Chapman and Hall, London, pp 451.
48. Veisseyre, Roger, 1988, Lactología técnica: composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche, Acribia, España, ed. 2, pp 629.
49. Villegas A., 1993, Los quesos mexicanos México, Universidad Autónoma de Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, pp 251.
50. Walstra, Pieter, 2006, Dairy science and technology, Taylor & Francis, ed. 2, pp 782.

Sitios Electrónicos:

<http://www.inegi.org.mx>

<http://www.sagarpa.gob.mx>