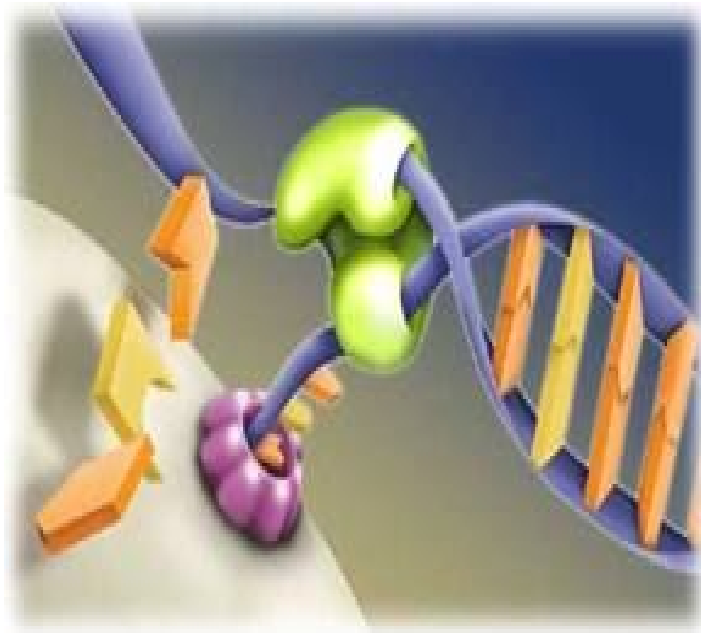


## PRODUCCION DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA LACTEA (LACTASA Y RENINA)



Enzimas

**PRODUCCION DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA LACTEA (LACTASA Y  
RENINA)**

**ANGELA BELLO GONZALEZ**

**MONOGRAFIA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERA DE ALIMENTOS**

**DIRECTORA:**

**ANGELLY VERONICA ARIAS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD**

**SEDE ZIPAQUIRA**

**ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE ALIMENTOS**

**ZIPAQUIRA**

**2009.**

## **TABLA DE CONTENIDO**

PAGINA DE ACEPTACION .....	8
DEDICATORIA .....	9
AGRADECIMIENTOS.....	10
PROTOCOLO .....	11
INTRODUCCION.....	12
TITULO .....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
HIPOTESIS.....	17
OBJETIVOS.....	18
VARIABLES.....	21
JUSTIFICACION .....	22
CAPITULO 1 .....	24
GENERALIDADES.....	24
<b>1. DEFINICION DE ENZIMAS .....</b>	<b>24</b>
<b>3. PRINCIPALES CATALIZADORES.....</b>	<b>28</b>
<b>4. PROPIEDADES ENZIMATICAS.....</b>	<b>32</b>
<b>5. CLASIFICACION DE LAS ENZIMAS.....</b>	<b>33</b>
<b>6. PRINCIPIOS GENERALES.....</b>	<b>36</b>
CAPITULO 2 .....	43
LECHE DE VACA COMPOSICION Y PROBLEMAS .....	43
<b>7. FERMENTACION DE LA LACTOSA .....</b>	<b>44</b>
<b>8. COMPONENTES: ENZIMAS.....</b>	<b>45</b>
<b>9. QUIMICA DE LA LECHE.....</b>	<b>45</b>

<b>9.8 ENZIMAS DIGESTIVAS</b> .....	<b>55</b>
<b>9.9. FUNCIONES CLASES O TIPOS DE ENZIMAS</b> .....	<b>57</b>
<b>9.10. FUENTES NATURALES DE ENZIMAS</b> .....	<b>59</b>
CAPITULO 3 .....	61
ENZIMAS LACTASA Y RENINA.....	61
<b>9.11. ENZIMAS LACTASA</b> .....	<b>61</b>
<b>9.11.1. ORIGEN, ACCION, APLICACIÓN DE LA LACTASA</b> .....	<b>61</b>
<b>9.12. ENZIMA RENINA</b> .....	<b>62</b>
<b>9.13. FENOMENO DE LA COAGULACION</b> .....	<b>66</b>
<b>9.14. QUIMOSINA</b> .....	<b>67</b>
<b>9.15. EXTRACCION DEL CUAJO</b> .....	<b>67</b>
CAPITULO 4 .....	68
ENZIMAS A NIVEL INDUSTRIAL.....	68
<b>9.16. REVISION HISTORICA SOBRA LAS ENZIMAS A NIVEL INDUSTRIAL</b> .....	<b>68</b>
<b>9.17. ENZIMAS Y BIOTECNOLOGIA</b> .....	<b>69</b>
<b>9.16. TIPOS Y FUENTES DE OBTENCIÓN DE ENZIMAS</b> .....	<b>72</b>
<b>9.17. APLICACIÓN DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA LECHERA</b> .....	<b>78</b>
<b>9.18. ENZIMAS COAGULANTES DE ORIGEN MICROBIANO</b> .....	<b>79</b>
<b>9.19. ENZIMAS AUXILIARES DE LA MADURACIÓN DE QUESOS</b> .....	<b>80</b>
<b>9.20. OBTENCION DE ENZIMAS DE ORIGEN MICROBIANO</b> .....	<b>81</b>
CAPITULO 5 .....	84
INTOLERANCIA A LA LACTOSA .....	84
<b>9.21. DEGRADACION DE LA LACTOSA POR EL CALOR</b> .....	<b>86</b>
<b>9.22. CLASIFICACION Y PRESENCIA CLINICA</b> .....	<b>86</b>
<b>9.24. LACTOSA OCULTA</b> .....	<b>94</b>

<b>9.25. MEDICION ENZIMATICA .....</b>	<b>98</b>
CAPITULO 6 .....	101
INVESTIGACION DEL YOGURT DESLACTOSADO .....	101
<b>9.26. CARBOHIDRATOS .....</b>	<b>103</b>
<b>9.27. INTOLERANCIA A LA LACTOSA.....</b>	<b>103</b>
<b>9.28. HIDRÓLISIS DE LA LACTOSA.....</b>	<b>107</b>
<b>9.29. ELABORACION DEL YOGURT DESLACTOSADO.....</b>	<b>108</b>
<b>9.30. ENZIMAS ENCONTRADAS EN EL MERCADO PARA LA PRODUCCION DE PRODUCTOS LACTEOS- YOGURT.....</b>	<b>108</b>
<b>9.31. PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>110</b>
<b>9.32. INVESTIGACIÓN SOBRE ELABORACION DEL QUESO ENZIMATICO .....</b>	<b>121</b>
<b>9.33. VENTAJAS DE LA PROPUESTA AL UTILIZAR LA RENINA PARA LA COAGULACION DEL QUESO .....</b>	<b>122</b>
<b>9.34. PORQUE NO UTILIZAR LECHE DESLACTOSADA EN LA ELABORACION DEL QUESO.....</b>	<b>123</b>
<b>9.35. EL QUESO .....</b>	<b>123</b>
<b>9.36. EL CUAJO.....</b>	<b>125</b>
<b>9.37. ETAPAS BÁSICAS EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO.....</b>	<b>131</b>
<b>9.37.1. DESCRIPCION DEL PROCESO.....</b>	<b>132</b>
<b>9.38. DESCRIPCION GRAFICA DEL PROCESO .....</b>	<b>136</b>
<b>9.38. FICHA TECNICA DE LA RENINA .....</b>	<b>140</b>
9.39. CONCLUSIONES .....	143
9.40. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....	146
9.41. RECOMENDACIONES ESPECIALES.....	149

## CONTENIDO DE GRAFICAS

Graf.1. Wilhelm Kuhne .....	25
Graf. 2. Catálisis de la enzima.....	28
Graf.3. La velocidad de la reacción va aumentando a medida que aumenta la concentración del sustrato hasta que la enzima se satura. ....	36
Graf.4. Mecanismo de unión de único sustrato para una reacción enzimática. $k_1$ , $k_{-1}$ y $k_2$ son las constantes cinéticas para cada una de las etapas de la reacción. ....	37
Graf.5. Representación gráfica de la curva de saturación de una enzima donde se puede observar como evoluciona la relación entre la concentración de sustrato y la velocidad de la reacción.....	38
Graf.6. Esquema de una reacción enzimática en presencia de un inhibidor enzimático de unión reversible.....	39
Graf.7.Variación de energía como función de una coordenada de reacción muestra la estabilización del estado de transición cuando dicha reacción es llevada a cabo por una enzima. ....	40
Graf.8.Como funciona la enzima.....	30
Graf. 9. Constitución de la lactosa, es un disacárido constituido por glucosa y galactosa.....	47
Graf.10. Componentes de la leche .....	48
Graf. 11. Estructura de la micela de la caseína .....	50
Graf. 12. Estructura de los triglicéridos -R1, R2, R3 representan las cadenas de ácidos grasos que le otorgan al triglicérido sus características individuales.....	53
Graf. 13. Perfil de pureza (fingerprint) para: (a) FPC ( <i>Aspergillus niger</i> ), se observan dos picos bien definidos, el 1° a 16 ml es Quimosina (MW 35000 Da) y el 2° pico a 24,5 ml correspondiente el conservante, Benzoato de sodio (MW 144 Da). Y (b) Cuajo de ternero bovino, donde se observan múltiples puntos correspondientes a trazas de impurezas, no siendo estos componentes enzimáticos específicos. El análisis ha sido realizado por FPLC, 12 HR10/30. ....	65
Graf. 14. En el siguiente esquema se mencionan algunas aplicaciones industriales de las enzimas.....	72
Graf. 15. Velloosidades Intestinales atrofiadas. (b y d) .....	85
Graf. 16. Modo de acción de la lactasa.....	90
Graf. 17. Proceso de cadena en la forma como van creciendo las estructuras del cuajo .....	125
Graf. 18 Repartición del gel dentro de un gel enzimático en la cuajada.....	135
Graf. 19. Descripción grafica en la Elaboración del Queso Enzimático. ....	139

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla No. 1. Necesidades básicas de vitaminas en hombres y mujeres con una actividad física moderada.....	29
Tabla No. 2. Guía de vitaminas.....	30
Tabla No. 3 Algunas de las Enzimas Principales.....	33
Tabla No. 4. Problemas que puede obtener al consumir la leche.....	43
Tabla No. 5. Principales Carbohidratos de la Leche.....	46
Tabla No. 6 Proteínas séricas que se encuentra en la leche.....	50
Tabla No. 7. Las enzimas y la digestión.....	55
Tabla 8. Conversión aproximada entre diferentes unidades de actividad y miligramos para las principales enzimas presentes en cuajos de ternero y bovino adulto. ....	64
Tabla No. 9. Contenido medio de diferentes leches de animal (en gramo por 100 ml, ordenado de mayor a menor contenido de lactosa).....	93
Tabla No. 10. Contenido de lactosa por 100gr.....	97
Tabla No.11. Cifras típicas de concentración de algunos compuestos mayoritarios de la leche y el yogur.....	102
Tabla No. 12. Equipos y materiales con sus respectivas características en la elaboración del yogurt Deslactosado. ....	110
Tabla No. 13. Formulación del yogurt Deslactosado.....	111
Tabla No. 14. Diagrama en la Elaboración de yogurt Deslactosado.....	113
Tabla No 15. Clasificación de los Coagulantes.....	130

**PAGINA DE ACEPTACION**

**Nota de aceptación**

---

---

---

**Jurado**

---

---

**Jurado**

---

---

**Zipaquira, (26 – 04 – 2009)**



## DEDICATORIA

*Esta monografía esta dedicada especialmente a Dios por darme la oportunidad de vivir y llegar a este avance a nivel profesional. A mis padres que con amor y dedicación me formaron en la mujer que soy y en la próxima profesional que ellos verán. A mis hermanos porque con ellos y el ejemplo que les estoy dando sé que ellos se guiaran por el camino del bien. A mi amor Carlos Marín quien es el que me da fuerza, animo de seguir adelante y con la paciencia que tiene, logre realizar esta investigación. Gracias a todos por sus colaboración, por su entrega inmediata al favor y por su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Un agradecimiento especial a mis tutores que con su experiencia han logrado dar crecimiento intelectual y sabiduría a una persona como yo, Gracias Ingeniero*

*Edwin Rodríguez, Ingeniera Angelli Arias, Ingeniera Claudia González, sin olvidar también a mis compañeros de estudio que desde el principio estuvimos hay frente al cañón, Gracias compañeros y colegas por estar siempre a mi lado.*

## PROTOCOLO

El ser humano identifica claramente las diferentes situaciones que se le presentan, conoce realmente las diferentes enfermedades que traen este siglo y las asocian con los alimentos que consumen; pero es realmente interesante conocer a fondo todas aquellas quejas que nos producen al consumir ciertos alimentos y lo más interesante como lo podemos cambiar y no radicarlo de nuestro menú diario, alimentos tan esenciales para nuestra vida como son los productos lácteos y la leche. Identificar el problema, diagnosticarlo y asociarlo son bases para que podamos evitar este inconveniente como es la intolerancia a la lactosa pero si mantenerla estable.

Conocer los diferentes quesos y saber por lógica que existe un procedimiento de coagulación lo sabemos muy análogamente pero conocer el proceso enzimático de la renina en la producción del queso es fabuloso.

## INTRODUCCION

Durante siglos las enzimas fueron utilizadas, formando parte de células o extractos crudos de materiales vegetales, animales y microbianos. Esto sucedió en forma totalmente empírica, sin conocerse su modo de acción, ni el porqué de su actividad catalítica en la industria de los lácteos y sus derivados. Las enzimas son catalizadores biológicos, es decir, proteínas que tienen la capacidad de acelerar ciertas reacciones químicas. En los últimos años su uso en gran cantidad de industrias ha adquirido gran relevancia. La enzimología o ciencia encargada del estudio de las enzimas siempre será un tema de actualidad en la biotecnología. En los últimos años, esta ciencia ha experimentado grandes avances al igual que sus aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica, de detergentes, panadería y papelera, entre otras. Los procesos catalizados por enzimas en la industria son cada día más numerosos, ya que presentan ventajas frente a los catalizadores no biológicos.

El desarrollo de fuentes para producir enzimas de uso en la industria alimentaria, con métodos de aislamiento, purificación y el diseño de reactores enzimáticos, donde permiten su aplicación en diversos procesos, ha evolucionado en forma considerable y ha dado origen a un área interdisciplinaria conocida hoy día como "ingeniería enzimática", como nuevo enfoque de la biotecnología. Una de las principales ventajas de las enzimas, además de las de índole económica o biotecnológica, está asociado a su gran especificidad de acción que hace que no se produzcan reacciones laterales imprevistas. Igualmente, se pueden trabajar en condiciones moderadas: presión atmosférica, temperaturas bajas o medias y pH de 3 a 10. Además las enzimas pueden inactivarse fácilmente cuando se considera que han cumplido su objetivo.

Los organismos vivos se constituyen de una enorme cantidad de moléculas complejas que participan en procesos cuidadosamente controlados, que van desde la transmisión del impulso nervioso, la digestión de un alimento o la coagulación sanguínea. Estos procesos consisten en series de reacciones químicas altamente ordenadas, ejecutadas a velocidades vertiginosas. El motor de estas reacciones (la vida misma) es un grupo de "micro máquinas" llamadas enzimas. La enzima la renina, que es usado en la elaboración de quesos, es una de las enzimas más antiguas; está formado por la mezcla de dos enzimas, quimosina y pepsina que se obtienen del cuajar de las terneras jóvenes. Estas enzimas rompen la caseína de la leche y producen su coagulación.

Otra enzima que también es muy importante es *la* lactasa o b-D-galactosidasa, que es una enzima que hidroliza la lactosa, el azúcar de la leche. Sin embargo, una gran parte de la población mundial carece de lactasa intestinal y su ingesta produce diarreas y trastornos intestinales. La eliminación de este azúcar se puede conseguir tratando la leche con b-galactosidasa, la cual ya se comercializa actualmente. Existen varios productos lácteos pero especialmente el queso en el cual se produce mediante la acción de unos compuestos denominados enzimas que se encuentran en el cuajo; una de ellas es la enzima llamada renina o fermento lab. El término cuajo viene del nombre de la enzima que se produce en el estómago de los animales lactantes y que tiene la función de degradar las proteínas de la leche (caseínas) para hacerlas precipitar y ser más digestibles y aprovechables para el individuo.

Las enzimas responsables de la coagulación de la leche no solo están presentes en los estómagos de los animales lactantes si no también en ciertas plantas y ciertos microorganismos, pero lo más común es que sean de origen animal concretamente del estómago de terneros.

TITULO

**“PRODUCCION DE ENZIMAS EN LA  
INDUSTRIA LACTEA (LACTASA Y RENINA)”**

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

*¿Se puede solucionar el problema de la intolerancia a la lactosa, inactivando la enzima lactasa o no esterilizar la leche?, ¿Se puede realizar la coagulación de la leche para realizar queso sin la enzima llamada renina?* La leche es un alimento diseñado para ser consumido por las crías directamente de la ubre de la mamá. De hecho, una vez en contacto con el medio externo, la leche se contamina y se deteriora a una gran velocidad. El hombre soluciona este problema esterilizándola con calor. La pasteurización y la esterilización a altas temperaturas (UHT) son los tratamientos industriales que la leche recibe para eliminar todos sus microorganismos indeseables. Pero estos procesos, además de esterilizar, también destruyen las vitaminas y enzimas que tiene la leche y que son necesarias para poder digerir su gran contenido proteico. Uno de los problemas que tiene como consecuencia esta esterilización es “La intolerancia a la lactosa” en el cual tiene una incidencia entre 50 y 70% en la población adulta a nivel mundial en distintos grados. Se trata de un trastorno causado por la carencia o baja producción de una enzima llamada lactasa, por lo cual, el organismo no produce la enzima necesaria para digerir la lactosa de los productos lácteos y como consecuencia se padecen diversos malestares estomacales al ingerirla, como náuseas, cólicos y distensión gaseosa. En Colombia, aproximadamente el 40% de la población presenta problemas digestivos al ingerir leche y sus derivados; no solo los adultos sino también esta afectando los niños desde el nacimiento. Aunque la persona note que los lácteos que consumen le causan daño, no están conscientes de que el motivo de sus malestares es porque son intolerantes a la lactosa.

Con la introducción de las leches especializadas Deslactosadas y yogurt Deslactosado en Colombia se quiere introducir al consumidor un tipo de

producto lácteo que no le siga causando un problema al sistema digestivo. Es importante tener presente la coagulación de la leche en el proceso del queso y también la forma de utilización de la renina, conocer como es su presentación y como se lleva a cabo este fenómeno de coagulación con ayuda de esta enzima.



## **HIPOTESIS**

Con la información Bibliográfica de las enzima lactasa en la elaboración de productos lácteos, se puede afirmar que la deficiencia de la enzima lactasa en el intestino delgado del ser humano es la causa primordial para que el consumidor de productos lácteos sufra de alteración en el sistema digestivo por ejemplo: "Intolerancia a la lactosa".

Con la información Bibliográfica de las enzima renina. Se puede afirmar que la renina es la misma quimosina que ayuda a la coagulación del queso, esta enzima es llamada el cuajo y se consigue por los diferentes procesos de extracción en los terneros.

# OBJETIVOS

## **OBJETIVO GENERAL**

Identificar y analizar las características de las enzimas lácticas como lactasa y renina en la producción láctea

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar un estudio bibliográfico profundo sobre generalidades de las enzimas.
- Conocer con la revisión bibliografía la principal causa de la intolerancia a la lactosa, como se puede manifestar y como se puede controlar
- Conocer con revisión bibliográfica sobre la renina y sus productos lácteos en que son utilizados.
- Conocer las diferentes aplicaciones de las enzimas en los diferentes campos de la industria
- Realizar un procedimiento investigativo sobre la producción de un yogurt Deslactosado.

- Realizar un procedimiento investigativo sobre la elaboración del queso utilizando la renina o quimosina



## **VARIABLES**

### **Variable Independiente**

Estudios similares en el uso de las enzimas lácticas lactasa y renina en la elaboración de productos lácteos.

### **Los indicadores**

- Investigación de estudios prácticos tema.
- Antecedentes bibliográficos de las temáticas que argumente que las enzima lactasa nos conlleva a la intolerancia de la lactosa y como se utiliza la renina en la producción del queso; y como se puede o no inactivar para evitar los problemas digestivos

### **Variable Dependiente**

Adquisición de la información Bibliográfica, Historia de las enzimas, funciones, clasificación de las enzimas, enzimas importantes en los lácteos, aplicabilidad en la industria para diferentes usos y como afecta su inactivación en el sistema digestivo, aplicación de la renina, estructura, nombres comerciales, aplicabilidad, forma de uso.

### **Los indicadores**

- Datos teóricos sobre el tema
- Datos sobre la aplicabilidad en el consumo de la lactosa
- Datos de la aplicabilidad en la producción de quesos con renina.

## JUSTIFICACION

Investigar sobre las enzimas lácticas especialmente la lactasa y la renina es un tema muy enriquecedor, esta investigación conlleva a la utilización de mecanismos en la producción de muchos alimentos y productos especialmente como el queso o el yogurt con la ayuda de proteínas como las enzimas. Su función es transformar sustancias para dar productos atractivos desde el punto de vista gustativo o visual, o para aumentar su conservación.

Aunque se quiera trabajar con productos deslactosados o producción de quesos utilizando enzimas como la renina; la mayoría de los consumidores tienen una visión que se consume por la intolerancia a la lactosa y solamente porque la palabra los lleva a deducir que el producto lácteo no contiene azúcar, esa afirmación es falsa, esta monografía tiene la recopilación de diferentes bases para ofrecer un entendimiento sobre los beneficios y los contra que se enseñan con las enzimas. La enzima es un término que solamente es conocido por estudiantes que en una asignatura la ven, pero esta pequeñísima proteína trae consigo unas características muy importantes que se quieren implantar en este trabajo de investigación.

Para la digestión de la lactosa, nuestro intestino segrega en el jugo intestinal u enzima digestivo llamado lactasa, que es capaz de romper el enlace beta y dar dos unidades de azúcar. En las personas, esta actividad lactásica se modifica con la edad, así en los primeros momentos de vida lactante es muy importante y progresivamente va disminuyendo. En los adultos una dieta en alimentos lácteos y sus derivados, mantiene en un nivel aceptable la actividad lactásica intestinal. En individuos que poseen cierta intolerancia a la lactosa, la industria alimentaria dispone de leches con un bajo contenido en la misma. En este tipo de leches, la

lactosa está desdoblada en un 95% en glucosa y galactosa. Esto se consigue añadiendo lactasa en el momento del envasado de la leche.

Las enzimas y sus derivados son utilizados en la industria alimentaria, hospitalaria y farmacéutica, generalmente son patentadas por importantes compañías estadounidenses, son importadas y se utilizan también en los alimentos dietéticos.

Una investigación en una página de internet [www.interenzimas.com.co](http://www.interenzimas.com.co) da a conocer los costos de las enzimas; como se puede conseguir y como se puede utilizar. Es importante conocer los concentrados enzimáticos porque tienen un número de unidades que da el valor de su efectividad entre más alto el número de unidades mayor la velocidad y el rendimiento; por lo que una pequeña cantidad puede rendir mucho.

Con esta aplicación se da a conocer información puntual sobre la diferencia entre las enzimas lácticas, la lactasa y la renina su utilización cada uno, su forma de cómo se encuentra en la naturaleza; una aplicación de investigación muy importante que se da a conocer es la producción de yogurt Deslactosado y la producción de queso con activación de las enzimas.

Esta monografía tiene una recopilación de información para consulta en la Universidad o para la realización de productos lácteos a partir de las 600 enzimas que contiene la leche se da por entender que una enzima es una parte muy importante el cual ayuda acelerar o a retardar una reacción y como estas enzimas son una parte fundamental en nuestro sistema digestivo.

# CAPITULO 1

## GENERALIDADES

### 1. DEFINICION DE ENZIMAS

<sup>1</sup>Una enzima es una sustancia de naturaleza proteica que catalizan las reacciones químicas que tienen lugar en los tejidos vivos; siempre que sea termodinámicamente posible, en estas reacciones las enzimas actúan sobre unas moléculas que se llaman sustratos, los cuales se convierten en varias moléculas que se denominan productos. A las reacciones mediadas por enzimas se les denomina reacciones enzimáticas. Frecuentemente son cationes:  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ , etc. El nombre de enzima, que fue propuesto en 1867 por el fisiólogo alemán Wilhelm Kühne (1837-1900), deriva de la frase griega en zymē, que significa 'en fermento'. En la actualidad los tipos de enzimas identificados son más de 2.000.

Por ejemplo, se cuenta que alrededor del año 3000 a.C. en Egipto, un aprendiz de panadero descuidó una masa ya preparada que quedó expuesta al aire durante más tiempo que el acostumbrado. La superficie húmeda de la masa se hinchó, y aumentó mucho su volumen. Se cree que este fue el primer pan blando y esponjoso.

Algo similar habría sucedido con la cerveza. Según un grabado que se remonta a 4.000 años a.C., un pan olvidado se humedeció y se transformó en una pulpa de la que se extraía un líquido que, según expresa el grabado "transforma la gente en alegre, extrovertida y feliz<sup>1</sup>".

<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)



<sup>1</sup>También cuenta una leyenda que un pastor árabe, de regreso a su casa después de una larga jornada en el campo, guardó la leche ordeñada de sus ovejas dentro de una bolsa hecha con la tripa de ternero; después de caminar y caminar a pleno sol, abrió la bolsa para saciar su sed y se sorprendió cuando encontró que la leche estaba separada en dos partes: un líquido acuoso pálido y un cuajo (grumo) blanco sólido.

Una masa que se infla, la leche que se coagula, una bebida con propiedades nuevas... ¿En qué consistían esos procesos que misteriosamente transformaban los alimentos? ¿Qué componentes desconocidos provocaban estos cambios? Se necesitaron muchos años de trabajo para conocer las sustancias responsables de estos procesos, entre ellas las enzimas<sup>1</sup>.



Graf.1. Wilhelm Kuhne

Fuente: [www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

<sup>1</sup>Debido a que las enzimas son extremadamente selectivas con sus sustratos y con su velocidad crece solo con algunas reacciones y en otras no, al conjunto de enzimas sintetizadas en una molécula se denomina el metabolismo que ocurre en cada célula<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

<sup>1</sup>Cada tipo de enzima cataliza un tipo específico de reacción química. Por ello, se necesitan centenares de tipos de enzimas diferentes en el metabolismo de cualquier clase de células.

La mayor parte de las enzimas catalizan la transferencia de electrones, átomos o grupos funcionales

Como todos los *catalizadores*, las enzimas funcionan disminuyendo la *energía de activación* de una reacción<sup>1</sup>.

Las enzimas no alteran el balance energético de las reacciones en que intervienen, ni la modifican, pero logran 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 deprisa que la correspondiente reacción no catalizada.

Las enzimas no son consumidas ni destruidas con las reacciones químicas, ni tampoco alteran el equilibrio químico. Las enzimas catalizan alrededor de 4.000 reacciones bioquímicas distintas.

Las enzimas no reaccionan químicamente con las sustancias sobre las que actúan las que se denominan sustrato, ni alteran el equilibrio de la reacción, solamente aumentan la velocidad con que estas se producen, actuando como catalizadores. La velocidad de las reacciones enzimáticas depende de la concentración de la enzima, de la concentración del sustrato, la temperatura, el pH y el medio.

Debido a su naturaleza proteica, las enzimas se desnaturalizan e inactivan por encima de los 60 grados Celsius o en presencia de medios muy ácidos o muy alcalinos.

<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

## 2. NOMENCLATURA

<sup>2</sup>El nombre aplicado a las enzimas se deriva del sustrato sobre el que actúan, al que se añade la terminación “asa”. Así, las carbohidrasas actúa sobre los carbohidratos; las fosfatasas sobre los fosfatos, etc.

Se diferencian además diversos nombres especiales instituidos por la tradición con la pepsina, tripsina, pancreatina, etc.

El conocimiento adquirido acerca de la estructura de las enzimas ha sido de gran ayuda en la visualización e interpretación de los datos cinéticos. Por ejemplo, la estructura puede sugerir cómo permanecen unidos sustrato y producto durante la *catálisis*, qué cambios conformacionales ocurren durante la reacción, o incluso el papel en particular de determinados residuos aminoácidos en el mecanismo catalítico. Algunas enzimas modifican su conformación significativamente durante la reacción, en cuyo caso, puede ser crucial saber la estructura molecular de la enzima con y sin sustrato unido (se suelen usar análogos que se unen pero no permiten llevar a cabo la reacción y mantienen a la enzima permanentemente en la conformación de sustrato unido).

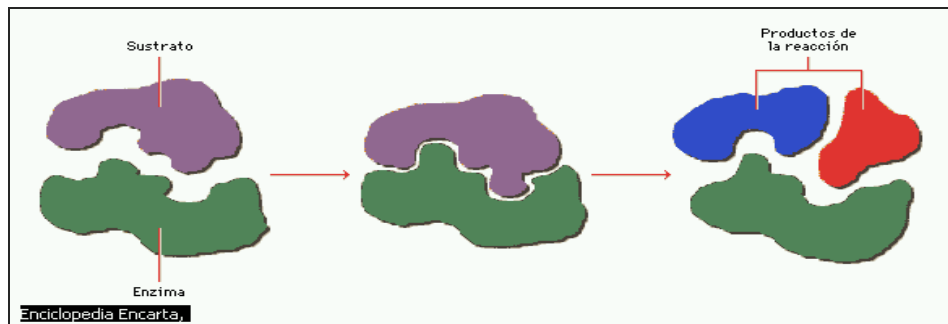
Las enzimas, funcionan como catalizadores naturales en las reacciones bioquímicas. Ellas no cambian o se utilizan durante su reacción. Por ejemplo, durante la fermentación, las enzimas que se elaboran a partir de células de levadura, convierten las moléculas de azúcar en moléculas de etanol, pero las moléculas de levadura no disminuyen durante el proceso.

Por esta razón, pequeñas cantidades de enzimas comerciales dan grandes resultados y al comparar con otros métodos de procesamiento, son mucho más económicos. Las enzimas (una gran parte), se derivan de organismos fúngicos y bacterianos<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>Enciclopedia Encarta 2009.

<sup>2</sup>Algunos productos se elaboran a partir de plantas como la papaya, la piña, etc. ó a partir de productos que se generan de tejidos de animales, como por ejemplo la lipasa pancreática. La producción de todos los productos de Valley Research, se logran utilizando organismos no modificados genéticamente, los cuales no son patógenos y se encuentran presentes de forma natural en el medio ambiente.

Las enzimas son muy específicas en el trabajo que realizan. Por ejemplo, las enzimas de amilasa, solo trabajan en almidón, las enzimas de proteasa lo hacen con proteínas, etc., esto permite que las enzimas contengan características que son de gran beneficio en procesamientos industriales. En otros casos, algunas enzimas se utilizan juntas para lograr el resultado final esperado. Por esta razón, tomando en cuenta el pH, la temperatura, además de otras condiciones del proceso, es importante seleccionar la(s) enzima(s) correcta(s)<sup>2</sup>



Graf. 2. Catálisis de la enzima.

Fuente: Enciclopedia Encarta 2008.

### 3. PRINCIPALES CATALIZADORES

#### 3.1. *Vitaminas*

<sup>1</sup>Son sustancias indispensables para mantener vivo nuestro cuerpo, ya que son catalizadores y reguladores fundamentales para la vida. A diferencia de los hidratos de carbono, proteínas y grasas, el cuerpo no las utiliza como fuente de energía, o como material de construcción; sin embargo sin ellas, el organismo no podría obtener energía ni producir células.

La ausencia de estas vitaminas, puede producir las enfermedades “carenciales”, como por ejemplo: el escorbuto; enfermedad que fue muy común en la época de los viajes náuticos hacia el nuevo mundo (s. XV y XVI) que se produce por falta de vitamina C o ácido ascórbico.

Existen dos tipos de vitaminas: las liposolubles y las hidrosolubles. Esta división, depende de si las vitaminas son solubles en lípidos o solventes apolares y las hidrosolubles, son solubles en agua. Las principales fuentes de vitaminas, las encontramos en alimentos de origen vegetal y sus derivados, los hombres y mujeres necesitan diferentes aportes de vitaminas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

**Tabla No. 1. Necesidades básicas de vitaminas en hombres y mujeres con una actividad física moderada.**

<b>Vitaminas y minerales</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Hombres</b>
Calcio	800.0 mg	800.0mg
Ácido fólico	400.0 mcg	400.0mcg
Hierro	18.0mg	10.0mg
Magnesio	300.0mg	350.0mg
Niacina	13.0mg	18.0mg
Fósforo	800.0mg	800.0mg
Proteínas	44.0 gramos	56.0gramos
Riboflavina	1.2mg	1.6mg

Tiamina	1.0mg	1.4mg
Vitamina A	800.0mcg re	1000.0 mcg
Vitamina B12	3.0mcg	3.0mcg
Vitamina B6	2.0mg	2.2mg
Vitamina C	60.0mg	60.0mg
Vitamina E	8.0mg	10.0mg
Zinc	15.0mg	15.0mg

Fuente: [www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

**Tabla No. 2. Guía de vitaminas**

Vitaminas	DDR	Beneficios para la salud	Interacciones	Fuentes naturales
A	5000 UI	Cicatrización  Protege mucosas y piel, resistencia a infecciones respiratorias, previene manchas en la piel, por envejecimiento, desarrolla los tejidos y huesos, aluda a la visión nocturna y mejora la salud de piel y cabellos	El tomar vitamina E o anticonceptivos, aumenta su potencia, pero tomando medicaciones para bajar el colesterol, se disminuye su efecto	Carne, pescado, huevos, queso, leche.
C	60 mg	Promueve el desarrollo saludable de las células , cura heridas y puede ayudar a prevenir resfriados	Junto a vitaminas A y D sintetiza colágeno. Fumar o tomar píldoras anticonceptivas, inhiben la absorción de la vitamina C, aspirinas y las sulfas obstruyen su efectividad	Cítricos, vegetales de hoja verde, vegetales crucíferos, tomates, frutillas, melón pimiento verde y rojo, kiwi, soja y mango.
D	200 UI	Esencial para el crecimiento de huesos y dientes, previene el raquitismo y osteoporosis	Junto a la absorción de calcio, mejora la conjuntivitis.  Frena su	Carne, aceite de hígado de pescado, leche enriquecida, yema de huevo, exposición al sol

			absorción las pastillas para bajar el colesterol, y antiácidos de magnesio. Vitamina D ayuda a la absorción de calcio	
E	H:15 UI M:12 UI	Ayuda a los glóbulos rojos, ayuda a prevenir ataques cardíacos.	En algunos animales su carencia produce esterilidad. Antiácidos, aceites minerales y drogas reductoras de colesterol inhiben su absorción.	Aceites vegetales, semillas, germen de trigo, pescado, marisco, palta, legumbre y cereales.
K	H:80mcg M:65mcg	Importante en la coagulación de la sangre	Antibióticos pueden disminuir la en el organismo.	Alfalfa, Bruselas, repollo, coliflor, avena, espinaca y brotes de soja
B1 (Tiamina)	H:1.5mg M:1.1g	Nutriente esencial para tejidos respiratorios, metabolismo y buen funcionamiento de músculos y sist. Cardíaco y nervioso. Metabolismo de lípidos y carbohidratos	Aumenta efectividad de drogas relajantes musculares, tomar alcohol y fumar reduce absorción	Carne magra, germen de trigo, judías, pescado, guisantes, panes enriquecidos y arroz integral
Riboflavina	H:1.7mg M:1.3mg	Ayuda a los glóbulos rojos, y enzimas tiroideas, función correcta del sist. Nervioso. Ayuda a prevenir el cáncer y a mejorar la visión	Antidepresivos, calmantes, tabaco y alcohol, reducen su efectividad	Almendras, levadura de cerveza, queso, pollo y germen de trigo.
B6	H:2.0mg M:1.6mg	Correcto funcionamiento del sistema nervioso y puede reducir los síntomas del periodo pre menstrual. Metaboliza los aminoácidos	El tabaco reduce su absorción y los anticonceptivos orales, reducen su efectividad.	Palta, plátano, salvado, zanahorias, harina, lentejas, arroz, salmón, langostinos, brotes de soja y germen de trigo.
B12	12 mcg	Vital para el sistema nervioso, trata la anemia aguda. Formación de glóbulos	Megadosis de vitamina C y ácido fólico, disminuyen los niveles de B12 en la sangre	Filetes de carne de vaca, hígado, huevos, productos lácteos, almejas, lenguado y

				sardinas.
Biotina	No DDR establecida	Nutriente para metabolismo de comida, promueve salud de glándulas y células	Antibióticos disminuyen producción de biotina en cuerpo. Tabaco disminuye su absorción	Arroz integral, trigo, mantequilla, queso, pollo, huevo, lentejas, legumbre, leche, cacahuets, brotes de soja y nueces
Ácido Fólico	H:200mcg M:180mcg	Crecimiento y desarrollo normal. Regula el desarrollo de las células nerviosas en embriones y fetos, ayuda a prevenir el cáncer	Es debilitado por analgésicos, cortisona y anticonceptivos orales, exceso de alcohol, deficiencias de este ácido y fumar inhibe su absorción	Cebada, habas, frutas, vegetales de hojas verdes, lentejas, naranjas, guisantes, arroz, brotes de soja y germen de trigo
Niacina	H:19mg M:15mg	Ayuda a síntesis de ADN y toma energía de comidas	Tabasco inhibe su absorción. Niacina debilita potencia de drogas para diabetes	Levadura, cebada, pescado, carne, cacahuets y pepas de girasol
Ácido Pantioténico	Sin DDR establecido	Aumenta al crecimiento y desarrollo norma y ayuda a sintetizar los tejidos del cuerpo, metaboliza lípidos	Tabaco, perjudica su absorción	Maíz, guisantes, carne, brotes de soja, pepas de girasol y legumbres

Fuente: Alain Dabadie; Alimentation de l'enfant; Institut Mère-Enfant, Hopital sud, Rennes, 1999

#### 4. PROPIEDADES ENZIMATICAS

<sup>1</sup>Como propuso el químico sueco Jöns Jakob Berzelius en 1823, las enzimas son catalizadores típicos: son capaces de acelerar la velocidad de reacción sin ser consumidas en el proceso.

Algunas enzimas, como la pepsina y la tripsina, que intervienen en la hidrólisis de muchos tipos de proteínas, controlan muchas reacciones diferentes, mientras que otras como la ureasa, son muy específicas y sólo pueden acelerar una reacción. Otras liberan energía para la contracción cardíaca y la expansión y



contracción de los pulmones. Muchas facilitan la conversión de azúcar y alimentos en distintas sustancias que el organismo precisa para la construcción de tejidos, la reposición de células sanguíneas y la liberación de energía química para mover los músculos.

La especificidad entre el sustrato y la enzima se ha concebido como la relación de una “llave” y su “cerradura”. La molécula del sustrato constituye la llave y la proteína constituye la cerradura; en la superficie de la proteína existe una zona específica, denominada sitio activo o catalítico, a la cual se une la molécula del sustrato para experimentar la transformación catalítica<sup>1</sup>

<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

**Tabla No. 3 Algunas de las Enzimas Principales**

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Función Biológica</b>
Alcohol: NAD oxidorreductasa	Alcohol-deshidrogenasa	Fermentación alcohólica
L-lactato: NAD oxidorreductasa	Lactato-deshidrogenasa	Metabolismo de los carbohidratos
ATP: - piruvato-fosforo-transferasa	Piruvato-quinasa	Metabolismo de los carbohidratos
Acetilcolina: acetil-hidrolasa	Acetilcolinesterasa	Conducción de impulsos nerviosos
Péptidos: péptido-hidrolasa	Trombina	Mecanismo de coagulación de la sangre

Fuente: Alain Dabadie; Alimentation de l'enfant; Institut Mère-Enfant, Hopital sud, Rennes, 1999

## **5. CLASIFICACION DE LAS ENZIMAS**

Existe una clasificación normalizada con seis categorías principales dependiendo de la reacción que catalice la enzima. Las enzimas se denominan añadiendo *asa* al nombre del sustrato con el cual reaccionan. La enzima que controla la descomposición de la urea recibe el nombre de ureasa; aquéllas que controlan la hidrólisis de proteínas se denominan proteasas. Algunas enzimas

como las proteasas tripsina y pepsina, conservan los nombres utilizados antes de que se adoptara esta nomenclatura.

### **5.1 Oxirreductasas**

<sup>1</sup>Catalizan reacciones de oxido reducción o redox. Precisan la colaboración de las coenzimas de oxido reducción, 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.

Ejemplos: deshidrogenasas, peroxidadas.

### **5.2. 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.

*Ejemplos:* transaminasas, quinasas.

### **5.3. 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. La palabra hidrolisis se deriva de hidro 'agua' y lisis 'disolución'.

Ejemplos: glucosidasas, lipasas, esterases<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

#### **5.4. Isomerasas**

<sup>1</sup>Actúan sobre determinadas moléculas obteniendo de ellas sus isómeros de función o de posición. Suelen actuar en procesos de interconversión.

*Ejemplo:* epimerasas (mutasa).

#### **5.5. 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. En la parte de enzimas Sustrato es una molécula que sobre actúa en una enzima, el sustrato se une al sitio activo de la enzima, y se forma un complejo enzima-sustrato. El sustrato por acción de la enzima es transformado en producto y es liberado del sitio activo, quedando libre para recibir otro sustrato.

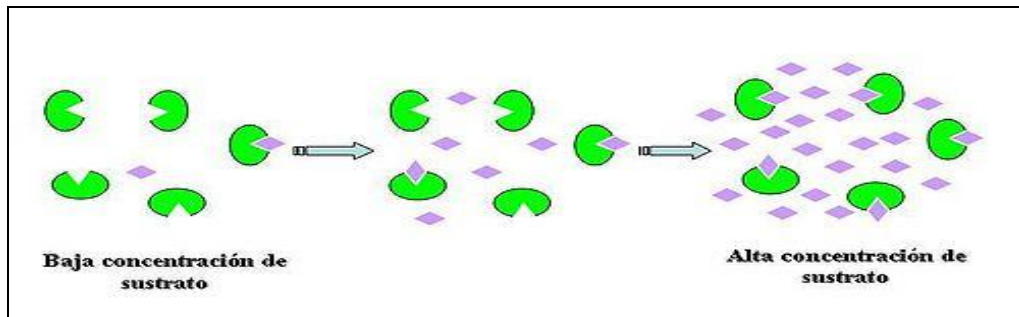
Ejemplos: descarboxilasas, liasas.

#### **5.6. Ligasas**

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

Ejemplos: sintetetasas, carboxilasas<sup>1</sup>.

## 6. PRINCIPIOS GENERALES



Graf.3. La velocidad de la reacción va aumentando a medida que aumenta la concentración del sustrato hasta que la enzima se satura.

Fuente: [www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

Uno de los objetivos más importantes en los estudios de la cinética enzimática es determinar el mecanismo químico que subyace en la reacción enzimática, por ejemplo, determinar la secuencia ordenada de sucesos que transcurren en la transformación de sustrato en producto. Las aproximaciones cinéticas discutidas anteriormente pueden proporcionar información relacionada con la velocidad de reacción de los intermediarios enzimáticos formados, pero no permitirán identificar qué intermediarios son exactamente.

<sup>1</sup>La reacción catalizada por una enzima utiliza la misma cantidad de sustrato y genera la misma cantidad de producto que una reacción no catalizada. Al igual que ocurre en otros tipos de catálisis, las enzimas no alteran en absoluto el equilibrio de la reacción entre sustrato y producto. Sin embargo, al contrario que las reacciones químicas, las enzimas se saturan. Esto significa que a mayor cantidad de sustrato, mayor número de centros catalíticos estarán ocupados, lo que incrementará la eficiencia de la reacción, hasta el momento en que todos los sitios posibles estén ocupados<sup>1</sup>.

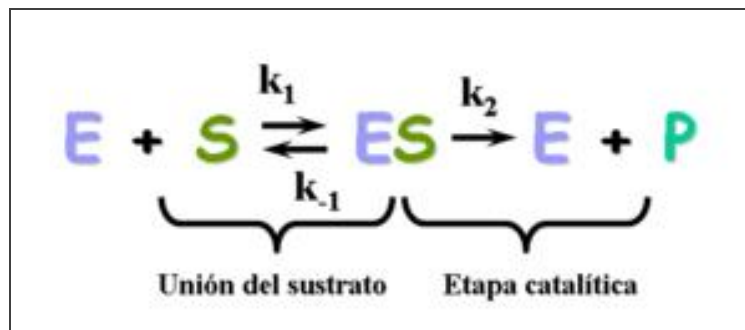
<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

<sup>1</sup>En ese momento se habrá alcanzado el punto de saturación de la enzima y, aunque se añada más sustrato, no aumentará más la eficiencia.

Las dos propiedades cinéticas más importantes de una enzima son: el tiempo que tarda en saturarse con un sustrato en particular y la máxima velocidad de reacción que pueda alcanzar. El conocimiento de estas propiedades hace posible hipotetizar acerca del comportamiento de una enzima en el ambiente celular y predecir cómo responderá frente a un cambio de esas condiciones.

### 6.1. CINÉTICA DE MICHAELIS-MENTEN

Como las reacciones catalizadas por enzimas son saturables, la velocidad de catálisis no muestra un comportamiento lineal en una gráfica al aumentar la concentración de sustrato. Si la velocidad inicial de la reacción se mide a una determinada concentración de sustrato (representado como [S]), la velocidad de la reacción aumenta linealmente con el aumento de la [S], como se puede ver en la figura. Sin embargo, cuando aumentamos la [S], la enzima se satura de sustrato y alcanza su velocidad máxima ( $V_{max}$ ), que no sobrepasará en ningún caso, independientemente de la [S]<sup>1</sup>.

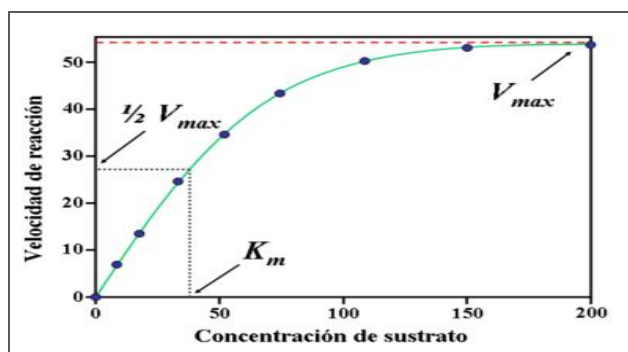


Graf.4. Mecanismo de unión de único sustrato para una reacción enzimática.  $k_1$ ,  $k_{-1}$  y  $k_2$  son las constantes cinéticas para cada una de las etapas de la reacción.

Fuente: <sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

<sup>1</sup>A bajas concentraciones de sustrato, la enzima permanece en un equilibrio constante entre la forma libre E y el complejo enzima-sustrato ES. Aumentando la [S] también aumentamos la [ES] a expensas de la [E], desplazando el equilibrio de la reacción hacia la derecha. Puesto que la velocidad de reacción depende de la [ES], la velocidad es sensible a pequeños cambios en la [S]. Sin embargo, a altas [S], la enzima se satura y solo queda la forma unida al sustrato ES. Bajo estas condiciones, la velocidad de la reacción ( $v \approx k_2[E]_{tot} = V_{max}$ ) deja de ser sensible a pequeños cambios en la [S]. En este caso, la concentración total de enzima ( $[E]_{tot}$ ) es aproximadamente igual a la concentración del complejo es<sup>1</sup>:

$$[E]_{tot} \stackrel{\text{def}}{=} [E] + [ES]$$



Graf.5. Representación gráfica de la curva de saturación de una enzima donde se puede observar como evoluciona la relación entre la concentración de sustrato y la velocidad de la reacción.

Fuente:<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

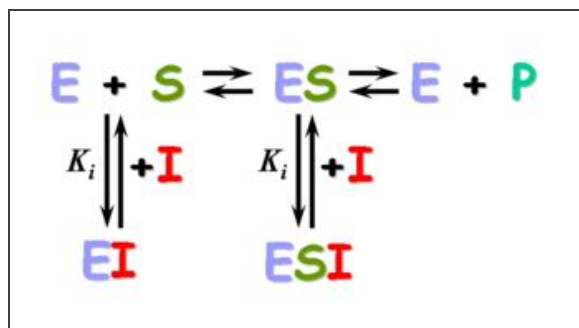
## 6.2. FACTORES FISICO-QUIMICOS QUE PUEDEN MODIFICAR UNA REACCION ENZIMATICA

- <sup>1</sup>**Temperatura:** las enzimas son sensibles a la temperatura pudiendo verse modificada su actividad por este factor. Los rangos de temperaturas óptimos pueden llegar a variar sustancialmente de unas enzimas a otras. Normalmente, a medida que aumente la temperatura, una enzima verá incrementada su actividad hasta el momento en que comience la

desnaturalización de la misma, que dará lugar a una reducción progresiva de dicha actividad.

- **pH:** el rango de pH óptimo también es muy variable entre diferentes enzimas. Si el pH del medio se aleja del óptimo de la enzima, esta verá modificada su carga eléctrica al aceptar o donar protones, lo que modificará la estructura de los aminoácidos y por tanto la actividad enzimática.
- **Concentración salina:** al igual que en los casos anteriormente mencionados, la concentración de sales del medio es crucial para una óptima actividad enzimática. Una elevada concentración o una ausencia de sales en el medio pueden impedir la actividad enzimática, ya que las enzimas precisan de una adecuada concentración de iones para mantener su carga y su estructura<sup>1</sup>.

### 6.3. INHIBICION ENZIMATICA



Graf.6. Esquema de una reacción enzimática en presencia de un inhibidor enzimático de unión reversible.

Fuente.<sup>1</sup>[www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)

<sup>1</sup>Los inhibidores enzimáticos son moléculas que reducen o anulan la actividad enzimática. Estos inhibidores pueden unirse a las enzimas de forma reversible (la desaparición del inhibidor restaura la actividad enzimática) o irreversible (el inhibidor inactiva permanentemente a la enzima).

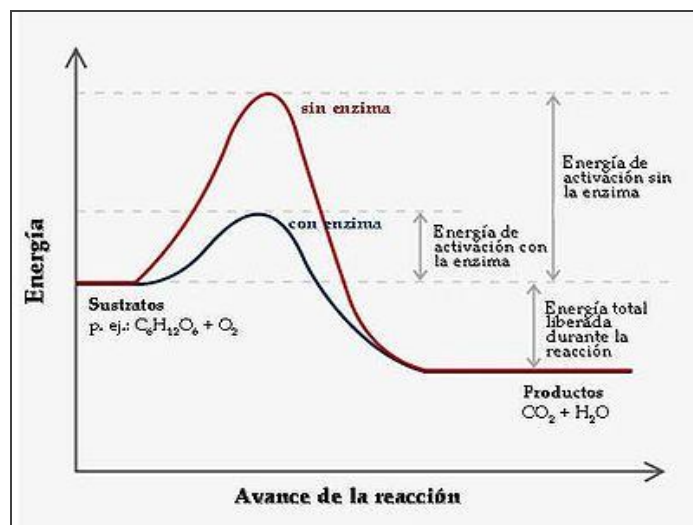
### 6.3.1. Inhibidores reversibles

Los inhibidores enzimáticos reversibles pueden ser clasificados como competitivos, no competitivos y mixtos, según el efecto que produzcan en las constantes cinéticas  $K_m$  y  $V_{max}$ . Este efecto dependerá de que el inhibidor se una a la enzima. Para clasificar correctamente un inhibidor pueden llevarse a cabo estudios de su cinética enzimática en función de la concentración de inhibidor.

### 6.3.2. Inhibidores irreversibles

Los inhibidores enzimáticos también pueden unirse e inactivar una enzima de forma irreversible, generalmente por medio de modificaciones covalentes de residuos del centro catalítico de la enzima. Estas reacciones decaen de forma exponencial y suelen ser saturables. Por debajo de los niveles de saturación, mantienen una cinética de primer orden con respecto al inhibidor<sup>1</sup>.

### 6.4. Mecanismos de catálisis



Graf.7. Variación de energía como función de una coordenada de reacción muestra la estabilización del estado de transición cuando dicha reacción es llevada a cabo por una enzima.



Los estudios de cinética enzimática no permiten obtener el tipo de catálisis utilizada por una enzima. Sin embargo, algunos datos cinéticos pueden proporcionar una serie de indicios que lleven a realizar otro tipo de estudios dirigidos a determinar dicho tipo de catálisis. Por ejemplo, en un mecanismo de ping-pong la cinética del estado pre-estacionario puede estar sugiriendo una catálisis de tipo covalente. Por otro lado, variaciones en el pH pueden producir efectos drásticos en la  $V_{\max}$  pero no en la  $K_m$ , lo que podría indicar que un residuo del centro activo precisa un estado concreto de ionización para que se pueda llevar a cabo la catálisis enzimática.

La cinética de las reacciones enzimáticas difiere de las reacciones inorgánicas simples. Cada enzima es específica de forma selectiva para la sustancia sobre la que causa la reacción, y es más eficaz a una temperatura determinada. Aunque un aumento de la temperatura puede acelerar una reacción, las enzimas son inestables cuando se calientan. La actividad catalítica de una enzima está determinada sobre todo por su secuencia de aminoácidos y por la estructura terciaria, es decir, la estructura de plegamiento tridimensional de la macromolécula.

### **6.5. COMO FUNCIONA UNA ENZIMA**

<sup>3</sup>Los estudios de laboratorio muestran, que al igual que todas las proteínas, las enzimas son muy sensibles a los cambios de temperatura y acidez. Las enzimas funcionan correctamente dentro un limitado rango de temperatura y pH. En condiciones de temperatura elevada o pH alto (por encima de las condiciones óptimas para su funcionamiento), se rompen las uniones débiles y se desarma la estructura tridimensional de la proteína (se desnaturaliza) y pierde su capacidad para actuar como enzima<sup>3</sup>.



**Graf. 8. Como Funciona una Enzima**

Fuente: <sup>3</sup>[http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/2bch/b3\\_metabolismo/t31\\_metabol/diapositivas/diapositiva12.gif](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2bch/b3_metabolismo/t31_metabol/diapositivas/diapositiva12.gif)

## CAPITULO 2

### LECHE DE VACA COMPOSICION Y PROBLEMAS

“Además de vitaminas y minerales, los principales componentes de la leche son de tres tipos. El primero es de tipo azúcar o hidrato de carbono, concretamente la lactosa. El segundo tipo lo forman los lípidos o grasas, especialmente los triglicéridos, y en menor cantidad el colesterol. El tercer tipo lo forman las proteínas o prótidos. La lactosa puede dar origen a una enfermedad que es la intolerancia a la lactosa. Las grasas no suelen dar lugar a enfermedades en los niños, y sólo se deben disminuir en los pacientes con colesterol elevado. Las proteínas pueden dar lugar a la denominada alergia a proteínas de vacuno.

La lactosa es solamente un componente entre otros muchos que hay en la leche. Es un tipo de azúcar que se encuentra en la leche materna, la leche de vaca, y en la leche de prácticamente todos los animales (cabra, oveja, etc.). Aunque popularmente se usan como sinónimos, la lactosa sólo es el cuatro o cinco por ciento de la leche. Como la intolerancia a la lactosa es relativamente frecuente, da pie a confusiones con la alergia a la leche, que es una enfermedad distinta.

<sup>4</sup>Existen básicamente dos tipos de problemas que puede dar la leche al consumirla. El primero es la intolerancia a la lactosa (azúcar), y el segundo es la alergia a las proteínas de vacuno. La alergia se divide a su vez en otros dos tipos: la alergia a proteínas propiamente dichas o alergia mediada por IgE, y la intolerancia a proteínas o alergia no mediada por IgE<sup>4</sup>.

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche

**Tabla No. 4. Problemas que puede obtener al consumir la leche**

1- Intolerancia a lactosa	
2- Alergia a las proteínas	2a- Alergia mediada por IgE frente a proteínas 2b- Alergia no mediada por IgE o intolerancia a proteínas”

Fuente: <http://www.alergiainfantillafe.org/aproteinasvacuno1.htm#nociones1>

## **7. FERMENTACION DE LA LACTOSA**

- Son muchos los microorganismos que metabolizan la lactosa como sustrato y la utilizan dando lugar a compuestos de menor masa molecular.
- Las fermentaciones que producen ácido láctico son las más importantes para la industria láctea, pero hay otras fermentaciones que tiene también importancia considerable.
- La acidificación espontánea es el fenómeno más frecuentemente observado en la leche conservada a temperatura ambiente. La leche acidificada tiene un olor y sabor distintos a los del ácido láctico puro debido a que se forman, además, otros compuestos, algunos de los cuales adquieren una gran importancia en el aroma de ciertos productos lácteos como mantequilla y yogures
- La fermentación propiónica se lleva a cabo por acción de las bacterias del género *Propionibacterium*, que fermentan el ácido láctico a ácido propiónico, ácido acético, CO<sub>2</sub> y agua. Esta fermentación es típica de algunos tipos de quesos, siendo el proceso responsable de la aparición de los característicos ojos.
- La fermentación butírica se produce a partir de la lactosa o del ácido láctico con formación de ácido butírico y gas. Es característica de las

bacterias del género Clostridium y se caracteriza por la aparición de olores pútridos y desagradables.

- Por otra parte la lactosa no tiene efectos cancerígenos, no forma placa dentaria y en el caso de los diabéticos, los niveles de glucemia son la mitad de los alcanzados con el consumo de glucosa. Por ello el uso de lactosa está permitido en el caso de los diabéticos, en torno a 35-50 gr/día.

## **8. COMPONENTES: ENZIMAS**

<sup>4</sup>En la leche de vaca se han detectado más o menos 60 enzimas diferentes y su origen es muy difícil de determinar pero es muy importante conocer las razones del estudio para conocer:

- La sensibilidad al calor de algunas de ellas se utiliza para controlar tratamientos térmicos.
- Su origen sirve como índice de contaminación microbiana.
- Su actividad bactericida puede inhibir el crecimiento microbiano.
- Su función biológica

## **9. QUIMICA DE LA LECHE**

### **9.1. AGUA**

La leche es aproximadamente 90% agua. La cantidad de agua en la leche se determina principalmente de acuerdo a cuanta lactosa se encuentra presente. El agua que va en la leche es transportada a la glándula mamaria por la corriente circulatoria, proviniendo principalmente de la dieta y en un grado mucho menor de la combustión de energía del cuerpo. La producción de leche es afectada rápidamente por una disminución de agua y cae el mismo día que el suministro de agua es limitado o no disponible<sup>4</sup>.

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche

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.

Debido a su alto contenido de agua y la necesidad de mantener constante la dilución de los sólidos, la producción de leche cae rápidamente si el agua bebida es insuficiente.

## 9.2. CARBOHIDRATOS

- El principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa, la concentración en la que excede a los otros "menores" carbohidratos se presenta en la

Tabla No. 5. Principales Carbohidratos de la Leche

Hidrato de carbono	mg/100 ml
Lactosa	5000
Glucosa	14
Galactosa	12
Myoinositol	4-5
N-acetylglucosamine	11
Acido N-acetylneuraminic	4-5 <sup>4</sup>
Oligosacáridos de la lactosa	0-10

Fuente: [cmontes@mail.cinvestav.co](mailto:cmontes@mail.cinvestav.co)

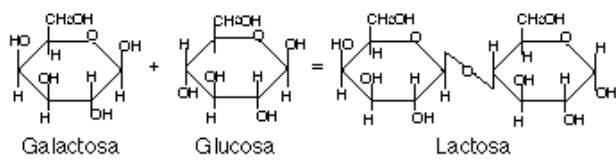
---

<sup>4</sup> Puede elevarse diez veces este nivel en el calostro

<sup>4</sup> La lactosa es un disacárido constituido por una molécula de galactosa y una molécula de glucosa. Por lo tanto, posee dos veces el valor calórico (contenido de energía) por molécula comparado con la glucosa. Esto significa que por unidad de presión osmótica, la lactosa puede poseer el doble de energía para el ternero al compararse con la glucosa<sup>4</sup>.

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche

<sup>1</sup>A pesar de que es un "azúcar", la lactosa no se percibe por el sabor dulce. En el procesamiento de los productos lácteos, es la base para la fermentación de productos tales como el yogurt. Otros carbohidratos se encuentran en una cantidad muy pequeña comparados con la lactosa. La glucosa y galactosa se encuentran presentes debido a que son los precursores de la lactosa y algunas veces los excesos se vierten a la leche<sup>1</sup>.

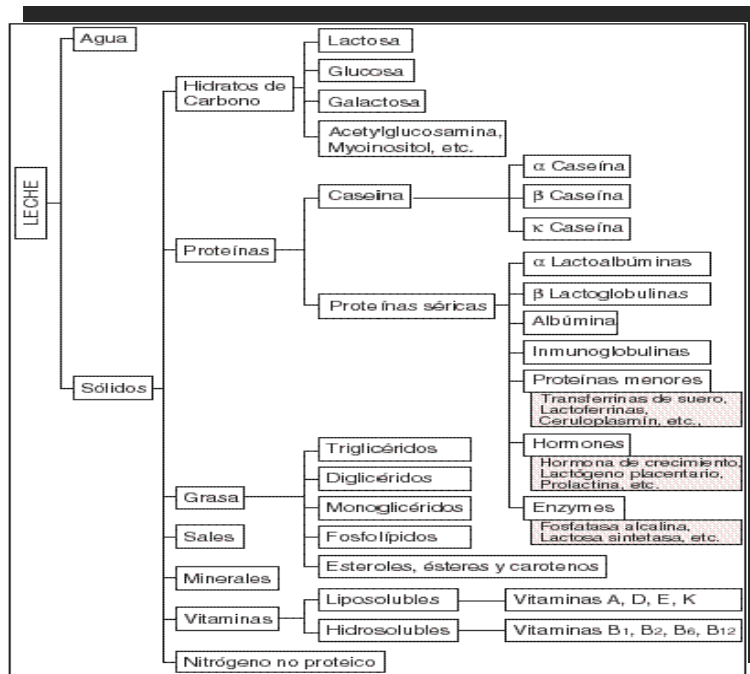


**Graf. 9. Constitución de la lactosa, es un disacárido constituido por glucosa y galactosa**

Fuente:<sup>1</sup> [www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co).

<sup>4</sup>La lactosa constituye el 52% del total de sólidos en la leche y un 70% de los sólidos en el suero. La lactosa no se encuentra generalmente en productos naturales que no sean lácteos y en los animales se produce solamente en la glándula mamaria. Su principal función en la naturaleza es la de proveer de energía al ternero lactante. La concentración de lactosa es cerca de 5% (4.8%-5.3%) en la leche entera. Cuando la lactosa se produce en las células secretorias, el agua es arrastrada dentro del alvéolo del tejido mamario para mantener una presión osmótica constante de los materiales en solución. Existe una estrecha correlación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche; cuanto mayor es el contenido de grasa, mayor es el de proteína<sup>4</sup>.

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche



**Graf.10. Componentes de la leche**  
**Fuente: CHARLES Alais, Ciencia de la leche pág. 425.**

### 9.3. **PROTEINAS**

El nitrógeno se encuentra en la leche de dos maneras, como proteína y como nitrógeno no proteico. Las proteínas constituyen entre 3.0 y 4.0% del peso total de la leche, o 30-40 gramos por litro. El porcentaje varía con la raza de la vaca y en proporción con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la de proteína; cuanto mayor cantidad de grasa existe, habrá mayor cantidad de proteína. Cada una de las proteínas posee diferentes variaciones, cuya distribución es característica de la raza de la vaca. El comportamiento de las diferentes proteínas de la leche cuando son calentadas, sometidas a diferente pH y concentraciones de sal, provee las características de los quesos, productos de leche fermentada y diferentes formas de leche (condensada, en polvo, etc.).



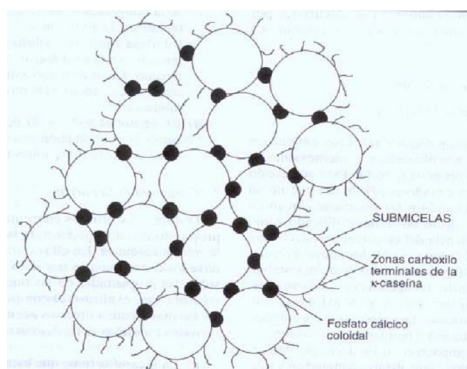
### 9.3.1 CASEINA

La caseína constituye el 80% de la proteína de la leche. La caseína se libera de las células secretorias dentro de la leche como "micelas" que son complejos o grupos de varias moléculas de caseína unidas entre sí por fosfato de calcio u otras sales.

Existen tres tipos importantes de caseína (llamadas  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\kappa$ -caseína). La proporción más larga (77%) es  $\alpha$ -caseína;  $\alpha$ - y  $\beta$ -caseína son ricas en fósforo y  $\kappa$ -caseína posee una molécula de hidrato de carbono adosada. La caseína no se encuentra afectada por el calentamiento y permanece bastante estable a lo largo de la pasteurización; aún así, cambios en la acidez de la leche rompen la estructura de las micelas y hacen que la caseína se precipite y forme un coágulo.

<sup>4</sup>En el ternero recién nacido, los ácidos de estómago y la enzima renín (chymosin) precipitan la caseína permitiendo una digestión eficiente de la proteína por medio de enzimas proteolíticas. Las caseínas son ricas en aminoácidos esenciales (aquellos aminoácidos que el cuerpo no puede sintetizar) y contribuyen los mismos a la formación de proteína del recién nacido en crecimiento. El hecho de que las micelas de caseína se unan al calcio y otros minerales ayuda a que el ternero recién nacido obtenga suficiente calcio y fósforo para el crecimiento de sus huesos. La caseína se encuentra suspendida en micelas. Las proteínas séricas están en solución. La lactosa, o el azúcar de la leche, controla el volumen de leche al extraer agua para equilibrar la presión osmótica<sup>4</sup>.

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche



Graf. 11. Estructura de la micela de la caseína

Fuente: [www.interenzimas.com.co](http://www.interenzimas.com.co)

### 9.3.2. PROTEINAS SERICAS

<sup>4</sup>Las proteínas séricas se encuentran en solución en la fracción acuosa de la leche, a diferencia de la caseína que se encuentra suspendida en micelas. La Tabla 6 muestra las proteínas séricas y su función en la leche. Las proteínas séricas incluyen aquellas específicas para la leche y aquellas que se encuentran también en el suero. Las proteínas séricas generalmente se encuentran más afectadas por el calor y menos afectadas por los cambios de acidez que las caseínas. A medida que la leche se calienta, las proteínas séricas tienden a adherirse a las micelas de caseína<sup>4</sup>.

Tabla No. 6 Proteínas séricas que se encuentra en la leche

Proteína	Función	Concentración mg/litro
$\alpha$ -lactoalbúmina	Síntesis de lactosa	700
$\beta$ -lactoglobulina		3000
Albúmina		300
Inmunoglobulina	Protección inmune	600

<b>Lactoferrina</b>	Transportar hierro	18
<b>Ceruloplasmína</b>	Transportar cobre	trazas
<b>Prolactina</b>	Hormona	varía de acuerdo a la concentración sanguínea
<b>Lactógeno placentario</b>	Hormona	varía de acuerdo a la concentración sanguínea
<b>Enzimas</b>	Variable <sup>5</sup>	

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche pág. 420.

La  $\alpha$ -lactoalbúmina se encuentra en todas las especies y provee, además, de aminoácidos esenciales. En la glándula mamaria, la  $\alpha$ -lactoalbúmina es un precursor importante de la enzima lactosintetasa que sintetiza la lactosa. Por lo tanto,  $\alpha$ -lactoalbúmina es un factor importante al determinar el grado de producción de lactosa, que a su vez determina el volumen de leche producida.

---

<sup>5</sup> Por lo menos 60 tipos diferentes de enzimas se encuentran en la leche

<sup>4</sup>La  $\beta$ -lactoglobulina se encuentra en la leche de las especies unguladas (bovinos, porcinos y ciervos) y parece ser la principal fuente de aminoácidos para el recién nacido. La albúmina y las inmunoglobulinas en la leche reflejan concentraciones de las mismas sustancias en la sangre; en la leche no se encuentran inmunoglobulinas específicas<sup>4</sup>.

Las enzimas presentes en la leche desempeñan un gran número de funciones. Con el tiempo las lipasas y proteasas pueden atacar la grasa y proteínas de la leche en sí y ser responsables por la pérdida de sabor y el cambio de las características a medida que estas sustancias se degradan. Una de las funciones de la pasteurización es la de inactivar estas enzimas. La actividad constante de una enzima, la fosfatasa alcalina, se utiliza para indicar una pasteurización inadecuada.

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche

#### **9.4. NITROGENO NO PROTEICO**

El nitrógeno no-proteico es responsable por solo el 6% del nitrógeno de la leche. Comprende aminoácidos, urea y otras sustancias nitrogenadas no-proteicas, sustancias que típicamente se encuentran en la sangre.

#### **9.5. GRASA**

<sup>4</sup>Los lípidos forman entre el 3,5 a 5,25 % de la leche, variando entre razas de bovinos y de acuerdo a la nutrición. La grasa se encuentra presente en la leche como pequeños glóbulos en suspensión en el agua; el tamaño de los glóbulos es también una característica de la raza (típicamente es tres milímetros o 1000 por mililitro). A medida que la lactancia progresa, el tamaño de los glóbulos de grasa tiende a decrecer. Cada glóbulo se encuentra rodeado por una capa de fosfolípidos, que tienden a impedir se unan entre sí repeliendo a los otros glóbulos y atrayendo agua. Siempre que esta estructura se mantenga intacta, la grasa de la leche permanece como una emulsión.

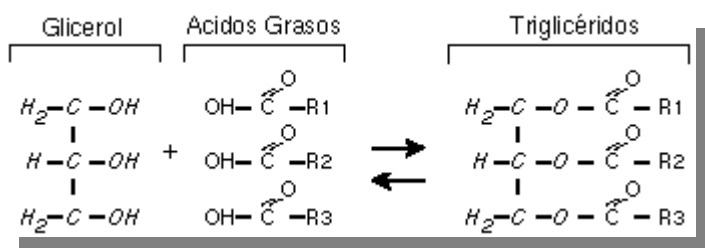
La mayor parte de la grasa de la leche se encuentra en forma de triglicéridos, formados por la unión de glicerol y ácidos grasos (Grafica 12). Las proporciones de ácidos grasos de diferente longitud determinan el punto de fusión de la grasa y pueden variar con la alimentación que la vaca está recibiendo.

La grasa de la leche contiene predominantemente ácidos grasos de cadena corta (cadenas de menos de ocho átomos de carbono) unidos por un ácido acético derivado de la fermentación del rumen. Este es un rasgo único de la grasa de la leche comparado con otras clases de grasas animales y vegetales<sup>4</sup>.

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche

La leche contiene una cantidad menor de ácidos grasos de cadena media (10-14 carbonos). Estos incluyen algunos como butírico y caprílico, que son los responsables el sabor de la leche. Los triglicéridos con cadenas de ácidos grasos de menos de 14 carbonos son líquidos a temperatura ambiente.

<sup>4</sup>Los ácidos grasos de cadena larga de la leche son principalmente insaturados (deficientes de hidrógeno), siendo el oleico el predominante (cadena de 18 carbonos), y los poli saturados el linoleico y linolénico. Los dos últimos ácidos grasos son componentes importantes de la leche ya que el cuerpo no puede sintetizarlos y deben de provenir de la dieta. Las grasas mono insaturadas son deficientes en un solo átomo de hidrógeno, causando la doble unión de dos átomos de carbono en la cadena del ácido graso; los ácidos grasos poli saturados son deficientes en más de un átomo de carbono y por lo tanto poseen más de una doble ligadura. Los ácidos grasos insaturados son líquidos a temperatura ambiente. Un porcentaje muy pequeño (menos del 2%) de la grasa se encuentra en la forma de ácido graso saturado, como el ácido palmítico (cadena de 16 carbonos). La grasa se encuentra presente en la leche como pequeños glóbulos en suspensión en el agua<sup>4</sup>.



**Graf. 12.** Estructura de los triglicéridos -R1, R2, R3 representan las cadenas de ácidos grasos que le otorgan al triglicérido sus características individuales.

Fuente:<sup>4</sup> CHARLES Alais, Ciencia de la leche pág. 345.

Los fosfolípidos son triglicéridos en los que uno de los grupos de ácidos grasos ha sido reemplazado por un fosfato y un grupo orgánico. Uno de los fosfolípidos de la leche más importantes es la lecitina.

La grasa es una fuente de energía importante para el ternero lactante. En mamíferos Proteínas séricas y sus funciones con una alta demanda de energía como los mamíferos marinos, el contenido de grasa debe de ser mucho mayor que el de la leche de vaca, en algunos casos es hasta el 50% de la leche. La fracción grasa de la leche sirve como transportador de las vitaminas liposolubles, colesterol y otras sustancias liposolubles como los carotenoides (provitamina A) que le otorgan a la grasa de la leche su color cremoso amarillento.

## **9.6. VITAMINAS**

<sup>4</sup>Las vitaminas liposolubles A, D, E, y K, son transportadas en la leche. Las vitaminas A y D son las más importantes para el ternero recién nacido. En el caso de la vitamina A, la vitamina en sí misma, como su precursores los carotenos, se encuentran presentes en la leche. Los animales no pueden sintetizar esta vitamina y son dependientes del consumo en la dieta. La vitamina D<sub>2</sub> llega a la leche de las plantas que la vaca consume mientras que la vitamina D<sub>3</sub> es producida en la piel bajo la irradiación solar. La vitamina D es importante para el ternero para movilizar el calcio y el fósforo necesario para el crecimiento de los huesos.

Las vitaminas solubles en agua se encuentran presentes en la fracción sérica de la leche. La mayoría de las vitaminas del complejo B se encuentran presentes, especialmente la riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>). Estas vitaminas se producen en el rumen y luego son transferidas de la sangre a la leche. La leche es una fuente importante de vitamina C, que el ternero lactante no puede obtener de otras fuentes. La vitamina C se degrada rápidamente en la leche almacenada para consumo humano<sup>4</sup>.

*Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche*

## 9.7 MINERALES

Si el agua de la leche es removida del suero y el residuo incinerado a cenizas, los principales elementos que podremos encontrar son cloro, potasio, calcio, fosfatos, sulfato de sodio y magnesio. Por lo tanto la leche es una fuente importante de estos minerales para el ternero; el ternero posee altas demandas nutricionales, especialmente de calcio y fósforo, ya que su esqueleto crece muy rápidamente. Además, muchos otros elementos se encuentran presentes.

## 9.8 ENZIMAS DIGESTIVAS

<sup>5</sup>Las enzimas adoptan una estructura tridimensional que permite reconocer a los materiales específicos sobre los que pueden actuar -substratos-. Cada una de las transformaciones, que experimentan los alimentos en nuestro sistema digestivo, está asociada a un tipo específico de enzima. Estas enzimas son las llamadas enzimas digestivas. Cada enzima actúa sobre un sólo tipo de alimento, como una llave encaja en una cerradura. Además, cada tipo de enzima trabaja en unas condiciones muy concretas de acidez, como se puede ver en el cuadro de abajo. Si no se dan estas condiciones, la enzima no puede actuar, las reacciones químicas de los procesos digestivos no se producen adecuadamente y los alimentos quedan parcialmente digeridos<sup>5</sup>.

**Tabla No. 7. Las enzimas y la digestión**

<b>Enzima</b>	<b>Actúa sobre</b>	<b>Proporciona</b>	<b>Se produce en</b>	<b>Condiciones para que actúe</b>
<b>Ptialina</b>	Los almidones.	Mono y disacáridos.	La boca (glándulas salivares).	Medio moderadamente alcalino.
<b>Amilasa</b>	Los almidones y los azúcares.	Glucosa.	El estómago y páncreas.	Medio moderadamente ácido.
<b>Pepsina</b>	Las proteínas.	Péptidos y aminoácidos.	El estómago.	Medio muy ácido.

<b>Lipasa</b>	Las grasas.	Ácidos grasos y glicerina.	Páncreas e intestino.	Medio alcalino y previa acción de las sales biliares.
<b>Lactasa</b>	La lactosa de la leche.	Glucosa y galactosa.	Intestino (su producción disminuye con el crecimiento).	Medio ácido.

Fuente: <sup>5</sup> [www.mundohelado.com](http://www.mundohelado.com)

El proceso normal de digestión de los alimentos, mediante la acción de las enzimas, da como el resultado de nutrientes elementales (aminoácidos, glucosa, ácidos grasos, etc.) que asimilamos en el intestino y son aprovechados por el organismo. Sin embargo, cuando las enzimas no pueden actuar o su cantidad es insuficiente, se producen procesos de fermentación y putrefacción en los alimentos a medio digerir. En este caso, son los fermentos orgánicos y las bacterias intestinales las encargadas de descomponer los alimentos. La diferencia es que en lugar de obtener exclusivamente nutrientes elementales, como en el caso de la digestión propiciada por las enzimas, se producen además una gran variedad de productos tóxicos (indól, escatol, fenol, etc.). Estas sustancias también pasan a la sangre, sobrecargando los sistemas de eliminación de tóxicos del organismo.

### **9.8.1. ENZIMAS INTRACELULARES**

Otras enzimas actúan en el interior de las células, transformando los nutrientes que les llegan a través de la sangre en otras sustancias, como el ácido oxalacético o el pirúvico, que forman parte del metabolismo celular. Las enzimas **intracelulares** también son los responsables de los procesos de degradación celular. En estos procesos se obtienen nutrientes elementales a partir de los materiales estructurales propios de las células cuando el aporte mediante la dieta se interrumpe (por ejemplo, durante el ayuno), o cuando la célula no puede utilizar los nutrientes de la sangre (por ejemplo, en la diabetes).



## 9.9. FUNCIONES CLASES O TIPOS DE ENZIMAS

Las enzimas ayudan a que muchas funciones de nuestro organismo se hagan más rápidas y de un modo más eficaz. Hay más de tres mil clases de enzimas. Algunas de las funciones más destacables de las enzimas son:

- <sup>4</sup>Favorecen la digestión y absorción de los nutrientes: a partir de los alimentos que ingerimos. Las enzimas descomponen las proteínas, hidratos de carbono y grasas en sustancias perfectamente asimilables: son las enzimas digestivas. La terminación -ASA indica sobre que tipo de alimento actúa: Las Proteasas son enzimas que digieren proteínas; las Amilasas ayudan a digerir los hidratos de carbono; las Lipasas favorecen la digestión de las grasas; la Sacarosa actúa sobre el azúcar, etc. El ácido clorhídrico del estómago digiere los alimentos más duros como carnes o vegetales muy fibrosos, el calcio, hierro, etc. Su falta produce entre otras enfermedades, la anemia perniciosa. Las enzimas digestivas son muy útiles en casos de hinchazón abdominal, gases y digestiones, en general, muy pesadas.
- Efecto antiinflamatorio: las enzimas proteolíticas, como la Bromelina de la Piña, inhiben algunos procesos inflamatorios y favorecen a la vez la recuperación de golpes, reabsorción de hematomas o moratones y heridas. Puede ser útil en casos de artritis.
- Reducen el daño ocasionado por toxinas: las enzimas favorecen la eficacia de nuestro metabolismo ayudando a eliminar las toxinas y metales pesados. Tendrían un efecto desintoxicante o depurativo sobre nuestro organismo<sup>4</sup>.

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche

- <sup>4</sup>Armonizan el sistema inmunitario o inmunológico: las enzimas ayudan a los glóbulos blancos a luchar contra virus y bacterias pero además al favorecer una correcta digestión o degradación de los alimentos también ayuda a que se produzcan menos alergias alimentarias.
- Otras funciones o propiedades de las enzimas son: eliminar el dióxido de carbono de los pulmones, mejorar nuestra capacidad mental, regular nuestro peso corporal, favorecer la fertilidad, etc<sup>4</sup>.

### **9.9.1. CAUSAS DE SU DEFICIENCIA**

La falta o destrucción de enzimas puede deberse a la existencia de ciertas enfermedades, al propio proceso del envejecimiento o a afecciones digestivas que afectan principalmente al estómago y al intestino.

### **9.9.2. CARENCIA DE ENZIMAS DIGESTIVAS**

<sup>4</sup>Existen tres tipos de enzimas digestivas, las proteolíticas, necesarias para digerir las proteínas; las lipasas, para digerir las grasas; y las amilasas, necesarias para digerir los hidratos de carbono. La mayor parte se forman en el interior de células presentes en la boca, el estómago, el páncreas y el intestino delgado, es decir, a lo largo del tubo digestivo y en glándulas anejas.

El déficit de estas enzimas afecta a la absorción y aprovechamiento de los nutrientes ya que las proteínas, hidratos de carbono y grasas, sin la presencia de enzimas, no pueden fraccionarse y dar lugar a sustancias más sencillas que puedan pasar al torrente sanguíneo para poder ser utilizadas por nuestras células. Además esto puede dar lugar a procesos de fermentación y putrefacción de los alimentos que han quedado parcialmente digeridos, lo que causa la aparición de distintos síntomas como dispepsia (digestiones difíciles), flatulencia

Fuente: <sup>4</sup>CHARLES Alais, Ciencia de la leche

O aerofagia (exceso de gases), problemas de la piel, astenia o fatiga, dolores musculares o articulares y reacciones alérgicas, entre otros.

Un ejemplo de deficiencia de enzimas digestivas es la falta de lactasa en el intestino. Esta enzima es la encargada de degradar la lactosa (azúcar de la leche), y su carencia provoca una intolerancia a la lactosa que cursa con flatulencia, diarrea y dolor e hinchazón abdominal. En este caso conviene eliminar o disminuir la cantidad de leche y otros alimentos que contienen lactosa de la dieta. Los yogures y los quesos curados y semicurados apenas contienen lactosa, por lo que se toleran bastante bien y resultan alimentos interesantes para cubrir las necesidades diarias de calcio, mineral imprescindible para el mantenimiento de la estructura ósea<sup>4</sup>.

#### **9.9.2.1. SINTOMAS DE POSIBLE DEFICIENCIA DE ENZIMAS**

Los síntomas más habituales o típicos de una falta o déficit de enzimas son malas digestiones, gases, eructos, hinchazón abdominal, acidez o ardor de estómago, alergias e intolerancias alimentarias, etc.

#### **9.9.2.2. CAUSAS DE UN DEFICIT DE ENZIMAS**

El déficit de enzimas puede ser más habitual en personas que sufren de enfermedades crónicas y que toman muchos medicamentos. Los problemas digestivos crónicos como gastritis, colon irritable, hernia de hiato o la enfermedad de Crohn también pueden ser otra causa que provoque un déficit de enzimas. Por último decir que una dieta desequilibrada también favorecerá un déficit de enzimas.

### **9.10. FUENTES NATURALES DE ENZIMAS**

Los alimentos crudos son una fuente importantísima de enzimas así que este otro motivo para que no falte nunca en nuestra mesa una buena ensalada y fruta.

Por supuesto según la estación del año y según sea nuestra constitución física tomaremos una mayor o menor cantidad de alimentos crudos.

Los germinados o brotes junto a las algas marinas son también fuentes importantísimas de enzimas. Dentro de las frutas destacan la papaya y la piña. Tengamos también en cuenta como buena fuente de enzimas los alimentos fermentados como el Miso, kéfir, Yogur, chucrut, pickles, etc.

## CAPITULO 3

### ENZIMAS LACTASA Y RENINA

#### 9.11. ENZIMAS LACTASA

La lactosa no sólo es una fuente de energía sino que posee un valor nutritivo especial para los niños. Tradicionalmente, se ha considerado que la lactosa favorece la retención de Ca, por lo que estimula la osificación y previene la osteoporosis. Actúa interaccionando con las vellosidades intestinales, sobre todo a nivel del fleo, incrementando su permeabilidad al calcio. Sin embargo, en los adultos el interés nutritivo de la lactosa tiene aún reservas a causa de los problemas de intolerancia. El origen de esta intolerancia se encuentra en el déficit de galactosidasa. Los coliformes la fermentan produciendo gas, que conlleva una flatulencia, inflamación, calambres en las extremidades y posterior diarrea y deshidratación en los casos de intolerancia aguda.

##### 9.11.1. ORIGEN, ACCION, APLICACIÓN DE LA LACTASA.

**<sup>6</sup>Origen:** Levaduras (*Saccharomyces lactis*, *S. fragilis*, *Torula cremoris*) y Fúngico (*Aspergillus niger*, *Streptomyces coelicor*, más termo resistente).

**Acción:** Cataliza la hidrólisis de la lactosa en glucosa y galactosa, desde los extremos de los restos de galactosa; siendo los dos monosacáridos resultantes más dulces y más fácilmente asimilables. *pH óptimo:* 4-7.

**Aplicaciones:** Como la lactosa es de menor solubilidad que los otros azúcares, tiene tendencia a cristalizar en concentrados de leche y de suero lácteo. Esta cristalización va acompañada de una desestabilización del complejo de

<sup>6</sup>Autor: T.L. Héctor Martegani

Caseinato de calcio, lo que conduce fácilmente en el almacenamiento frío de leches condensadas, helados de leche y de crema y concentrados de suero lácteo a floculaciones, con formación de sedimentos granulosos o arenosos. Esto se puede evitar -obteniendo productos suaves al paladar- si se hidroliza por lo menos el 20% y hasta el 50% de la lactosa presente mediante la adición de lactasa. En condensados lácteos que se elaboran con adición de sacarosa conviene agregar ésta sólo después de su tratamiento con lactasa, pues la presencia de sacarosa retarda considerablemente la velocidad de hidrólisis por la lactasa.

Otra aplicación tecnológica de la lactasa es en la elaboración de leches deslactosadas, destinadas a la alimentación infantil y de adultos que presentan una intolerancia a la lactosa por déficit de su lactasa intestinal<sup>6</sup>.

## **9.12. ENZIMA RENINA**

<sup>6</sup>La necesidad de analizar los cuajos y coagulantes ha crecido desde los años 70, principalmente debido al amplio rango de productos y mezclas existentes en el mercado, que si bien todas las enzimas utilizadas en la elaboración de quesos son del grupo de las proteasas aspárticas, presentan pequeñas pero importantes diferencias. En efecto, la gran similitud de las enzimas coagulantes de la leche, hace que sea dificultoso su análisis. La primera diferencia entre los cuajos y coagulantes es que poseen diferentes valores, siendo este aspecto de relevante importancia económica. Los métodos de análisis hacen más fácil al productor y usuario realizar comparaciones de los diferentes productos a través de la fuerza, composición enzimática, identidad y pureza.

Muchos métodos han sido desarrollados y utilizados para determinar la fuerza, y algunos de ellos influenciados por Soxhlet o Berridge (Andrén, 1998). Las unidades Soxhlet están definidas como el volumen de leche que es capaz de

Coagular un volumen de enzima en 40 minutos a 35°C. La fuerza esta expresada en forma de relación, por ej. 1:15000, que significa que 1 ml de enzima es capaz de coagular 15000 ml de leche. Esta unidad es fácil de entender para el usuario, pero esta depende mucho del pH y calidad de la leche, así como también carece de estándares de referencia. La fuerza expresada en unidades Soxhlet debería utilizarse solo como una guía de aproximación.

Seguidamente, la unidad Berridge, o unidades renina (RU) ha sido homologada por "The British Standards Institution (1963)", siendo dicho estándar no extensamente utilizado y el mismo se define como: Una unidad RU es definida como la actividad en la cual 10 ml de leche estandarizada es coagulada en 100 segundos a 30°C. El inconveniente de este método es su representatividad, dado que el pH de 6.3 del sustrato Berridge es mucho mas bajo que los encontrados en la elaboración de los quesos normalmente, y el contenido de calcio de la leche es anormalmente mas alto, dando mucho mas fuerza a la micela de la observada en el comportamiento durante la elaboración. Cada enzima coagulante tiene una dependencia al pH diferente, siendo esta característica una de las de mayor influencia sobre el análisis.

La IDF (International Dairy Federation), conjuntamente con ISO (International Organisation for Standardisation) y un grupo de expertos de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists), han desarrollado un método internacional (standard 157 A, 1997a) para medir la actividad coagulante de la leche por cuajo de origen bovino, pero la misma se puede aplicar a la quimosina producida por fermentación (FPC). El principio se basa en la medición y estandarización de la muestra a pH 6.5, relativo al estándar internacional de la muestra. Este método es muy robusto, porque los estándares reaccionan de la misma forma con cualquier variación en las condiciones de análisis<sup>6</sup>.

**Autor:**

**T.L. <sup>6</sup>Héctor Martegani**

Un método similar ha sido desarrollado por la IDF, el standard 176 (1996), para el caso de coagulantes microbianos, acorde con los mismos principios.

<sup>7</sup>La fuerza medida por los métodos de la IDF son expresados en IMCU (International Milk-Clotting Units).

La gran variedad de métodos utilizados para medir la fuerza, han hecho dificultoso comparar los diferentes coagulantes, ya que cada enzima tiene su propio factor de conversión, y más aún, la calidad, pureza y propiedades de los coagulantes comerciales varían, respondiendo diferente al pH de la leche.

En Francia, la fuerza de los cuajos ha sido medida tradicionalmente por RU, y expresada en miligramos de enzima activa. En la tabla 8, provee una guía de conversión entre las diferentes unidades para quimosina y pepsina.

**Tabla 8. Conversión aproximada entre diferentes unidades de actividad y miligramos para las principales enzimas presentes en cuajos de ternero y bovino adulto.**

	<b>IMCU</b>	<b>Unid. Soxhlet</b>	<b>RU</b>	<b>CHU</b>
1 mg Quimosina A	291	1:24444	168	99
1 mg Quimosina B	223	1:18732	130	76
1 mg Pepsina	81	1:5508	59	22,5
1 IMCU Quimosina A		1:84	0,58	0,34
1 IMCU Quimosina B		1:84	0,58	0,34
1 IMCU Pepsina		1:68	0,73	0,28

Fuente: [www.capraispna.com](http://www.capraispna.com)

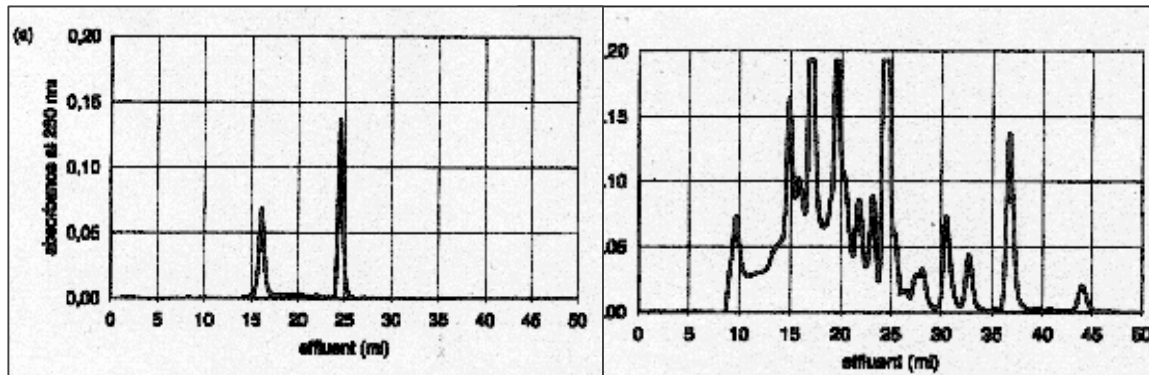
Abreviaciones:

IMCU. International milk-clotting units; RU, rennin unit; CHU, chymosin unit.

Pureza es un importante aspecto de los cuajos y coagulantes, pero los términos



pureza química y pureza enzimática deben ser diferenciados. Es más importante que los productos no contengan actividades secundarias (pureza enzimática), que puedan causar reacciones impredecibles durante la elaboración del queso o el uso posterior del suero. El producto de alta pureza, solamente contiene sustancias identificadas (pureza química), pero ello no asegura que contenga solamente las sustancias tecnológicamente importantes, y que los productos contengan sustancias con actividades secundarias no deseadas. Los cuajos y coagulantes pueden ser mas o menos puros y contener impurezas originarias de fuente o del proceso de producción<sup>7</sup>.



Graf. 13. Perfil de pureza (fingerprint) para: (a) FPC (*Aspergillus niger*), se observan dos picos bien definidos, el 1° a 16 ml es Quimosina (MW 35000 Da) y el 2° pico a 24,5 ml correspondiente el conservante, Benzoato de sodio (MW 144 Da). Y (b) Cuajo de ternero bovino, donde se observan múltiples puntos correspondientes a trazas de impurezas, no siendo estos componentes enzimáticos específicos. El análisis ha sido realizado por FPLC, 12 HR10/30.

<sup>7</sup>Fuente: Grether Torres Santos - [grether@agronomia.unica.cu](mailto:grether@agronomia.unica.cu)

<sup>6</sup>Un gran número de actividades secundarias, responsables de sabores amargos, sabores no deseados e influencia en la textura han sido encontrado en los coagulantes, y siendo estos efectos indirectos mucho mas importantes en el uso ulterior del suero como ingrediente alimenticio. Las enzimas degradadoras del almidón (amilasas) residuales, originarias de los coagulantes, son el mayor problema en la utilización del suero para elaborar salsas, donde los almidones son utilizados como estabilizantes. Este defecto, puede causar la liquificación de

la salsa durante el almacenamiento por degradación del almidón<sup>6</sup>.

Autor:  
T.L. Héctor Martegani  
Maestro Quesero  
Gerente Técnico de AUTEL  
Docente de la Cátedra de Lechería de la Escuela de Lechería de Colonia Suiza.  
[autel@adinet.com.uy](mailto:autel@adinet.com.uy)

## 9.13. FENOMENO DE LA COAGULACION

### 9.13.1. FASES DE LA ACCION DE LA RENINA O QUIMOSINA

<sup>6</sup>Todos los trabajos científicos recientes apoyan la vieja hipótesis de la alteración enzimática realizada por la quimosina sobre un componente de la caseína original, que actuaría como un coloide protector frente a los otros componentes.

- a. **Fase enzimática o reacción primaria.** Es el curso en el cual la quimosina ataca la caseína y la solubiliza en partes pequeñas, el coeficiente de la temperatura el aumento de la velocidad ayudan a la aceleración de la reacción.
- b. **Fase de coagulación o fase secundaria.** Ataca la mayor parte de las sustancias que proceden de la reacción primaria por ser un coeficiente de temperatura elevada, este es un proceso característico de las reacciones de desnaturalización, a temperaturas inferiores de 15°C de vuelve la reacción muy lenta (aparentemente la leche ya no se cuaja). Precisa de la presencia de calcio iónico.
- c. **Proteólisis General** o reacción terciaria.
- d. **Sinéresis del coagulo**, es decir, su expulsión del lactosuero<sup>6</sup>.

Autor: T.L. <sup>6</sup>Héctor Martegani

#### **9.14. QUIMOSINA**

<sup>6</sup>Es el componente principal de los cuajos. Se puede obtener pura y cristalizada, por precipitaciones repetidas mediante el cloruro sódico, la actividad coagulante de esta sustancia es enorme, alrededor de 10.000.000 unidades Soxhlet por gramo de proteína. Por esta razón es difícilmente utilizable.

La quimosina se segrega del abomaso (cuajar) bajo una forma inactiva, la proquimosina. Se transforma en enzima activa por un proceso auto catalítico acelerado por los iones de Hidrogeno. La quimosina es soluble en agua y en estado amorfo se disuelve bien en presencia de sales.

#### **9.15. EXTRACCION DEL CUAJO**

El cuajo se extrae industrialmente por maceración de fragmentos de cuajares secos, o congelados, en la salmuera al 10% de sal común, adiciona de antisépticos en pequeña cantidad. La extracción medida por la actividad del coagulante es rápida entre 10 – 20 horas a 20°C, el líquido puro obtenido se purifica parcialmente por filtración, el mejor método es la adición de alumbre de potasio (activa la enzima). El extracto bruto es generalmente color amarillo oscuro, se diluye en salmuera hasta un 18%. Se necesitan más o menos 1,5 a 2 cuajares para obtener un litro de extracto comercial. La hipótesis según la cual la cantidad de enzima producida por el cuajar depende de la naturaleza de la alimentación del animal joven. El extracto del cuajar contiene en actividad coagulante del 10 al 20% de pepsina<sup>6</sup>.

**Autor:**

<sup>6</sup>T.L. Héctor Martegani

## CAPITULO 4

### ENZIMAS A NIVEL INDUSTRIAL

La fermentación alcohólica y otros procesos industriales importantes dependen de la acción de enzimas, sintetizadas por las levaduras y bacterias empleadas en el proceso de producción. Algunas enzimas se utilizan con fines médicos. En ocasiones son útiles en el tratamiento de zonas de inflamación local; la tripsina se emplea para eliminar sustancias extrañas y tejido muerto de las heridas y quemaduras.

#### 9.16. REVISION HISTORICA SOBRA LAS ENZIMAS A NIVEL INDUSTRIAL

<sup>8</sup>Sin duda la fermentación alcohólica es la reacción enzimática más antigua conocida. Se creía que este fenómeno y otros similares eran reacciones espontáneas hasta que en 1857 el químico francés Louis Pasteur comprobó que la fermentación sólo ocurre en presencia de células vivas. Sin embargo, el químico alemán Eduard Buchner descubrió en 1897 que un extracto de levadura libre de células puede producir fermentación alcohólica. La antigua incógnita fue entonces resuelta; la levadura produce la enzima y ésta lleva a cabo la fermentación. Sin embargo, todos los intentos de aislar e identificar su naturaleza química fracasaron. Más tarde, en 1926, el bioquímico estadounidense James B. Sumner consiguió aislar y cristalizar la ureasa. Cuatro años después su colega John Howard Northrop aisló y cristalizó la pepsina y la tripsina. Northrop demostró también la naturaleza proteica de las enzimas.

En los últimos años, la investigación sobre la química enzimática ha permitido aclarar algunas de las funciones vitales más básicas<sup>8</sup>.

Fuente: <sup>8</sup>[www.cienciasdelaleche.com.co](http://www.cienciasdelaleche.com.co)

<sup>8</sup>La ribonucleasa, una enzima descubierta en 1938 por el bacteriólogo estadounidense René Jules Dubos y aislada en 1946 por el químico estadounidense Moses Kunitz, fue sintetizada por científicos estadounidenses en 1969. La síntesis consiste en unir 124 moléculas de aminoácidos en una secuencia muy específica para formar la macromolécula. Dicha síntesis permitió identificar aquellas áreas de la molécula que son responsables de sus funciones químicas, e hizo posible crear enzimas especializadas con propiedades de las que carecen las sustancias naturales. Este potencial se ha visto ampliado durante los últimos años por las técnicas de ingeniería genética que han hecho posible la producción de algunas enzimas en grandes cantidades<sup>8</sup>.

### **9.17. ENZIMAS Y BIOTECNOLOGIA**

El empleo de enzimas en la industria no es nuevo: ha estado implicado en muchos procesos tradicionales relativamente poco conocidos. Estos procesos se caracterizaban por velocidades bajas.

La Biotecnología debe superar los problemas económicos que conlleva su desarrollo aprovechando las ventajas que presente cada proceso en particular.

Los problemas que presenta el uso de la Biotecnología son:

- Bajas concentraciones de los productos formados
- Inestabilidad de éstos
- Mezclas complejas que se producen (sustratos no empleados + productos de reacciones secundarias).

Las ventajas que presenta la biotecnología son:

- Propiedades nutritivas y organolépticas de la cerveza, queso y pan

Fuente: <sup>8</sup>[www.cienciasdelaleche.com.co](http://www.cienciasdelaleche.com.co)

- Tratamiento de aguas residuales
- Alto valor en bajo volumen de los antibióticos

En las últimas décadas el conocimiento adquirido respecto a la capacidad catalítica de las enzimas ha permitido la aparición de nuevos productos y procesos desarrollados basándose en estos conocimientos.

Las enzimas se emplean frecuentemente para:

- Mejorar los procesos
- Mejorar las propiedades físicas de un material con el fin de poder procesarlo más fácilmente
- Mejorar el producto (cambios de color, aroma, textura...)

Los productos obtenidos a partir de enzimas deben tener ventajas frente a los que no son elaborados a partir de ellas, por ello deben cumplir los siguientes requisitos:

- Su calidad debe ser superior a la del producto tradicional
- Su rango de aplicación debe ser mayor (mayor utilidad)
- Debe tener menor precio respecto al producto tradicional
- Mediante las enzimas se puedan obtener productos imposibles de obtener empleando otro método o que se puedan obtener productos escasos

Los productos obtenidos a partir de enzimas pueden dividirse en tres grupos:

- Que los productos obtenidos mediante enzimas sean iguales a los obtenidos en otro procedimiento
- Que sean parecidos a los obtenidos empleando otro método
- Que el producto no estuviese disponible hasta que fue posible su producción mediante enzimas

Para ser útiles comercialmente, las enzimas no deben ocupar una posición centrada durante el proceso, deben producir el compuesto de interés.

<sup>8</sup>La mayoría de los procesos biotecnológicos tradicionales como la obtención de yogur, la producción de cerveza o la fermentación de la uva para fabricar vino, son realizados por las enzimas que cada microorganismo produce para su particular metabolismo. Sin embargo también es posible realizar los procesos biotecnológicos con las enzimas, en ausencia de los microorganismos.

La mayoría de las enzimas industriales se extraen de bacterias y hongos. Entre ellas: Proteasa de bacilo, Amiloglucosidasa, amilasa de bacilo, Glucosa isomerasa, Cuajo microbiano, amilasa fúngica, Pectinasa, Proteasa fúngica.

Las enzimas presentan muchísimas aplicaciones y su utilización en el ámbito industrial se lleva a cabo desde hace muchos años. Sus características específicas permiten a los industriales ejercer un control más estricto de la calidad de sus productos<sup>8</sup>.

Fuente: <sup>8</sup>[www.cienciasdelaleche.com.co](http://www.cienciasdelaleche.com.co)



Graf. 14. En el siguiente esquema se mencionan algunas aplicaciones industriales de las enzimas  
Fuente: [www.mundohelado.com](http://www.mundohelado.com)

## 9.16. TIPOS Y FUENTES DE OBTENCIÓN DE ENZIMAS

<sup>9</sup>Enzimas microbianas: Las enzimas producidas por la fermentación de microorganismos representan aproximadamente el 90% de todas las enzimas producidas para los procesos industriales.

Enzimas vegetales: La mayoría de las enzimas vegetales se encuentran disponibles en forma de polvo sin una purificación muy elevada, si bien las papaínas y bromelaínas están disponibles en estado purificado. También se encuentran disponibles líquidos de papaína de baja actividad. El aumento de la disponibilidad de las enzimas vegetales depende de diversos factores.

Enzimas animales: Aquí se incluyen lipasas pancreáticas y proteasas, pepsinas, estereasas pre gástrico y rennets. Son producidas ultras puras en cantidades industriales<sup>9</sup>.

Fuente: <sup>9</sup>Fundamentos de Biotecnología de los alimentos. Lee Acribia.



Las células microbianas son la fuente usual de enzimas para uso industrial para algunas de las enzimas provenientes de animales y plantas utilizadas tradicionalmente como las proteasas de la papaína, ricina y bromelaína, que se utilizan para el ablandamiento de la carne, y la quimosina, empleada en la manufactura del queso. La inmensa mayoría de las enzimas microbianos se producen a partir de aproximadamente 25 organismos, incluyendo una docena de hongos, pero se ha calculado que sólo aproximadamente el 2% de los microorganismos existentes en el mundo han sido estudiado como fuente de enzimas.

Las enzimas microbianas son más útiles que los derivados de las plantas o animales por la gran variedad de actividades catalíticas de que disponen, y porque usualmente pueden obtenerse en cantidades abundantes, baratas, de forma regular y de calidad uniforme. Además las enzimas microbianas son generalmente más estables que sus homólogos animales y vegetales, y su proceso de producción es más fácil y seguro. La manipulación genética y ambiental para incrementar el rendimiento o la actividad enzimática de las células puede llevarse a cabo fácilmente utilizando células microbianas debido a su corto periodo de regeneración, a sus relativamente simples exigencias nutritivas y a que los procedimientos de screening para las características deseadas son más fáciles.

#### **9.16.1. USO DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA LACTEA**

<sup>9</sup>La fermentación alcohólica es un ejemplo conocido de los procedimientos en que se efectúan alteraciones enzimáticas, tanto cuando se agrega alguna enzima como cuando se añade algún microbio vivo que las contiene (por ejemplo, levaduras). Muchos productos que se consumen en la actualidad se fabrican por un proceso fermentativo, tales como el yogur, las bebidas

Fuente: <sup>9</sup>Fundamentos de Biotecnología de los alimentos. Lee Acribia.

Alcohólicas, el vinagre, los embutidos, etc. Por ejemplo, la elaboración de vinagre con alcoholes es un proceso enzimático producido por un microbio vivo (*Acetobacter aceti*). El alcohol es oxidado y convertido en ácido acético con oxígeno de la atmósfera. Si bien, aislada de las bacterias, la enzima cataliza igualmente la oxidación, el desarrollo del producto se realiza con el microorganismo entero, por resultar más económico.

En la fabricación de queso, por ejemplo, se utiliza la enzima renina para producir la coagulación de las proteínas de la leche (caseína), que luego se trata para convertirla en queso. Si bien, originariamente, esta enzima era extraída del cuajo de terneros, hoy en día se está utilizando enzima quimosina de origen recombinante.

Otra de las enzimas ampliamente utilizadas es la lactasa, que transforma la lactosa (un azúcar) en una mezcla de sus monómeros glucosa y galactosa con un sabor más dulce. Así, se refina el producto y se concentra en una especie de jarabe con un sabor parecido al de la miel, ya ampliamente utilizado en el sector de confitería industrial<sup>9</sup>.

#### **9.16.2. USO DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA TEXTIL**

<sup>9</sup>En la fabricación de telas, se realiza un proceso llamado lavado enzimático. En éste se realiza la bio-preparación del algodón en rama utilizando ciertas enzimas. Así, se remueven del algodón solamente los componentes necesarios y se evita o se reduce el daño causado a la celulosa, utilizando, además, condiciones de proceso más favorables para los operarios, las máquinas y el medio ambiente.

Numerosos estudios realizados muestran que un tratamiento usando solamente pectinasa, seguido por un enjuagado en agua caliente, es capaz de hacer que la

Fuente: <sup>9</sup>Fundamentos de Biotecnología de los alimentos. Lee Acribia.

Fibra de algodón se vuelva hidrófila y absorbente, facilitando su posterior utilización.

Entre las enzimas utilizadas en la industria textil se pueden nombrar: Proteasa, usada en el tratamiento de fibras proteínicas (seda y lana); Catalasa, para la eliminación de peróxido de hidrógeno después del blanqueado y antes del teñido; Lactasa, en la oxidación enzimática del índigo; Peroxidasa, en la oxidación enzimática de colorantes reactivos no fijados y Lipasa para el desengrasado<sup>9</sup>.

### **9.16.3. USO DE ENZIMAS EN LA PRODUCCION DE DETERGENTES**

<sup>9</sup>Las enzimas empleadas en detergentes se encuentran disponibles en forma líquida y granular. Éstas actúan sobre los materiales que constituyen las manchas, facilitando la remoción de los mismos y de forma más efectiva que los detergentes convencionales. Entre las enzimas utilizadas se pueden encontrar: proteasas (producidas principalmente por *Bacillus licheniformis* o *B. Amyloliquefaciens* y *Aspergillus flavus*) que aceleran la degradación de proteínas y producen pequeños péptidos o aminoácidos individuales los cuales pueden ser fácilmente removidos de los tejidos.

Las amilasas provenientes de *Bacillus licheniformis*, que degradan el almidón, sacando manchas de chocolate y papa, entre otros. Las lipasas, que rompen los lípidos por hidrólisis, sacando manchas de grasa y aceite. Las celulasas producidas por el hongo *Humicola insolens* son utilizadas para remoción de suciedad, y para restaurar la suavidad y color de fibras de algodón<sup>9</sup>.

Fuente: <sup>9</sup>Fundamentos de Biotecnología de los alimentos. Lee Acribia.

#### **9.16.4. ENZIMAS UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DEL PAPEL**

<sup>9</sup>Al igual que en el tratamiento de telas, en la fabricación de papel, se utilizan las enzimas celulasas para degradar la celulosa, componente principal de la madera.

Además de la celulosa, la madera contiene lignina, un compuesto que debe ser eliminado en la fabricación de papel. La eliminación se realiza con compuestos químicos que son contaminantes del medio ambiente.

La elucidación de los mecanismos enzimáticos implicados en el proceso de biodegradación de la lignina está proporcionando nuevas herramientas biotecnológicas para un mejor aprovechamiento de la biomasa vegetal en sectores industriales, tales como la producción de pasta de papel y la obtención de biocombustibles<sup>9</sup>.

#### **9.16.5. APLICACIÓN DE LAS ENZIMAS EN LOS ANALISIS CLINICOS**

<sup>9</sup>Las enzimas se emplean como reactivos estándar en los laboratorios para el diagnóstico de enfermedades, para el control y el seguimiento de enfermedades y de la respuesta del paciente hacia la terapia seguida, y para la identificación y control de la concentración de drogas o sus metabolitos en la sangre u otros fluidos corporales. Las técnicas de inmunoanálisis enzimático (ELISA) representan un nuevo e importante avance al asociar anticuerpos específicos a enzimas como la peroxidasa o la galactosidasa cuya unión genera una reacción colorimétrica (se observa color) proporcional a la extensión de unión del anticuerpo. Las enzimas se emplean rutinariamente para diagnosticar enfermedades hepáticas, miocárdicas, pancreáticas y prostáticas, anemias, leucemias, distrofia muscular, tumores y toxemias del embarazo<sup>9</sup>.

Fuente: <sup>9</sup>Fundamentos de Biotecnología de los alimentos. Lee Acribia.

Las técnicas enzimáticas también se utilizan en la detección de drogas, análisis de antibióticos, detección de antígenos o anticuerpos, o en la detección de enzimas y metabolitos en los fluidos intracelulares. Estas técnicas son generalmente más rápidas, específicas ya baratas que otros métodos de detección como el inmunoanálisis, los análisis fotométricos, cromatográficos.

#### **9.16.6. USO DE ENZIMAS COMO PRODUCTOS MEDICOS Y FARMACEUTICOS**

<sup>9</sup>A diferencia de otros usos industriales para las enzimas, las aplicaciones médicas y farmacéuticas de las mismas requieren generalmente pequeñas cantidades de enzimas muy purificadas. Esto se debe a que si el destino de una enzima o de un producto obtenido por métodos enzimáticos es su administración a un paciente, resulta evidente que el preparado debe contener las menores cantidades posibles de material extraño para evitar probables efectos secundarios.

Uno de los productos obtenidos mediante el uso de enzimas son los aminoácidos. Si bien se pueden sintetizar empleando un proceso químico, el resultado es una mezcla de dos tipos distintos (D y L isómeros). Puesto que solamente el L-isómero es biológicamente activo, la mezcla debe ser separada en sus dos componentes.

Además de aminoácidos, las enzimas son utilizadas para la producción de antibióticos semi-sintéticos. Las penicilinas semi-sintéticas son los principales productos farmacéuticos obtenidos por tecnología enzimática.

También se utilizan enzimas en la producción de esteroides. Los esteroides se utilizan en un gran número de preparados farmacéuticos (por ejemplo en los antiinflamatorios), por lo que los procesos empleados en la producción de estas sustancias presentan una considerable importancia económica<sup>9</sup>.

### **9.16.7. USO DE ENZIMAS PARA LA GENERACION DE ENERGIA**

<sup>9</sup>Otra aplicación biotecnológica de las enzimas es la producción de energía, a partir de fuentes orgánicas en vez de combustibles fósiles, no renovables.

Cada año crecen unos 200 mil millones de toneladas de biomasa (madera, cereales, etc.), de las cuales se usan sólo un 3%. Por lo tanto, este rubro ofrece un enorme potencial que puede ser aprovechado. Un ejemplo clásico de biocombustible es el alcohol obtenido por fermentación de material rico en azúcares y almidón, o de residuos orgánicos como los forestales. El principal obstáculo para la viabilidad de esta propuesta es el costo, puesto que el petróleo sigue siendo más barato. Sin embargo, los avances tecnológicos permitirán en un futuro aumentar el desarrollo de estos productos biodegradables.

La tecnología enzimática tiene como objetivo superar aquellos inconvenientes que puedan retrasar la aplicación de las enzimas en procesos a escala industrial. Esta área tiene aplicaciones desde tiempos remotos, y actualmente se utiliza en diferentes industrias, ya que implica la utilización de sistemas enzimáticos diversos que optimizan el procesamiento en la obtención de detergente, aditivos alimenticios, productos químicos y farmacéuticos. La tecnología enzimática se presenta como alternativa biotecnológica para que las industrias desarrollen productos de calidad homogénea, aprovechen óptimamente sus materias primas, aceleren sus procesos de producción, minimicen desperdicios y disminuyan el deterioro del medio ambiente<sup>9</sup>.

### **9.17. APLICACIÓN DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA LECHERA.**

<sup>9</sup>Es en la quesería donde la aplicación de enzimas asume el mayor interés en esta industria<sup>9</sup>.

Fuente: <sup>9</sup>Fundamentos de Biotecnología de los alimentos. Lee Acribia.

### **9.17.1. ORIGEN, ACCION, APLICACIÓN DE LA RENINA, QUIMOSINA O FERMENTO LAB.**

<sup>10</sup>**Origen:** Por maceración de trozos de estómagos de terneros (alimentados sólo con leche) en agua salada se obtiene el llamado cuajo, cuyo principio activo es la enzima y que se expende en forma de un extracto líquido o polvo seco, con sal. Si los terneros reciben fuera de leche también otro forraje, se va formando pepsina, la cual constituye en el animal adulto la proteasa más activa del estómago.

**Acción:** Determina la coagulación de la leche en presencia de sales de calcio, para la formación de la "cuajada" en la elaboración de quesos. La renina actúa sobre la fracción kappa-caseína de la leche con liberación de varios péptidos.

Al realizar su acción proteolítica, se destruye el efecto de coloide protector de la micela de caseína, causando su floculación. Acidez, tiempo y temperatura en este proceso influyen significativamente en las características posteriores del queso resultante. pH óptimo: 6-7.

Se ha preparado también renina a partir de estómagos de aves por su inmersión en solución de sal, a pH 4<sup>10</sup>.

### **9.18. ENZIMAS COAGULANTES DE ORIGEN MICROBIANO.**

<sup>10</sup>Debido a la mayor demanda mundial de carne como alimento, no resulta actualmente muy económico matar terneros aún no destetados para obtener el cuajo. Fuera de la pepsina, a veces en mezcla con la renina, se están aplicando en quesería, cada vez en mayor escala, enzimas coagulantes de origen microbiano. De aplicación ya industrial son las de la *Endothia* parasítica, *Mucor pusillus* L. y *Mucor miehei*, cuya enzima es la renilasa; éstas se caracterizan por tener poca actividad de proteasa<sup>10</sup>.

Fuente: <sup>10</sup>Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Cheftel

Esto es importante para evitar la formación de péptidos de sabor amargo durante la maduración posterior del queso (16, 41).

### **9.19. ENZIMAS AUXILIARES DE LA MADURACIÓN DE QUESOS.**

Para abreviar el proceso de maduración y mejorar la calidad de los quesos se recurre a la aplicación adicional de *lipasas* de origen vacuno, ovino, caprino o fúngico y de proteasa de *Streptomyces*, por ej., en quesos Gouda. En la elaboración de algunos tipos de quesos la adición de lipasa se hace a la leche de partida ya pasteurizada, junto al cuajo, pues la pasteurización la inactiva (es inhibida a 57°C por 30 minutos); por otra parte, la lipasa participa también en el aroma de queso, crema y mantequilla.

<sup>10</sup>Un ejemplo de la acción de un microorganismo en la maduración de quesos es la adición de un cultivo de *Penicillium camemberti* como fuente de una proteasa extracelular, la cual, al hidrolizar lentamente las proteínas del queso Camembert, produce la textura suave y mantecosa que lo caracteriza. En cambio, el *Penicillium roqueforti* es responsable de la formación de vetas de color verde-azulado y de metilcetona, características de los quesos Roquefort, Gorgonzola y Stilton. Proteasas de *Streptomyces* se usan para acortar la maduración del queso Gouda, y de *Aspergillus flavus* para mejorar los caracteres sensoriales del queso Cheddar. Para mejorar la textura y aroma del queso Cheddar se suele agregar también un cultivo de *Streptococcus diacetylactis*, pero debe agregarse sólo en pequeña cantidad a la cuajada, para evitar un hinchamiento del queso por desprendimiento de CO<sub>2</sub><sup>10</sup>.

Fuente: <sup>10</sup>Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Cheftel



## 9.20. OBTENCION DE ENZIMAS DE ORIGEN MICROBIANO

Selección de microorganismos: Se empieza generalmente por un cultivo de enriquecimiento de la cepa seleccionada. Cultivos originales pueden obtenerse de la firma American Tipe Culture Collection (ATCC), del Northern Utilization Research Branch o de otro organismo o instituto reconocido.

Cultivo: Las materias primas que sean de costo adecuado y que puedan utilizarse como medio de cultivo varían naturalmente según la enzima por elaborar y pueden ser de los siguientes orígenes:

- Materias azucaradas o amiláceas, como melaza, jarabe de glucosa, almidones y afrechos de trigo, arroz o maíz;
- Materias proteicas, como hidrolizados proteicos, harina de pescado, caseína, gelatina y afrechos de extracción de semillas oleaginosas;
- Componentes nitrogenados, como sales de amonio, nitratos, urea;
- Sustancias favorecedoras del crecimiento microbiano; como, extractos y autorizados de levadura, sales minerales con inclusión de elementos trazas y eventualmente vitaminas.

Fuera de la composición del medio constituyen parámetros importantes que deben controlarse en el cultivo, las condiciones óptimas del caso, en cuanto a temperatura, pH, aireación (para suministrar el oxígeno necesario y evitar exceso de calor de reacción), y velocidad de agitación.

En lo que se refiere a los reactores para realizar la fermentación se distingue entre los cultivos en superficie de medios líquidos o semisólidos, usándose ya sea sartenes o tambores rotatorios, y cultivos en profundidad, actualmente más usados, mediante tanques agitados, de lecho fijo o de lecho fluidizado (partículas suspendidas y agitadas, lo que facilita su mezcla y circulación).

Terminada la incubación del proceso fermentativo se separa la biomasa junto con el resto de las células y los componentes sólidos del medio de cultivo por filtración o centrifugación. El líquido resultante, generalmente aún bastante heterogéneo, puede utilizarse directamente como preparado enzimático; Pero, generalmente, se somete a una purificación y/o aislamiento posteriores, que comprenden diferentes fases y que pueden aplicarse igualmente en las enzimas de origen vegetal o animal

### **9.20.1. PURIFICACIÓN Y AISLAMIENTO DE ENZIMAS MICROBIANAS.**

<sup>10</sup>Un preparado enzimático puede consistir en el mismo extracto o caldo fermentado que sólo se somete a una clarificación y concentración (preparado líquido) o desecación (preparado sólido) se recurre también a métodos de aislamiento y purificación de enzimas en gran escala, lo cual se logra principalmente por los siguientes procesos:

- Adsorción selectiva con hidróxidos de hierro o aluminio coloidales, a cierto pH, pues no todas las proteínas son adsorbidas en iguales condiciones. Una vez adsorbida se lava con agua o solución salina y luego se fluye a pH diferente, generalmente alcalino mediante otra solución salina, por ejemplo, de fosfato.
- Por precipitación, en que las enzimas son fraccionadas al reducirse su solubilidad hasta el punto en que precipitan. Esto se logra por adición de sales a cierto pH y a elevada concentración iónica o por solventes orgánicos (alcohol, acetona, isopropanol) a baja temperatura. La sal más usada es el sulfato de amonio por su alta solubilidad, bajo costo, alta toxicidad para la enzima y por no afectar mayormente la viscosidad de la solución<sup>10</sup>.

Fuente: <sup>10</sup>Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Cheftel

- Diálisis por gradientes de concentración a través de membranas semipermeables.
- Ultrafiltración por aspiración o presión a través de membranas de porosidad fina como tamiz molecular. Presenta una alternativa interesante para separar enzimas, pues no hay cambio de fases, ni altos gradientes de temperatura.
- Electroforesis sobre soportes de papel, gel de almidón, agar o dextrano.
- Fraccionamiento cromatográficos pico de tipo preparativo, tanto en cada final, como en columna con intercambiadores iónicos, geles o tamices moleculares.

Combinando estos procedimientos con otros a base de electroforesis de alta tensión, cataforesis y electrodiálisis se logran actualmente separaciones de mezclas complejas de enzimas.

El control de todas estas etapas en su forma más rigurosa, es necesario para asegurar el máximo de rendimiento y reproducibilidad, seguridad y calidad de los productos enzimáticos obtenidos.

## CAPITULO 5

### INTOLERANCIA A LA LACTOSA

La intolerancia puede ser de origen genético habiendo una pérdida progresiva de lactasa a lo largo de la vida o presentarse una intolerancia transitoria recuperable cuando la producción de la enzima lactasa es más baja o nula si existe un daño intestinal causado por una gastroenteritis, infecciones víricas y otras enfermedades que afecten al intestino delgado como la celiaquía, debido a la atrofia vellositaria. Deficiencia de lactasa; Deficiencia de disacaridasa; Intolerancia a productos lácteos En el tubo digestivo de los lactantes, la lactosa es hidrolizada por un enzima específico, la lactasa o  $\beta$  galactosidasa. Todos los animales dejan de sintetizar lactasa después de la primera etapa de la vida, ya que la lactosa no existe en ningún alimento, y carece de "sentido biológico" el gasto que representa fabricar un enzima que sería inútil. Sin embargo, una parte minoritaria de la población humana, alrededor del 30%, ha conservado la capacidad de sintetizar lactasa durante la vida adulta, y consecuentemente puede digerir la lactosa. La ingestión de una cantidad significativa de leche por parte de una persona que no disponga de este enzima da lugar a un trastorno intestinal casi inmediato, con la aparición de diarrea y dolor abdominal.

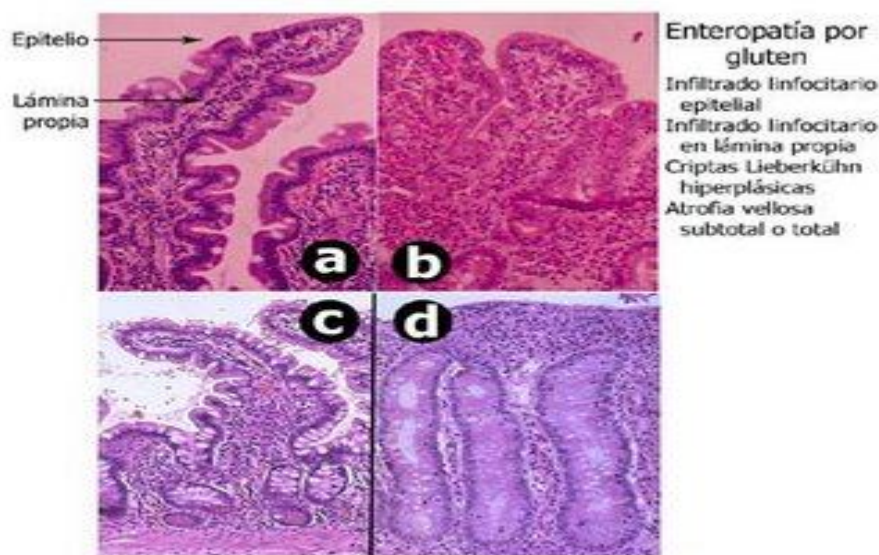
<sup>11</sup>Es lo que se conoce como "intolerancia a la lactosa". En las personas que padecen este problema, la lactosa no digerida es fermentada por la flora bacteriana, dando lugar a gases y a compuestos de pequeño peso molecular, que aumentan la presión osmótica haciendo pasar agua a la luz intestinal.

Las principales funciones del intestino delgado son la digestión y absorción de los alimentos ingeridos<sup>11</sup>.

La incapacidad para absorber uno o varios constituyentes dietéticos como resultado de una digestión inadecuada podemos definirla como mal digestión, y la incapacidad de los productos normales de la digestión para cruzar la mucosa intestinal y llegar a los linfáticos y a las ramificaciones venosas portales se definen como mal absorción.

El origen de la mal absorción puede ser la falta de algún enzima, llamándose entonces mal absorción primaria, o bien el origen puede ser otra patología específica o enfermedad de fondo que provoque el trastorno funcional, siendo entonces una mal absorción secundaria.

Si la lactosa llega al colon porque no se ha digerido antes, entonces, actúa la flora intestinal y se forma ácido láctico y CO<sub>2</sub>. Estas dos sustancias irritan la flora intestinal provocando la entrada de agua e hiperperistaltismo (excesivo movimiento) intestinal. Se llega rápidamente (a las 2 ó 4 horas después de la ingesta) a una diarrea ácida y explosiva”.



Graf. 15. Vellosidades Intestinales atrofiadas. (b y d)

Fuente: <http://3.bp.blogspot.com/intolerancialalactosa/>

## **9.21. DEGRADACION DE LA LACTOSA POR EL CALOR**

Entre 110°C y 130°C, la lactosa pura pierde su agua cristalización; más allá de 150°C se amarillea y hacia los 175°C se oscurece se carameliza. La caramelización directa tiene una energía de activación elevada; es por lo tanto de menor importancia que las reacciones precedentes en el caso de la leche calentada. Antes de la aparición del oscurecimiento se forma un complejo entre la caseína y la lactosa; a más alta temperatura este complejo se destruye y aparece el oscurecimiento, la descomposición de la lactosa en el curso del calentamiento de la leche, conduce a la formación de productos ácidos, como los ácidos levulico y el ácido fórmico.

## **9.22. CLASIFICACION Y PRESENCIA CLINICA**

### **9.22.1. \*DEFICIENCIA PRIMARIA DE LACTASA (*hipolactasia del adulto*)**

<sup>11</sup>Se estima que un 70% de la población mundial tiene deficiencia primaria de lactasa, representando la causa más frecuente de intolerancia a la lactosa. Se produce por una ausencia relativa o absoluta de actividad lactasa que se hace presente desde la infancia. Esta condición está determinada genéticamente por la presencia de una variante del gen que codifica la lactasa, ubicado en el brazo largo del cromosoma 2 (2q 21-22). Esta variante induce una inhibición de la actividad lactasa en la mucosa intestinal. Se hereda en forma autosómica recesiva mostrando tasas de incidencia variables en diferentes grupos étnicos. Las diferencias se explican probablemente, por las costumbres alimentarias de los pueblos originarios, permitiéndose a lo largo de los años una suerte de para digerir lactosa. Esto da a entender que en aquellas poblaciones que históricamente han utilizado lácteos en su dieta tengan actualmente baja

Fuente: <sup>11</sup>Dr. Francisco Alliende González. Curso de Gastroenterología

Concentración de hipolactásicos. Entre ellos destacan los pueblos del norte de Europa, norteamericanos caucásicos y algunos pueblos de África e India, que muestran una incidencia del problema entre el 2 y 30%. Por el contrario, entre los pueblos con altos índices de hipolactasia (60-100%) se encuentran aquellos en que los lácteos no han sido fuente importante en su alimentación, destacando los mediterráneos del sur, asiáticos, algunas tribus africanas, afroamericanos y sudamericanos. En Chile, no se cuenta con estudios a nivel poblacional pero se estima una incidencia de hipolactasia del adulto en torno al 35-45%.

La aparición de la hipolactasia es lenta y progresiva y típicamente es más temprana en aquellas razas que tienen mayor incidencia de este fenómeno. En torno al 20% de niños hispánicos menores de 5 años presentan signos de hipolactasia en comparación con la ausencia del problema en niños anglo-americanos de la misma edad y condición nutricional<sup>11</sup>.

### **9.22.2. \*DEFICIENCIA SECUNDARIA DE LACTASA**

<sup>11</sup>Se refiere a la deficiencia de actividad lactasa resultante de un proceso patológico de base que compromete la mucosa del intestino delgado, entre los que se cuenta; gastroenteritis aguda, diarrea persistente, diarrea crónica, sobrecrecimiento bacteriano intestinal, medicamentos, etc. Aún cuando es más frecuente durante la infancia, se puede presentar a cualquier edad. A modo de ejemplo; en una infección por rotavirus se produce daño del epitelio del intestino con pérdida de enterocitos que contienen la enzima lactasa. Si el daño es extenso se desencadenará el síndrome clínico de intolerancia a la lactosa. Parasitosis como la giardiasis o cryptosporidiasis también pueden desencadenar intolerancia. Enteropatías crónicas como la enfermedad Celíaca y enfermedad de Crohn o aquellas secundarias a fenómenos inmunológicos o a desnutrición pueden asimismo, estar asociadas a déficit de actividad lactasa<sup>11</sup>.

Fuente:<sup>11</sup> Dr. Francisco Alliende González. Curso de Gastroenterología

### **9.22.3. \*Hipolactasia de Desarrollo (Deficiencia madurativa de lactasa)**

<sup>11</sup>La actividad lactasa del feto está en directa relación con la edad gestacional. Se ha demostrado que sólo después de las 34 semanas de gestación, se detecta una actividad lactasa suficiente como para recibir alimentación láctea. Esto corresponde a valores en torno al 30% de lo encontrado en un recién nacido de 40 semanas<sup>11</sup>.

<sup>11</sup>\*Gastr Latinoam 2007; Vol 18, Nº 2: 152-156, *Francisco Alliende G*, XXVIII CURSO DE AVANCES EN GASTROENTEROLOGÍA

### **9.22.4. Causas, Incidencias y factores de riesgo.**

<sup>11</sup>La intolerancia a la lactosa se presenta cuando el intestino delgado no produce suficiente enzima lactasa. El organismo de los bebés produce esta enzima de tal forma que pueden digerir la leche, incluyendo la leche materna. Antes de que los seres humanos se convirtieran en granjeros y procesaran productos lácteos, la mayoría de las personas no seguía consumiendo leche en su vida, de tal manera que no producían lactasa después de las primeras etapas de la infancia. Durante mucho tiempo, la leche de vaca ha sido conocida por ser una fuente de síntomas indeseables tales como afecciones gástricas y urticaria (formación de acné en varias zonas del cuerpo). Las reacciones se deben a la intolerancia a la lactosa o alergia a la proteína de la leche. En los bebés ambas reacciones pueden coexistir. La leche es la primera fuente de proteína de un bebé, y es una fuente muy importante de nutrientes para los bebés; por tanto no puede ser eliminada fácilmente de las dietas infantiles<sup>11</sup>.

Fuente: <sup>11</sup>Dr. Francisco Alliende González - E-mail: falliende@alemana.cl.

La intolerancia a la lactosa es la incapacidad de digerir cantidades significativas de lactosa, el azúcar predominante de la leche. Esta incapacidad resulta de una



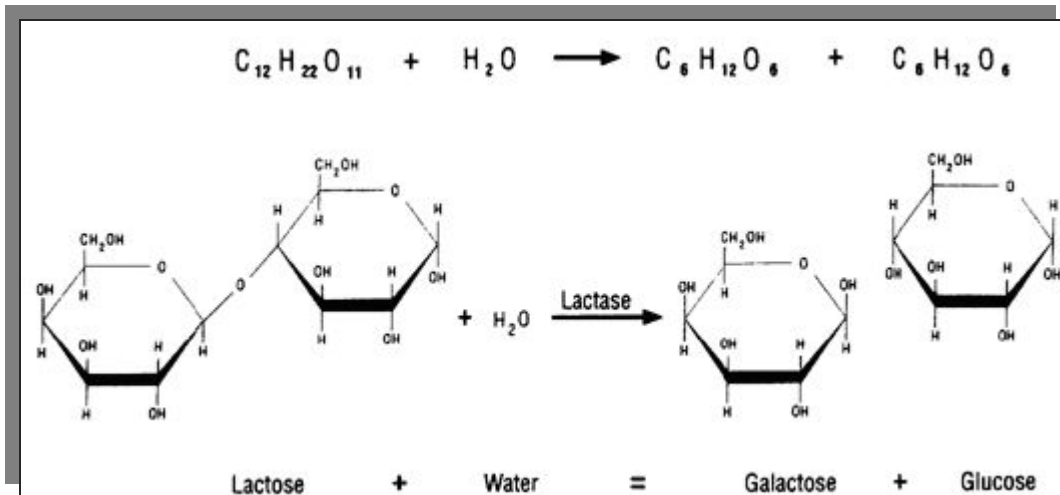
corta edad o vida de las enzimas lácticas, las cuales son producidas normalmente por las células que bordean el intestino delgado. Las lactasas desglosan el azúcar de la leche en simples formas que pueden entonces ser absorbidas hacia el torrente sanguíneo. Cuando no hay suficiente lactasa para digerir la cantidad de lactosa consumida, el resultado, aunque normalmente no es peligroso, puede ser muy molesto o doloroso. Sin embargo no todas las personas con una deficiencia de lactasa tienen síntomas, quienes los tienen son considerados intolerantes a la lactosa. Los síntomas comunes incluyen náuseas, retortijones, hinchazón, gases y diarrea, los cuales comienzan de 30 minutos a 2 horas después de haber comido o bebido alimentos que contienen lactosa. La severidad de los síntomas varía dependiendo de la cantidad de lactosa que cada individuo puede tolerar”.

La intolerancia a la lactosa puede comenzar en diversos momentos en la vida. En las personas de raza blanca, generalmente comienza a afectar a los niños mayores de 5 años; mientras que en las personas de raza negra, la afección se presenta a menudo hasta a los dos años de edad.

Cuando las personas con intolerancia a la lactosa comen o beben productos lácteos, pueden presentar síntomas como distensión abdominal, exceso de gases intestinales, náuseas, diarrea y cólicos abdominales.

La intolerancia a la lactosa no es peligrosa y es muy común en los adultos. Aproximadamente 30 millones de adultos estadounidenses tienen algún grado de intolerancia a la lactosa a la edad de 20 años.

La intolerancia a la lactosa se observa algunas veces en bebés prematuros y los bebés nacidos a término generalmente no muestran signos de esta afección hasta que tienen al menos 3 años de edad.



Graf. 16. Modo de acción de la lactasa.

Basado en <http://digestive.niddk.nih.gov/ddiseases/pubs/lactoseintolerance/index.htm> y D. Miller Ben Shaul, La composición de la leche de los animales salvajes. In : Análisis de la leche animal y técnicas manuales-retrospectivas. Anuario del zoo Internacional, 1959.

Algunas de las causas de la intolerancia a la lactosa son bien conocidas. Por ejemplo, ciertas enfermedades digestivas y lesiones del intestino delgado pueden reducir la cantidad de enzimas producidas. En raras ocasiones, los niños nacen sin la capacidad de producir lactasa. La mayoría de la gente piensa que la deficiencia de lactasa es una condición que se desarrolla naturalmente con el tiempo. Después de los 2 años de edad aproximadamente, el cuerpo empieza a producir menos lactasa. Sin embargo, mucha gente puede no experimentar los síntomas hasta que son mucho mayores.

Aunque la mayoría de la gente descendiente del noreste de Europa produce suficiente lactasa durante su vida, la deficiencia de lactasa es común entre gente del Centro Este, India y partes de África y entre sus descendientes en otras partes del mundo. Alrededor del 70 % de los adultos tienen una cierta intolerancia a la lactosa. En Europa, en la mayoría de los países la deficiencia de lactasa esta presente en alrededor de un cinco por ciento de la población y mucho mayor en otros grupos étnicos.

La cantidad de leche y productos lácteos que conducirá a síntomas de intolerancia varía ampliamente entre individuos. Muchos individuos los cuales tienen baja actividad intestinal de lactasa pueden beber un vaso de leche sin experimentar malestar. Quesos fuertes, los cuales son bajos en lactosa, y productos con leche fermentada como el yogur normalmente se tolera bien. Esto podría explicar porqué productos lácteos cultivados como los yogures son ampliamente consumidos en áreas del mundo donde la deficiencia de lactasa es común.

Respecto a las anteriores alteraciones relacionadas con la lactasa se pueden obtener de las siguientes maneras:

- Congénita
- Adquirida (a cualquier edad). Puede aparecer la intolerancia a la lactosa tras una enfermedad de tipo infeccioso.
- Parcial
- Total

#### **9.22.5. *Diagnostico***

<sup>11</sup>Los test más comunes usados para medir la absorción de lactosa en el sistema digestivo son los test de tolerancia de lactosa, el test de hidrógeno en aliento, y el test de acidez en deposiciones. Estos test se llevan a cabo en base a un paciente externo en un hospital, clínica o consulta médica.

Los test de tolerancia a la lactosa comienzan con el individuo rápidamente (sin comer) antes del test y después bebiendo un líquido que contiene lactosa<sup>11</sup>.

Fuente: <sup>11</sup>Dr. Francisco Alliende González. Curso de Gastroenterología

<sup>11</sup>Se toman varias muestras de sangre en un periodo de 2 horas para medir el nivel de glucosa en sangre de la persona (azúcar en sangre), el cual indica cómo de bien el cuerpo es capaz de digerir la lactosa.

Normalmente, cuando la lactosa alcanza el sistema digestivo, la enzima de la lactasa la desglosa en glucosa y galactosa. El hígado entonces cambia la galactosa a glucosa, la cual entra en el torrente sanguíneo y eleva el nivel de glucosa en sangre de la persona. Si la lactosa está incompletamente desglosada, el nivel de glucosa en sangre no se eleva y se confirma así el diagnóstico de intolerancia a la lactosa.

El test de hidrógeno en aliento mide la cantidad de hidrógeno en el aliento de una persona. Normalmente, muy poco hidrógeno es detectable. Sin embargo, la lactosa no digerida en el colon es fermentada por las bacterias, y varios gases, incluyendo hidrógeno, son producidos. El hidrógeno es absorbido desde el intestino, llevado a través del torrente sanguíneo a los pulmones y exhalado. En el test el paciente toma una bebida cargada con lactosa, y se analiza el aliento en intervalos regulares. Elevados niveles de hidrógeno en el aliento indican una inapropiada digestión de la lactosa. Ciertas comidas, medicamentos y cigarrillos pueden afectar la precisión del test y deberían ser anulados antes de tomarlo. Este test se puede efectuar a niños y adultos.

La prueba del hidrógeno espirado. Esta se basa en que, en condiciones normales no se produce hidrógeno en el intestino y esto sólo ocurre cuando los hidratos de carbono llegan al colon, donde son fermentados por las bacterias produciéndose diversos gases (hidrógeno, metano). Parte de ellos se reabsorbe, difunde a la sangre y se elimina por vía respiratoria pudiendo cuantificarse mediante cromatografía de gases. El valor es proporcional a la cantidad de hidratos de carbono no absorbidos. En el 18% de la población no existen bacterias productoras de hidrógeno, por lo que la prueba puede dar falsos negativos<sup>11</sup>.

### 9.23. CONTENIDO DE LA LACTOSA EN LA LECHE

Toda la leche animal contiene lactosa. La leche de soja, la cual es en realidad un zumo, no contiene lactosa. Sin embargo, contiene otros azúcares que en ocasiones pueden causar síntomas similares en gente intolerante a la lactosa.

**Tabla No. 9. Contenido medio de diferentes leches de animal (en gramo por 100 ml, ordenado de mayor a menor contenido de lactosa)**

Especia animal	Grasa	Proteína	Lactosa
Elefante	22,1	3,2	7,4
Chimpancé	3,7	1,2	7,0
Humano	4,0	1,3	6,5
Caballo	1,6	2,7	6,2
Oveja	9,0	4,7	5,8
Cebra	4,8	3,0	5,3
Camello	5,4	3,8	5,1
Cerdo	5,0	3,7	5,0
Gato	5,0	7,2	4,9
Vaca	3,7	3,3	4,8
Canguro	4,0	3,9	4,7
Cabra	4,1	3,7	4,2
Perro	11,8	8,7	3,3
Rata	12,0	9,2	3,3
Oso polar	9,5	9,6	3,0
Foca gris	53,2	11,2	2,6

Castor	19,8	9,0	2,2
Conejo	10,5	15,5	2,0
Delfín	34,9	10,6	0,9

Fuente: Unidad de Gastroenterología Infantil. Clínica Alemana de Santiago.

Correspondencia a:  
Dr. Francisco Alliende González. E-mail: [faliende@alemana.cl](mailto:faliende@alemana.cl).

## 9.24. LACTOSA OCULTA

<sup>11</sup>Aunque la leche y los alimentos hechos con leche son la única fuente natural, la lactosa se añade a menudo a comidas preparadas. La gente con muy poca tolerancia a la lactosa debería saber acerca de muchos productos que pueden contener incluso pequeñas cantidades de lactosa, como

- pan y otros productos horneados
- cereales de desayuno procesado
- patatas instantáneas, sopas y bebidas de desayuno
- margarina
- carnes (más que kosher)
- aliños de ensalada
- caramelos y otros tentempiés
- mezclas para crepes, galletas y preparados
- comida en polvo y saborizantes

Algunos productos etiquetados como no lácteos, como la crema para el café y productos bañados, pueden también incluir ingredientes derivados de la leche y por tanto contener lactosa.

Los consumidores inteligentes aprenden a leer las etiquetas con cuidado, buscando no solo leche y lactosa entre los contenidos, sino también palabras como suero, cuajada, derivados, sólidos secos de leche, leche en polvos no

grasa. Si alguno de estos se encuentra en la etiqueta, el producto contiene lactosa.

Además, la lactosa se usa como base para más del 20 por ciento de las estupefacientes y cerca del 6 por ciento del total de medicinas. Muchos tipos de pastillas en su origen por ejemplo contienen lactosa como muchos comprimidos para el ácido estomacal y los gases. Sin embargo, estos productos normalmente afectan a personas con una intolerancia a la lactosa severa.

El hecho de no consumir leche en la dieta puede causar una insuficiencia de calcio, vitamina D, riboflavina y proteínas; por lo tanto es necesario un sustituto de la leche. Los preparados de soya para biberón son sustitutos adecuados para los bebés menores de 2 años y para los niños que empiezan a caminar, la leche de soya y la de arroz son buenas alternativas. Los niños mayores pueden consumir también leche de vaca tratada con lactasa. La leche de cabra es baja en lactosa, pero únicamente se debe usar con niños si está adecuadamente fortificada con las vitaminas y los aminoácidos esenciales.

La mayoría de las personas con niveles bajos de lactasa pueden tolerar de 2 a 4 onzas de leche una vez (hasta media taza), pero porciones mayores (8 onzas) pueden causar problemas a quienes tengan algún grado de intolerancia a la leche.

La deficiencia de lactasa también se puede presentar como resultado de enfermedades intestinales como el esprúe celíaco y la gastroenteritis o también manifestarse luego de una cirugía intestinal<sup>11</sup>.

**Fuente:** <sup>11</sup>Dr. Francisco Alliende González. Curso de Gastroenterología

Es posible que se presente una deficiencia temporal de lactasa a causa de infecciones virales o bacterianas, especialmente en los niños, cuando se lesionan las células que recubren el intestino.

### **9.24.1. Ayuda natural en caso de intolerancia al azúcar de la leche.**

La leche contiene proteínas, calcio y vitamina D de gran valor y es uno de los principales suministradores de sustancias nutritivas. Sin embargo la leche no sienta bien a todo el mundo.

El azúcar de leche o lactosa es un componente de la leche y se encuentra en casi todos los productos lácteos. El azúcar de leche se disocia normalmente mediante la enzima lactasa en el intestino delgado en sus componentes glucosa y galactosa. Estas sustancias pueden ser asimiladas sin problemas por el organismo. En el caso de personas que no toleran el azúcar de leche la enzima lactasa o bien no se produce en la cantidad suficiente o bien no se produce en absoluto. La consecuencia es que el azúcar de leche no digerido llega hasta el intestino grueso y fermenta por las bacterias que se encuentran allí. Este proceso de fermentación produce gases y ácidos orgánicos (sobre acidez) y con ello los típicos síntomas como flatulencia, diarrea y espasmos intestinales. En el centro de Europa aproximadamente del 15 al 20% de la población sufre de intolerancia al azúcar de leche (intolerancia a la lactosa).

### **9.24.2. Recomendaciones**

<sup>11</sup>Tomar de forma adicional enzima de lactasa como complemento alimenticio puede aumentar la capacidad de digestión del azúcar de leche. La dosificación de las enzimas de lactasa depende sin embargo del grado de intolerancia a la lactosa y debe calcularse de forma individual<sup>11</sup>.

Fuente: <sup>11</sup>Dr. Francisco Alliende González. Curso de Gastroenterología

El tratamiento inicial es restringir la leche de la dieta. El yogur aporta lactosa y beta-galactosidasa de origen microbiano que sustituye a la lactasa intestinal y se tolera mejor que la leche. Existen fórmulas adaptadas sin lactosa, leches vegetales y preparadas con bajo contenido en lactosa que son útiles en muchos



casos. También puede añadirse lactasa a la leche para reducir o eliminar la ingesta de este azúcar. El queso fresco debe eliminarse de la alimentación pues lleva lactosa. Queso curado no debe de suprimirse de la alimentación pues no contiene lactosa o muy poca cantidad. Aunque no siempre es así, suele ser bien tolerado. Platos preparados con leche: cremas, salsas con leche, postres lácteos. Medicamentos con lactosa aunque normalmente no causan síntomas. En muchas ocasiones son toleradas pequeñas cantidades de lactosa. La lactosa se tolera mejor si se consume durante las comidas principales que si se consume de forma aislada. Determinar a partir de qué cantidad de leche y derivados se desencadenan los síntomas con el objetivo de consumir una cantidad menor. Una cantidad que no se tolera, si se toma repartida en 2 ó más tomas durante el día, puede tolerarse.

Un complemento nutricional basado en enzimas de lactasa ayuda a regular de forma natural la digestión del azúcar de leche. La enzima de lactasa no actúa sin embargo en caso de intolerancia a la albúmina láctea (alergia a la albúmina láctea).

**Tabla No. 10. Contenido de lactosa por 100gr**

<b>Leche entera</b>	<b>5,0g</b>	<b>Chocolate de leche</b>	<b>9,5g</b>
<b>Leche condensada</b>	<b>9,5g</b>	<b>Helado de leche</b>	<b>7,0g</b>
<b>Yogurt</b>	<b>4,7g</b>	<b>Crema de leche</b>	<b>4,5g</b>
<b>Queso fresco</b>	<b>3,5g</b>	<b>Queso seco</b>	<b>1,0g-3,5g</b>

Fuente: © 2007 www.4natur.com - El contenido de 4Natur.com se propone únicamente para uso meramente informativo y no es sustitutivo de la consulta o la información proporcionada por su médico o profesional de salud. Dicho contenido de 4Natur.com está basado en estudios científicos pero también en el uso tradicional de ciertas sustancias que no están soportadas por los mencionados estudios. No debe usarse esta información para diagnosticar, tratar o prevenir una enfermedad o cualquier problema de la salud

## **9.25. MEDICION ENZIMATICA**

<sup>11</sup>La medición directa de las enzimas que se encuentran en las microvellosidades se hace con un método ideado por Dahlqvist. La mucosa obtenida mediante biopsia es homogeneizada e incubada a 37 °C con el sustrato, sea lactosa u otro disacárido, para después mediante un fotolorímetro estimar la actividad de lactasa y florizinhidrolasa. La actividad hidrolítica se expresa por gramo de proteína del homogeneizado y por minuto. Se trata de un procedimiento invasivo que requiere de técnicas de laboratorio complejas, por lo que no es accesible para el trabajo clínico rutinario<sup>11</sup>.

### **9.25.1. Procesos asociados**

<sup>11</sup>La gastroenteritis infantil es responsable de una intolerancia transitoria en aproximadamente el 13% de los pacientes. La malnutrición se acompaña casi siempre de deficiencia de lactasa por condicionar el recambio celular de los enterocitos, como sucede en la enfermedad celiaca. La enteropatía tropical así como las parasitosis por *Giardia lamblia* o *Áscaris lumbricoides* favorecen una mala digestión de la lactosa. La existencia de una enfermedad inflamatoria intestinal modifica los niveles de lactasa. También causan déficit transitorio de lactasa la infección por VIH, la radioterapia abdominal o pélvica y el intestino corto<sup>11</sup>.

Fuente: <sup>11</sup>Dr. Francisco Alliende González. Curso de Gastroenterología

### **9.25.2. Complicaciones**

Existe una relación entre deficiencia de lactasa y osteoporosis, probablemente debida a la menor absorción de calcio.

Se ha descrito recientemente una asociación entre intolerancia a la lactosa y depresión, posiblemente mediada por una interacción entre lactosa no absorbida y el triptófano, precursor de la serotonina.

### **9.25.3. Consejos en la intolerancia a la lactosa**

Se debe suprimir de la alimentación la lactosa, ésta se encuentra en la leche y en los productos que deriven de ella (ya sean enteros o desnatados).

Alimentos que no se deben consumir:

- Leche, ya sea entera o desnatada, en polvo, líquida o condensada
- Postres lácteos (flanes, quesos frescos con sabor de frutas, quesos, mousses...)
- Quesos de todo tipo, mató, requesón, quesos para untar, quesos en lonchas o en porciones
- Nata, líquida o montada, crema pastelera...
- Mantequilla y alimentos que la contengan
- Dulce de leche

Cualquier otro alimento que contenga leche, crema de leche, nata, mantequilla o lactosa en su preparación como:

- Alimentos preparados que contengan leche (o lactosa), nata o cremas
- Puré en copos
- Pan de molde
- Alimentos preparados que contengan quesos
- Salsas, bechamel (besamel) o cualquier tipo de salsas que lleven leche o crema de leche o mantequilla
- Pastelería industrial en la que utilicen leche, crema de leche o mantequilla como ingrediente (la mayoría)

- Helado de crema o cremosos
- Batidos de frutas, chocolate.
- Chocolate con leche

Consumir de forma variada y equilibrada todos los demás alimentos que no contienen lactosa con el fin de llevar una alimentación equilibrada.

Alimentos que se pueden tomar sin problemas:

- Todas las frutas
- Frutos secos
- Todas las verduras y hortalizas, frescas o congeladas, crudas o cocidas
- Legumbres, cereales, tubérculos y pan
- Carnes, pescados y huevos
- Alimentos dulces (mermeladas, jarabes, azúcar, chocolate negro sin leche, caramelos)
- Aceites
- Bebidas refrescantes, agua, vino o cerveza
- Salsa de tomate, sofrito, mostaza, ketchup, mayonesa, alioli
- Caldos
- Especias
- Leches especiales sin lactosa

## CAPITULO 6

### INVESTIGACION DEL YOGURT DESLACTOSADO

***“Actualmente la tecnología de elaboración del yogurt esta al alcance de todo el mundo y se produce en forma industrial, semi industrial o artesanal, este producto se define como el producto de leche coagulada obtenida de fermentación láctica mediante la acción de bacterias patógenas”.***

Desde tiempos remotos numerosas tribus, especialmente en el Mediterráneo, desarrollaron la técnica de fermentar la leche antes de su consumo. Para lograr esto adicionaban organismos de cultivos o bacterias a la leche, convirtiendo parcialmente los carbohidratos de la leche en ácidos. Desde entonces se consideró lógico que el incentivo cultural para fermentar la leche era el de preservarla y evitar su descomposición.

<sup>12</sup>En años recientes se pensó que la fermentación de la leche podría ser una alternativa para disminuir la intolerancia a la lactosa. Esto se basó en dos observaciones: por un lado, los integrantes de las tribus del Mediterráneo eran predominantemente malos digestores de lactosa; por el otro, la creencia errónea de que la fermentación de la leche disminuía cuantitativamente el contenido de lactosa.

Si bien el contenido de lactosa en los productos de la fermentación se reduce 40 % del nivel inicial, en general las premezclas de yogurt que existen actualmente están enriquecidas con sólidos de leche, especialmente leche descremada en polvo, por lo que el contenido de lactosa de la premezcla puede estar entre 6 y 8 % comparado con 5 % en la leche de vaca<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup>Arturo M. Terrés Speziale et al. Enfermedad diarreica e intolerancia a la lactosa

Este nivel de lactosa se reduce durante la fermentación a sólo 4 % y se presenta un incremento en el contenido de galactosa de 0 % a 1 o 2 %, mientras que el nivel de glucosa permanece bajo. La disminución del contenido de lactosa en el yogurt por la fermentación de la misma es poco significativa, por lo que cualquier reducción en la intolerancia a lactosa que se observe con el yogurt debe atender a otros mecanismos.

La composición química de los alimentos es la mejor indicación de su potencial valor nutritivo.

Si se aceptan estos valores como representativos resulta evidente que el yogurt puede suponer una importante contribución en cualquier dieta.

**Tabla No.11. Cifras típicas de concentración de algunos compuestos mayoritarios de la leche y el yogurt.**

Compuesto (unidades/100 g)	Leche		Yogur		
	Entera	Desnatada	Entero	Desnatado	De frutas
Calorías	67,5	36	72	64	98
Proteínas (g)	3,5	3,3	3,9	4,5	5,0
Grasa (g)	4,25	0,13	3,4	1,6	1,25
Carbohidratos(g)	4,75	5,1	4,9	6,5	18,6

Fuente: [www.mundohelado.com](http://www.mundohelado.com).

No obstante, debe aceptarse que los valores de composición sólo son una “parte de la historia” y que, dejando a un lado las casi mágicas propiedades atribuidas al yogurt, algunos aspectos de los efectos del yogurt en el organismo humano no se pueden deducir directamente de su análisis químico. Por lo

tanto, es interesante estudiar los distintos componentes del yogur, especialmente para evaluar la importancia nutricional de los mismos.

## **9.26. CARBOHIDRATOS**

### **9.26.1. Carbohidratos disponibles**

El término “carbohidratos disponibles” abarca todos los compuestos hidrocarbonados que pueden ser asimilados por el organismo humano y que por tanto pueden representar una fuente de energía para su metabolismo. El yogur natural contiene trazas de diversos mono y disacáridos, pero la lactosa es el azúcar dominante, incluso después de la fermentación el yogur contiene un 45% de este azúcar. La razón de este relativamente elevado contenido radica en que habitualmente se adiciona a la leche un 14 - 16% de extracto seco lácteo, lo cual representa un 7% de lactosa. De esta forma el contenido de ésta en el producto final no difiere mucho del de la leche. Sin embargo, lo que sí es diferente es el efecto de este aparentemente idéntico contenido en lactosa en las personas con “intolerancia a la lactosa”. Desde el punto de vista médico, esta reacción tiene un gran interés.

## **9.27. INTOLERANCIA A LA LACTOSA**

<sup>12</sup>La mayoría de los niños recién nacidos son capaces de secretar la enzima lactasa, que hidroliza fácilmente la lactosa presente en la leche en glucosa y galactosa. Estos monosacáridos, especialmente la glucosa, son fácilmente metabolizados, pero a medida que aumentan las necesidades energéticas de los niños comienzan a cobrar importancia otros alimentos distintos a la leche<sup>12</sup>.

Fuente: <sup>12</sup>Arturo M. Terres Speziale Et. Al. Enfermedad Diarreica e intolerancia a la lactosa

En muchas sociedades este cambio implica una pérdida progresiva de la importancia de la leche en la dieta, con lo cual disminuye la ingesta de lactosa y la secreción de lactasa. Llega un momento en el desarrollo en el que se pierde la capacidad de asimilación de la lactosa, con lo cual esta queda libre y desencadena una serie de síntomas adversos, como flatulencia, dolor abdominal y diarrea. Esta reacción a la ingestión de la leche se conoce normalmente como “intolerancia primaria a la lactosa”. Existen pruebas clínicas para su detección y confirmación.

En pacientes con deficiencia congénita de la enzima lactasa o que presentan alteraciones importantes de la pared intestinal como resultado de una malnutrición, se pueden apreciar reacciones similares a las detalladas para el caso de la intolerancia primaria.

Entre los europeos, la incidencia de esta intolerancia primaria es muy poco frecuente, porque estas comunidades suelen consumir leche y productos lácteos durante toda la vida. Sin embargo, es un fenómeno frecuente en las comunidades en las que los abastecimientos de leche son escasos o infrecuentes. Precisamente estos grupos de población recurren a la fabricación de diversos tipos de yogur para dar salida a la leche disponible. El hecho curioso es que la lactosa presente en el yogur (a diferencia de la presente en la leche) no provoca reacción de intolerancia.

<sup>12</sup>La explicación más evidente del fenómeno señalado es que los microorganismos del yogur continúan metabolizando la lactosa tras la ingestión de la misma, por lo que la cantidad de lactosa libre residual que alcanza el intestino es demasiado baja para desencadenar una reacción adversa. En efecto, algunos organismos lácticos, como por ejemplo *Lactobacillus acidophilus* toleran la acidez gástrica, y estos organismos están presentes en los estárters del yogur<sup>12</sup>.



<sup>12</sup>Incluso algunas cepas de *L. bulgaricus* toleran el bajo pH del estómago, por lo que se puede sugerir que continúa un cierto grado de hidrólisis de la lactosa por los microorganismos en el estómago e incluso en el intestino. Se han encontrado evidencias de que las enzimas secretadas por los microorganismos antes de la ingestión del yogur pueden continuar su acción en el trato gastrointestinal.

Otro aspecto notable, es que el yogur ya está coagulado cuando llega al estómago, mientras que la leche coagula en este por acción de la acidez y de las enzimas secretadas en el estómago. Esta diferencia puede determinar que el yogur quede parcialmente intacto tras la ingestión, retardándose así la difusión de la lactosa hacia las paredes del intestino. Esta inhibición podría ser suficiente para permitir que la lactasa presente en el yogur hidrolice la lactosa en un grado suficiente para evitar sus efectos adversos, pero por el momento no se dispone de datos objetivos que confirmen este supuesto. De las experiencias de distintos científicos se puede confirmar la hipótesis de que el yogur es un alimento perfectamente aceptable para las personas con tendencia al padecimiento de intolerancia a la lactosa.

Esto implica que el yogur puede representar una fuente de energía importante en la dieta, ya que el yogur natural contiene unos 6,4 g/100 g de carbohidratos y los yogures de frutas contienen hasta 1820 g/100 g de sacarosa, además de otros carbohidratos asimilables. Teniendo en cuenta que cada gramo de azúcar aporta unas 4 kilocalorías de energía metabolizable, el yogur puede jugar un importante papel en la compensación de las deficiencias energéticas<sup>12</sup>.

### **9.27.1. Carbohidratos no asimilables**

<sup>12</sup>Aunque el yogur natural se elabora exclusivamente a base de leche, los yogures batidos de frutas suelen llevar adicionados normalmente agentes estabilizantes para reducir la separación del suero durante la distribución<sup>12</sup>.

Fuente: <sup>12</sup>Arturo M. Terres Speziale Et. Al. Enfermedad Diarreica e intolerancia a la lactosa

<sup>12</sup>Muchos de los estabilizantes empleados son carbohidratos complejos y aunque las concentraciones de estabilizantes autorizadas por las distintas legislaciones son bastante bajas (alrededor del 0,5%), debemos considerar su aporte. La goma de guar, la goma de garrofin, los carragenatos y los derivados celulósicos, son polisacáridos de cadena larga constituidos por unidades de monosacáridos dispuestos ordenadamente.

Estas moléculas no pueden ser digeridas por las enzimas intestinales humanas, por lo que estos hidrocoloides son denominados normalmente carbohidratos no asimilables. No obstante desempeñan un papel nutritivo en el organismo de alguna de las siguientes formas:

- Aumentando el volumen del contenido intestinal, lo que estimula el peristaltismo y reduce los riesgos del padecimiento de disfunciones del colon,
- Absorbiendo ciertas sustancias químicas potencialmente tóxicas que se hayan podido formar en el intestino como resultado de la acción bacteriana,
- Retardando la difusión de azúcares a través de la pared intestinal, lo cual resulta beneficioso para las personas que padecen intolerancia a la lactosa o que presentan tendencia a la hiperglucemia postprandial. La demanda de insulina tras cada comida, necesaria para estabilizar la concentración sanguínea de glucosa, supone un importante “desgaste” del sistema hormonal, incluso en individuos sanos, representando esta brusca demanda un especial problema en personas diabéticas. Cuando en la dieta se incluyen carbohidratos no asimilables, la absorción de glucosa disminuye, y con ello el estímulo para la producción de insulina, pudiendo resultar esta tendencia a la homeostasis muy beneficiosa desde el punto de vista biológico<sup>12</sup>.

Fuente: <sup>12</sup>Arturo M. Terres Speziale Et. Al. Enfermedad Diarreica e intolerancia a la lactosa

## 9.28. HIDRÓLISIS DE LA LACTOSA

<sup>12</sup>La hidrólisis se divide en los dos monosacáridos que la componen por medio de las lactasas intestinales de los mamíferos o bien en medio ácido con calentamiento **GALACTOSA y GLUCOSA**. Hay una parte de la población que no es capaz de digerir la lactosa son denominados lactasa negativos se da sobre todo en la población asiática y africana, y cada vez hay más población infantil que la sufre, por ello hay que tener precaución en la utilización en la dieta como fuente de energía.

Función biológica como fuente de energía para las bacterias es lo más importante para la elaboración del queso y que son la base para la transformación de la leche en queso y que se evitan en las leches destinadas a consumo.

La hidrólisis de la lactosa requiere de una betagalactosidasa: la lactasa neutra, que es una enzima localizada en el borde de cepillo de las células epiteliales del intestino delgado, observándose concentración máxima en el yeyuno proximal, baja en el duodeno y mínima en el íleon terminal. Se han demostrado otras dos betagalactosidasas, sin embargo, no parecen intervenir en la hidrólisis de la lactosa ingerida. La maltasa, la isomaltasa y la sacarasa adquieren niveles normales al octavo mes de vida intrauterina, no así la lactasa que los alcanza hasta el final de la gestación. Esto explica que el prematuro pueda eventualmente presentar niveles bajos de esta enzima. La lactosa no hidrolizada permanece en la luz del intestino incrementando la concentración osmótica y produciendo diarrea osmótica. Simultáneamente, por acción de enzimas bacterianas el carbohidrato es fermentado con producción de ácidos orgánicos y gran cantidad de gases, el pH se vuelve ácido y puede llegar a ser de 4.5; esta acidez actúa sobre la motilidad intestinal incrementando el peristaltismo. También existe pérdida de proteínas y disminución adecuada en la absorción de grasas<sup>12</sup>.

<sup>12</sup>Fuente: Arturo M. Terrés Speziale et al.

## **9.29. ELABORACION DEL YOGURT DESLACTOSADO**

Luego de la hidrólisis de la lactosa en dos azúcares importantes como son la galactosa y la glucosa, con este tipo de hidrólisis se consigue que el azúcar sea más dulce y digestible, generalmente esta hidrólisis resulta que la leche tenga un 70%-80% de deslactosada.

Se mide la actividad enzimática en una concentración de 20-40 un/gr de lactosa que tiene la leche.

### ***9.29.1. Procedimiento y Adición de la Lactasa a la leche***

<sup>13</sup>Antes de realizar este procedimiento se debe tener en cuenta que esta enzima lactasa actúa sobre dos variables muy importantes como son el pH y temperatura si se alteran estas dos variables va a existir una hidrólisis incompleta.

La leche tiene que tener un tratamiento térmico entre 40°C – 45°C, para que la lactasa reaccione rápidamente y un pH óptimo de 6.5. La hidrólisis se consigue luego de 5-6 horas mantenimiento la temperatura.

A continuación se describen las enzimas que se puede adicionar a la leche y su venta se encuentra en el mercado<sup>13</sup>.

## **9.30. ENZIMAS ENCONTRADAS EN EL MERCADO PARA LA PRODUCCION DE PRODUCTOS LACTEOS- YOGURT**

1. Transglutaminasa
2. Lactasa

<sup>13</sup>Fuente: Antecedentes, producción y calidad de la leche. Grether Torres Santos (Agrónoma)

- **Transglutaminasa**

<sup>13</sup>Es una enzima que cataliza la polimerización y entrecruzamiento de proteínas por medio de la unión covalente entre las moléculas proteicas (glutamina-lisina). Es una clase de aditivo alimenticio para producir nuevas proteínas desarrolladas en alimentos con biotecnología moderna.

**Funcionamiento:** Cataliza la reacción intra e intermolecular de proteínas y aminoácidos, e hidroliza los residuos de glutamina en la proteína. La reacción de la transglutaminasa es controlada por la relación tiempo-temperatura. Una temperatura de reacción mayor requiere de un menor tiempo mientras que una temperatura de reacción menor requiere un tiempo mayor. Esto depende del tipo de proceso y propiedades físicas que se requieren.

**Aplicaciones:**

- Cárnicos: Mejora la flexibilidad, textura y el sabor prolonga la vida de anaquel
- Yogurt: Reduce la sinéresis en el producto.
- Postres congelados: Mejora las propiedades gustativas especialmente bajos en calorías y/o azúcar.
- Vegetales y frutas: Estimula la absorción de minerales en el intestino.
- Productos horneados: Mejora la textura e incrementa el volumen.
- Proteínas de leche: Incrementa su viscosidad.

**Lactasa**

Una levadura neutral de lactasa para la hidrólisis de la lactosa. Enzima que digiere la lactosa (azúcar naturalmente presente en la leche) en el intestino delgado<sup>13</sup>.

<sup>13</sup>Antecedentes, producción y calidad de la leche. Grether Torres Santos (Agronoma)

Es estable y eficiente sobre los rangos comunes de pH de la leche y productos lácteos.

- Rango optimo: pH = 5.5- 6.5
- Rango efectivo: pH = 5.25 – 6.75
- Rango de estabilidad: pH = 6.0- 7.5
- La enzima es rápidamente inactivada debajo de pH = 5.0
- Es inactivada a temperaturas por encima de los 55°C (131°F) y a temperaturas de pasteurización

**Aplicaciones en alimentos:** Los usos más comunes en alimentos son para leches deslactosadas, leches para lactantes, yogurt entre otras.

### 9.31. PROCEDIMIENTO

Esta elaboración se debe llevar a cabo mediante condiciones de limpieza, utilizando bacterias como son los lactobacillus bulgaricus y Streptococcus thermophilus.

**Tabla No. 12. Equipos y materiales con sus respectivas características en la elaboración del yogurt Deslactosado.**

Cantidad	Equipos y Materiales	Características
1	Refrigerador	Que contenga estable la temperatura
4	Cocina	Limpia y amplia
1	Incubadora: Una incubadora casera puede confeccionarse con la ayuda de un cajón recubierto que logren mantener una temperatura constante de 40 a 45°C.	
2	Medidor de litro	Para la materia prima
3	Medidor de cucharas	Exactos
<b>A gusto</b>	Recipientes varios	Para envasar, limpios

2	Agitador	De plástico ó acero inoxidable
3	Ollas	Aluminio con tapa, para contener 10 litros de leche fresca
1	Cuchillos	
<b>A gusto</b>	Envases	De preferencia con tapa, plástico, su preferencia.
1	Termómetro de temperatura	°C
1	Tanque de gas	Lp.
1	Parrilla	Para aguantar el peso del al baño maría de la materia prima
1	Tina de galvanizada	Grande, para introducir el baño maría de la leche.
2	Paleta de plástico	Grande ( o mediana )
1	Cronometro	Digital
1	<b>Cedazo para colar</b>	<b>Limpio, grande</b>

Fuente: Autor

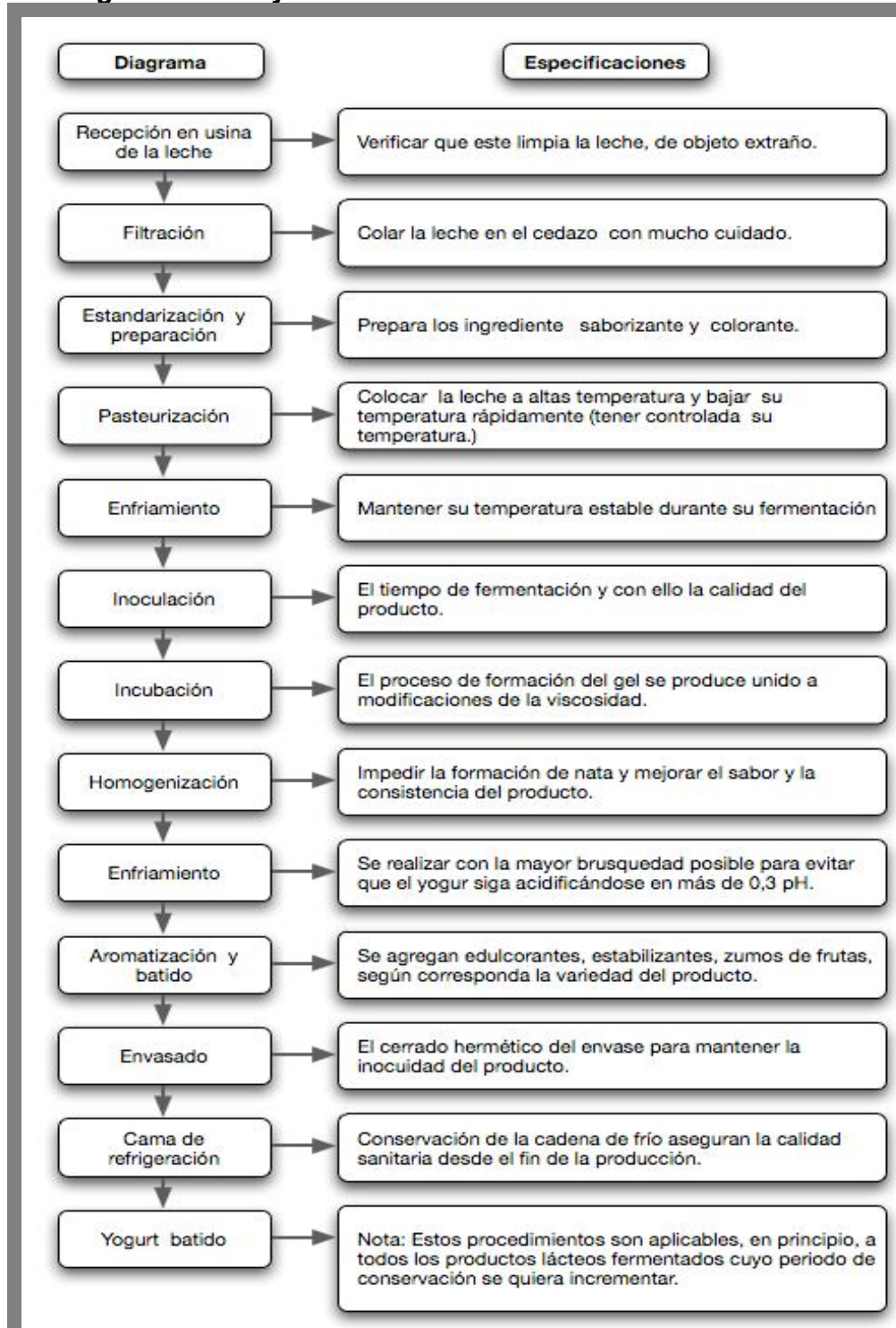
### 9.31.1. Formulación del Yogurt Deslactosado

Tabla No. 13. Formulación del yogurt Deslactosado

Cantidad	Formulación
10 litros	De leche deslactosada
200 gramos	De leche descremada en polvo.
2 kilos	De azúcar
1 litro	Yogur comercial fresco, verificar la fecha de elaboración
1/2	Cucharada de C.M.C.
1 kilo	De fresa (al gusto el adición de fruta ) saborizantes
<b>Rendimiento 11 litros de yogur Deslactosado</b>	

Fuente: Autor

### 9.31.2. Diagrama de Flujo



Fuente: Autor





**Tabla No. 14. Diagrama en la Elaboración de yogurt Deslactosado**

Descripción	Diagrama
Equipos y Materiales para la elaboración del yogurt Deslactosado	
Formulación en la Elaboración del yogurt Deslactosado	
Selección de las frutas	
Preparación de la mezcla frutas con azúcar para realizar la mermelada	
Preparación de la leche para adicionar el fermento láctico	

<p><b>Adición de fermento láctico a temperatura adecuada</b></p>	
<p><b>Recepción de la materia prima la leche Deslactosada</b></p> <p>En este punto se realizan puntos de control verificadas con la calidad de la leche</p>	
<p><b>Pasteurización</b></p> <p>Tratamiento térmico a 90°C por 15 minutos donde se va a producir la desnaturalización de las proteínas del suero, especialmente la b-lacto globulina</p>	
<p><b>Enfriamiento</b></p> <p>Es un punto de control específico para obtener la temperatura adecuada para adicionar el fermento láctico.</p>	
<p><b>Inoculación</b></p> <p>Con la cantidad de inoculación se determina la cantidad de fermentación y con ella lograr una alta calidad se debe adicionar 2-3% de cultivo en un promedio de 3 horas.</p>	

<p style="text-align: center;"><b>Incubación</b></p> <p>En esta etapa se realiza la coagulación de la caseína y la fermentación final del producto, en este momento se determina la viscosidad del producto final, el control se determina por la cantidad de inocuo formado por crecimiento total</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Homogenización</b></p> <p>Reducción de glóbulos grasos pero existe un aumento de la caseína formando así un coágulo blando.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Incubación</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Refrigeración</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Adición de mermelada y batido del yogurt</b></p> <p>En este procedimiento se busca romper los coágulos de la caseína pero adicional a esto se debe agregar la mermelada ya realizada</p>	

<p style="text-align: center;"><b>Envasado</b></p> <p>El envasado evita la proliferación de microorganismos se debe realizar rápidamente para obtener un producto inocuo.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Refrigeración</b></p> <p>Se debe mantener la cadena de frío para evitar alteraciones del producto se debe mantener &lt;8°C, aproximadamente por una semana.</p>	

Fuente: Ingeniera Zolanlly García - Universidad Uniagraria 2009

Ingeniera de Alimentos

### 9.31.3. Ficha Técnica de la enzima Lactasa

#### M A X I L A C T

#### Lactasa de levadura Láctea

##### Introducción

MAXILACT es la enzima lactasa purificada y aislada a partir de la levadura láctea *Kluyveromyces marxianus var lactis*.

##### Función

MAXILACT hidroliza la lactosa un disacárido de la leche en dos monosacáridos: Glucosa y Galactosa.



##### Usos

Hidroliza la leche para la producción de leche deslactosada, bebidas lácteas deslactosadas, dulces de leche deslactosados, suero Deslactosado, en general todos los productos lácteos que se deseen deslactosar.

## Modo de Uso

Como Maxilact se deriva de una levadura láctea, las condiciones óptimas de reacción son las de una leche natural:

Ph = 6,6 - 6,8

Temperatura = 35 - 40 ° C.

No obstante Maxilact es también activa a bajas temperaturas de hasta 4°C, lo que permite hidrolizar la leche o suero durante el almacenaje nocturno.

Las condiciones de la reacción como: Temperatura, acidez (pH), tiempo de proceso, concentración de lactosa y la dosificación del maxilact determinan la viscosidad de la reacción.

## Niveles De Uso

La dosificación de la enzima depende del producto a fabricar, del grado de hidrólisis deseado y de las condiciones del proceso.

## Almacenamiento

- Debe almacenarse bajo refrigeración.
- Si se almacena a una temperatura <5° C el Maxilact mantiene su actividad declarada por 6 meses.
- No se debe congelar.

## Método para la determinación del grado de hidrólisis de la lactosa en leche

Cuando el MAXILACT entra en contacto con la molécula de la lactosa, esta se romperá en dos, Glucosa y Galactosa. El grado de hidrólisis puede ser definido así:

$$\text{GLUCOSA} + \text{GALACTOSA} \times 100\% \text{ LACTOSA INICIAL}$$

El método descrito a continuación, se basa en el principio para determinar el contenido de la Glucosa, después de la cual el grado de hidrólisis puede ser calculado.

## LAS LAMINAS DE PRUEBAS

Con este método, la zona de test en una lámina plástica da un cambio de color. El color que se desarrolla depende del contenido de la Glucosa en la solución. El color que se desarrolla se compara con la escala de colores, así el porcentaje de Glucosa puede leerse.

## PROCEDIMIENTO

1. La tira de plástico se introduce en su zona de test, por dos segundos dentro de la leche.

2. El exceso de leche se sacude de la lámina de test.
3. Exactamente 30 segundos después, la zona de test se compara con la escala de colores.

#### INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La escala de colores indica diferentes concentraciones de Glucosa:

0 - 0.1 - 0.25 - 0.50 - 1 - 2 %

El color que más se parece al desarrollado por la lámina de la zona de test, indica en contenido de la Glucosa en la leche.

#### CALCULOS

Ejemplo: La zona de test indica que el contenido de Glucosa de leche está en un rango entre 1 y 2 digamos 1,5%. Así por 1 L de leche, 15 gr de Glucosa se han formado, junto con 15 gr de Galactosa, esto indica que 30 gr de Lactosa debe haber roto su molécula, mientras que existía un contenido inicial de Lactosa de 46 gr.

El grado de hidrólisis es:

Cuando leche normal con 4,6 % de Lactosa se Hidroliza, los siguientes resultados pueden calcularse:

**NOTAS:** La leche hidrolizada concentrada debe ser diluida a un nivel normal de Lactosa (contenido inicial de Lactosa 4,6 %) antes de comenzar el procedimiento para el test.

Se han obtenido muy buenos resultados usando las láminas plásticas de test marca DIASTIX por AMES.

Fuente: [www.interenzimas.com.co](http://www.interenzimas.com.co)

### 9.31.3.1. FICHA TECNICA MAXILACT LX 5000

#### Lactasa de levadura Láctea

##### Introducción

MAXILACT es la enzima lactasa purificada y aislada a partir de la levadura láctea *Kluyveromyces marxianus var lactis*.

##### Función

MAXILACT hidroliza la lactosa un disacárido de la leche en dos monosacáridos: Glucosa y Galactosa.

## LACTOSA + AGUA-----à GLUCOSA + GALACTOSA

### CARACTERISTICAS

#### Apariencia

MAXILACT es un líquido café.

#### Actividad

Cada gramo de Maxilact LX 5000 contiene 5000 Unidades Neutrales de Lactasa (UNL).

#### Inhibidores

Metales pesados, Sodio y Calcio

#### Activadores

Potasio, Magnesio y Manganeso

#### Usos

Hidroliza la leche para la producción de leche deslactosada, bebidas lácteas deslactosadas, dulces de leche deslactosados, suero Deslactosado, en general todos los productos lácteos que se deseen deslactosar.

#### Modo de Uso

Como Maxilact se deriva de una levadura láctea, las condiciones óptimas de reacción son las de una leche natural:

Ph = 6,3 - 6,7

Temperatura = 35 - 40° C.

No obstante Maxilact es también activa a bajas temperaturas de hasta 5°C, lo que permite hidrolizar la leche o suero durante el almacenaje nocturno. Las condiciones de la reacción como: Temperatura, acidez (pH), tiempo de proceso, concentración de lactosa y la dosificación del maxilact determinan la viscosidad de la reacción.

#### Niveles De Uso

La dosificación de la enzima depende del producto a fabricar, del grado de hidrólisis deseado y de las condiciones del proceso.

## ALMACENAMIENTO

- Debe almacenarse bajo refrigeración.
- Si se almacena a una temperatura 5° C el Maxilact mantiene su actividad declarada por 6 meses.
- No se debe congelar.

**Método para la determinación del grado de hidrólisis de la lactosa en leche**

Cuando el MAXILACT entra en contacto con la molécula de la lactosa, esta se romperá en dos, Glucosa y Galactosa. El grado de hidrólisis puede ser definido así:

$$\text{GLUCOSA} + \text{GALACTOSA} \times 100\% \text{ LACTOSA INICIAL}$$

El método descrito a continuación, se basa en el principio para determinar el contenido de la Glucosa, después de la cual el grado de hidrólisis puede ser calculado.

## LAS LAMINAS DE PRUEBAS

Con este método, la zona de test en una lámina plástica da un cambio de color. El color que se desarrolla depende del contenido de la Glucosa en la solución. El color que se desarrolla se compara con la escala de colores, así el porcentaje de Glucosa puede leerse.

## PROCEDIMIENTO

1. La tira de plástico se introduce en su zona de test, por dos segundos dentro de la leche.
2. El exceso de leche se sacude de la lámina de test.
3. Exactamente 30 segundos después, la zona de test se compara con la escala de colores.

## INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La escala de colores indica diferentes concentraciones de Glucosa:

0 - 0.1 - 0.25 - 0.50 - 1 - 2 %

El color que más se parece al desarrollado por la lámina de la zona de test, indica en contenido de la Glucosa en la leche.

## CALCULOS

Ejemplo: La zona de test indica que el contenido de Glucosa de leche está en un rango entre 1 y 2 digamos 1,5%. Así por 1 L de leche, 15 gr de Glucosa se han formado, junto con 15 gr de Galactosa, esto indica que 30 gr de Lactosa debe haber roto su molécula, mientras que existía un contenido inicial de Lactosa de 46 gr.



**El grado de hidrólisis es:**

**Cuando leche normal con 4,6 % de Lactosa se Hidroliza, los siguientes resultados pueden calcularse:**

**NOTAS: La leche hidrolizada concentrada debe ser diluida a un nivel normal de Lactosa (contenido inicial de Lactosa 4,6 %) antes de comenzar el procedimiento para el test.**

**Se han obtenido muy buenos resultados usando las láminas plásticas de test marca DIASTIX por AMES.**

Fuente: [www.interenzimas.com.co](http://www.interenzimas.com.co)

### **9.32. INVESTIGACIÓN SOBRE ELABORACION DEL QUESO ENZIMATICO**

<sup>14</sup>Uno de los pasos claves en la manufactura del queso consiste en la coagulación enzimática de la leche. La adición de las enzimas apropiadas conduce a la gelificación de la leche por la desestabilización de la capa de caseína, permitiéndose la interacción física de las micelas. El coágulo formado durante este proceso es utilizado como precursor del queso. Las enzimas que catalizan la hidrólisis de la caseína, reciben el nombre genérico de reninas y constituyen en este momento una de las principales enzimas dentro del volumen comercial mundial. En los últimos años la quimosina bovina, que es la renina de mayor interés, ha presentado limitaciones en su oferta comercial, por lo que todo nuevo proceso que tenga como resultado la reducción del consumo de renina en el proceso de producción de queso es económicamente deseable. Al mismo tiempo, la adición de la renina en forma soluble a la leche, no impide que parte de ella se incorpore al queso, por lo que es de vital importancia que esta no ocasione la formación de productos que le confieran mal olor y mal gusto<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

La adición de la enzima a la leche en forma discontinua, ocasiona dificultades en el control del proceso, por lo que son deseables aquellos procesos tecnológicos que permitan una mayor estandarización de los parámetros de control.

### **9.33. VENTAJAS DE LA PROPUESTA AL UTILIZAR LA RENINA PARA LA COAGULACION DEL QUESO**

<sup>15</sup>El procedimiento industrial para la coagulación continua de la leche permite:

Reducción del consumo de renina por litro de leche coagulada, por concepto de la reutilización continúa de la renina, la cual está inmovilizada en el soporte sólido y no se pierde con el coágulo de leche.

Estandarización de los parámetros del proceso tecnológico de coagulación permitiendo la automatización del proceso y el mantenimiento de las mismas condiciones de la obtención del coágulo durante el tiempo de funcionamiento.

La inmovilización de la enzima al soporte impide que el mismo pase a formar parte del queso, por lo que se evita su acción posterior en el tiempo de maduración, con la consiguiente aparición de olores y sabor no propios del queso.

Aumento de la actividad hidrolizante del catalizador pues su inmovilización en forma de granulado incrementa el área de contacto de la enzima con el sustrato, por lo que se disminuye el tamaño y costo de la instalación industrial<sup>15</sup>.

<sup>15</sup>[www.quesoscolombianos.com.co](http://www.quesoscolombianos.com.co)

### **9.34. PORQUE NO UTILIZAR LECHE DESLACTOSADA EN LA ELABORACION DEL QUESO**

Una de las consecuencias de la pasteurización y utilización de lactasa para la leche, es la desnaturalización de las proteínas solubles, cuya intensidad es proporcional a la temperatura alcanzada, el calentamiento de la leche disminuye la aptitud para la coagulación del cuajo, la cuajada obtenida es más blanda que lo normal, muchas veces la textura y el aroma del queso es muy diferente al realizarlo con una leche normal

### **9.35. EL QUESO**

<sup>14</sup>El queso es el resultado de la concentración selectiva de la leche, el agua se elimina en distinta proporción según la variedad arrastrando con ella una parte de elementos solubles y de las proteínas no coaguladas de la leche.

El agua que se queda retenida en el queso desempeña un papel muy importante: es esencial para el desarrollo de fermentaciones y de los microorganismos; además de influir directamente en otras propiedades del producto final. La lactosa es el sustrato para la formación del ácido, y por lo tanto interviene en la coagulación de la leche, el desuerado, y la textura de la cuajada, y también en el crecimiento de microorganismos. La caseína coagulada constituye la base de la pasta quesera y en su degradación se originan diversos compuestos aromáticos. Las proteínas del suero que quedan incluidas en la cuajada tienen mucha importancia y contribuyen al valor nutritivo del queso. Los minerales participan sobre el desuerado y la textura del queso.

Este tipo de queso se produce mediante la acción de unos compuestos denominados enzimas que se encuentran en el cuajo<sup>14</sup>.

Fuente: <sup>14</sup>Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

El término cuajo viene del nombre de la enzima que se produce en el estómago de los animales lactantes y que tiene la función de degradar las proteínas de la leche (caseínas) para hacerlas precipitar y ser más digestibles y aprovechables para el individuo.

La elaboración del queso por medio de la acción de las enzimas del estómago se descubrió hace muchos años cuando los hombres utilizaban los estómagos de los cerdos y de los rumiantes para guardar la leche, viendo la reacción que se producía daba lugar a una masa que tenía sabor agradable, era más digestible y se conservaba mejor que la leche líquida, comenzaron a elaborar unos extractos de pared de estómago de lactante que es la versión primitiva de lo que se conoce hoy en día como cuajo.

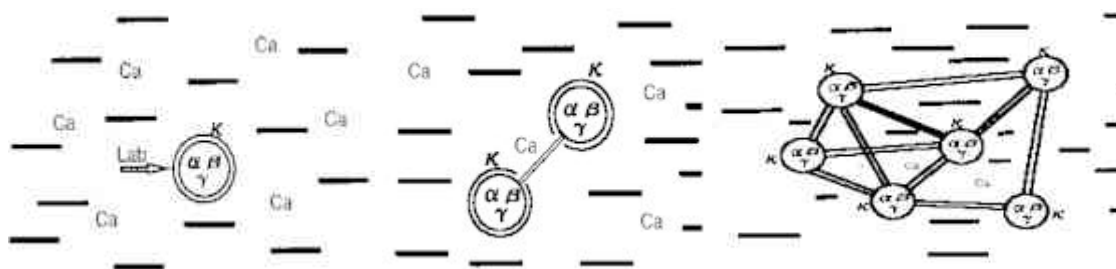
Las enzimas responsables de la coagulación de la leche no solo están presentes en los estómagos de los animales lactantes si no también en ciertas plantas y ciertos microorganismos, pero lo más común es que sean de origen animal concretamente del estómago de terneros.

En el estómago de los animales se producen dos enzimas que actúan en la digestión de las proteínas: la quimosina y la pepsina. En los animales lactantes el jugo gástrico producido tiene un 90% de quimosina y un 10 % de pepsina; si embargo en los animales adultos es al contrario hay un 10 % de quimosina y un 90% de pepsina. La potencia de un cuajo por lo tanto se suele referir a la cantidad de quimosina que tiene.

<sup>14</sup>La forma de actuación del cuajo en la leche se explica de la siguiente forma: algunas de las caseínas (alfa, beta y gamma caseínas) o proteínas de la leche están recubiertas por una cubierta de proteica (caseína kappa) que actúa como un protector que evita que reaccionen con el Calcio disuelto en la leche<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

Las caseínas alfa, beta y gamma son capaces de crear entre ellas puentes de calcio dando lugar a estructuras de mayor tamaño que es lo que constituye la cuajada. Solamente las proteínas envolventes o Kappa son sensibles a la acción enzimática del cuajo rompiéndose y por lo tanto desprotegiendo a las caseínas sensibles al Calcio (alfa, beta y gamma) pero que no se ven afectadas por el cuajo. Este proceso se va haciendo en cadena creciendo las estructuras de tamaño. De forma gráfica:



Graf. 17. Proceso de cadena en la forma como van creciendo las estructuras del cuajo

Fuente: Manual de Biotecnología de las Enzimas, 1985 Pág. 235

El cuajo actúa por lo tanto con más eficacia ante la presencia de Calcio y este es el motivo por el cual se debe añadir Cloruro Cálcico sobre todo si se trabaja con leche pasteurizada ya que mucho del Calcio presente en la leche de forma disuelta al sufrir el calentamiento queda inutilizado apareciendo quesos con estructura muy blanda ya que no hay elementos suficientes de unión para realizar el entramado proteico. Este proceso al contrario de lo que sucedía con las cuajadas producidas por medio de la fermentación ácido-láctica (quesos de untar) es irreversible desde el punto de vista químico.

### 9.36. EL CUAJO

<sup>14</sup>El cuajo es la enzima que coagula la leche. Existen enzimas de origen animal y microbiológico. El auténtico cuajo se extrae de los estómagos desecados de terneras lactantes<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

Esta enzima se conoce también con el nombre de renina o fermento lab.

Por la escasez del cuajo de ternera se emplean otras enzimas, como pueden ser la pepsina y el cuajo producido por cierta clase de mohos.

Para elaborar queso se debe añadir cuajo a la leche, el cual se extrae de las paredes del estómago de animales (terneras, vacas adultas y cerdos), pero especialmente a partir de terneros lactantes. La quimosina o renina es la enzima activa del cuajo, una sustancia presente en el abomaso de los mamíferos rumiantes. Ésta es la enzima esencial para la digestión de la leche y por tanto la enzima ideal para la coagulación de la misma. Coagula la leche porque actúa sobre una proteína que posee la leche, llamada caseína.

La quimosina es utilizada en la fabricación de quesos cuya función es separar la caseína (el 80% aproximadamente del total de proteínas) de su fase líquida (agua, proteínas del lacto-suero y carbohidratos), llamado suero.

La acción de la enzima sobre la caseína y el calcio disuelto en la leche para formar paracaseinato de calcio o cuajo. El cuajo es conocido desde tiempos muy antiguos, pero su componente activo y puro, la quimosina, sólo se conoce desde hace unas cuantas décadas.

La forma más común de hacer cuajo, es a partir del estómago de terneros lactantes.

Para ello se sumerge una parte del estómago en salmuera, y tras dejarlo reposar hasta que la renina se difunda en la salmuera, se utiliza parte de ese líquido en la leche a cuajar.

Hay también un cuajo químico, la quimosina pura, y es usada en producción de queso más industrial, por lo que es más fácil estandarizar los tiempos de

cuajado. En cuanto al cuajo puro, existen cuajos naturales: quimosina extraída químicamente del estómago de los terneros, y cuajo sintético, descubierto hace una década y de presentación en pastillas: es quimosina obtenida a partir de procedimientos de síntesis química sin usar el estómago de terneros como materia prima.

<sup>14</sup>Según la tradición histórica el cuajo se descubrió por primera vez aproximadamente hace de 4000 a 5000 años en Egipto. Se empleaban tripas y, sobre todo, estómagos secos para guardar en ellos líquidos. Probablemente, la práctica de transportar la leche en bolsas hechas con estómagos de animales, dio lugar a la elaboración más o menos accidental de los primeros quesos.

La leche que se guardaba de este modo se cuajaba casualmente gracias a la enzima del cuajar consiguiendo además que el producto se conservase mejor. De este modo se desarrolló a lo largo de los siglos el arte de hacer quesos. El cuajo natural se relaciona por tanto con la producción del queso desde tiempos inmemoriales.

Los romanos fueron los primeros en describir con detalle el proceso de elaboración y las legiones romanas contribuyeron a extender por toda Europa el arte de hacer queso. En tiempos de los romanos, se mezclaba una preparación rica en enzimas extraída del estómago de cabras, corderos e, incluso, liebres, con la leche de cabra u oveja (la leche de vaca no empezó a producirse a gran escala hasta el siglo XIII). La cuajada separada del suero se salaba y se almacenaba para su posterior consumo.

La preparación de los quesos de cuajo, que requerían una cierta técnica, se inicia mucho más tarde; precisamente Serma cita la aportación de los

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

Invasores romanos a la técnica empírica de los celtas y pueblos coetáneos, ya que es conocido, sin lugar a duda, que los griegos y los romanos coagulaban la leche con cuajo vegetal (la aceradilla o agrilla común, la aceradilla de los Alpes, la alcachofa, el cuajo figi), y, asimismo, utilizaban la leche cuajada procedente del estómago de los rumiantes jóvenes<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>En el siglo XIX algunos granjeros vendían extractos de cuajo de vaca en pequeñas cantidades para responder a las necesidades de la elaboración de queso casero. En 1874, un químico danés fundó un laboratorio en Copenhague y puso en marcha la elaboración industrial de cuajo de ternera, extraído de los estómagos de las terneras sacrificadas para carne, y en el que la quimosina es la enzima más abundante.

Hoy en día existen dos fuentes principales de quimosinas coagulantes para la leche: las de origen animal y las obtenidas a partir de diversos tipos de hongos. A éstas se han sumado las quimosinas obtenidas de hongos modificados genéticamente (transgénicos). En este último caso, se aíslan copias del gen responsable de la producción de quimosina en las células del estómago de los terneros y se introducen en el material genético de las células de micro-organismos, que puede cultivarse en cantidades industriales, para después aislar la quimosina que contiene<sup>14</sup>.

### **9.36.1. El Cuajo Transgénico**

<sup>14</sup>Con el desarrollo de la ingeniería genética surgió la posibilidad de usar genes de terneros que sintetizan las enzimas del cuajo (quimosina) para modificar genéticamente algunas bacterias, hongos, o levaduras y producir quimosina recombinante<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.



<sup>14</sup>La quimosina producida mediante enzimas genéticamente modificadas fue la primera enzima artificial registrada y permitida por la FDA (Agencia de Alimentos y Medicamentos) de EEUU.

La forma más usada para hacer cuajo genético es a través del hongo *Aspergillus niger*, un hongo común del suelo, al que se le insertan en micro-organismos los genes que sintetizan la enzima quimosina, empleada en la fabricación del queso y obtenida originalmente del estómago de terneros. A estos micro-organismos transgénicos se los deja crecer en grandes fermentadores para que produzcan la enzima quimosina recombinante.

Otro micro-organismo usado en la producción de cuajo transgénico es la levadura *Kluyveromyces lactis*. En este caso, se insertan los genes que sintetizan la proteína quimosina y la levadura transgénica se la hace crecer en un fermentador. Luego de la fermentación se mata la levadura con ácido benzoico y se aísla la quimosina por filtrado.

En 1999 cerca del 60% duro hecho en Estados Unidos es hecho a partir de quimosina genéticamente manipulada, especialmente a partir de tipo de Chymogen® que es un tipo de cuajo transgénico desarrollado por Genencor International y comercializado por Chr. Hansen's.

Otro tipo de cuajo transgénico es Chymax, desarrollado por Pfizer. Irónicamente, se promocionan los quesos hechos a partir de este cuajo transgénico, como apto para los vegetarianos, pues no proviene de fuentes naturales animales, aunque si de genes animales insertados en micro-organismos<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

Otro cuajo transgénico es Maxiren. La producción industrial de enzimas es un negocio que a comienzos del siglo XXI mueve en torno a 1.600 millones de dólares al año, de los cuales el 70% se debe a productos del género *Bacillus*. La enzima quimosina genera ganancias de 60 millones de dólares al año para las empresas transnacionales que la producen.

### 9.36.2. Otros quesos transgénicos

<sup>16</sup>Una empresa de lácteos de Nueva Zelanda Fonterra, solicitó permiso para transformar microorganismos (bacterias y levaduras usadas comúnmente en la industria láctea), a las que se les añadiría genes de manzana, kiwi, arándano y *Arabidopsis*, para que sinteticen enzimas que producen nuevos sabores en productos lácteos. Estos sabores podrían ser distintos a los que caracterizan a las plantas de donde provienen los genes. También en Nueva Zelanda, un grupo de científicos han creado vacas genéticamente modificadas clonadas, para que produzcan una leche rica en una proteína útil para la industria quesera. Estas vacas producen un 20% más de la enzima beta-caseína, y el doble de kappa-caseína que la leche natural. La caseína representa cerca del 77% al 82% de las proteínas de la leche<sup>16</sup>.

Fuente: <sup>16</sup>[www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net)

**Tabla No 15. Clasificación de los Coagulantes**

ORIGEN	ANIMALES	ENZIMAS	COMENTARIOS
Animal	Rumiantes: Ternero, Cordero, Bovino Adulto.	QUIMOSINA +pepsina PEPSINA +quimosina	Líquido, polvo, pasta
Animal	Mono gástricos: Pollo	PEPSINA porcina	No autorizado en

	y cerdo	PEPSINA de pollo	Francia
--	---------	------------------	---------

Fuente: Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía de Colombia – 1999.

La concentración residual de cuajo o coagulante en la cuajada varía de 0,3 a 0,5 % del volumen utilizado. La intención es que la influencia de este residuo dentro de la cuajada tenga la menor incidencia posible sobre el flavor, especialmente sobre la producción de péptidos amargos, por este motivo es que se insiste en la utilización de un alto % de quimosina si bien la presencia de endoenzimas provenientes de la lisis de las bacterias lácticas utilizadas como fermento, colaborarán a la hidrólisis de dichos péptidos evitando desvíos en el sabor.

### 9.37. ETAPAS BÁSICAS EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO

<sup>14</sup>El primer paso en la fabricación del queso es la coagulación de la leche (cuajado). Este fenómeno se produce por la desestabilización de la solución coloidal de la caseína que origina la aglomeración de las micelas libres y la formación de un gel en el que quedan atrapados el resto de los componentes.

La segunda etapa consiste en la deshidratación más o menos intensa de este coágulo para obtener una pasta de consistencia variable: es el desuerado o sinéresis. Al mismo tiempo que el agua, se elimina una parte de las sustancias que se encuentran todavía en suspensión, es decir, de los elementos del lacto suero. La materia grasa permanece en su mayor parte adherida y retenida en la cuajada de la caseína.

La tercera etapa se da en la mayoría de las variedades de queso. En la maduración, la acción de microorganismos y enzimas producen las modificaciones que dan lugar a las variedades de queso<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

Todas estas etapas poseen alguna variante en la que no se emplean enzimas, por lo que no serán comentadas al carecer de interés para el tema a estudiar.

### **9.37.1. DESCRIPCION DEL PROCESO**

#### **9.37.2. Coagulación Enzimática**

<sup>14</sup>En la industria quesera el método más empleado es la coagulación enzimática de la leche. Consiste en añadir a la leche un enzima que tiene la propiedad de coagular el complejo caseína. En esta reacción el fosfonato cálcico que se encuentra en forma soluble en la leche, se transforma por la acción de una enzima coagulante en fosfoparacaseinato de calcio insoluble.

El calcio y el fósforo desempeñan un papel fundamental en el mecanismo de coagulación y forman parte del gel de caseína, lo que confiere al coágulo unas propiedades especiales: es compacto, flexible, elástico, impermeable y contráctil. Estas características tienen una gran influencia en le desuerado y endurecimiento de la cuajada porque le permiten soportar las intervenciones mecánicas durante el proceso de la fabricación.

##### **9.37.2.1. El Cuajo**

El cuajo natural, llamado renina, es una enzima proteolítica segregada por la mucosa gástrica del cuarto estómago (cuajar) de los terneros, cabritos y corderos antes del destete. Esta secreción se produce en forma de un precursor inactivo, la pro-renina, que en medio neutro no tiene actividad enzimática pero que en medio ácido se transforma rápidamente en renina activa. El cuajo contiene dos enzimas: la quimosina, que es el componente principal y la pepsina. Después del destete, disminuye la producción de quimosina y la pepsina pasa a ser el componente mayoritario<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

<sup>14</sup>El cuajo se extrae de los cuajares manteniéndolos a remojo en salmuera. Para el uso comercial, se preparan soluciones purificadas de fuerza estandarizada en las que se ajusta el pH, la sal y el color y a las que se añade agentes conservantes.

La actividad proteolítica del cuajo se ejerce sobre la caseína, principalmente, y otras proteínas. Por lo tanto realiza dos acciones fundamentales. La primera acción es la de provocar la desestabilización de las micelas de caseína rompiendo las caseína k en un punto determinado de su molécula: el enlace peptídico entre el aminoácido fenilalanina y su vecino, que es una metionina. Generalmente la fuerza del cuajo se mide por la eficacia al romper este enlace, acción que produce la coagulación de la leche. En la caseína k hay unos 164 enlaces peptídicos que pueden ser atacados, además de los que hay en las otras fracciones de las micelas.

El segundo papel del cuajo es el de hidrolizar estos enlaces siguiendo un orden específico que es característico de la enzima empleada. Esta acción secundaria sobre las proteínas comienza lentamente después de la coagulación y continúa durante la maduración del queso. Esta acción, junto con la de las proteasas nativas de la leche, las proteasas de la flora original y las del fermento, contribuye al desarrollo de algunas de las características de textura y sabor del queso.

### **9.37.3. Desuerado de la Cuajada**

La distinta naturaleza de la cuajada obtenida enzimáticamente influye sobre el proceso de desuerado. Durante la coagulación, las micelas de caseína conservan su estructura y la cuajada retiene la mayor parte del calcio y del fósforo, que son algunos de los elementos que dan rigidez, cohesión e impermeabilidad<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.

<sup>14</sup>Por la acción del cuajo se forman nuevos enlaces y muchas micelas se unen entre sí para formar grandes redes. Las mallas formadas, como un tejido esponjoso, retienen mecánicamente una buena parte del agua. Como resultado de la interacción de todos estos fenómenos la red formada se reestructura y se contrae, haciendo posible la expulsión del suero.

Sin embargo, la sinéresis no se inicia espontáneamente. El coágulo es impermeable y hace difícil y lento el paso del suero. Pero como también es compacto y firme, puede soportar las acciones mecánicas para favorecer el desuerado. La intervención conjunta de todos estos factores determina la velocidad del desuerado u la consistencia de la cuajada.

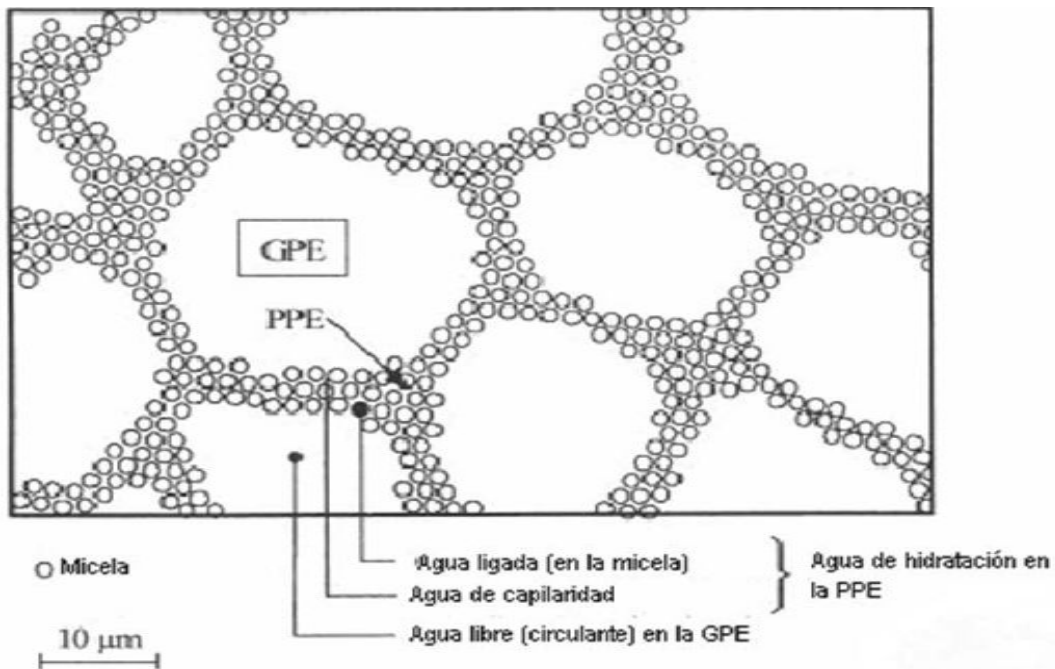
### **9.37.3.1 Sinéresis**

Desuerado en cuajadas enzimáticas

### **9.37.4. Cuajada Enzimática**

Organización tridimensional de una cuajada no desestructurada en donde las micelas de caseínas permanecen intactas. Dentro del gel podemos encontrar 3 tipos de agua con sus elementos solubilizados y elementos figurados<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Fuente: Principios de la técnica Lechera. Charles Alias.



Graf. 18 Repartición del gel dentro de un gel enzimático en la cuajada

Fuente: Tarodo de la Fuente et al.1.999.

### 9.37.5. Maduración

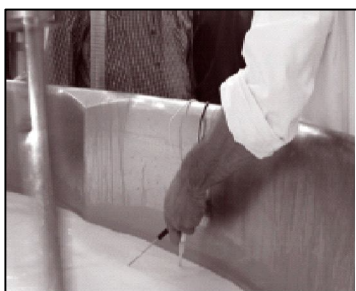
Las enzimas naturales de la leche, como las lipasas y las proteasas, participan en la maduración, pero su acción es muy lenta y no desempeñan un papel demasiado importante. La razón por la que las condiciones de maduración no son las óptimas para su actividad: la temperatura es demasiado baja y el Ph generalmente es muy ácido. Además, el efecto de estas enzimas disminuye porque se destruyen durante la pasteurización de la leche.

Las lipasas y las proteasas son las enzimas naturales más importantes para la maduración. La lipasa, que es muy poco termo resistente y libera ácidos grasos de cadena corta, actúa al final de la maduración de algunos quesos fabricados con leche cruda. Su acción es mínima en comparación con la de las lipasas microbianas. Por su parte, las proteasas, que se encuentran en muy poca

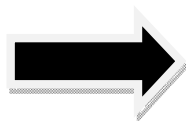
cantidad, pueden tener una acción muy restringida en algunas variedades de quesos.

Las enzimas que contiene el cuajo añadido a la leche para la obtención de la cuajada tienen una acción proteolítica además de la coagulante. Son endopeptidasas que cortan las cadenas en el centro y no en los extremos de las moléculas proteicas, liberando péptidos y no aminoácidos. Por ello, el exceso de cuajo residual en el queso, puede dar lugar a la aparición de un sabor amargo. Los péptidos así formados se degradan después en aminoácidos por la acción de las enzimas microbianas.

### 9.38. DESCRIPCION GRAFICA DEL PROCESO



Ph metro con compensación de la temperatura



Muestras de Laboratorio



Tina de cuajado

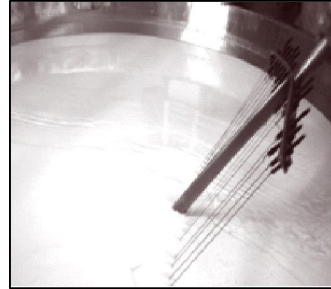


Tina quesera con agitador mecánico





**Tina mecánica – agitación**



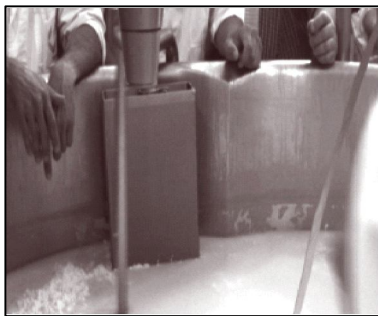
**Agitación con liras manuales**



**Liras mecánicas**



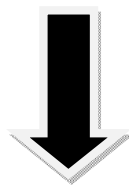
**Colador de agua para el lavado**



**Bomba de extracción del suero**

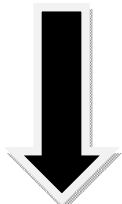
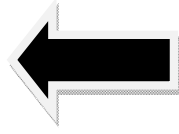


**Tamaño del grano del queso**





**Tela para la extracción del queso**



**Extracción del queso de la tina**



**Mesa de moldeo, pre prensado**



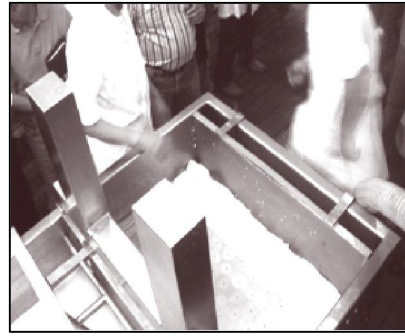
**Moldeo**



**Moldes en acero inoxidable**



**Mesa de moldeo y prensado**



**Prensado con batea**



**Prensado**



**Prensa de Colchón**



**Salmuera**

**Graf. 19. Descripción grafica en la Elaboración del Queso Enzimático.**  
**Fuente: Ing. Zolanly García, Ingeniera de Alimentos Universidad Uniagraria 2009.**

## 9.38. FICHA TECNICA DE LA RENINA

MAXIREN®

**100 % Quimosina Pura**

**Maxiren®** es una preparación enzimática coagulante de Leche, constituido únicamente por quimosina, con exactamente las mismas características que el cuajo de ternera.

**Aplicaciones:** Su elevada pureza, su calidad constante y su estabilidad enzimática hacen de este producto un coagulante de primerísima calidad.

Maxiren® asegura una coagulación óptima de la leche y un rendimiento máximo de todo tipo de quesos.

### Modo de Empleo

Temperaturas Óptimas de Utilización

El **Maxiren®** y el cuajo de ternera tienen sensibilidades idénticas a la temperatura, la actividad óptima para la leche cruda (PH 6,60) se obtiene a 42,5° C y para la pasteurizada a 45° C.

La actividad enzimática se inhibe por encima de 55° C y por debajo de 15° C.

### Presentación

El **Maxiren®** viene en las dos presentaciones, granulado y tabletas.

Almacenamiento: Debe ser almacenado en un lugar fresco y seco

Vida Útil: Dos años a partir de su fecha de fabricación

Servicio Técnico: Interenzimas Ltda., cuenta con Técnicos especializados que le brindaran el apoyo y las herramientas necesarias para una mejor aplicación y uso de nuestros productos.

### Contáctenos

Oficinas Interenzimas Ltda. Calle 74ª No 2-70Bogota (Col)

Teléfonos: 3199999-2173000

Email [info@interenzimas.com](mailto:info@interenzimas.com)

## **Rendilase®**

### **Descripción**

Rendilase®1G/100L es un coagulante microbiano de la leche, obtenido por medio del cultivo de una cepa seleccionada del *Rhizocor miehei* altamente posicionado en la industria quesera del mundo entero como sustituto del cuajo animal sin ninguna modificación del proceso tecnológico ni la calidad del queso.

Rendilase®1G/100L cumple con las normas de pureza del Comité Experto Adjunto de Aditivos de Alimentos de la FAO.

### **Propiedades Microbiológicas**

Conteos totales	< 5.10 <sup>4</sup> en 1 g.
Enterobacteriaceae	< 30 en 1g.
Salmonella	ausente en 25 gramos
Escherichia coli	ausente en 25 gramos
Actividad antibiótica	ausente en test
Micotoxinas	ausente en test

### **Aplicaciones**

Industria Quesera

### **Dosificación**

1 gramo/100 litros para temperaturas entre 35° y 38° C.

Almacenamiento

Rendilase® 1G/100L debe ser almacenado en su empaque original a una temperatura de 4 - 8° C.

### **Vida Útil**

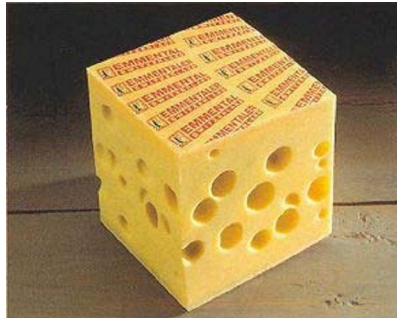
Si es guardado bajo esas condiciones su vida útil es de 24 meses y su pérdida de actividad durante ese periodo es de menos del 3%.

### **Contáctenos**

Oficinas Interenzimas Ltda. Calle 74ª No 2-70 Bogotá (Col)

Teléfonos: 3199999-2173000

Email [info@interenzimas.com](mailto:info@interenzimas.com)



### 9.39. CONCLUSIONES

- Las enzimas son catalizadores biológicos, es decir, proteínas que tienen la capacidad de acelerar ciertas reacciones químicas. En los últimos años su uso en gran cantidad de industrias ha adquirido gran relevancia. La enzimología o ciencia encargada del estudio de las enzimas siempre será un tema de actualidad en la biotecnología. En los últimos años, esta ciencia ha experimentado grandes avances al igual que sus aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica, de detergentes, panadería y papelera, entre otras. Los procesos catalizados por enzimas en la industria son cada día más numerosos, ya que presentan ventajas frente a los catalizadores no biológicos.
- El concepto de intolerancia a la leche es amplio y no se refiere exclusivamente a un defecto en la absorción de lactosa. Este término considera también, la intolerancia a la proteína de la leche en el que está involucrado el sistema inmune del individuo.
- La intolerancia a la lactosa es común en muchos niños y en la mayoría de los adultos. La intolerancia a la lactosa y a otros hidratos de carbono, es una causa frecuente de dolor abdominal. El diagnóstico es esencialmente clínico basado en la sospecha y ulterior prueba y contraprueba. El tratamiento consiste en disminuir o suspender el carbohidrato en problema, teniendo la precaución en los alimentos que la persona vaya a consumir y sobre todo conocer la eficacia de consumir alimentos lácteos sin lactosa para que la enzima lactasa sea digerible.
- Las principales funciones del intestino delgado son la digestión y absorción de los alimentos ingeridos. La incapacidad para absorber uno o varios constituyentes dietéticos como resultado de una digestión inadecuada podemos definirla como mal digestión, y la incapacidad de los productos normales de la digestión para cruzar la mucosa intestinal y

llegar a los linfáticos y a las ramificaciones venosas portales se define como mal absorción.

- El tratamiento inicial es restringir la leche de la dieta. El yogur aporta lactosa y beta-galactosidasa de origen microbiano que sustituye a la lactasa intestinal y se tolera mejor que la leche. Existen fórmulas adaptadas sin lactosa, leches vegetales y preparadas con bajo contenido en lactosa que son útiles en muchos casos. También puede añadirse lactasa a la leche para reducir o eliminar la ingesta de este azúcar.
- El proceso de coagulación de un queso enzimático inicia con la aparición de los primeros floculos, es un indicador de que al menos un 80 % de la K caseína ha sido hidrolizada, casi culminando de este modo la fase enzimática de la coagulación. A partir de allí y en forma interrumpida se dará lugar a las fases químicas de agregación que permitirán la formación del gel enzimático.
- La determinación del punto de floculación es de máxima importancia se debe considerar este tiempo (en minutos) como el 60-70 % del tiempo total de coagulación, el restante 40-30 % será el tiempo de endurecimiento de la cuajada, esta relación será conservada independientemente del tipo de cuajo o coagulante utilizado.
- Como ya se mencionó, el *cuajo*, que es usado en la elaboración de quesos, es una de las enzimas más antiguas; está formado por la mezcla de dos enzimas, quimosina y pepsina que se obtienen del cuajar de las terneras jóvenes. Estas enzimas rompen la caseína de la leche y producen su coagulación.
- Las enzimas que catalizan la hidrólisis de la caseína, reciben el nombre genérico de reninas y constituyen en este momento una de las principales enzimas dentro del volumen comercial mundial. En los últimos años la quimosina bovina, que es la renina de mayor interés, ha presentado



limitaciones en su oferta comercial, por lo que todo nuevo proceso que tenga como resultado la reducción del consumo de renina en el proceso de producción de queso es económicamente deseable. Al mismo tiempo, la adición de la renina en forma soluble a la leche, no impide que parte de ella se incorpore al queso, por lo que es de vital importancia que esta no ocasione la formación de productos que le confieran mal olor y mal gusto.

- La hidrólisis de la lactosa y la fermentación realizadas en forma simultánea, tienen como ventajas la disminución del tiempo empleado y del equipamiento necesario para el desarrollo del producto.

#### 9.40. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Cotrino V y Gaviria B. Cómo se Determina la Calidad Microbiológica de la Leche Cruda. Parte II. LMV Ltda. [web en línea] 2004 [25 de abril de 2005]; URL disponible en: <http://lmvltada.com/programas/ar05.html>.
2. Cotrino V y Gaviria B. Cómo se Determina la Calidad Microbiológica de la Leche Cruda. Parte III. LMV Ltda. [web en línea] 2005 [25 de mayo de 2006]; URL disponible en: <http://lmvltada.com/programas/ar05.html>.
3. Grether Torres Santos - [grether@agronomia.unica.cu](mailto:grether@agronomia.unica.cu).
4. Brock Biología de los microorganismos. M.T. Madigan, J.M. Martinko, J. Parker. PrenticeHall
5. Fundamentos de biotecnología de los alimentos. B.H. Lee. Acribia
6. Microbiología de los alimentos: fundamentos y fronteras. Doyle, Beuchaty Montvillia. Acribia
7. [info@mundolacteoycarnico.com](mailto:info@mundolacteoycarnico.com)
8. [www.dsm-foodspecialites.com](http://www.dsm-foodspecialites.com)
9. Lic. Daniel Pottí, Asesor Técnico Mundo helado España, [www.mundohelado.com](http://www.mundohelado.com)
10. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Cheftel.
11. El mundo de la Leche. Pascual Mastellone.
12. [info@interenzimas.com](mailto:info@interenzimas.com)
13. [cta@infocentral.com.br](mailto:cta@infocentral.com.br)
14. MUNDO LÁCTEO Y CÁRNICO. **Yogurt Deslactosado**: proceso y ventajas. 2005. Disponible en: <http://www.alimentariaonline.com/>
15. [www.cienciasdelaleche.com.co](http://www.cienciasdelaleche.com.co)
16. Disorders of carbohydrate absorption in clinical practice" Montes RG, Perman JA 1987
17. Dr. Francisco Alliende González - E-mail: [falliende@alemana.cl](mailto:falliende@alemana.cl). **XXVIII CURSO DE AVANCES EN GASTROENTEROLOGÍA**

18. CALDERÓN, MARÍA EUGENIA y ORJUELA CASTRO J.A. (2005), *Competitividad en la Agroindustria láctea*. Universidad Distrital de Caldas.
19. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE- (2003), *Encuesta Nacional Agropecuaria: resultados ENA 2003*. Sistema de Información del Sector Agropecuario Colombiano. SISAC.
20. RODRÍGUEZ BALLÉN, MARÍA MERCEDES (2002), *Manual técnico de derivados lácteos II*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
21. [www.quesoscolombianos.gov.co](http://www.quesoscolombianos.gov.co)
22. [aterres@aidmx.com](mailto:aterres@aidmx.com), Arturo M. Terrés Speziale, Lidia T. Casas Torres.
23. Artículo sobre "Arturo M. Terrés Speziale et al. "Enfermedad diarreica e intolerancia a la lactosa". Año 2005.
24. Artículo sobre "Enzimas con aplicación industrial" **Ma. del Carmen Montes Horcasitas e Ignacio Magaña Plaza**. Septiembre-octubre de 2002.
25. [www.divisionfood.com//aditivosparaalimentos](http://www.divisionfood.com//aditivosparaalimentos).
26. [www.capraispana.com](http://www.capraispana.com)
27. **Grether Torres Santos**; [grether@agronomia.unica.cu](mailto:grether@agronomia.unica.cu), **Antecedentes, producción y calidad de la leche**.
28. Manual de biotecnología de las Enzimas, Alan WISEMAN, Editorial Acribia S.A. Zaragoza España, pág. 444, año 1985.
29. Biotecnología Alimentaria; García Garibay y López Munavia, Limusa S.A de C.V, Noriega Editores, Año 1998 pág. 636.
30. CHARLES Alais, Ciencia de la Leche, Principios de técnica Lechera; Versión Don Antonio Lacoba Godina; Diplomado en Lactología, Editorial REVERTESA Barcelona, Bogotá. Buenos Aires Caracas pág.873.
31. [http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/2bch/b3\\_metabolismo/t31\\_metabol/diapositivas/diapositiva12.gif](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2bch/b3_metabolismo/t31_metabol/diapositivas/diapositiva12.gif)
32. Artículo sobre "Gastr Latinoam 2007"; Vol 18, N° 2: 152-156, **Francisco Alliende G, XXVIII CURSO DE AVANCES EN GASTROENTEROLOGÍA**
33. Dr. Francisco Alliende González - E-mail: [falliende@alemana.cl](mailto:falliende@alemana.cl).
34. <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000276.htm#top>

35. [www.4natur.com](http://www.4natur.com). El contenido de 4Natur.com se propone únicamente para uso meramente informativo y no es sustitutivo de la consulta o la información proporcionada por su médico o profesional de salud.
36. <http://digestive.niddk.nih.gov/ddiseases/pubs/lactoseintolerance/index.htm> y D. Miller Ben Shaul, La composición de la leche de los animales salvajes. In : Análisis de la leche animal y técnicas manuales-retrospectivas. Anuario del zoo Internacional, 1959.
37. Arturo M. Terrés Speziale et al. Enfermedad diarreica e intolerancia a la lactosa
38. Artículo sobre “Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía de Colombia – 1999”.
39. García Zolanlly; Ingeniera de Alimentos Uniagraria, 2009.
40. [www.interenzimas.com.co](http://www.interenzimas.com.co).
41. [www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)
42. Enciclopedia Encarta 2008
43. <http://www.alergiainfantillafe.org/>
44. [cmontes@mail.convestar.co](mailto:cmontes@mail.convestar.co)
45. [www.copraispana.com](http://www.copraispana.com)
46. [autel@adinet.com.uy](mailto:autel@adinet.com.uy). Docente de la cátedra de lechería de Colonia Suiza.
47. [http://3.bp.blogspot.com/intolerancia a la lactosa](http://3.bp.blogspot.com/intolerancia%20a%20la%20lactosa).
48. [www.4natur.com](http://www.4natur.com)
49. [www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net)
50. Francois M. Luquet, Leche y productos lácteos, Editorial Acribias S.A. Zaragoza España.
51. Montplet y Esteban S.A, Leche y productos Lácteos, Métodos analíticos en Alimentaria, Panreac. 1987.

#### 9.41. RECOMENDACIONES ESPECIALES

Al realizar esta monografía; me deja enseñanzas muy interesantes en mi carrera como profesional en Ingeniería de Alimentos; tener amplios conocimientos sobre un tema apático para varios estudiantes, pero donde realmente se analiza las condiciones de estas actividades enzimáticas como son la lactasa y la renina; y como estas alteran o ayudan a procesos alimenticios que nosotros consumimos y nunca nos detenemos a observar. Pero me deja aun más la satisfacción que hay temas para investigar en la parte de enzimas lácticas; unas alternativas importantes para realizar investigaciones para otros trabajos de tesis, monografías o de investigación.

- Investigación sobre enzimas para realizar detergentes
- Investigación de enzimas para realizar papel
- Principales medicamentos elaborados con enzimas
- Forma de obtención de enzima lactasa a nivel industrial
- Producción de bebidas fermentadas con adición de enzimas
- Desventajas al utilizar enzimas
- Producción de enzimas para la industria textilera
- Producción de renina sin extraerlos de los cuajos de los terneros
- Elaboración y producción de cuajo sintético
- Procedo o método de realizar queso sin utilizar el cuajo
- Producción del cuajo con ayuda de la biotecnología.
- Elaboración de cuajos transgénicos.

## Anexo 1

1. [www.monografias.com.co](http://www.monografias.com.co)
2. Enciclopedia Encarta 2009.
3. [http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeov/2bch/b3metabolismo/t31\\_metabol/diapositivas/diapositiva12.gif](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeov/2bch/b3metabolismo/t31_metabol/diapositivas/diapositiva12.gif)
4. **CHARLES Alais, Ciencia de la Leche**
5. [www.mundohelado.com](http://www.mundohelado.com)
6. T.L. Héctor Martegani
7. Grether Torres Santos
8. [www.cienciasdelaleche.com.co](http://www.cienciasdelaleche.com.co)
9. Fundamentos de Biotecnología de los Alimentos. Lee Acribia
10. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos, Cheftel
11. Dr. Francisco Alliende González. Curso de Gastroenterología
12. Arturo M. Terres Specialize et al. Enfermedad Diarreica Aguda e intolerancia a la Lactosa
13. Antecedentes, producción y calidad de la leche
14. Principios de la Técnica Lechera
15. [www.quesoscolombianos.com](http://www.quesoscolombianos.com)
16. [www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net)