

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TRANSGLUTAMINASA (*PROBIND CH*) EN LOS
RENDIMIENTOS DE QUESO FRESCO**

POR:

FERNANDO JOSÉ DÍAZ PINEDA

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:**

LICENCIADO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A

DICIEMBRE, 2013

**EFECTO DE LA ADICIÓN DE TRANSGLUTAMINASA (*PROBIND CH*) EN LOS
RENDIMIENTOS DE QUESO FRESCO**

POR:

FERNANDO JOSÉ DÍAZ PINEDA

ROSA ARELYS BETANCOURTH, MSc.

Asesora Principal

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:**

LICENCIADO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso

Por permitirme llegar hasta aquí, por ser mi amigo en las buenas y en las malas, por darme sabiduría y fortaleza en cada momento de mi vida.

A mis padres **Delfa Estela Pineda Zuniga** y **Fernando Abraham Díaz Aguilera** por hacer de mi un hombre de bien y por haberme apoyado siempre y darme la oportunidad de seguir adelante siempre sin importar las adversidades, este logro es gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron en los momentos más difíciles de mi carrera brindándome su apoyo.

A **Horacio Díaz Aguilera** e **Indra Velásquez Hernández** por su apoyo incondicional y porque han sido como mis segundos padres para mí en el transcurso de mi carrera.

A mis hermanos **Cesar, Carlos, Alejandro, Alfredo, Héctor y Lidia** por su apoyo incondicional y por estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida.

A **Silvia Martina Pineda Lagos (Q.D.D.G)** por confiar siempre en mí apoyándome y dándome esos sabios consejos que me han servido siempre en toda mi vida este triunfo es por usted.

A toda mi familia por su apoyo y por estar siempre conmigo en las buenas y malas.

AGRADECIMIENTO

A la alma mater: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA** por darme la oportunidad de formar parte de esta gran familia, por darme una formación personal y profesionalmente, por permitirme realizar mi investigación en este centro educativo y por facilitarme equipo para la realización de este trabajo.

A mis queridos padres por ser mi fuerza e inspiración y nunca dejar de apoyarme en mis decisiones, sacrificándose grandemente para ayudarme a lograr este sueño

A Horacio Asterio Díaz e Indra Velásquez Hernandez por brindarme su apoyo, ya que gracias a su ayuda pude cumplir una de mis más grandes metas.

A mis hermanos por su gran apoyo en mis sueños en especial a Carlos Díaz y Lidia Díaz, ya que con su ayuda y consejos hoy puedo lograr este triunfo.

A mis compañeros Francisco (Kike), Hugo (Bosal), Luis (Borrego), Skarleth (La Moto), Denis (Speddy), Emerson (Sapo), Fernando (Chino), José (Chavalo), y Marcela Calderón por estar presentes en los buenos y malos momentos de nuestra carrera, por brindarme su apoyo y amistad cuando más lo necesite y por esos momentos que nos dejaron bonitos recuerdos en nuestras memorias.

A mis compañeros de cuarto Omar (Tres Patas), Marley (Pasto), Daniel (Ternero), Brayan (Corquin), Mario Alvarado, Miguel Alvarado, Kevin (Frijol) y Erick (Cuflo) por todos los buenos momentos vividos que jamás se olvidaran.

CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACION.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo General.....	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 La leche	3
3.1.1 Composición y propiedades de la leche	3
3.1.2 Calidad de la leche	4
3.1.3 Tratamientos de la leche para quesería	5
3.2 Historia del queso.....	6
3.2.1 El queso.....	6
3.2.2 Valor nutricional del queso	6
3.2.3 Constituyentes del queso.....	7

3.2.4 Queso fresco.....	8
3.3 Enzimas.....	8
3.3.1 Enzima transglutaminasa.	9
3.3.2 Interacción de caseína en presencia de transglutaminasa	10
3.4 Evaluación sensorial del queso.	12
3.4.1 Evaluación sensorial de la textura.....	12
3.5 Análisis beneficio-costos.....	13
IV. MATERIALES Y METODOS.....	15
4.1 Ubicación del estudio.	15
4.2 Materiales y equipo	15
4.3 Manejo del Experimento:	15
4.4 Descripción de los factores de estudio.	19
4.5 Diseño experimental	20
4.5.1 Modelo Matemático.....	20
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
5.1 Análisis Estadístico	22
5.1.1 Rendimiento	22
5.1.2 Evaluaciones sensoriales.	24
5.2 Sinéresis.....	27
5.3 Relación costo-beneficio.	27
VI. CONCLUSIONES.....	28
VII. RECOMENDACIONES	29
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXOS	35

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Componentes de la leche	3
Cuadro 2. Combinaciones de los factores y sus niveles.....	19
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos.....	20

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Reacciones de entrecruzamiento que pueden suceder durante el procesamiento del alimento	9
Figura 2. Entrecruzamiento intramicelar en leche no concentrada	11
Figura 3. Rendimiento de los nueve tratamientos.	23
Figura 4. T test LSD Fisher para variable rendimiento con la dosis de enzima.....	24
Figura 5. Intensidad de textura según los jueces en los nueve tratamientos.	25
Figura 6. T test LSD Fisher para la variable textura con relación a la temperatura.	26
Figura 7. T test LSD Fisher para la variable textura con relación a la cantidad de enzima.	26
Figura 8. Comparación de Sinéresis de las cantidades de enzima.	27

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Flujograma de proceso.....	36
Anexo 2. Ficha de Evaluación del queso fresco.....	37
Anexo 3. Inoculación de la enzima.	38
Anexo 4. Empaque del producto.	38
Anexo 5. Preparación de muestras para el análisis sensorial.	39
Anexo 6. Análisis sensorial con jueces semi-entrenados.	39
Anexo 7. ANAVA para las variables Rendimientos y Textura	40
Anexo 8. Análisis de costo-beneficio.....	41
Anexo 9. Norma Técnica Colombiana para medición de acidez titulable en leches.	42
Anexo 10. Ficha tecnica de la enzima transglutaminasa (probind ch).	43
Anexo 11. Ficha técnica del cuajo chy max.	44

Díaz Pineda, F.J. 2013. Efecto de la adición de Transglutaminasa (probind ch) en los rendimientos del queso fresco. Tesis Lic. Tecnología. Alimentaria. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas Olancho, Honduras, C.A. 54 Pág.

RESUMEN

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones de la Planta de Lácteos de la Universidad Nacional de Agricultura. Se evaluó el efecto de la enzima transglutaminasa (probind ch) que actualmente poco utilizado en la industria láctea hondureña, con el propósito de determinar los mejores rendimientos y características sensoriales (firmeza del queso) en comparación con los quesos elaborados tradicionalmente sin el uso de esta enzima. El trabajo se elaboró con leche entera pasteurizada. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, se estudiaron los factores: de nivel de enzima 0.2, 0.6 y 1.0 gramos por litro de leche y las temperaturas de inoculación de 35, 40 y 45 centígrados. Los resultados obtenidos de las 27 unidades experimentales se les realizó el análisis de varianza (ANAVA) para cada variable respuesta y se sometió comparación de medias mediante la prueba de T test LSD Fisher para los factores que mostraron diferencias significativas. Los tratamientos mostraron diferencias significativas entre un nivel de enzima a otro para ambas variables respuesta en el caso de la interacción temperatura*nivel de enzima, solo presentó significancia para la variable textura sin influir en el rendimiento. Estadísticamente los mejores rendimientos en los tratamientos se obtuvieron a un nivel de enzima de 1.0 gr/L, los mejores resultados obtenidos en las evaluaciones sensoriales fueron para el tratamiento elaborado con un nivel de enzima de 1.0 gramos por litro de leche a temperatura de 35 centígrados esto con base en las pruebas de medias entre tratamientos. En la sinéresis se observó diferencia entre un nivel de enzima a otro logrando observar que el uso de la enzima disminuye el porcentaje de sinéresis en los quesos. La relación beneficio-costos se vio afectada en gran parte al nivel de enzima utilizado, de tal manera se podría decir que al usar un nivel más bajo de enzima este indicador ira disminuyendo y obteniendo mejores resultados cuando se utiliza la dosis más alta de transgluaminasa.

Palabras Claves: Enzimas transglutaminasa, evaluación sensorial.

I. INTRODUCCIÓN

Los quesos más comunes son los de tipo suave y fresco. Su método de fabricación es el más simple y requiere de un equipo mínimo; sin embargo, su periodo de duración es muy reducido (Aguhob *et al. sf*).

Las estadísticas mostradas por Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG) en el 2011 indican que la producción de leche cruda en Honduras es de 1,7 millones de litros diarios lo que genera unos 2,100 millones de lempiras al año tomando el costo de litro de 6 a 6,50 lempiras. El continuo aumento de la demanda y ventas de los derivados de la leche inducen a pensar que la variedad de alimentos lácteos es realmente próspero. En este sentido se requiere el desarrollo y empleo de nuevos productos que mejoren el rendimiento y características sensoriales de los quesos. En la actualidad se utilizan productos como la transglutaminasa que es una enzima que ayuda a mejorar eficientemente la firmeza, elasticidad, capacidad de retención de agua y estabilidad térmica de los sistemas proteínicos cuando los residuos de glutamina se encuentran en una región flexible y disponible de la proteína (Gerrard 2002).

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la planta de lácteos de la Universidad Nacional de Agricultura y se utilizó el diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial. El experimento consistió en comparar el efecto de la enzima en el queso fresco, con los quesos elaborados tradicionalmente sin el uso de la enzima. El propósito fue evaluar la transglutamisa (probind ch) e identificar los mejores rendimientos en el queso y la influencia de los niveles de enzima en las características sensoriales, sinéresis y la relación beneficio costo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

Evaluar el efecto de la adición de transglutaminasa (*Probind CH*) en la producción de queso fresco.

2.2 Objetivos Específicos.

Determinar los rendimientos del queso fresco y la mejor combinación entre la enzima transglutaminasa (*Probind CH*) con la temperatura en comparación a los obtenidos del queso tradicional sin el uso de la enzima.

Evaluar sensorialmente el sabor del queso fresco elaborado con transglutaminasa (*Probind CH*) en comparación al queso fresco tradicional mediante el método analítico con jueces semi-entrenados.

Determinar la rentabilidad del queso fresco con el uso de la enzima mediante el indicador beneficio-costos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA.

3.1 La leche

Según El Codex Alimentarius (1999) la leche es la secreción mamaria normal de animales lechero obtenido mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinado al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior. La leche es un líquido secretado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, este líquido es de composición compleja, blanca y opaca, de sabor dulce y reacción iónica próxima a la neutralidad (Mahecha 2004).

3.1.1 Composición y propiedades de la leche

Los principales constituyentes de la leche son: agua, grasa, proteínas, lactosa (azúcar de la leche) y sales minerales. La leche también contiene trazas de otras sustancias tales como pigmentos, enzimas, vitaminas, fosfolípidos (sustancias con propiedades lipídicas) y gases. Existen diferencias entre en la composición de la leche de la distintas especies, la leche de los rumiantes contiene una elevada concentración de proteínas y otra de sus peculiaridades es una gran proporción de residuos de ácidos grasos de cadena corta formando parte de los triglicéridos (Magariños 2000).

Cuadro 1. Componentes de la leche

Componente	Valor medio (%)
Agua	86.9
Proteína	3.5
Grasa	4.0
Lactosa	4.9

3.1.2 Calidad de la leche

La calidad de la leche, como de cualquier otro producto o insumo se refiere al ajuste del mismo a las especificaciones establecidas. Conforma tres aspectos bien definidos: composición físico química, cualidades organolépticas y microbiológicas todas estas establecidas por las normativas legales vigentes (Vargas s.f).

La utilización de prácticas de higiene durante el ordeño es un aspecto importante del sistema de control necesario para producir leche y productos lácteos inocuos e idóneos. Se ha constatado que no aplicar prácticas apropiadas de saneamiento e higiene personal contribuye a la contaminación de la leche por microorganismos indeseables como patógenos, o por agentes químicos o físicos peligrosos (Fernández 2010).

La manipulación, el almacenamiento y el transporte adecuado de la leche son también elementos importantes del sistema de control necesarios para producir leche y productos lácteos de calidad. Se sabe que el contacto con equipos en condiciones insalubres o con sustancias extrañas es una causa de contaminación; es conocido, que la temperatura indebida incrementa su carga microbiana (Martínez 2010).

Además es importante la raza del hato ganadero porque de ella dependerá la composición, en donde varía la porción de proteína y grasa que influye en el rendimiento del queso. También se ha de considerar el alimento y la estación del año ya que al alimentar al hato con alimento seco en épocas de escases incrementa el contenido de grasa y baja la proporción de la proteína/grasa con disminución del rendimiento del queso (Torres 2008).

La temperatura de la leche recién salida de la vaca es de 37 °C, pero debe ser enfriada rápidamente hasta los 5 °C o menos. Debe tener un color blanco crema normal, no tener pintas de sangre u otro color. El olor debe también ser normal a leche recién ordeñada, que no tenga olor a agroquímicos ni a antibióticos. Así mismo, el sabor debe ser agradable (Cabrera, s.f.).

3.1.3 Tratamientos de la leche para quesería

Los tratamientos a los que se somete la leche antes de su conversión en queso pueden tener efectos perjudiciales o beneficiosos.

Los siguientes tratamientos empeoran las actitudes queseras de la leche:

- Almacenamiento prolongado a bajas temperaturas (2/10 °C).
- Tratamientos mecánicos (bombeos, transporte por tuberías, etc.).
- Tratamientos térmicos fuertes (por encima de 82/85 °C)

Mejoran las actitudes queseras de la leche los siguientes tratamientos:

- Maduración de la leche con la adición de cultivos lácticos seleccionados.
- Adición de cloruro de calcio en pequeñas cantidades, lo que favorece el proceso de coagulación.
- Bactofugación de la leche para eliminar esporas formadoras de ácido butírico y bases que perjudican a la calidad de los quesos acabados
- La clarificación que se hace para retirar las partículas de basura mejorando la higiene en el queso.
- La homogenización de la leche debido a la mayor retención de humedad, lipólisis de la grasa, blanqueo del queso y recuperación de la proteína (Madrid 1999).

Se atribuye a la pasteurización de la leche para quesos de provocar la desaparición de aromas y sabores característicos de los mismos por otro lado con la pasteurización además de destruir bacterias perjudiciales para la salud del consumidor también se destruyen bacterias y encimas que podrían perjudicar la calidad final del queso (Centro de adiestramiento lechero s.f.).

3.2 Historia del queso

El queso es uno de los alimentos más antiguos que se conocen. Existen testimonios de su existencia ya en el año 2000 A.C. Existe una leyenda que dice que fue descubierto por un mercader árabe, quien mientras realizaba un largo viaje a través del desierto, puso leche en una bolsa hecha con el estómago de un cordero. Cuando fue a consumirla vio que estaba coagulada y fermentada (debido al fermento del cuajo del estómago del cordero y a las altas temperaturas del desierto). Otros señalan que ya se consumía en la prehistoria aunque esto no es fácilmente comprobable (Vázquez 2005).

3.2.1 El queso

Es el producto fresco o maduro, solido o semisólido, obtenido por separación del suero después de la coagulación de la leche natural, de la desnatada total o parcialmente, de la nata, del suero de mantequilla o de una mezcla de todos o de algunos de estos productos, por la acción del cuajo u otros coagulantes apropiados, con o sin hidrólisis previa de la lactosa (Chamorro s. f.).

3.2.2 Valor nutricional del queso

El queso contiene de forma concentrada la mayoría de los nutrientes de la leche, a excepción de la lactosa esto se debe en gran parte a la pérdida de agua que como se ha visto se produce durante la elaboración del queso. El contenido de minerales en el queso es mayor que en la leche, destacando la cantidad de calcio que en quesos maduros puede ser alrededor de 10 veces mayor (Gil 2010).

El contenido nutrimental de los quesos varía de acuerdo al tipo de queso así como de la tecnología utilizada. En el caso de las proteínas su contenido puede variar entre 8 y 40%. En todos los casos las proteínas son catalogadas como de alta calidad por su elevado contenido de aminoácidos indispensables. Los quesos en general tienen una alta

concentración de calcio que se eleva conforme aumenta su tiempo de maduración, pues la pérdida de agua por eliminación del suero o por maduración provoca la concentración de los demás nutrimentos. Al aumentar el contenido graso del queso se incrementa el contenido de vitaminas liposolubles (A, D, E y K), mientras que disminuye el de vitaminas hidrosolubles. Además, los quesos en cuyo proceso el suero se elimina tienen un menor contenido de lactosa ya que ésta es soluble en agua. (Maza s.f).

3.2.3 Constituyentes del queso

De los constituyentes del queso, dado su valor nutricional, los más importantes son la proteína, el calcio, las vitaminas y las grasas.

3.2.3.1 Proteínas.

Los quesos contienen del 10 al 30 % de proteína, dependiendo del método de manufactura (quesos duros o blandos), dando al queso textura y sabor. La digestibilidad de la proteína del queso es de 95 %, muy parecida a la del huevo o algunos productos cárnicos. La cantidad de aminoácidos esenciales en el queso, dan a este producto un alto valor biológico, siendo particularmente importante en el desarrollo de los niños (Madrid y Gomáriz 2006).

3.2.3.2 Vitaminas.

El contenido de vitaminas A, D, E, depende directamente del contenido de grasa en el producto (de 0 % en los quesos descremados a 70 % en los quesos enriquecidos con crema). El contenido de vitaminas del Complejo B y vitamina C, varían considerablemente de acuerdo al tipo de queso. Esto resulta de dos factores opuestos: la pérdida durante la elaboración y su enriquecimiento durante el proceso de maduración (García 2006).

3.2.3.3 Grasas

El queso mantiene toda la grasa de la leche, ahora bien esa grasa sufre una serie de modificaciones en el proceso de maduración, las cuales le dan el aroma y sabor característico a cada queso (Madrid y Gomáriz, 2006).

3.2.3.4 Energía

El contenido de energía de los diferentes quesos varía de 100 a 350 kcal/100 g., según el queso sea fresco o madurado. La mayoría de la energía está dada por el contenido de grasa. También las proteínas y carbohidratos proveen energía (Programa Universitario de Alimentos 2005).

3.2.4 Queso fresco

Según Paniagua (2008) el queso fresco es el producto sin madurar, obtenido por separación del suero después de la coagulación de la leche cruda o reconstituida, pasteurizada, entera o parcialmente descremada, o una mezcla de algunos de estos productos, y se elabora mediante la aplicación de los siguientes tratamientos: Se obtiene por coagulación de la leche pasteurizada, integral o parcialmente descremada, constituido esencialmente por caseína de la leche en forma de gel más o menos deshidratado, que retiene un porcentaje de la materia de grasa, según el caso, un poco de lactosa en forma de ácido láctico y una fracción variable de sustancias minerales.

3.3 Enzimas

Una enzima es una proteína que cataliza las reacciones bioquímicas del metabolismo. Las enzimas actúan sobre las moléculas conocidas como sustratos y permiten el desarrollo de los diversos procesos celulares. Es importante destacar que las enzimas no modifican el

balance energético ni el equilibrio de aquellas reacciones en las que intervienen: su función se limita a ayudar a acelerar el proceso. Esto quiere decir que la reacción bajo el control de una enzima alcanza su equilibrio de manera mucho más rápida que una reacción no catalizada (Devlin 2004).

3.3.1 Enzima transglutaminasa.

La transglutaminasa cataliza la reacción de acil-transferencia entre el grupo γ -carboxiamida de un péptido y aminas primarias incluyendo el grupo ϵ -amino de residuos de lisina. En ausencia de aminas primarias, el agua puede actuar como un acil aceptor, conllevando a la desamidación de los residuos de glutamina bajo la formación de ácido glutámico y amoníaco. La formación de este tipo de entrecruzamiento no reduce la calidad nutricional del alimento mientras los residuos de lisina permanezcan disponibles para la digestión (Gerrard 2002).

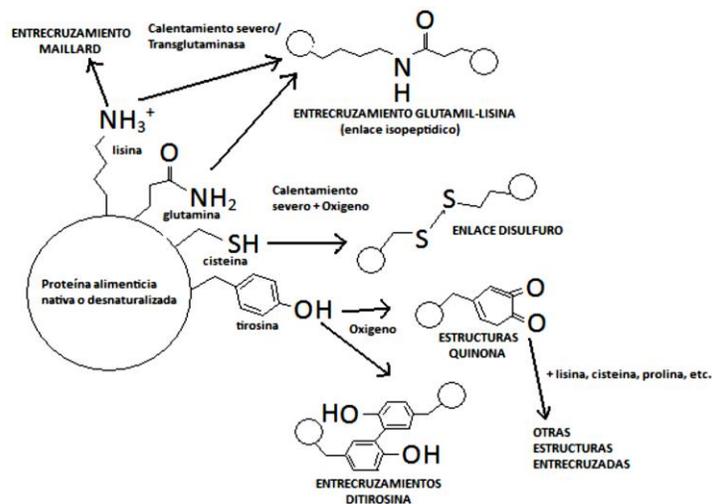


Figura 1. Reacciones de entrecruzamiento que pueden suceder durante el procesamiento del alimento

En el cuerpo humano, la transglutaminasa dependiente de calcio y mejor conocida como Factor XIII, está involucrada en la coagulación de la sangre y entrecruzamiento de fibrina. La producción de transglutaminasa para alimentos se volvió comercialmente relevante en 1989, después del descubrimiento de la producción de transglutaminasa extracelular de la especie *Streptoverticillium mobaraense* independiente de calcio, llamada transglutaminasa

microbiana (mTGasa). Esta transglutaminasa no requiere la presencia de Calcio (Ca^{2+}) para su expresión de actividad. Su actividad esta incrementada en 10 veces de forma lineal entre los 5 y los 50 °C, con un rápido decrecimiento a temperaturas por arriba de 60 °C hasta el punto de inactivación de la enzima a 70 °C. El pH óptimo para la transglutaminasa está en el rango de 5 a 8 (Corredig 2009).

La transglutaminasa es una enzima que adopta una profunda hendidura en un borde con forma de disco, donde un residuo de cisteína (cys64, sitio activo) está localizado. Su punto isoeléctrico es de 8.9 y es estable a la presión hidrostática sin que su centro activo se desnaturalice. Una variedad de metales pesados como lo son el Cobre (Cu^{2+}), Zinc (Zn^{2+}) y Plomo (Pb^{2+}), reaccionan con el grupo tiol libre del residuo de cisteína del sitio catalítico de la transglutaminasa, inhibiendo la reacción (Jaros *et al.* 2009).

Según Gerrard (2002) la enzima ayuda a mejorar eficientemente la firmeza, elasticidad, capacidad de retención de agua y estabilidad térmica de los sistemas proteínicos cuando los residuos de glutamina se encuentran en una región flexible y disponible de la proteína. Para el caso específico de la leche cruda obtenida de bovino, cabra, oveja y humano, existe un inhibidor de transglutaminasa sensible a la temperatura, con un peso molecular de 200 a 250 Dalton. Al parecer el residuo de cisteína del sitio activo de la enzima está involucrado en el mecanismo de inhibición. Sin embargo, la desnaturalización de las proteínas por calentamiento previo incrementan su reactividad, así como las modificaciones químicas por el rompimiento de enlaces disulfuro, o por la absorción en una interface aceite en agua.

3.3.2 Interacción de caseína en presencia de transglutaminasa

Las micelas nativas de caseína son asociaciones coloidales con estructura determinada por débiles interacciones entre proteínas e interacciones iónicas entre los residuos de serina fosforilados de las caseínas y las nano-aglomeraciones de fosfato de calcio. La habilidad de las micelas para mantener la integridad de su estructura bajo condiciones desfavorables es mejorada significativamente como resultado del entrecruzamiento inducido por

transglutaminasa. Cuando toda la caseína micelar se ha entrecruzado, las micelas se vuelven completamente estables contra la ruptura y comienzan a comportarse como micro y nanopartículas de gel (Corredig 2009).

La incubación con transglutaminasa no cambia el tamaño micelar de la caseína si esta se encuentra en leche no concentrada, en la figura 2 se indica que el entrecruzamiento es intramicelar y no intermicelar (Jaros *et al.* 2009). Sin embargo Corredig (2009) dice que cuando la leche concentrada es incubada con transglutaminasa, puede ocurrir gelación, suponiendo entonces que cuando la distancia entre micelas de caseína es suficientemente pequeña, puede llevarse a cabo entrecruzamiento intermicelar.

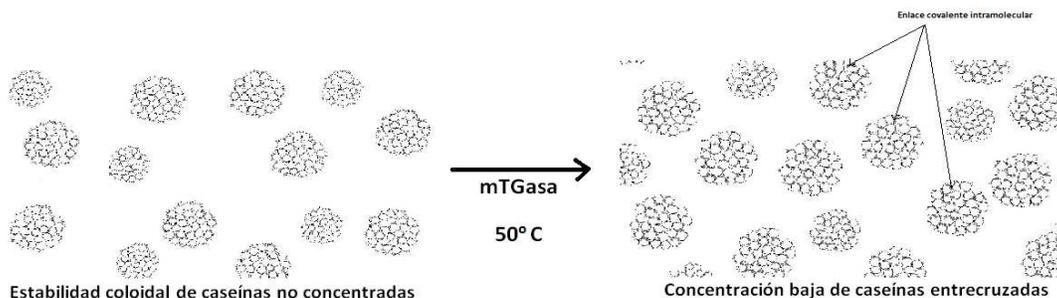


Figura 2. Entrecruzamiento intramicelar en leche no concentrada

Para el caso de las caseínas, el entrecruzamiento sucede más rápido en caseinato de sodio, el cual tiene un orden de magnitud menor que las micelas de caseína nativa y una accesibilidad mayor por su elevada área superficial. A una temperatura entre 30 y 40 centígrados, y 5.5-6.5 de pH, el orden de entrecruzamiento en caseínas es κ -caseína > β -caseína > α s-caseína (Jaros *et al.* 2009).

Para Bonisch *et al.* (2008) el incremento en la fuerza del gel puede apreciarse utilizando más de 5 unidades de transglutaminasa por gramo de proteína, pero si se utilizan cantidades muy altas de transglutaminasa se reduce la firmeza. Finalmente la capacidad de retención de agua disminuye al adicionar Cloruro de Calcio (CaCl_2), así como también disminuye la separación de suero y se incrementa la fuerza del gel durante el almacenaje, al igual que al incrementar la concentración de sólidos.

3.4 Evaluación sensorial del queso.

El queso es uno de los alimentos que junto con el vino está más difundido en las tradiciones gastronómicas mundiales y como tal ha sido objeto de numerosos estudios tanto técnicos como hedónicos y nutricionales. En la evaluación de los quesos un aspecto importante, a veces difícil separar de la textura propiamente dicha es el aspecto general, en el que cabe apreciar la forma, tamaño y color de la pieza entera del queso y el aspecto de la superficie externa que suelen ser características de cada tipo. Naturalmente esta es una fase previa a la degustación (Sancho 1999).

Las condiciones para el desarrollo y aplicación de las diferentes pruebas sensoriales, son los jueces, los cuales deben ser seleccionados y entrenados, además es necesario proporcionar las condiciones locativas básicas, para la sala catación o cabinas, para el sitio de preparaciones de la muestra (Hernández 2005).

3.4.1 Evaluación sensorial de la textura.

Según Galván (2007) En el método de evaluación de la textura, deben considerarse las siguientes fases de degustación:

- Mirar la muestra; Tocarla, Morderla y Reducirla al estado de bolo alimenticio antes de tragarla.

Para evaluar la textura de los quesos, en la práctica se hace referencia a varios tipos de características:

- De superficie: visuales (cristales, ojos, aberturas y grietas) y táctiles (rugosidad y humedad en mano).

- Mecánicas (elasticidad, firmeza, friabilidad y adherencia) geométricas (micro estructura)
- Otras: solubilidad e impresión de humedad en la boca.

Según Aguilar *et al.* (1999) la apariencia, textura, el color, el olor y el sabor de los quesos no madurados, deberán ser los característicos para el tipo de queso que corresponda deberán estar libres de los defectos indicados a continuación:

- Defectos del sabor: Fermentado, rancio, agrio, quemado, o cualquier otro sabor anormal o extraño.
- Defectos en el olor: Fermentado, amoniacal, fétido, rancio, mohoso, o cualquier olor anormal o extraño.
- Defectos en el color: Anormal; no uniforme, manchado o moteado, provocado por crecimiento de mohos o microorganismos que no correspondan a las características del queso de que se trate.
- Defectos en la textura: No propia o con cristales grandes de lactosa con consistencia ligosa acompañada de olor desagradable
- Defectos en la apariencia No propia, con cristales grandes de lactosa, sucia o con desarrollo de mohos u otros hongos.

3.5 Análisis beneficio-costo.

El costo es la cantidad desembolsada para comprar o producir un bien. El cálculo del costo en una compra es inmediato: consiste en el costo del bien más los costos financieros de la compra (cuando se compra a plazos). Estos costos se pueden dividir en costos fijos y costos variables (De Anda 2007).

Los costos variables son aquellos que varían, en su monto total, proporción directa a los cambios de actividad, un ejemplo son los materiales directos. Estos costos del material

usado durante un periodo variaran, en total, en proporción directa al número de unidades producidas. Mas sin embargo, los costos fijos se permanecen constantes en su magnitud independientemente en el cambio en los niveles de actividad. Consecuentemente, cuando el nivel de la actividad varía, el costo variable también lo hace, en cambio el costo fijo se mantiene constante (Cuevas 2001).

Los beneficios son la diferencia monetaria entre los costos de producción y marketing de los bienes y servicios y los precios percibidos por la venta de dichos bienes y servicios. Los beneficios son una de las características esenciales de la compra venta en un sistema económico (De Anda 2007).

Análisis coste/beneficio es el planteamiento teórico aplicado a toda evaluación sistemática cuantitativa de un proyecto público o privado, para determinar si éste es oportuno desde una perspectiva pública o social y en qué medida. El análisis coste/beneficio se diferencia de un mero análisis financiero por el hecho de que tiene en cuenta todas las ganancias y pérdidas con independencia del sujeto al que corresponden. Los resultados pueden expresarse de diversas formas, entre las que destacan la tasa interna de rendimiento, el valor actual neto y la relación beneficio/coste (Vignetti 2003).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación del estudio.

La investigación se realizó en la planta de productos lácteos ubicada en la Universidad Nacional de Agricultura; localizada en el municipio de Catacamas a 83°53 longitud oeste y 14°51 latitudes en el departamento de Olancho, a 215 km de Tegucigalpa, sobre la carretera que conduce al municipio Dulce nombre de Culmí.

4.2 Materiales y equipo

Materiales y/o insumos utilizados fueron:

Insumos: Leche fresca de vaca, sal yodada (NaCl), enzima transglutaminasa (probind ch), Coagulante líquido (CHY Max Extra), Galletas de soda, agua purificada.

Reactivo para acidez titulable: hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 Normal, fenolftaleína 1 %.

Equipos utilizados:

Probeta 500 ml (PIREX), tubos de ensayo 10 ml (PIREX), pipeta 1 ml (PIREX), beaker 10 ml y 1000 ml (PIREX), balanza Granataria (OHAUS), mantas de hilo, cuchillos inoxidable, recipientes plásticos de 10 litros, moldes de tubos PVC 4 pulg, termómetro de mercurio cubierto de plástico, vasos y platos desechables, hojas de evaluación y palillos de madera.

4.3 Manejo del Experimento:

El experimento consistió en evaluar la enzima Transglutaminasa una enzima que adhiere proteínas séricas a la caseína. Todas las unidades experimentales fueron sometidas a las mismas condiciones de elaboración para impedir la variabilidad en los resultados obtenidos y con ello lograr una mejor precisión en el experimento. Las unidades experimentales fueron realizadas en tres series en las cuales se elaboraron primero nueve unidades a las que se les determinó el rendimiento y también se evaluó sensorialmente, este proceso se efectuó en cada una de las tres series.

Recolección de la materia prima: Se recolectó la leche de vaca proveniente de los corrales de la Universidad Nacional de Agricultura, esta leche fue transportada en yogos de acero inoxidable de 50 litros y se recibió en la Planta de Lácteos en donde se le realizaron pruebas rápidas de calidad.

Pruebas de Acidez: Se tomó una muestra de 10 ml de leche, se le agregó 3 gotas del indicador ácido-base (Fenolftaleína al 1%) y se agitó constantemente mientras se adiciona gota a gota el reactivo (hidróxido de sodio al 0.1% de normal) hasta que cambió de blanco a rosa tenue. La acidez se determinó a partir de los mililitros de hidróxidos consumidos (Norma Técnica Colombiana 2001).

Filtrado: Para eliminar todo material ajeno a la leche que se recolectó en los corrales se filtró con mantas de hilo de color blanco y se depositó cinco litros de leche en cada uno de los recipientes divididos (pailas de plástico) previamente lavados y desinfectados para la elaboración del experimento.

Pasteurización: Se realizó una pasteurización lenta a una temperatura de 63°C por un periodo de 30 minutos, la leche fue colocada en tinas de aluminio y luego se trasladó a la estufa de gas donde se llevó a cabo este proceso, seguidamente se bajó la temperatura de la leche de acuerdo a cada tratamiento a evaluar.

Adición de la Enzima Transglutaminasa: Se añadió la enzima la cual previamente fue diluida en 10 ml de agua. Después se le agregó a cada una de las muestras de leche, la cantidad que llevó cada uno de los tratamientos y se dejó reposar por un periodo de 20 minutos en el cual se monitoreó que se tuviera una temperatura constante según el tipo de tratamiento que se evaluó (ver anexo 6).

Coagulación: Se agregó 0.5 ml de coagulante a 10 litros de leche, el coagulante fue previamente diluido en 10 ml de agua, se adiciono a la leche y se mezcló para conseguir una coagulación uniforme (ver anexo 7).

Desuerado y salado: Se cortó la cuajada en pequeñas divisiones y de agito por cinco min, se realizó un desuerado parcial y se adicionó sal (efectuado en todos los quesos con el fin de regular el desarrollo microbiano y ayudar a las características sensoriales). Cada prueba fue llevada al cuarto frio de mantenimiento en sus respectivos moldes.

Empaque y almacenamiento: Los quesos se retiraron de los moldes y se pesaron uno a uno los nueve tratamientos esto con el fin de evaluar cuál de los tratamientos se obtuvo un rendimiento más alto en comparación a un testigo que se elaboró en las mismas condiciones. Las muestras se empacaron en bolsas plásticas y se almacenaron en el cuarto frio de mantenimiento de la planta de proceso.

Evaluación Sensorial: Las muestras fueron sometidas a evaluaciones sensoriales a través de prueba discriminativa de valoraciones utilizándose una escala de uno a nueve puntos, con 30 jueces semientrenados con el fin de identificar las diferencias que existan entre los distintos tratamientos y otro y fueron evaluadas por los distintos jueces. El ambiente del laboratorio de análisis sensorial, presentó una iluminación constante y uniforme; libre de olores extraños y de ruidos, en condiciones adecuadas de temperatura y humedad para que

los catadores pudieran sentirse cómodos y de esta manera obtener resultados más confiables.

Determinación del rendimiento: Se pesó el producto final obtenido del proceso de cinco litros de leche por cada tratamiento. Se calculó el peso total del producto según cada tratamiento, se efectuó el mismo día de la producción después de 30 minutos posteriormente al salado. El rendimiento se expresó en porcentaje (peso/volumen) en relación de kilogramos de queso producido por litro de leche el cual se calculó mediante la siguiente fórmula: porcentaje de rendimiento $\left(\frac{\text{Masa Total (Kg)}}{\text{Volumen de leche (L)}} \right) * 100$.

Determinación de sinéresis: Se dejaron reposando los quesos en un recipiente por un periodo de 24 horas para observar la cantidad de suero que fue eliminado por cada tratamiento el cual fue medido para poder determinar la sinéresis la cual se calculó con la siguiente fórmula: porcentaje de sinéresis $\left(\frac{\text{suero liberado (gr)}}{\text{masa queso (gr)}} \right) * 100$ (Zambrano 2010).

Análisis beneficio-costos: Se realizó este análisis para observar la viabilidad en la utilización de la enzima transglutaminasa en mejoramiento de los rendimientos del queso y observar si es rentable el uso de esta en quesos fresco. Este análisis se llevó a cabo con los siguientes pasos que continuación se detallan:

- Se calcularon los costos incurridos en la elaboración del queso calculando el precio de cada uno de los insumos incurridos en la elaboración (leche, enzima, cuajo etc).
- Se determinaron los beneficios obtenidos, estos se obtuvieron sondeando en la zona el precio del queso fresco.
- Por último se colocaron las cifras de los beneficios y costos totales en forma de una relación en donde los beneficios fueron el numerador y los costos el denominador.

Comparar la relación beneficio-costo tanto del queso con la enzima como el queso tradicional el cual se determinó con la siguiente fórmula: relación beneficio-costo $\left(\frac{\text{Beneficio obtenido}}{\text{Costos de producción}}\right)$. El resultado de esta división indicó que por cada lempira invertido en el producto al final el queso devolvió X cantidad de lempiras en ganancias.

4.4 Descripción de los factores de estudio.

Se estudiaron dos factores la cantidad de enzima y la temperatura de coagulación de la leche, los niveles que se utilizaron en cada factor fueron los siguientes:

Cantidad de Enzima

A₁= 0.2 gramos de enzima por cada litro de leche.

A₂= 0.6 gramos de enzima por cada litro de leche.

A₃= 1 gramos de enzima por cada litro de leche.

Temperatura de Coagulación

B₁= 35 °C

B₂= 40 °C

B₃= 45 °C

Cuadro 2. Combinaciones de los factores y sus niveles

Factor A	Factor B		
	B ₁	B ₂	B ₃
A ₁	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃
A ₂	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃
A ₃	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃

Al realizar las combinaciones entre los factores porcentaje de la enzima y el factor temperatura de coagulación se obtuvieron como resultado nueve tratamientos, los cuales se describen a continuación:

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T ₁	0.2 gr. de enzima por cada litro de leche a 35 °C
T ₂	0.2 gr. de enzima por cada litro de leche a 40 °C
T ₃	0.2 gr. de enzima por cada litro de leche a 45 °C
T ₄	0.6 gr. de enzima por cada litro de leche a 35 °C
T ₅	0.6 gr. de enzima por cada litro de leche a 40 °C
T ₆	0.6 gr. de enzima por cada litro de leche a 45 °C
T ₇	1 gr. de enzima por cada litro de leche a 35 °C
T ₈	1 gr. de enzima por cada litro de leche a 40 °C
T ₉	1 gr. de enzima por cada litro de leche a 45 °C

4.5 Diseño experimental

En el estudio a realizar se utilizó un modelo completamente al azar con un arreglo bi-factorial, se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento para así tener un total de 27 unidades experimentales a evaluar los resultados obtenidos en el estudio fueron analizados mediante el programa InfoStat en su versión 2013.

4.5.1 Modelo Matemático

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + D_j + C_i * D_j + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = i-ésimo efecto de la enzima, j-ésimo efecto de la temperatura y sus repeticiones sobre el rendimiento y la aceptación del queso.

μ = Media general de todos los tratamientos y sus repeticiones.

C_i = i-ésimo efecto de la enzima en el rendimiento y aceptación del queso.

D_j = j-ésimo efecto de la temperatura en el rendimiento y aceptación del queso.

$C_i * D_j$ = efecto de la interacción de la enzima y la temperatura en el rendimiento y aceptación del queso.

E_{ijk} = Termino de error independiente. -

Variable respuesta: Rendimiento del queso y la aceptación (sabor y textura).

Factor de estudio: Cantidad de enzima y la temperatura de coagulación.

Variables a evaluar

Cantidad de enzima: Se evaluó la cantidad de la enzima para determinar con qué cantidad se obtiene un mayor rendimiento.

Temperatura: Fue evaluada para determinar si esta influyó en la eficiencia de la enzima y con ello saber si se obtendrá un mayor rendimiento y mejores características sensoriales en el queso fresco.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

El trabajo investigativo se realizó en las fechas comprendidas de cuatro de julio al 12 de noviembre del presente. Se realizaron pruebas preliminares para disminuir el error y adaptar el experimento al proceso. La elaboración de queso se realizó con muestras de 5 litros de leche por cada unidad experimental, adicionando 45 gramos de sal (NaCl) y la dosis de enzima se utilizó según el tratamientos.

5.1 Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos de los factores de estudio (temperatura y cantidad de enzima) para las variables (rendimiento y características sensoriales) se detallan a continuación mediante análisis estadísticos de: ANAVA y t test LSD Fisher para la comparación de medias de los factores significativos.

5.1.1 Rendimiento

El análisis de varianza ANAVA (Anexo 3) para la variable rendimiento presenta un $R^2=0.72$; es decir que los factores tomados en cuenta explican el 72% del experimento y el otro 28% esta explicado por otros factores que no se tomaron en cuenta en este modelo, como ser composición de la leche, prácticas en la elaboración entre otras. Se obtuvo un coeficiente de variación de 5.16 lo que quiere decir que los datos obtenidos en el experimento están dentro del rango de confiabilidad admisible.

El factor temperatura y la interacción temperatura*enzima; estadísticamente no presentan significancia ($P < 0.05$), lo que nos dice que el factor temperatura no tiene ningún efecto sobre la respuesta rendimiento. El factor enzima presentó una alta significancia para p-valor ($P < 0.05$) de tal manera, la variable respuesta está influenciada altamente por el factor enzima.

En la figura 3 se observan los mejores rendimientos a temperaturas de 35 °C y 40 °C con los nivel de enzima de 1.0 gramos de enzima por litro de leche. El menor rendimiento que se encontró en el estudio se obtuvo con un nivel de enzima de 0.2 gramos de enzima por litro de leche a una temperatura de 45 °C. Algunos autores Steffolani 2012 y Huang *et al.* 2008 observaron que el uso de enzimas no oxidativas que incorporan entrecruzamientos entre las proteínas de los alimentos, tales como la transglutaminasa, causaban efectos positivos sobre la calidad de los productos, al contrario que ellos los rendimientos obtenidos se ven afectados favorablemente, contrario a los obtenido por Steffolani 2012 que a mayor dosis de enzima el rendimiento en su estudio disminuyó significativamente.

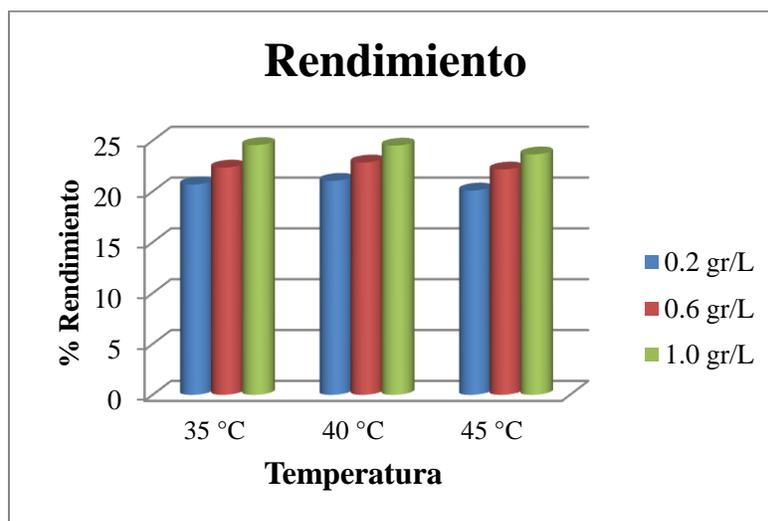


Figura 3. Rendimiento de los nueve tratamientos.

En la figura 4 se muestran los rendimientos obtenidos en base de las tres niveles de enzima utilizados 0.2, 0.6 y 1.0 gramos de enzima por cada litros de leche, indicando que a mayor

cantidad de enzima utilizada mayor será el rendimiento obtenido y viceversa a menor cantidad de enzima utilizado menor será el rendimiento que se va a obtener.

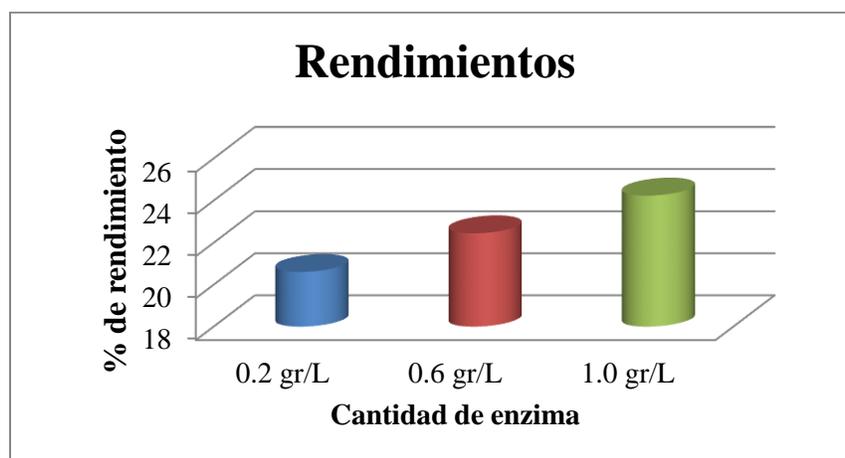


Figura 4. T test LSD Fisher para variable rendimiento con la dosis de enzima.

5.1.2 Evaluaciones sensoriales.

Los resultados de los análisis sensoriales obtenidos se realizaron considerando las siguientes características organolépticas de los quesos: intensidad de textura.

En el ANAVA (Anexo 3) realizado para la intensidad de textura muestra un $R^2=0.93$; es decir que los factores tomados en la variable textura explican en un 93% el estudio realizado y solamente un 7% de los datos no explican la variable textura con los datos obtenidos. También se obtuvo un coeficiente de variación de 9.9 lo que explica que los datos no están dispersos y que están dentro del rango de admisible de confiabilidad.

Los factores cantidad de enzima y temperatura al igual que su interacción (cantidad de enzima*temperatura), tuvieron un alto nivel de significancia para ($P<0.05$), de manera que la intensidad de textura está fuertemente ligada a estos factores de estudio.

La figura 5 presenta nueve tratamientos de tres diferentes cantidades de enzimas sometidas a evaluaciones sensoriales con jueces semientrenados. Según los resultados obtenidos por los jueces calificaron que al tratamiento con cantidad de enzima de 1.0 gramos por litro a una temperatura de 35 °C como el queso que mejor textura tiene con una media igual a 6.57. Los análisis elaborados por Caballero et al 2006 y Basmal et al. 2002 coinciden en que al aumentar la dosis de transglutaminasa también se aumenta la firmeza en los alimentos, es decir que la textura se ve favorablemente en el aumento de la dosis de transglutaminasa.

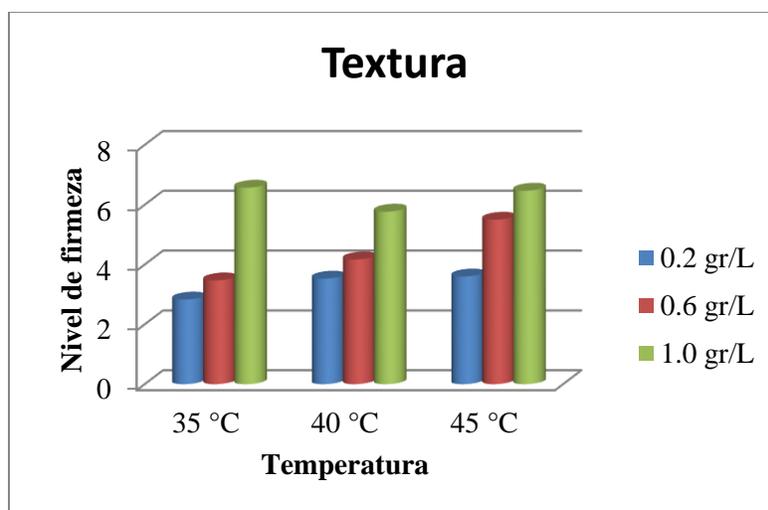


Figura 5. Intensidad de textura según los jueces en los nueve tratamientos.

En la figura 6 se presenta una comparación de medias de la variable intensidad de textura para las temperaturas 35, 40 y 45 °C, indicando que la mayor parte de los jueces calificaron que los quesos más firmes se obtienen utilizando una temperatura de 45 °C y por otra parte los quesos más blandos a temperatura de 35 °C.

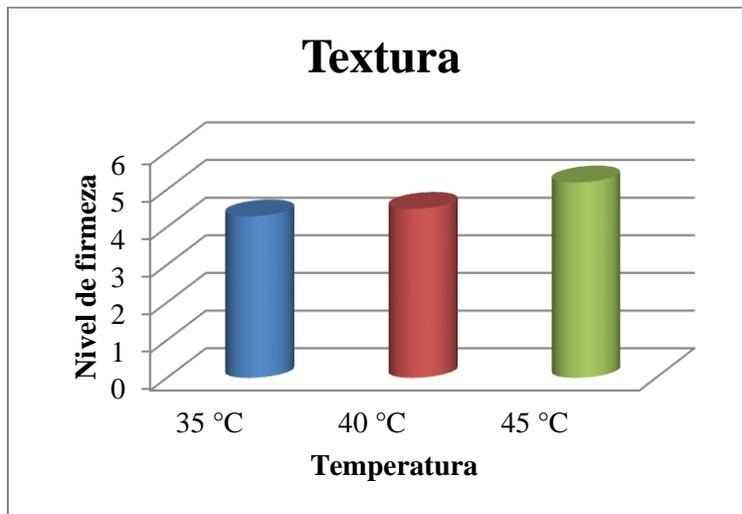


Figura 6. T test LSD Fisher para la variable textura con relación a la temperatura.

La figura 7 se comparan las medias de las cantidades de enzima (0.2, 0.6 y 1.0 gr/L), en la intensidad de textura percibida por los catadores, observando que los jueces calificaron que a una mayor cantidad de enzima utilizada se encuentran los quesos con mayor grado de firmeza y por otro parte que a menor cantidad de enzima utilizada están los quesos con menor grado de firmeza.

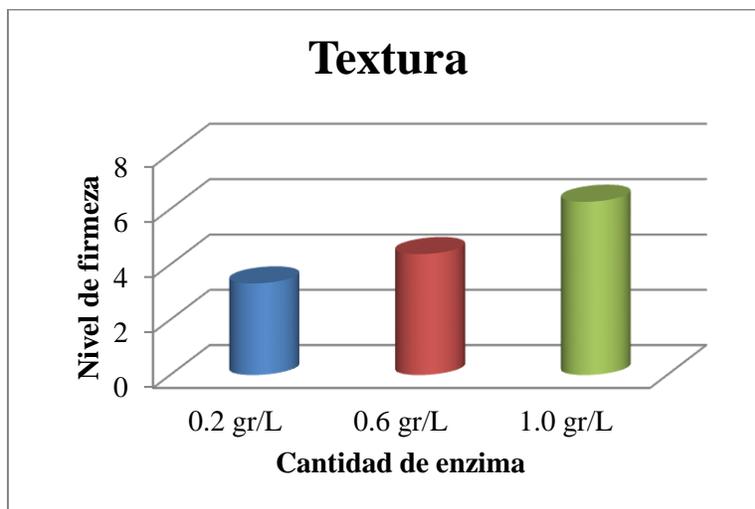


Figura 7. T test LSD Fisher para la variable textura con relación a la cantidad de enzima.

5.2 Sinéresis

La sinéresis se ve influenciada directamente al nivel de enzima que se utilice, de tal manera que al usar una mayor dosis de enzima (1.0 gramos por litro de leche), la sinéresis en la cuajada va disminuyendo es decir que el porcentaje de sinéresis disminuye de un 44% a un 24%, es decir que a medida se disminuye la dosis de enzima la sinéresis aumenta y viceversa a medida aumentamos la dosis de enzima la sinéresis va disminuyendo gradualmente.



Figura 8. Comparación de Sinéresis de las cantidades de enzima.

5.3 Relación costo-beneficio.

Al realizar los estudios de rendimiento y textura dio como resultado que la temperatura y la dosis optima de enzima, obtuvieron altas medias interactuando a temperatura de 35 °C y una dosis de 1.0 gramos por litro de leche usada. El análisis de costos (Anexo 4) se muestra los costos de producción del queso fresco y sus posibles ingresos generados en este rubro tomando como base los precios de la leche de plantas cercanas y los precios del queso que se comercializa en el mercado. La cual dice que por cada lempira invertido en el producto el resultado de esta inversión dará como resultado 1.59 lempiras de beneficio

VI. CONCLUSIONES

Los tratamientos mostraron diferencia entre las distintas dosis de enzima utilizadas tanto para la variable rendimiento como para la variable textura, es decir que la dosis de transglutaminasa es influyente tanto para el rendimiento como para la textura

La temperatura no presentó significancia para la variable rendimiento, de tal manera que este no se ve afectado estadísticamente en las diferentes temperaturas utilizadas (35, 40 y 45 °C). Sin embargo la temperatura que resultó altamente significativa en la variable textura fue de 45 °C, es decir que a mayor temperatura se obtendrá una mejor firmeza en los quesos.

Los mejores rendimientos y las mejores texturas se obtuvieron con la interacción temperatura de 35 °C y una dosis de 1.0 gramos de enzima por cada litro de leche utilizado. La sinéresis se vio afectada directamente al cambio de cantidad de enzima ya que al aumentar la dosis de enzima la sinéresis disminuye.

El tratamiento en donde se obtuvo una mejor relación costo-beneficio es en la interacción de la temperatura de 35 °C y 1.0 gramos de enzima por litro de leche, obteniendo el resultado que por cada lempira invertido el producto este mismo devolverá 1.59 lempiras de beneficio para el fabricante.

VII. RECOMENDACIONES

Evaluar el poder de la enzima antes de comenzar el proceso de elaboración de queso, para tener confiabilidad en los datos a obtener.

Realizar análisis físico-químicos y nutricionales a la leche para disminuir las desviaciones en los resultados a obtener en las variables de estudio: rendimiento y la intensidad de textura.

Evaluar la enzima transglutaminasa (probind ch) a escala de industria si se quiere obtener un cálculo real de los beneficios que presenta. Ya que a escala de laboratorio los datos no pueden dar todo su potencial.

Trabajar con una dosis de transglutaminasa de 1.0 gramos por litro de leche, ya que al utilizar esta dosis se obtienen mejores rendimientos en los quesos y también se obtiene una mejor textura.

Evaluar en el uso de la enzima transglutaminasa probind ch utilizando diferentes cuajos para observar el comportamiento de la enzima con diferentes sustancias coagulantes.

Trabajar con leche fresca, no mastíticas y libre de residuo de antibiótico, porque directamente influyen en el buen funcionamiento de la enzima utilizados en el estudio.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Aguhob, Sylvia; Barrie Axtell. 1998. Procesamiento de lácteos. 2da edición. Lima, Perú. Pág. 9-14.

Aguilar Zarate., P. Aguilar Zarate, M., Carrillo Inungaray, M. L., Portillo Rivera, O. M. 2012. Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. Revista científica de la universidad autónoma de Coahuila. Vol. 4. N° 8. 36 p.

Aguilar, R; Arena, A; Bermúdez, M; Mendoza, M; Rivera, R; Solano, N; Batres, R; Solís, G; Pérez, E; Saballos, L; Mercado, J; Miranda, U; Rivera, J; Méndez, P; Escobar, N; Granja, N. 1999. Norma de quesos frescos no madurados. (En Línea) Nicaragua. Consultado 05 de noviembre del 2012. Disponible en: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/MarcoLegalCRIA/NTON0302299NILec he.htm>

Azqueta, P. 2007. Gestion y valoración del medio ambiente y los recursos naturales ILPES-CEPAL. Santiago de Chile. 162 p.

Basman A, Koksel H, Ng PKW. 2002. Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality characteristics of two wheat flours. European Food Research Technology. 419-424 p.

Bonisch M. P., Heidebach T. C. Kulozik U. 2008. Influence of transglutaminase protein cross-linking on rennet coagulation of casein, Food Hydrocolloids. 288-297.

Brown E. M., Hernandez-Balada E., Taylor M. M., Phillips J. G. Marmer W. N. 2009. Properties of biopolymer produced by transglutaminase treatment of whey protein isolate and gelatin. *Bioresource Technology*. 3638-3643.

Caballero PA, Gomez M, Rosell CM. 2006. Bread quality and dough rheology of enzyme-supplemented wheat flour. *European Food Research and Technology*. 525-534 p.

Cabrera M. Cómo obtener leche de buena calidad. (En línea). Consultado el 08 de mayo del 2013. Disponible en http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005_

Centro de adiestramiento lechero. Leche para la elaboración de quesos. (En línea). Consultado el 04 de mayo del 2013. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/78937112/13/leche-para-la-elaboracion-de-quesos>.

Chamorro C, El análisis sensorial de los quesos. *Tecnología de alimentos*. Primera edición. A. Madrid Vicente Ediciones, Ediciones Mundi Prensa.

Codex Alimentarius. (1999). Norma general del Codex para uso de términos lecheros. 16 p.

Corredig M. *Dairy-derived ingredients: Food and nutraceutical uses*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition No. 182. (2009) Chap 15 394-416.

Cuevas, C. F. 2001. Contabilidad de costos. 2^{da} ed. Editorial pretince hall. 21-22 p.

De Anda, L. A. 2007. La Contabilidad de los Costos. 2^{da} ed. España. 180 p.

Devlin, T. M. 2004. Bioquímica. 4^{ta}. Ed. John Wiley & Sons. Reverte S.A. Barcelona. España. 904 p.

Fernández A. 2010. Calidad de la leche. Organización privada del desarrollo. Colombia. 84 p.

Gerrard J. A. 2002. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences applications Trends in food science & technology. 391-399.

Gil A. 2010. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Tratado de nutrición. Segunda edición. Editorial medica panamericana

Hernández Alarcón, E. 2005. Evaluación Sensorial. Bogotá, Colombia. P 30.

Huang WN, Yuan YL, Kim YS, Chung OK. 2008. Effects of Transglutaminase on Rheology, Microstructure, and Baking Properties of Frozen Dough. Cereal Chemistry, 301–306 p.

Jaros D., Partschefeld C., Henle T. Rohm H. 2009. Transglutaminase in dairy products: chemistry, physics, applications, Journal of texture studies. 113-155.

Madrid J; Gomáriz A, 2006. Conoce los alimentos. España. Aran ediciones S.L. 219 páginas.

Kashiwagi T., Yokoyama K., Ishikawa K., Ono K., Ejima D., Matsui H. Suzuki E. 2002. Crystal structure of microbial transglutaminase from streptovercillium mobaraense. J. Biol. Chem. 44252-44260.

Magariños, H. 2000. Producción Higiénica de la leche cruda. Una guía para la mediana y pequeña empresa. 2001 producción y servicios incorporados S.A. Guatemala, Centro América. Pág. 1-58

Paniagua Díaz, H. J. 2008. Manual de elaboración de productos lácteos. Acribia. Zaragoza. España. 54 p.

Secretaria de agricultura y ganadería. 2011. Honduras: producción de leche. (en Línea) Honduras. Consultado 11 de agosto del 2013. Disponible en: <http://www.revistasumma.com/negocios/15804-honduras-produccion-de-leche-llega-a-los-650-millones-de-litros.html>

Sancho j. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Barcelona. Edicions de la universitat de Barcelona. 156 p.

Steffolani, M. E. 2012. Efecto de las enzimas pentosanasa, glucosa oxidasa y transglutaminasa en productos de panificación. 1a ed. La Plata : Universidad Nacional de La Plata.

Torres A, 2008. Evaluación del tiempo de prensado y tiempo de maduración del queso semiduro tipo Cheddar. (En línea). Consultado el 02 de mayo del 2013. Disponible en:<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/466/1/03%20AGI%20222%20TESIS.pdf>

Vargas T. Calidad de la leche: visión de la industria láctea. Fundación INLACA; Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV. (En línea). Consultado el 02 de mayo del 2013. Disponible en <http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/P297.pdf>

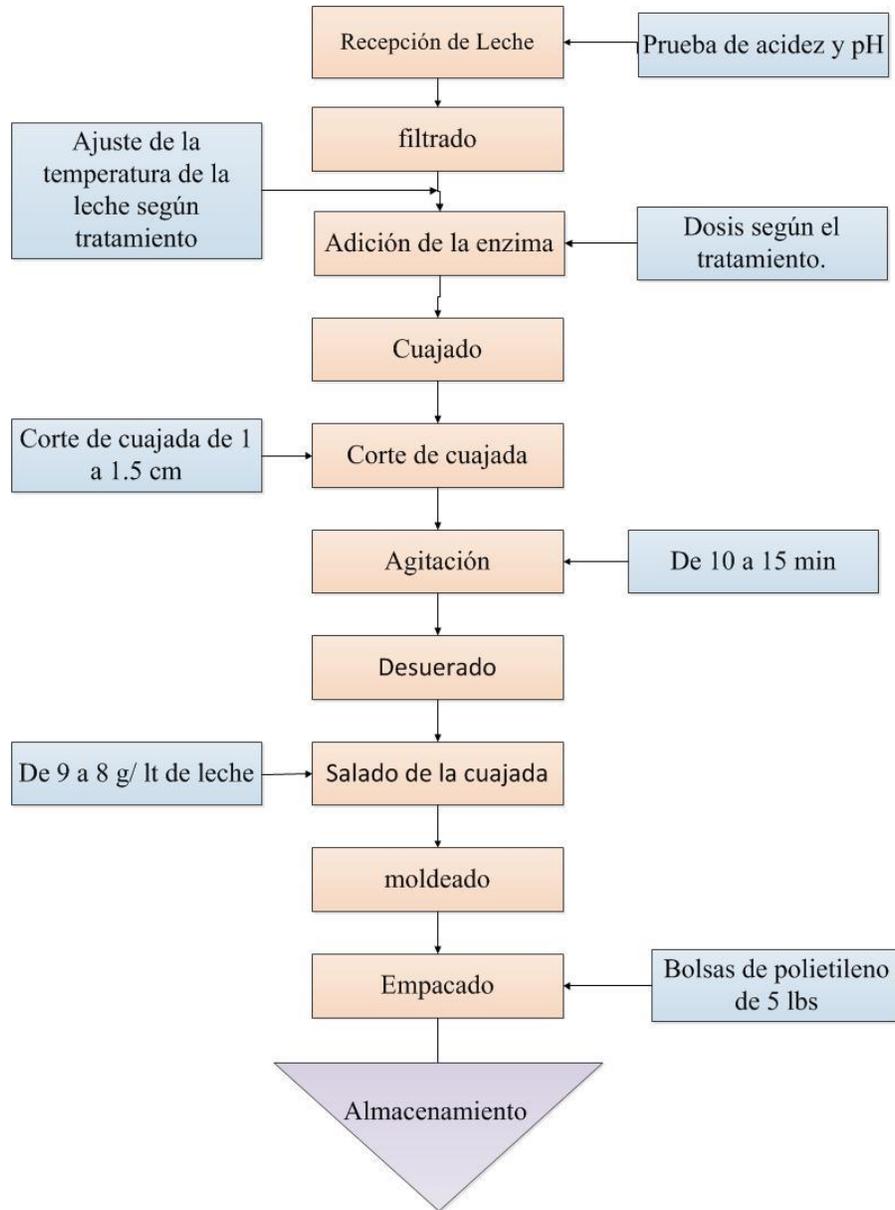
Vázquez C, y López C, 2005. Alimentación y Nutrición. Segunda edición. España. Ediciones Díaz de Santos. 470 páginas.

Vignetti, S.2003.Análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión. España. 155 p

Zambrano Davalos, M. C. 2010. Elaboración de queso fresco con la utilización de un fermento probiótico (*Lactobacillus acidophilus*). Tesis Lic. Ing. Agroin. Quito, Perú. Escuela Politécnica Nacional. 159 p.

ANEXOS

Anexo 1. Flujograma de proceso

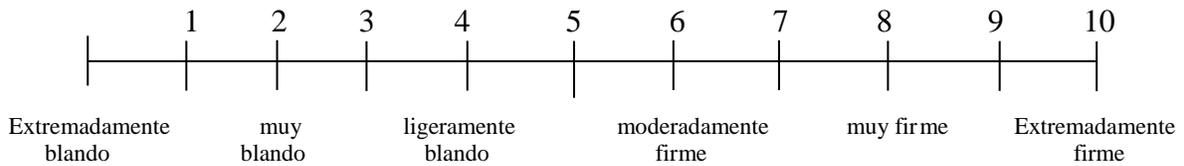


Anexo 2. Ficha de Evaluación del queso fresco

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

FICHA DE EVALUACIÓN DE TEXTURA

Instrucciones: Frente a usted tiene 9 muestras codificadas de queso, las cuales debe probar una a la vez y evaluarlas de acuerdo al grado de intensidad de textura y sabor de la muestra. Enjuáguese la boca y pruebe la siguiente muestra utilizando el mismo procedimiento.



Código de la Muestra

Intensidad de textura _____ _____ _____ _____ _____
 _____ _____ _____ _____

De las muestras anteriores cual le gusto más a usted: _____

Comentarios _____

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

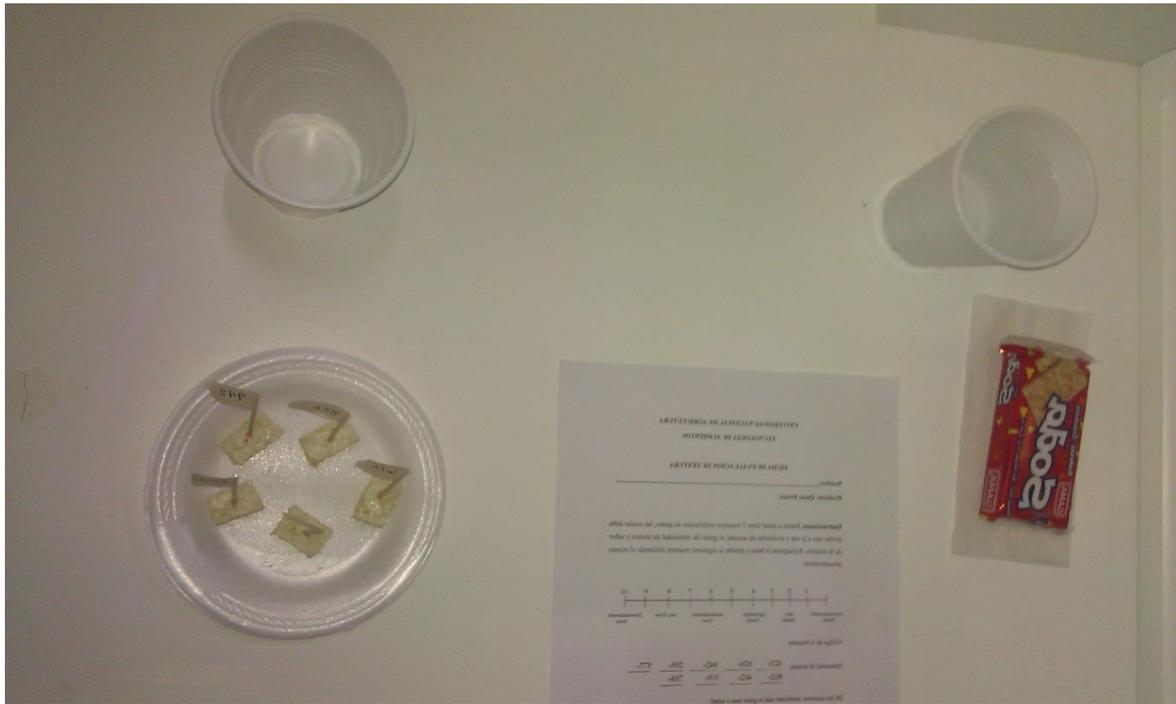
Anexo 3. Inoculación de la enzima.



Anexo 4. Empaque del producto.



Anexo 5. Preparación de muestras para el análisis sensorial.



Anexo 6. Análisis sensorial con jueces semi-entrenados.



Anexo 7. ANAVA para las variables Rendimientos y Textura

Análisis de la varianza

Rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	27	0.72	0.6	5.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	63.16	8	7.9	5.88	0.0009
Temperatura	3.29	2	1.64	1.23	0.317
Enzima	59.41	2	29.7	22.13	<0.0001
Temperatura*Enzima	0.46	4	0.12	0.09	0.9857
Error	24.16	18	1.34		
Total	87.32	26			

Textura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	27	0.93	0.89	9.9

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	48.68	8	6.09	28.62	<0.0001
Temperatura	4.02	2	2.01	9.45	0.0016
Enzima	40.06	2	20.03	94.21	<0.0001
Temperatura*Enzima	4.6	4	1.15	5.41	0.0048
Error	3.83	18	0.21		
Total	52.51	26			

Anexo 8. Análisis de costo-beneficio

Materia Prima	Presentación requerida	Precio de la presentación requerida (en lempiras)	Cantidad	Costo total
Leche entera	Litros	12	5	60
Costo de Materia Prima (Lempiras)				60
Aditivos				
Sal Iodada	gr	0.01	50	0.35
Cuajo (Chy Max M)	ml	0.57	0.25	0.14
Enzima (Transglutaminasa)	gr	1.01	5	5.05
Costo de los Aditivos (Lempiras)				5.54
Material de Empaque				
Bolsa de 1/2 libras	Unidad	0.29	5	1.47
Costo de material de empaque (Lempiras)				1.47
Total costos variables (Lempiras)				67.01
Total de producto (según medias en libras)				2.67
Precio del producto (Lempiras)				40
Ingreso esperado (Lempiras)				108.19
Margen de contribución (Lempiras)				39.78
Costo real por libra (Lempiras)				25.10
Margen de contribución por libra (Lempiras)				14.90
Relación Costo-Beneficio (Lempiras)				1.59

Norma técnica colombiana

Anexo 9. Norma Técnica Colombiana para medición de acidez titulable en leches.

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
4978**

2001-09-26

**LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS.
DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE
(MÉTODO DE REFERENCIA)**



E: MILK AND MILK PRODUCTS. DETERMINATION OF
TITRATABLE ACIDITY (REFERENCE METHOD).

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: leche; producto lácteo; acidez.

I.C.S.: 67.100.01

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Editada 2001-10-16

Anexo 10. Ficha técnica de la enzima transglutaminasa (probind ch).



BDF
I N G R E D I E N T S

Internacional Imp. Exp. Trading BD, S.L.
c/ Les Serres, 22
17244 Cassà de la Selva (Girona)
Tel. +34972460476 Fax: +34972460444
e-mail: info@bdfingredients.com

PROBIND CH | 000607



Fecha: 08/10

DEFINICIÓN:
PROBIND CH es una mezcla de ingredientes diseñada para mejorar las propiedades físicas de los productos lácteos. Esta enzima viene mezclada en proteínas lácteas y lactosa.

La funcionalidad del preparado permite en el producto:

En queso:

- Reduce la sinéresis
- El rendimiento se verá incrementado a valores de aprox. 15 %

En yogur:

- Mejora la fuerza del gel
- Reduce la sinéresis
- Ayuda a reducir la adición de sólidos y estabilizadores
- Aumenta la cremosidad
- Ayuda a la eliminación de gomas y gelatina

Más información en la aplicación

COMPONENTES:
Proteínas de la leche, lactosa y transglutaminasa.

DOSIS RECOMENDADA:
1 g/L de leche.

ALMACENAJE:
Mantener en sitio fresco y seco. Una vez abierto se aconseja usar todo el contenido de la bolsa. En caso de no usar toda la bolsa, se aconseja mantener la bolsa sin oxígeno y guardarla a temperatura inferior a 5°C.

FECHA DE CADUCIDAD:
12 meses desde la fecha de producción.

Garantía: Los detalles dados aquí simplemente son de carácter de la informativo y no tienen ninguna fuerza legal. Por consiguiente no aceptamos ninguna responsabilidad en el sentido más amplio de la palabra para el daño que puede ser resultado de usos basados sobre esta información. Además, esta información no constituye el permiso de infringir derechos de licencias y patentes.

I N G R E D I E N T S

Anexo 11. Ficha técnica del cuajo chy max.





CHY-MAX® Extra

Product Information

Description	CHY-MAX® <i>Extra</i> , Chr. Hansen's high quality milk coagulant, is produced via a controlled fermentation and contains 100% chymosin. This coagulant offers optimum cheese yield and quality and can be used in the production of most cheese varieties.												
Applications	CHY-MAX® <i>Extra</i> can be used as the coagulant of choice in the production of most cheese varieties.												
Ingredients	CHY-MAX® <i>Extra</i> contains chymosin in a salt brine solution with sodium benzoate added as a preservative. Caramel color is added.												
Properties	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Appearance:</td> <td>Light Amber Liquid</td> </tr> <tr> <td>Odor:</td> <td>Free of offensive odors</td> </tr> <tr> <td>Composition:</td> <td>100% Chymosin from natural fermentation</td> </tr> <tr> <td>Activity:</td> <td>Minimum 600 International Milk Clotting Units/ml (IMCU/ml)</td> </tr> <tr> <td>pH (Product):</td> <td>5.60 to 5.95</td> </tr> <tr> <td>Specific Gravity:</td> <td>1.07 to 1.10 (1 fluid oz. = approximately 34 grams)</td> </tr> </table>	Appearance:	Light Amber Liquid	Odor:	Free of offensive odors	Composition:	100% Chymosin from natural fermentation	Activity:	Minimum 600 International Milk Clotting Units/ml (IMCU/ml)	pH (Product):	5.60 to 5.95	Specific Gravity:	1.07 to 1.10 (1 fluid oz. = approximately 34 grams)
Appearance:	Light Amber Liquid												
Odor:	Free of offensive odors												
Composition:	100% Chymosin from natural fermentation												
Activity:	Minimum 600 International Milk Clotting Units/ml (IMCU/ml)												
pH (Product):	5.60 to 5.95												
Specific Gravity:	1.07 to 1.10 (1 fluid oz. = approximately 34 grams)												
Availability	<p>CHY-MAX® <i>Extra</i> is available in the following package sizes:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Product Code</th> <th>Package Size</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>73863</td> <td>1 liter</td> </tr> <tr> <td>73811</td> <td>5 gallon plastic recyclable container</td> </tr> <tr> <td>73810</td> <td>55 gallon drum</td> </tr> <tr> <td>73890</td> <td>265 gallon tote</td> </tr> </tbody> </table>	Product Code	Package Size	73863	1 liter	73811	5 gallon plastic recyclable container	73810	55 gallon drum	73890	265 gallon tote		
Product Code	Package Size												
73863	1 liter												
73811	5 gallon plastic recyclable container												
73810	55 gallon drum												
73890	265 gallon tote												