



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE QUÍMICA

**Efecto de la conservación y el tiempo de almacenamiento  
sobre los aminoácidos y vitaminas liposolubles del queso  
suave de leche de cabra, cruda y pasteurizada.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

JOCABED ALFARO SOSA



MÉXICO, D.F.

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Jurado asignado:

Presidente: MARÍA ELENA CAÑIZO SUAREZ

Vocal: AMELIA MARÍA DE GUADALUPE FARRES GONZÁLEZ  
SARAVIA

Secretario: CLAUDIA DELGADILLO PUGA

1<sup>er</sup>. Suplente: LUZ SANDRA SÁNCHEZ DEL ANGEL

2<sup>o</sup>. Suplente: ILEANA GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

SITIO EN DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR  
ZUBIRÁN

ASESOR:

DRA. CLAUDIA DELGADILLO PUGA

SUPERVISOR TÉCNICO

Q.F.B. SARA MONTAÑO BENAVIDES

SUSTENTANTE:

JOCABED ALFARO SOSA

A Celia, Irene y Rodolfo por su inmenso amor, enseñanzas de vida, por todos los sacrificios que han pasado para sacarnos adelante, por sus cuidados y responsabilidad que han tenido hacia mí

A David y Rodolfo por ser mis hermanos, amigos y maestros, por su apoyo, consejos, amor y sobre todo por consentirme

A mi abuelita Raquel por su fortaleza, amor y cuidados

A Pancho y Regina, por hacerme sentir afortunada de recibir su amor, compañía y alegría en cualquier momento

Esto es el principio de una importante transición en la vida, que he  
logrado gracias a ustedes...

De igual modo extendiendo mis dedicatorias y agradecimientos:

A La Universidad Nacional Autónoma de México, que desde el bachillerato me ha proporcionado todo lo necesario para crecer profesionalmente

Al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubiran”

A la Dra. Claudia Delgadillo, por darme la oportunidad de desarrollar este lindo tema, además de su gran paciencia, asesoría y apoyo

A la Dra. Amelia Ma. De Guadalupe Farrés y a la profesora Maria Elena Cañizo, por su apoyo en las correcciones y revisión de la tesis

A Sara Montaña por asesorarme y capacitarme en el laboratorio, mil gracias por toda la ayuda y por ser muy humana

A María Elena Juárez por salvarme de inesperadas situaciones en el laboratorio

Al departamento y todo el personal de Nutrición Animal, así como al departamento y personal de Tecnología de los Alimentos en especial a Héctor Ledesma por su apoyo y paciencia para capacitarme en el equipo de Kjeldhal

Al Dr. Galina al proporcionarme las muestras de la granja “Puma”

A Omar Andrés González por su amor, por soportarme, por sus consejos acerca de la química, por cuidarme, por estos años en los que hemos crecido juntos, así como a la familia González Gallegos por su amable y cariñoso trato que han tenido hacia mi

A mi primo Jonathan Sosa por su apoyo incondicional y cariño

A Alejandra Zapette por todo su apoyo, por ser mi gran compañera de trabajo en la facultad y sobre todo por su amistad

A Adriana Nava y familia, mil gracias por todo, por soportar mis locuras, por su amistad y por el buen trato que me han brindado

A Paulina Pérez y Yunatzi Martín del Campo, por su gran ayuda, apoyo y por esas grandes chocoaventuras queretanas y de laboratorio que pasamos juntas

A Víctor Sanabria por su gran y excelente amistad, correcciones de sintaxis, consejos académicos y por aquellas borra...andantes, satánicas, simples, etc., si?

A Miriam Radix, Diana Rivera, Nancy Hernández, Angélica Fuentes, Edgar Delgado, Odín Pérez, Cesar Duran, Emilio Larrañaga, Jorge Torres, José de Jesús Ramírez, Ingemar Parra, Francisco Yoe, José Manuel Moreno, Jesús Valentino y Mario Cuchillo porque en muchas, muchísimas ocasiones me soportaron y me ayudaron, por compartir alegrías, tristezas... en fin, por su linda, sincera e infinita amistad

A los que ya no estén en este mundo: Rafael Vázquez, Gerardo Ramos y Gigi, espero que desde donde se encuentren estén felices y contentos por este logro, les

agradezco todo lo que hicieron en esta vida por mi y el que hayan sido parte de mi familia

## INDICE

	Págs.
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE GRÁFICAS	viii
I RESUMEN	1
II ANTECEDENTES	3
II.1 Producción mundial de leche caprina.	3
II. 2 Producción nacional de leche caprina.	5
II.3 Producción de queso de leche de cabra en México.	5
II.4 Beneficios y composición de la leche de cabra.	7
II.5 Composición del queso de leche de cabra.	9
II.5.1 Aminoácidos.	10
II.5.2 Vitaminas liposolubles, clasificación y la salud de consumirlos.	16
II.5.2.1 Vitamina A.	17
II.5.2.2 Vitamina D.	23
II.5.2.3 Vitamina E.	28
II.5.2.4 Vitamina K.	36
II.6 Sistemas de conservación de alimentos y su efecto sobre los quesos.	40
II.6.1 Refrigeración.	40
II.6.2 Congelación	40
II.7 Efecto del tratamiento térmico en los quesos.	41

III. JUSTIFICACIÓN	42
IV. OBJETIVO	43
IV.1 Objetivo general.	43
IV.2 Objetivos específicos.	43
V. HIPÓTESIS	44
VI. METODOLOGÍA	45
VI.1 Lugar de trabajo.	45
VI.2 Animales experimentales.	45
VI.3 Elaboración del queso experimental.	46
VI.4 Composición química.	49
VI.5 Cuantificación de aminoácidos.	49
VI.6 Determinación de vitaminas liposolubles (A, D, E y K).	51
VI.7 Análisis estadístico.	53
VII. RESULTADOS	54
VII.1 Composición química.	54
VII.2 Vitaminas liposolubles.	57
VII.3 Aminoácidos.	64
VIII. DISCUSIÓN	74
VIII.1 Efecto de la conservación sobre el perfil de la Vitamina A.	75
VIII.2 Efecto de la conservación sobre el perfil de la Vitamina D.	76
VIII.3 Efecto de la conservación sobre el perfil de la Vitamina E.	77
VIII.4 Efecto de la conservación sobre el perfil de la Vitamina K.	78

VIII.5 Efecto de la conservación sobre el perfil de los aminoácidos esenciales y no esenciales.	78
IX. CONCLUSIONES	81
X. BIBLIOGRAFÍA	82
ABREVIATURAS	95

## INDICE DE CUADROS

	Págs.
Cuadro 1. Producción y distribución de leche de cabra en los principales países de Europa	4
Cuadro 2. Producción de leche caprina en América Latina y el Caribe	4
Cuadro 3. Principales estados productores de leche caprina	5
Cuadro 4. Composición de la leche de vaca y cabra	8
Cuadro 5. Composición del queso suave de leche de cabra	9
Cuadro 6. Aminoácidos en el queso fresco de leche de cabra (g/100g)	11
Cuadro 7. Requerimientos de aminoácidos en la dieta según el grupo de edad (mg/kg/día)	14
Cuadro 8. Vitaminas liposolubles presentes en el queso de leche de cabra	16
Cuadro 9. Comparación de la ingesta de vitamina A y concentración de retinol sérico en individuos mexicanos de entre 1 y 12 años de edad del medio rural y urbano	21
Cuadro 10. Comparación de facilitadores (lípidos y zinc) de la absorción de vitamina A en niños mexicanos	21
Cuadro 11. Ingesta Diaria Sugerida de vitamina A (UI/día)	22
Cuadro 12. Deficiencia de vitamina E donde la concentración es menor de 600 mg $\alpha$ -tocoferol/dL de suero	35
Cuadro 13. Requerimiento nutrimental promedio (RNP) e Ingesta diaria recomendada (IDR) para niños de 1 a 18 años de edad, mujeres y hombres adultos, embarazo y lactancia	36

Cuadro 14. Ingesta diaria sugerida de vitamina K para la población mexicana	39
Cuadro 15. Composición química (g/100 g) de los productos experimentales por efecto del tiempo de almacenamiento en refrigeración	54
Cuadro 16. Composición química (g/100 g) de los productos experimentales, por efecto del tiempo de almacenamiento en congelación	55
Cuadro 17. Efecto de la refrigeración y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos no esenciales del queso suave de leche de cabra, cruda y pasteurizada (g aa/100 g de proteína base seca)	67
Cuadro 18. Efecto de la congelación y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos no esenciales del queso suave de leche de cabra (g aa/100 g proteína base seca)	68
Cuadro 19. Efecto de la refrigeración y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos esenciales del queso suave de leche de cabra (g aa/100 g proteína en base seca)	72
Cuadro 20. Efecto de la congelación y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos esenciales del queso suave de leche de cabra (g aa/100 g proteína base seca)	73

## INDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Digestión y absorción de aminoácidos	12
Figura 2. Formación de compuestos del sabor en los quesos a partir de la proteólisis	15
Figura 3. Estructura química del All- trans-retinol	17
Figura 4. Metabolismo de la vitamina A	18
Figura 5. Formación de Rodopsina	19
Figura 6. Conversión de ergosterol en vitamina D <sub>2</sub> y 7-deshidrocolesterol en vitamina D <sub>3</sub> mediante fotólisis	24
Figura 7. Metabolismo de la vitamina D	25
Figura 8. Estructura química de $\alpha$ -tocoferol	28
Figura 9. Biosíntesis de $\alpha$ -tocoferol	30
Figura 10. Absorción de vitamina E y suministro de $\alpha$ -tocoferol a tejidos periféricos	31
Figura 11. Esquema elemental de autooxidación de ácidos grasos	32
Figura 12. Oxidación de $\alpha$ -tocoferol a tocoferoxilo (semiquinona)	33
Figura 13. Oxidación de $\alpha$ -tocoferol a tocoferilquinona	33
Figura 14. Reducción de semiquinona por vitamina C	34
Figura 15. Estructuras químicas de la vitamina K	37

Figura 16. Elaboración y almacenamiento del queso	48
Figura 17. Derivatización de un aminoácido primario y secundario	49
Figura 18. Preparación de la muestra para la determinación de aminoácidos en el queso suave de leche de cabra	50
Figura 19. Preparación de la muestra para la determinación de vitaminas liposolubles del queso suave de leche de cabra	52

## INDICE DE GRÁFICAS

	Págs.
Gráfica 1. Efecto del tiempo de refrigeración sobre la concentración de vitamina A en el queso suave de leche de cabra	58
Gráfica 2. Efecto del tiempo de la congelación sobre la concentración de vitamina A en el queso suave de leche de cabra	59
Gráfica 3. Efecto del tiempo de refrigeración sobre la concentración de vitamina E en el queso suave de leche de cabra	60
Gráfica 4. Efecto del tiempo de la congelación sobre la concentración de vitamina E en el queso suave de leche de cabra	61
Gráfica 5. Efecto de la refrigeración sobre la concentración de vitamina K en el queso suave de leche de cabra	62
Gráfica 6. Efecto del tiempo de congelación sobre la concentración de vitamina K en el queso suave de leche de cabra	63

## ABREVIATURAS

1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	1,25-hidroxivitamina D <sub>3</sub>
25-OH-D	25-hidroxivitamina D <sub>3</sub>
aa	Aminoácido
Ala	Alanina
AOAC	Association of official analytical chemists
AQC	6-aminoquilonil-N-hidroxisuccinimidil carbamato
Arg	Arginina
Asn	Asparagina
α-TPP	Proteína de transferencia de α-tocoferol
Ca	Calcio
CRBP	Cellular retinol binding protein
Cys	Cisteína
dL	Decilitro
DMPBQ	2,3-dimetil-5-piril-1,4-benzoquinona
ED	Energía digestible
FAO/ORALC	Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Oficina regional para America Latina y el Caribe
FAOSTAT	Food and agriculture organization of the United Nations statistical databases
g	Gramo
Gln	Glutamina
Gly	Glicina
γ-TMT	γ-tocoferolmetiltransferasa
HDL	Lipoproteína de alta densidad
HGA	Ácido Homogentístico
His	Histidina
holo-RBP	retinol binding protein+retinol
HPLC	Cromatografía de líquidos de alta resolución
HPP	p-hidroxifenilpirúvico
HPPD	Dioxigenasa del ácido p-hidroxifenilpirúvico
HPT	Preniltransferasa
IDS	Ingesta diaria sugerida
Ile	Isoleucina
INCMNSZ	Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Subiran"
Kg	Kilogramo
L	Litro
LC	Leche cruda

LDL	Lipoproteína de baja densidad
Leu	Leucina
LP	Leche pasteurizada
LPL	Lipoproteína lipasa
Lys	Lisina
Mcal	Megacaloría
Met	Metionina
µg	Microgramo
µL	Microlitro
µm	Micrometro
MK-n	Menaquinona-n
mL	Mililitro
mm	Milimetro
MPBQ	2-metil-6-fitiplastoquinol
MPBQ MT	2-metil-6-fitiplastoquinol metil transferasa
MS	Materia seca
Na	Sodio
nm	Nanometro
P	Fósforo
Phe	Fenilalanina
Pro	Prolina
PTH	Hormona paratiroidea
QLC	Queso de leche cruda
QLP	Queso de leche pasteurizada
RBP	Retinol binding protein
RID	Recomendación de ingestión diaria
RNP	Requerimiento nutrimental promedio
Ser	Serina
SIAP	Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera
Thr	Treonina
Try	Triptófano
Tyr	Tirosina
UI	Unidades Internacionales
USDA	U.S. Department of agriculture, agricultural research service.
Val	Valina
VLDL	Lipoproteína de muy baja densidad

## I. RESUMEN

Se ha sugerido el consumo del queso de leche de cabra como parte de la dieta del ser humano por diversos beneficios que aporta a la salud. Uno de los inconvenientes señalados es la calidad microbiológica, dado que las prácticas artesanales generalmente usan leche cruda. Además, la estacionalidad de la producción lechera obliga a almacenar el producto en congelación por largos períodos, lo que hace dudar que se conserven las características nutricionales. El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto del sistema de conservación y tiempo de almacenamiento sobre el perfil de los aminoácidos y vitaminas liposolubles del queso suave de leche de cabra elaborada tanto con leche cruda (QLP) como pasteurizada (CLP).

Se elaboraron tres lotes de queso de leche cruda y tres lotes de queso de leche pasteurizada. Se almacenó una porción en refrigeración (4°C) y se analizó a lo largo de 70 días, mientras que el producto designado a almacenarse en congelación (-20°C) se mantuvo a lo largo de 5 meses, se descongeló en refrigeración para ser analizado durante 70 días.

Se encontró que el tiempo de almacenamiento de los quesos de leche cruda y pasteurizada mantenidos en refrigeración tuvo un efecto negativo en la concentración de cenizas. La congelación redujo la concentración de la humedad y contenido proteico.

Las vitaminas A, E y K de los productos estudiados se vieron afectadas por el tiempo de refrigeración y congelación, observándose pérdidas en su concentración. La vitamina D no fue detectada en ninguna muestra a lo largo del estudio.

La mayoría de los aminoácidos presentes en los quesos de leche de cabra, cruda o pasteurizada registraron una concentración superior a la inicial durante la conservación en refrigeración y congelación, a excepción destacada del aminoácido esencial lisina, el que se vio afectado negativamente a lo largo del estudio de los productos.

No se detectó el aminoácido esencial triptófano (Try) en ninguna de las muestras (QLC y QLP) evaluadas.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se puede sugerir el uso de la leche pasteurizada en la elaboración del queso de pasta blanda, ya que proporciona una mayor seguridad en su consumo y sus propiedades nutricionales, como son vitaminas liposolubles y aminoácidos se afectan de igual forma que en productos elaborados con leche cruda.

## II. ANTECEDENTES

### II.1 Producción mundial de leche caprina.

Por siglos los seres humanos han utilizado las cabras para muchos propósitos (leche, carne, fibra, piel, incluso el trabajo) y se ha considerado que la producción de ganado caprino contribuye en forma importante para el desarrollo rural (Franco *et al.*, 2003; Dubeuf *et al.*, 2004).

Dubeuf y colaboradores (2004) señalaron que la industria lechera caprina está sometida a la competencia con la leche y productos de otras especies (vaca, oveja y búfalo), además de que los productos de esta especie se encuentran dirigidos a mercados globales (dulces, quesos y yogures entre otros) y específicos (leche dietética, fresca, condensada y en polvo).

La Unión Europea reportó en el año 2005 una población de 17, 806,451 cabras con una producción de 2, 536,899 toneladas de leche; donde Francia, Grecia, España y Ucrania contribuyeron con el 23, 19, 18 y 11% respectivamente (Cuadro 1). Franco *et al.* (2003) señalaron que los aspectos tecnológicos, bioquímicos y microbiológicos en materia de quesos de la leche de vaca se encuentran mucho más desarrollados. Las tecnologías y conocimientos sobre estos productos no siempre son los óptimos cuando se aplican a los derivados lácteos caprinos.

**Cuadro 1. Producción y distribución de leche de cabra en los principales países de Europa**

<i>Producción (toneladas)</i>	<i>Año</i>		
	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Unión Europea	1,990,162	1,916,359	1,820,203
Francia	545,650	552,268	565,078
Grecia	524,980	519,358	511,373
España	501,438	493,980	423,383
Ucrania	293,119	288,964	266,455

Fuente: FAOSTAT, 2005

En América Latina y el Caribe la producción de leche caprina ha ascendido en los últimos años; tan solo en el 2005 se registró una producción de 360,948 toneladas, en donde México ocupó el primer lugar y obtuvo una producción equivalente al 43%, con una distribución que se puede observar en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Producción de leche caprina en América Latina y el Caribe**

<i>Producción (toneladas)</i>	<i>Año</i>		
	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
América Latina y el Caribe	358,939	361,791	375,049
México	151,842	154,478	164,247
Brasil	135,000	135,000	135,000
Haití	25,200	25,200	25,200
Perú	20,200	20,600	21,000
Bolivia	12,000	11,680	11,680
Chile	9,600	9,750	9,900
Ecuador	2,550	2,610	
Bahamas	1,035	1,050	

Fuente: FAOSTAT, 2005

## II. 2 Producción nacional de leche caprina.

En México el consumo de leche caprina fluida es muy reducido. Su comercialización se basa en dulce de leche (cajeta), mientras que en Estados Unidos se vende principalmente para consumo de la población infantil (Rubino *et al.*, 1999).

El ganado caprino constituye la cuarta especie en explotación en México y se encuentra distribuido en 60 por ciento del territorio nacional, principalmente en áreas marginales áridas y semiáridas; el resto se ubica en condiciones tecnológicas altamente productivas. El Cuadro 3 expone que los estados con mayor producción de leche de cabra son Coahuila, Durango, Guanajuato y Chihuahua (SIAP, 2005; Notimex, 2006).

**Cuadro 3. Principales estados productores de leche caprina**

Estado	Lugar	Producción (Litros)
Coahuila	1º	42,324
Durango	2º	29,095
Guanajuato	3º	17,599
Chihuahua	4º	7,944
Jalisco	5º	4,374
Zacatecas	6º	4,383

Fuente: SIAP, 2005

## II.3 Producción de queso de leche de cabra en México.

El queso es un producto elaborado a partir de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos

comestibles y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos se pueden clasificar por su proceso en fresco, madurado o procesado, según la norma mexicana NOM-121-SSA1-1994.

El queso de leche de cabra en México es típicamente suave y característicamente untado. La información referente a los aspectos nutrimentales de este producto está basada en la que el productor difunde a través de la etiqueta y que se restringe a las características comerciales habituales (Bonilla, 2005).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación en el 2003 señaló que la elaboración de quesos de leche de cabra ha cobrado auge en México, identificándose a los estados del centro del país como los principales productores. La mayoría de los quesos de leche de cabra que se producen en nuestro país son frescos, ya que son los que se acoplan al gusto de los consumidores. Rubino *et al.* (1999) destacaron que en México se requiere de un gran trabajo para obtener quesos de leche de cabra con denominación de origen, ya que su elaboración está relacionada directamente con el sitio de producción y raza del animal, con el uso de leche cruda y/o pasteurizada y, en algunos casos, con el tipo de herramientas usadas.

La congelación de los quesos es una práctica de gran interés ya que la demanda de estos productos aumenta cuando la curva lactacional de la cabra se encuentra en su última fase o no hay producción de leche por estar próximos los siguientes partos (Arbiza y de Lucas, 2001; Gallegos *et al.*, 2005; Cruz, 2008).

Durante la conservación en refrigeración (70 días) y congelación (cerca de 7 meses) incrementa significativamente la población microbiana ácido láctica, así como la de hongos y levaduras, de manera contraria a la presencia de patógenos como coliformes totales y *Escherichia coli*, que desaparecen en su totalidad en relación al tiempo de almacenamiento (Martín del Campo, 2006).

#### **II.4 Beneficios y composición de la leche de cabra.**

La leche de cabra constituye una alternativa al consumo de la leche de vaca de manera benéfica en la alimentación humana, sobre todo en los niños. Este producto suele tener una mayor cantidad de grasa que la vaca aunque esto depende mucho de la raza caprina de la que se trate. Sin embargo esta diferencia no radica en la cantidad, sino en la calidad de la grasa, ya que el tamaño medio de los glóbulos de la leche de cabra es cerca de dos micrómetros, con respecto los 3 micrómetros de la leche de la vaca, lo cual se debe a que la leche de cabra no contiene aglutinina, que es una proteína cuya función es el de agrupar los glóbulos grasos para formar estructuras de mayor tamaño y de esta manera se permite una mayor disponibilidad para las enzimas digestivas. Por otro lado, contiene más ácidos grasos esenciales (linoleico y araquidónico) lo que permite que la leche de cabra sea cardiosaludable (Haenlein, 1984; 2004).

La leche de los rumiantes contiene seis proteínas principales: las caseínas ( $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ ) y las proteínas del lactosuero ( $\beta$  - lactoglobulina y  $\alpha$  - lactalbúmina). Sin embargo, las proteínas de la leche caprina son diferentes a las proteínas de la leche de vaca debido al extenso polimorfismo. Por ejemplo, el tamaño de las micelas de caseínas es menor en leche de cabra (50 nm) respecto a la vaca (75 nm) como consecuencia a la baja cantidad o ausencia de la  $\alpha_{s1}$  caseína, lo cual

provoca que la formación de la cuajada de la caseína bajo acción de la renina sea más rápida y de una textura más suave (Yahyaoui *et al.*, 2001; Haenlein, 2004). En este sentido Hekken *et al.* (2005) mencionaron que al haber una menor cantidad de la caseína  $\alpha_{s1}$  hay un menor tiempo de coagulación, lo que da como resultado una menor firmeza del cuajo en el queso.

El consumo de la leche de cabra se ha asociado con un incremento en la ganancia de peso, estatura, mineralización esquelética, concentraciones adecuadas de vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y calcio en niños (Park *et al.*, 1986; Jandal, 1996). También se ha utilizado en el tratamiento de úlceras gástricas, síndrome de malabsorción de minerales como el cobre y hierro, cálculos biliares y aterosclerosis (Jandal, 1996; Park, 1991; 1992; Barrionuevo *et al.*, 2002). En el Cuadro 4 se puede observar la diferencia entre la leche de vaca y de cabra, donde la concentración de carbohidratos en la leche de cabra se ubica por arriba de la leche de vaca, la concentración de calcio en la leche caprina es 13% inferior respecto a la leche de vaca y aproximadamente 17% superior en vitamina A.

**Cuadro 4. Composición de la leche de vaca y cabra**

g/100mL	Vaca	Cabra
Proteína (Nx6.38)	3.3	3.3
Carbohidratos	2.8	4.4
Grasa	3.7	3.9
Cenizas	0.7	0.8
Calcio	125	119.3
Vitamina A (UI)	158	164
vitamina E (mg)	-	0.1
Valor Calórico (Kcal)	69	69

Fuente: Park, 2000; Kondyli, 2005; USDA, 2006

## II.5 Composición del queso de leche de cabra.

Oliszewski *et al.* (2002) mencionaron que las propiedades del queso tienen una directa relación con la composición química de la leche. Según Medina y Núñez (2004) un queso suave de leche de cabra es aquél que tiene un contenido de humedad del 48 al 60%. En el Cuadro 5 se reportan valores de humedad dentro de ese rango 59-61%. Así mismo se observan valores para la proteína cruda de alrededor de 16 a 19%, la cual es primordial para la construcción, mantenimiento y reparación de los tejidos. El contenido de grasa en el queso se ubica alrededor de los 21 gramos por cada 100 gramos. (González, 2002; Oliszewski *et al.*, 2002) y coincide con los valores reportados por los autores del Cuadro 5.

**Cuadro 5. Composición del queso suave de leche de cabra**

Composición en 100g	Bonilla 2005	USDA 2006	Kosikousky y Mistry 1997	Park 2000
Humedad	58.80	60.75	60.70	59.80
Proteína	15.80	18.52	18.50	18.90
Cenizas	1.60	1.58	1.58	1.74
Lípidos totales	13.60	21.08	21.00	22.50

La calidad de los nutrimentos del queso suave de leche de cabra es mejor cuando ha sido elaborado con leche pasteurizada y de animales que han sido alimentados por un sistema mixto, ya que ofrece una mejor calidad sanitaria, contiene mayor concentración de aminoácidos y por lo tanto es el de mejor calidad proteica, siendo reducido en sodio, el perfil de ácidos grasos contiene una elevada concentración de ácidos grasos de cadena corta que son los principales responsables del olor y sabor de éstos productos, posee la mayor

cantidad de ácidos monoinsaturados en especial oleico y poliinsaturados dentro de los que destacan los de las familias  $\omega 3$  y  $\omega 6$  (Bonilla, 2005; Cuchillo, 2006).

### **II.5.1 Aminoácidos.**

En el Cuadro 6 se pueden observar contenidos de aminoácidos, esenciales y no esenciales en el queso suave de leche de cabra. Los valores reportados por Bonilla (2005) fueron de quesos de leche pasteurizada de animales alimentados en pastoreo no suplementado, mientras que los reportados por Cuchillo (2006) fueron de quesos de leche pasteurizada y de animales alimentados en pastoreo suplementado. Los aminoácidos constituyen a las proteínas que son las que llevan a cabo funciones estructurales, hormonales y catalíticas esenciales para la vida (Rodweell, 2001; Ramírez, 2006).

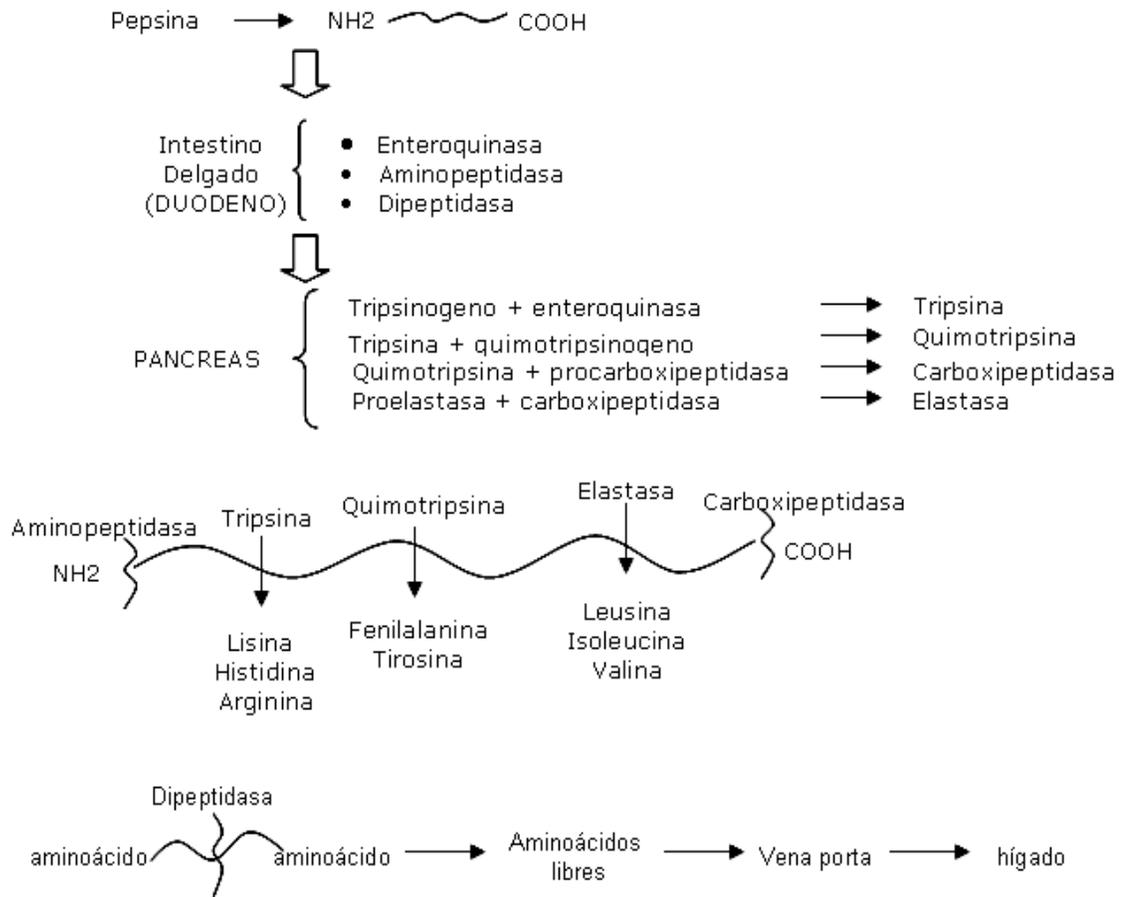
En la Figura 1 se muestra que las proteínas de los alimentos son digeridas por enzimas proteolíticas del tracto intestinal. Primero actúa la pepsina, presente en el jugo gástrico, y luego por las proteasas segregadas por el páncreas (tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa y elastasa) y por células de la mucosa intestinal (aminopeptidasas y dipeptidasas). La mayor parte de estas enzimas catalizan la hidrólisis de enlaces peptídicos específicos. Los pequeños aminoácidos libres y pequeños péptidos se absorben a través de las células de la mucosa intestinal, de donde pasan hacia la vena porta para su transporte al hígado (Bertero, 2004; León, 2005).

**Cuadro 6. Aminoácidos en el queso fresco de leche de cabra  
(g/100g)**

<i>Aminoácidos</i>	<i>USDA 2006</i>	<i>Bonilla 2005</i>	<i>Cuchillo 2006</i>
Esenciales			
Isoleucina	0.76	0.66	0.58
Leucina	1.59	1.23	1.07
Lisina	1.33	1.27	1.06
Metionina	0.49	0.34	0.29
Fenilalanina	0.73	0.7	0.63
Valina	1.27	0.86	0.78
Treonina	0.69	0.51	0.43
Histidina	0.5	0.44	0.34
Triptofano	0.19	ND	ND
Total	7.55	6.01	5.18
No esenciales			
Ácido aspártico	0.92	0.07	0.05
Serina	0.71	0.73	0.62
Ácido glutámico	3.45	0.55	0.47
Prolina	2.24	0.41	0.34
Glicina	0.21	1.04	0.85
Alanina	0.32	2.55	2.30
Tirosina	0.72	0.26	0.19
Arginina	0.54	1.59	1.12
Cisteína	0.08	0.70	0.58
Total	9.19	7.90	6.52
<b>Aminoácidos totales</b>	16.74	13.90	11.69

ND = No Detectado

## Figura 1. Digestión y absorción de aminoácidos



Fuente: Bertero, 2004; León, 2005

En el ser humano los aminoácidos no esenciales son sintetizados eficazmente a partir de metabolitos intermediarios o de aminoácidos esenciales, pero hay nueve que no pueden ser sintetizados, los llamados aminoácidos esenciales, que deben obtenerse de alimentos como de productos cárnicos, productos lácteos, huevo y cereales. Si estos aminoácidos esenciales no están presentes al mismo tiempo y en proporciones específicas, los otros aminoácidos, no pueden utilizarse para construir las proteínas humanas. Cuando hay una carencia de alguno de ellos, los demás aminoácidos se convierten en compuestos productores de energía, y se excreta su nitrógeno. Sin embargo, si se ingieren proteínas en exceso, lo cual es frecuente en países con dietas

ricas en carne, la proteína extra se descompone en compuestos productores de energía (Fennema, 1993; Serralda *et al.*, 2003; León, 2005; Ramírez, 2006). Desde el punto de vista de Brody (1997), Gandarillas *et al.* (2004) y González *et al.* (2007), los productos de origen animal poseen ventajas para la nutrición proteica ya que son de alta digestibilidad y poseen todos los aminoácidos esenciales en proporciones requeridas para cada individuo, haciendo mayor énfasis en el triptófano, metionina y lisina, ya que los cereales y legumbres no pueden cubrir los requerimientos de estos aminoácidos, por lo que estos autores sugieren la combinación de cereales con legumbres en una misma comida para obtener niveles adecuados de lisina.

Según León (2005) deben considerarse diversos factores para establecer los requerimientos de proteínas: la composición en aminoácidos, la influencia de la edad y el desarrollo del individuo, su estado de salud o de enfermedad, trabajo y actividad física que realiza. En el Cuadro 7 figuran los requerimientos diarios de aminoácidos esenciales para niños de 0 a 6 meses, 2 a 5 años y de 10 a 12 años, así como para hombres y mujeres adultos, los cuales son considerados en México ya que, según Serralda *et al.* (2003) tienen una sólida base científica.

Todos los componentes de la leche se sintetizan a partir de precursores presentes en el plasma sanguíneo, los cuales son utilizados por la glándula mamaria. La absorción de aminoácidos del plasma sanguíneo por la ubre es adecuada para la elaboración de proteínas y se ve influenciada por la proteína de la dieta y por la síntesis microbiana, siendo la caseína,  $\beta$ -lactoglobulina y la  $\alpha$ -lactoalbúmina el 90 y 95% de la proteína total de la leche. La seroalbúmina y las inmunoglobulinas no son sintetizadas en la mama y se incorporan a la leche desde la circulación sanguínea (Akers, 2002; Cole y Lunen, 2003).

**Cuadro 7. Requerimientos de aminoácidos en la dieta según el grupo de edad (mg/kg/día)**

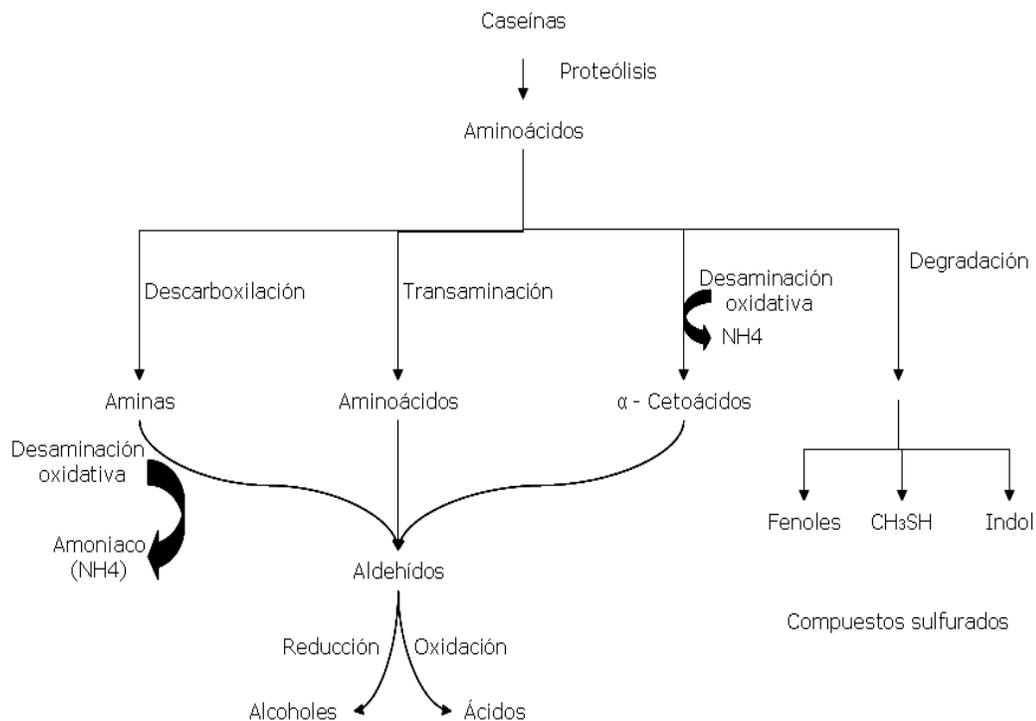
<i>Aminoácido</i>	<i>Lactantes 0-6 meses</i>	<i>Niños 2-5 años</i>	<i>Niños 10-12 años</i>	<i>Adultos</i>
Histidina	28	-	-	-
Isoleucina	70	31	30	10
Leucina	161	73	45	14
Lisina	103	64	60	12
Metionina + Cisterna	58	27	27	13
Fenilalanina + Tirosina	125	69	27	14
Treonina	87	37	35	7
Triptófano	17	12	4	3.5
Valina	93	38	33	10
<b>Totales</b>	742	401	261	83.5

Fuente: Fennema, 1993; León, 2005; FAO/WHO/UNU, 2001

En la mayoría de las variedades de quesos, la hidrólisis inicial de caseínas es causada por coagulantes y en un grado inferior por plasmina o por proteinasas de células somáticas, lo cual resulta en la formación de péptidos grandes (insolubles en agua) y medianos (solubles en agua), los cuales son degradados de manera subsiguiente por el coagulante y enzimas de iniciadores (*Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactobacillus paracasei* y *Lactobacillus plantarum*) y no iniciadores de la flora del queso. La producción de péptidos pequeños y de aminoácidos libres es causada por la acción de proteinasas microbianas y peptidasas (Mallatou *et al.*, 2004; Marilley y Casey, 2004).

La proteólisis contribuye directamente la formación de sabores, como lo amargo del queso a través de la formación de péptidos y aminoácidos libres, Marilley y Casey (2004) mencionan que los aminoácidos son sustratos para la transaminación, deshidrogenación, descarboxilación y reducción como se observa en la Figura 2, lo cuál resulta en la formación de nuevos compuestos de sabor.

**Figura 2. Formación de compuestos del sabor en los quesos a partir de la proteólisis**



Fuente: Mc Sweeney y Sousa, 2000; Marilley y Casey, 2004

Boekel (1998) mencionó que durante el almacenamiento de los alimentos que contienen proteínas y carbohidratos reductores o compuestos carbonilos (aldehídos y cetonas derivados de la oxidación de lípidos), se produce el pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard, la cual se ve potenciada por el tratamiento térmico y se observan pérdidas de lisina disponible, ya que durante la primera etapa

de la reacción de Maillard se lleva a cabo la formación de la base de Schiff, intermediario formado por lactosa y lisina.

### **II.5.2 Vitaminas liposolubles, clasificación y la salud de consumirlos.**

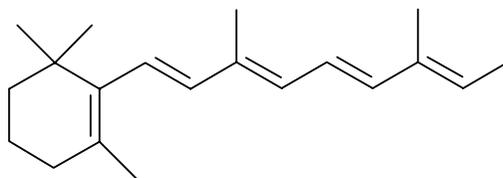
Existe una carencia acerca de la información de las vitaminas liposolubles presentes en el queso suave de leche de cabra y según FAO/ORALC (2006), en México se ha reportado la vitamina A con un valor muy por debajo de lo reportado por la USDA, 2006 y por Kosikousky y Mistry (1997) lo cual se muestra en el Cuadro 8. Solamente la USDA (2006) y Cuchillo (2006) han reportado valores de vitamina E y K para el queso suave de leche de cabra. Ningún autor reporta valores de vitamina D en el queso de leche de cabra debido a que en principio se encuentra en una concentración muy baja en la leche de cabra (Ball, 1988).

**Cuadro 8. Vitaminas liposolubles presentes en el queso de leche de cabra**

Composición por cada 100g de muestra	USDA 2006	Kosikousky y Mistry 1997	FAO/ORALC 2006	Cuchillo 2006
Vitamina A UI	1033	942	400	703
Vitamina E UI	0.18	0.46	-	0.36
Vitamina K µg	1.80	-	-	1.23

### II.5.2.1 Vitamina A.

La estructura química de la vitamina A ó all-trans-retinol se muestra es la Figura 3; éste compuesto está formado por un anillo  $\beta$ -ionona unido a una cadena de 6 carbonos (dos unidades isoprenicas); esta estructura se encuentra, principalmente en tejidos animales, esterificado con ácidos grasos de cadena larga. Es soluble en alcohol, así como en cloroformo, cetona, dietil-éter y aceites (Villalpando et al.; 2005, Ball, 1988).

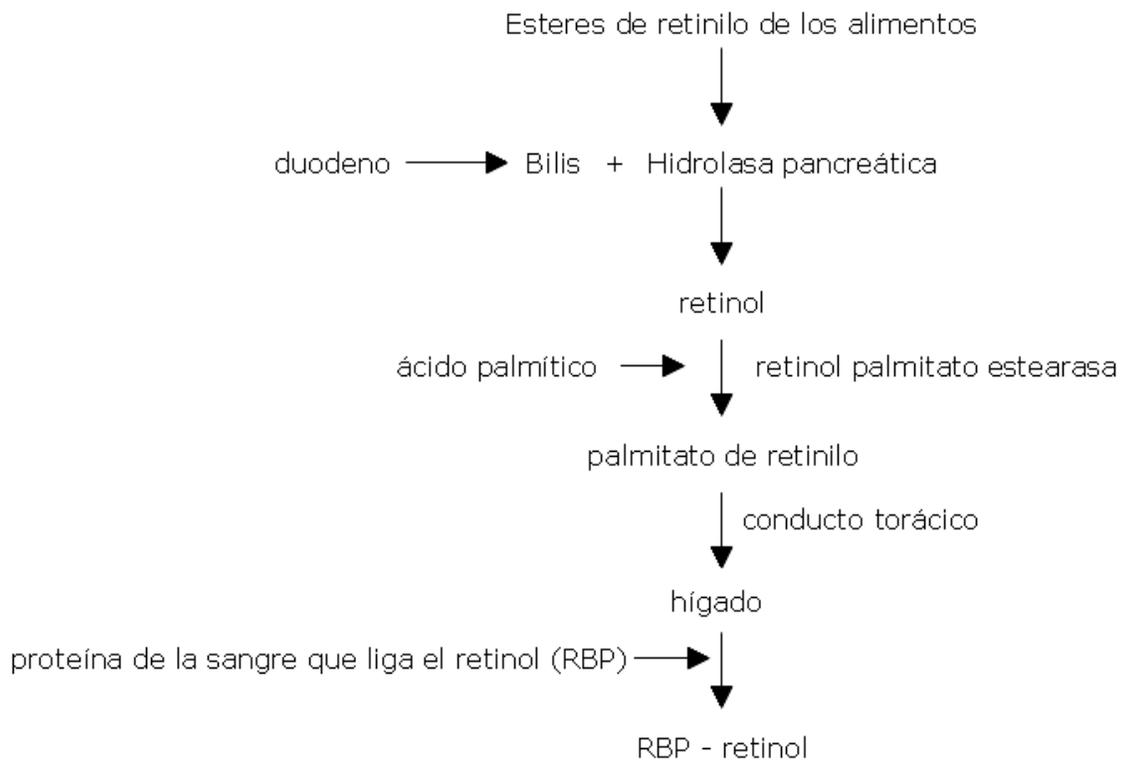


**Figura 3. Estructura química del All- trans-retinol**

El retinol y sus precursores no pueden ser sintetizados por el organismo, pero si son sintetizados exclusivamente por plantas y microorganismos, razón por la cuál deben ser obtenidas de la dieta. Después de la digestión de los alimentos, los ésteres de retinilo disueltos en la grasa de la dieta se dispersan en gotas de bilis y son hidrolizados en intestino por acción de enzimas estererasas para ser absorbidos posteriormente en el epitelio intestinal. Una vez dentro de la célula intestinal, la mayor parte del retinol se esterifica con ácidos grasos saturados (especialmente ácido palmítico) y se incorpora a quilomicrones que son las principales lipoproteínas intestinales (Figura 4). Sin embargo cuando son convertidos en quilomicrones remanentes, el hígado los capta para incorporar con ellos el retinol que poseen. Cuando los tejidos requieren de retinol, éste es transportado a través de la sangre unido a una proteína llamada RBP (Retinol Binding Protein), originándose así la holo-RBP (RBP más retinol) que se procesa en el

aparato de Golgi y se secreta al plasma. Una vez dentro de los tejidos, excepto el hepático, el retinol se une a la proteína fijadora de retinol o CRBP (Cellular Retinol Binding Protein). La RBP es una proteína sensible a la deficiencia de zinc y de proteínas, por lo que si el aporte de estos nutrientes es escaso, se podría presentar un cuadro de deficiencia de vitamina A aunque su ingesta sea adecuada (Christian y West 1998; Erdman *et al.*, 1988; Muñoz *et al.*, 2000; Mayes, 2001; Dijkhuizen *et al.*, 2004; Christian *et al.*, 2006).

#### Figura 4. Metabolismo de la vitamina A

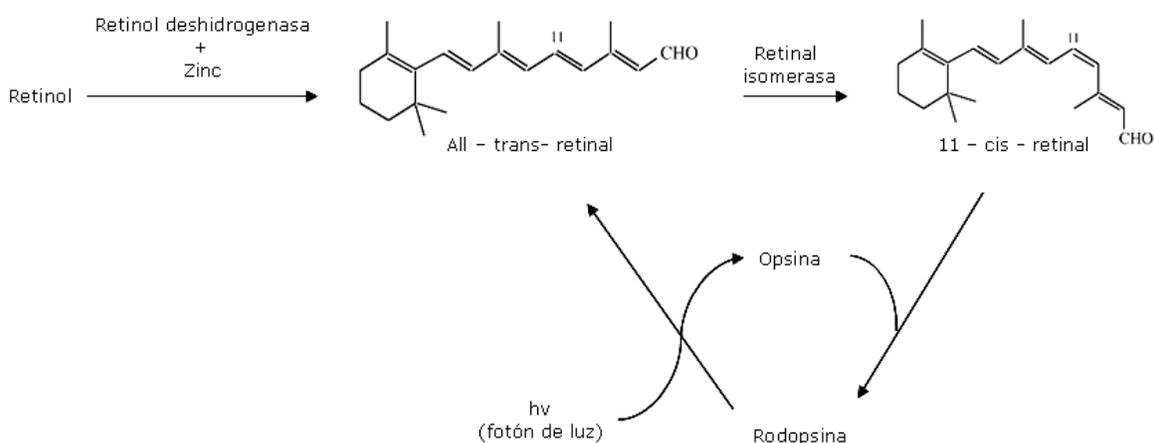


Fuente: Robinson, 1991; Jones y Kubow, 2002

En los tejidos blanco existen proteínas intracelulares que fijan retinol, retinal y ácido retinoico, así como enzimas de retinol y retinal deshidrogenasas. Una de estas retinol deshidrogenasas cataliza la oxidación del retinol al trans-retinal, en este paso se requiere de zinc

como regulador para la conversión metabólica del retinol a trans-retinal; posteriormente la retinal isomerasa cataliza al trans-retinol para formar el 11-cis-retinal que se une específicamente a la proteína visual opsina para formar rodopsina. La rodopsina está presente en las células bastón de la retina, las cuales son responsables de la visión en la oscuridad o cuando existe poca luz (Robinson, 1991; Muñoz *et al.*, 2000; Mayes, 2001). Este mecanismo se ilustra a continuación en la Figura 5.

**Figura 5. Formación de Rodopsina**



Fuente: Mayes, 2001

El retinol puede seguir cualquiera de los siguientes procesos: 1) esterificación y almacenamiento en el hígado; 2) conversión en metabolitos activos tales como ácido retinoico o retinal; y 3) puede ser catabolizado y excretado como ácido retinoico (Villalpando *et al.*, 2005; Ball, 1988; Erdman *et al.*, 1988).

Una ingesta adecuada de vitamina A es esencial en la química de la visión, diferenciación y crecimiento celular de la mucosa epitelial, del tracto respiratorio, glándulas salivares, boca, tracto intestinal, riñones, vagina y uretra. La vitamina A interviene en otros procesos fisiológicos, incluyendo la espermatogénesis, el desarrollo fetal, la respuesta

inmunológica, el gusto, el apetito y el crecimiento de linfocitos, entre otros (Ong y Choo, 1997; Ball 1988, Fox 2004, Villalpando *et al.*, 2005).

En la forma no esterificada, la vitamina A es oxidada por el oxígeno atmosférico dando como producto el 5,6-epóxido. La vitamina A es muy sensible a medios ácidos (pH=4.5) provocando cambios en los dobles enlaces lo que puede dar origen a los isómeros 9-cis y 3-cis, este fenómeno también puede ser promovido por la luz natural con longitudes de onda de 500 nm. Por lo anterior se sugiere que la vitamina A conserva su estructura en un medio alcalino y sin exposición a la luz. Los tratamientos térmicos como la pasteurización difícilmente tienen influencia sobre la pérdida del retinol (Ball, 1988; Panfili *et al.*, 1998).

La biodisponibilidad de vitamina A se basa en la proporción de retinol y carotenos contenidos en la dieta, misma que varía de acuerdo con la edad. En el Cuadro 9 se puede observar que dentro de la ingesta total de vitamina A en niños rurales como urbanos de 1 a 3 años, la proporción de retinol preformado (esterificado) es mayor de 80%, esta cifra esta referida solamente en niños urbanos de 3 a 5 años de edad, sin embargo la reserva de vitamina A se mantiene por arriba de un 23% considerándose como un valor bajo ya que la prevalencia de depleción es de una concentración de retinol en suero (retinol sérico) menor de 20 y mayor de 10 µg/dL (Villalpando *et al.*, 2005; Casanueva *et al.*, 1999; Rivera y Sepúlveda, 2003).

**Cuadro 9. Comparación de la ingesta de vitamina A y concentración de retinol sérico en individuos mexicanos de entre 1 y 12 años de edad del medio rural y urbano**

Edad (años)	Ingestión vitamina A (UI/día)		Proporción de retinol/carotenoides		Retinol sérico (µg/dL)
	Urbano	Rural	Urbano	Rural	
1 - 2	894	656	80/20	80/20	23.0
2 - 3	1182	623	90/10	80/20	23.0
3 - 4	1175	596	78/22	50/50	23.4
4 - 5	992	633	70/30	42/58	23.5
5 - 12	1229	719	60/40	39/61	25.7

Fuente: Villalpando *et al.*, 2005; Casanueva *et al.*, 1999; Rivera y Sepúlveda, 2003

Lo anterior se debe a que la dieta de niños de zonas urbanas contiene lípidos suficientes para facilitar la absorción tanto de retinol como de carotenos, aunque la ingesta del facilitador zinc es baja, lo cual se puede observar en el Cuadro 10.

**Cuadro 10. Comparación de facilitadores (lípidos y zinc) de la absorción de vitamina A en niños mexicanos**

Edad (años)	Lípidos (g/día)		Ingestión de zinc (µg/d)	
	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1-2	32	22	3.8	2.5
2-3	37	26	3.6	2.6
3-4	39	27	4.1	2.9
4-5	38	29	4.7	3.7
5-12	53	35	6.0	4.7

Fuente: Villalpando *et al.*; 2005; Casanueva *et al.*; 1999; Rivera y Sepúlveda, 2003

La ingestión diaria de vitamina A en mujeres entre 15 y 49 años de zona rural y urbana es de 1189 a 1618 UI/día, lo que es un valor menor a la recomendación de ingestión diaria (RID), al igual que la ingesta dietética de grasa y de zinc (Villalpando *et al.*, 2005; Casanueva *et al.*, 1999; Rivera y Sepúlveda, 2003; Flores *et al.*, 1998).

Para contar con una buena aproximación del requerimiento nutrimental promedio de la población mexicana, se necesita información acerca de la eficiencia de la absorción de retinol y carotenos, así como de la biotransformación de carotenos a retinol, en las condiciones dietéticas de esta población. Villalpando *et al.* (2005) mencionaron que no se cuenta con información suficiente para emitir recomendaciones diferentes a las ya publicadas. En el Cuadro 11 se muestra una propuesta que de manera temporal se apega a las recomendaciones de la Academia de Ciencias de los EUA del 2001, debido a que las cantidades recomendadas son mayores en comparación con otros países, incluyendo México.

**Cuadro 11. Ingesta Diaria Sugerida de vitamina A (UI/día)**

Edad (años)	Hombres		Mujeres	
	RNP <sup>a</sup>	IDS <sup>b</sup>	RNP <sup>a</sup>	IDS <sup>b</sup>
1 - 3	699	999	699	999
4 - 8	916	1332	916	1332
9 - 13	1482	1998	1482	1998
14 - 18	2098	2997	1615	2331
19 - 70	2081	2997	1665	2331
Embarazo	-	-	1831	2564
Lactancia	-	-	2997	4329

Fuente: Villalpando *et al.*, 2005; Casanueva *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2003

<sup>a</sup> Requerimiento Nutrimental Promedio

<sup>b</sup> Ingesta Diaria Sugerida

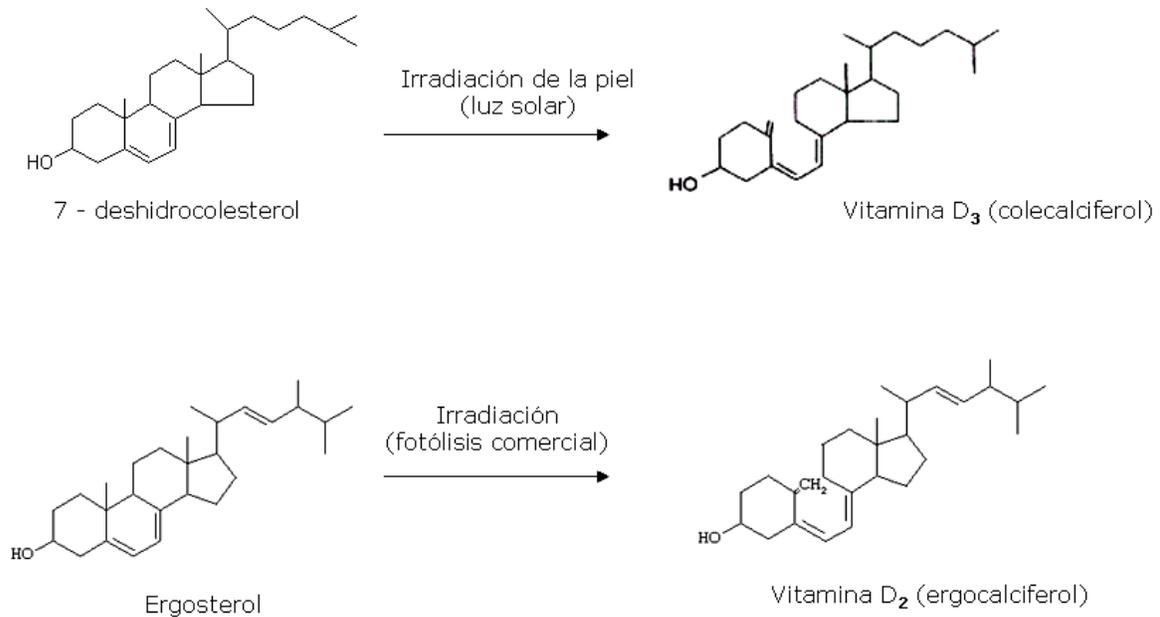
### **II.5.2.2 Vitamina D**

La vitamina D es una prohormona esteroide que se encuentra en animales, plantas y levaduras. El ergosterol está presente en plantas, y el 7-deshidrocolesterol en animales.

Físicamente, las vitaminas D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub> son polvos cristalinos de color blanco a amarillos, son insolubles en agua, pero solubles en etanol, acetona, grasas y aceites, benceno, cloroformo y éter. En los alimentos, la vitamina D exhibe una isomerización térmica reversible a sus correspondientes previtaminas y no es afectada por la luz o catálisis. Sin embargo, cuando ha sido aislada se vuelve susceptible a la descomposición por la luz y el oxígeno (Ball, 1988; Fox, 2004).

En la Figura 6 se muestra cómo el ergosterol difiere del 7-deshidrocolesterol sólo en su cadena lateral, la cuál es insaturada y contiene un grupo metilo extra. La vitamina D<sub>2</sub> llamada también ergocalciferol, se produce en las plantas y levaduras cuando la radiación ultravioleta rompe el anillo B del ergosterol, además puede producirse de manera comercial mediante el mismo proceso (Mayes, 2001; Robinson, 1991; Fox, 2004).

### Figura 6. Conversión de ergosterol en vitamina D<sub>2</sub> y 7-deshidrocolesterol en vitamina D<sub>3</sub> mediante fotólisis

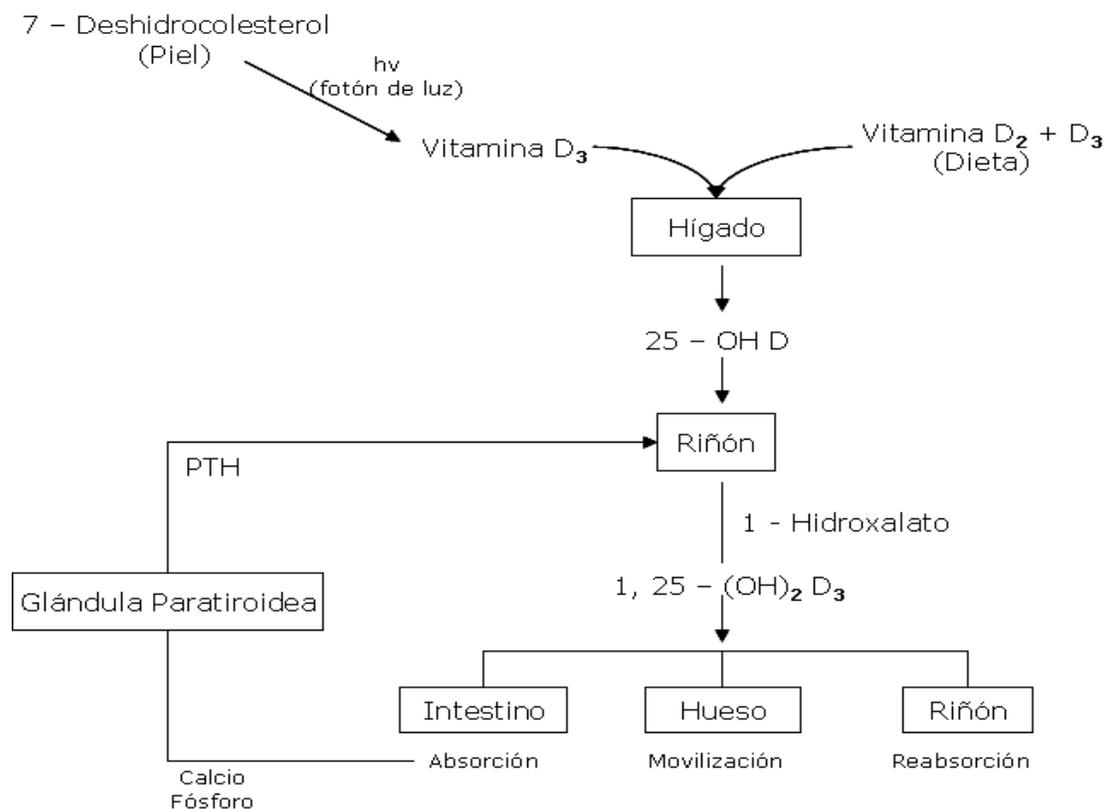


Fuente: Mayes, 2001 y Badui, 2006

La vitamina D es absorbida como micelas en el intestino y posteriormente es transportada por los vasos linfáticos, circulando en la sangre unida a una globulina específica, llamada proteína de unión de la vitamina D. En la Figura 7 se muestra que la vitamina D<sub>3</sub> es transportada al hígado, donde es hidroxilada en el carbono 25 por la 25-hidroxilasa y como resultado se produce la 25-hidroxivitamina D<sub>3</sub> (25-OH-D), que es la principal forma circulante de vitamina D. Sin embargo, es inerte y para activarse debe ser hidroxilada, en el carbono 1 para formar el 1,25-hidroxivitamina D<sub>3</sub> (1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>), por una hidrolasa (1 $\alpha$ -hidroxilasa) específica que se encuentra en el riñón o en la placenta cuando aumentan los requerimientos de calcio en el feto. Cuando los periodos de privación de calcio declinan las concentraciones de calcio ionizado circulante, las glándulas paratiroides detectan de inmediato esta disminución e incrementan la producción y secreción de hormona paratiroidea (PTH). El papel principal de la hormona paratiroidea en el

metabolismo del calcio donde estimula la reabsorción tubular de calcio y la producción renal de 1,25-hidroxivitamina D<sub>3</sub>. El 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> se desplaza al intestino delgado donde aumenta la eficiencia de la absorción del calcio intestinal y actúa de manera sinérgica con la hormona paratiroidea sobre los osteoclastos, que a su vez movilizan las reservas de calcio del hueso (Salazar, 2007; Holick, 2002).

**Figura 7. Metabolismo de la vitamina D**



Fuente: Holick, 2002

La vitamina D ayuda al cuerpo a controlar apropiadamente los niveles de calcio y fósforo en el cuerpo. Cuando el cuerpo carece de esta vitamina es incapaz de controlar adecuadamente los niveles de estos minerales. Si los niveles sanguíneos de esos minerales disminuyen demasiado, el cuerpo puede producir otras hormonas corporales para estimular la liberación de calcio y fósforo de los huesos, lo cual lleva a

que se presenten huesos débiles y blandos (raquitismo). La diferencia del raquitismo con la osteomalacia radica en que los huesos son más blandos, tienen una cantidad normal de colágeno que le da a los huesos su estructura, pero carecen de calcio.

En México no se tienen estudios epidemiológicos que permitan conocer el estado nutricional de la vitamina D ni la incidencia de enfermedades relacionadas con su deficiencia, tales como el raquitismo y osteomalacia (Halhali *et al.*, 2005).

Debido a la variación en las cantidades de vitamina D en los alimentos y a la dificultad de estimar la cantidad de la vitamina que se sintetiza por la piel, no se tiene información de los requerimientos de vitamina D. Por consiguiente, sólo se pueden establecer ingestiones diarias sugeridas (IDS) que se basan en las concentraciones de la 25-hidroxivitamina D, PTH, fosfatasas alcalinas, indicadores de recambio óseo, radiografías del hueso y crecimiento lineal, así como densidad y contenido mineral del hueso. Además, no se cuenta con estudios llevados a cabo en la población mexicana para establecer recomendaciones de vitamina D, por lo que las IDS que se presentan a continuación están basadas en las propuestas por la Academia de Ciencias de los EUA.

**0 a 6 meses.** Exposición de la cara a la luz solar por 2 horas/semana o del cuerpo cubierto por únicamente el pañal por 30 minutos/semana. En ausencia de suficiente luz solar, se recomienda suplementar la leche o contar con fórmulas que aporten 5 µg/día de vitamina D.

**7 a 12 meses.** Exposición al sol por 35 minutos/día o ingestión de 10 µg/día de vitamina D.

**1 a 8 años.** En esta etapa de la vida los niños están más expuestos a la luz solar, lo que garantiza la síntesis cutánea suficiente para cubrir sus necesidades.

**9 a 18 años.** No es necesario recurrir a la suplementación porque la exposición a la luz solar es frecuente, además la bioconversión de 25-hidroxivitamina a 1,25-hidroxivitamina D<sub>3</sub> se incrementa en la pubertad por factores hormonales.

**19 a 50 años** En caso de no haber síntesis cutánea inducida por la luz solar debida a la insuficiente exposición, se recomiendan 5 µg/día de vitamina D en la dieta, en este y los todos los grupos anteriores.

**50 a 70 años.** En estas edades la síntesis cutánea de vitamina D puede verse disminuida por el uso de filtros solares, así como de vestimenta excesiva y la falta de estrógenos en mujeres posmenopáusicas se traduce en menor síntesis de calcitriol, lo que pone a esta población en riesgo de presentar osteoporosis o fracturas del hueso. Para evitar estos riesgos se recomienda la suplementación con 10 µg/día de vitamina D.

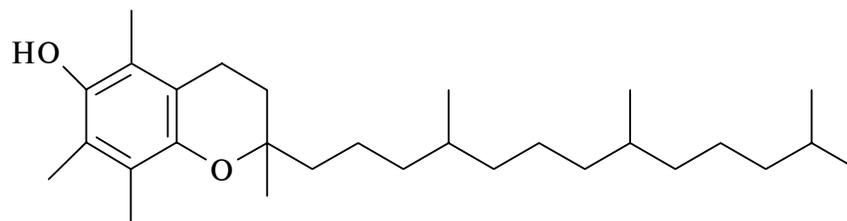
**Mayores de 70 años.** En este grupo existe mayor déficit de vitamina D, por lo cual se recomiendan 15 µg/día de vitamina D.

**Embarazo.** Las necesidades fetales de calcio se cubren por el aumento en la absorción intestinal de este nutriente materno a consecuencia del incremento en la síntesis renal y placentaria de calcitriol, razón por la cual la recomendación de 5 µg/día de vitamina D.

**Lactancia.** En la actualidad se recomiendan 5 µg/día de vitamina D. (Holick, 2002; Solomons *et al.*, 2004; Halhali *et al.*, 2005).

### II.5.2.3 Vitamina E.

Existen ocho formas diferentes de vitamina E: el isómero alfa, beta, gama y delta tocoferol, así como el alfa, beta, gama y delta tocotrienol, sin embargo el  $\alpha$ -tocoferol es la forma más activa en humanos. En la Figura 8 se puede ver que la estructura de  $\alpha$ -tocoferol está formada por un anillo metílico, substituido de cromano-6-ol unido en el carbono 2 a una larga cadena lateral saturada (Ball, 1988; Pita, 1997). El  $\alpha$ -tocoferol en la forma pura es un aceite viscoso amarillos pálido, pero obscurece en contacto con el oxígeno, es fácilmente soluble en aceites vegetales, alcohol y otros solventes orgánicos como el cloroformo, acetona y éter.



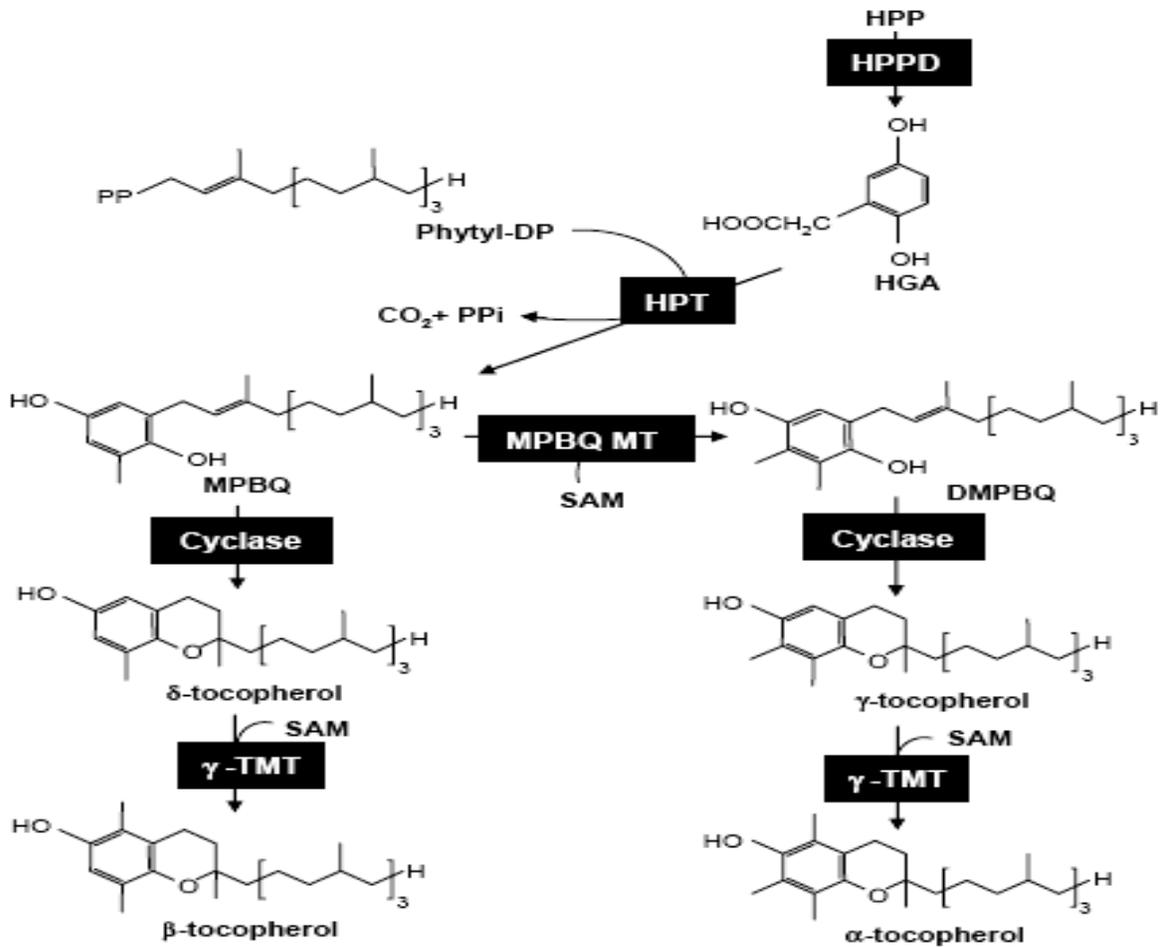
**Figura 8. Estructura química de  $\alpha$ -tocoferol**

En la Figura 9 se puede observar la síntesis de  $\alpha$ -tocoferol, dicha síntesis se lleva a cabo solamente por plantas y algunos organismos aerobios o fotosintéticos a través del metabolismo citosólico de aminoácidos aromáticos. El primer paso en la síntesis del tocoferol implica la producción de un grupo aromático llamado ácido homogentístico (HGA) a partir del ácido p-hidroxifenilpirúvico (HPP) por la enzima dioxigenasa del ácido p-hidroxifenilpirúvico (HPPD), esta es una reacción irreversible y compleja que cataliza la adición de dos moléculas de oxígeno, una descarboxilación y un cambio en una cadena del HPP. El HGA se prenila con difosfato fútil ó difosfato geranio para dar 2-metil-6-fitiplastoquinol (MPBQ) por la enzima homogenizante

preniltransferasa (HPT). La MPBQ es la primer molécula intermediaria en la síntesis de los tocoferoles y tocotrienoles, respectivamente. Los siguientes pasos en la síntesis es que se lleve a cabo la mutilación y ciclicación. El MPBQ es el sustrato para cualquier ciclasa ó MPBQ metiltransferasa (MPBQ MT). El MPBQ MT agrega un segundo grupo metilo al MPBQ para dar el 2,3-dimetil-5-piril-1, 4-benzoquinona (DMPBQ). La tocoferolciclasa convierte al MPBQ y DMPBQ en  $\delta$ -tocoferol y  $\gamma$ -tocoferol. Finalmente la  $\gamma$ -tocoferolmetiltransferasa ( $\gamma$ -TMT) añade un grupo metilo en la posición 6 del cromanol para convertir el  $\delta$ -tocoferol y el  $\gamma$ -tocoferol en  $\beta$ -tocoferol y  $\alpha$ -tocoferol (DellaPenna, 2005).

El  $\alpha$ -tocoferol puede ser fácil y rápidamente destruido tanto por la luz solar así como de luz artificial con longitud de onda de la región UV. Puede ser oxidado por el oxígeno atmosférico a la forma de quinona lo cual puede ser acelerado por la luz, calor, alcalinidad y ciertamente por metales traza.

**Figura 9. Biosíntesis de  $\alpha$ -tocoferol**



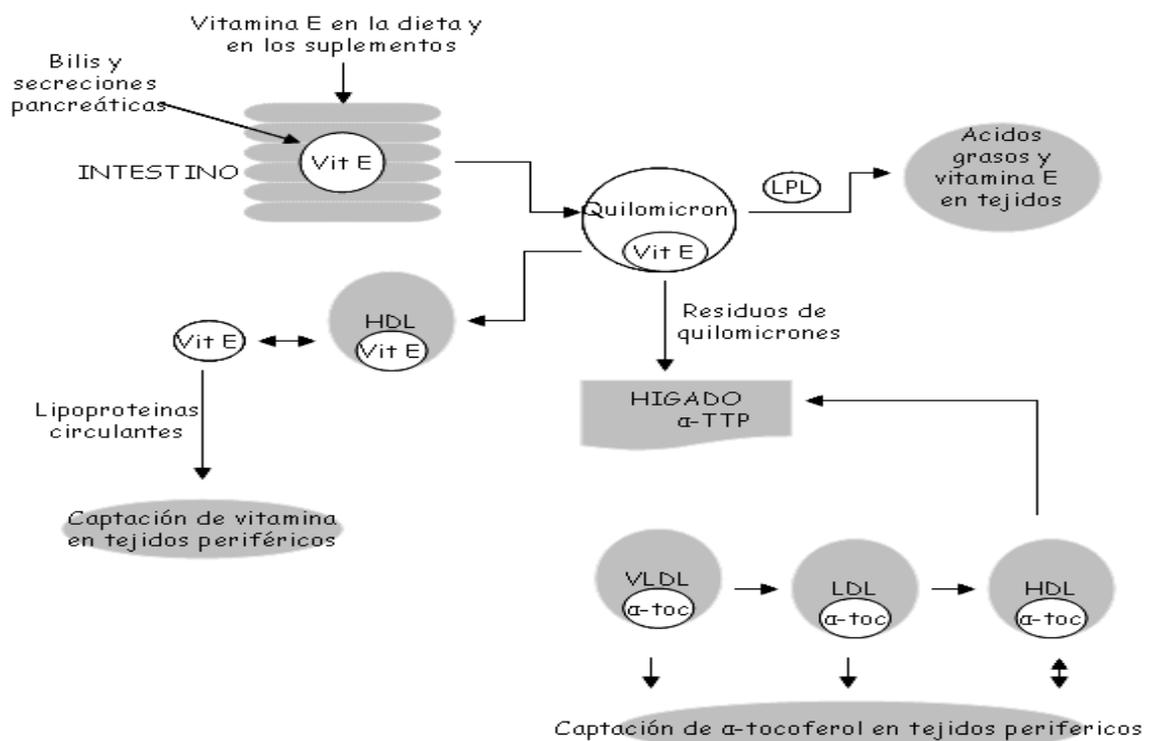
Fuente: DellaPenna, 2005

En la Figura 10 se muestra que la absorción de todas las formas de la vitamina E requiere de ácidos biliares, ácidos grasos y monoglicéridos para formar micelas que son captadas en los enterocitos del intestino. Posteriormente la vitamina E se incorpora en quilomicrones que son secretados a la circulación y donde se lipolizan por la lipoproteína lipasa (LPL) que esta unida al revestimiento endotelial de las paredes capilares. El hígado, principalmente, capta los residuos de quilomicrones. Durante la lipólisis, varias formas de vitamina E pueden transferirse a los tejidos o lipoproteínas de alta

densidad (HDL). Adicionalmente la vitamina E puede suministrarse a los tejidos periféricos cuando se intercambia entre lipoproteínas de alta densidad y otras lipoproteínas circulantes.

En el hígado la proteína de transferencia de  $\alpha$ -tocoferol ( $\alpha$ -TTP), incorpora de manera preferencial a la  $\alpha$ -tocoferol en las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) las cuales son secretadas a la circulación sanguínea. La lipólisis de lipoproteínas de muy baja densidad da como resultado el enriquecimiento  $\alpha$ -tocoferol a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y alta densidad (HDL). Así todas las lipoproteínas suministran  $\alpha$ -tocoferol a los tejidos periféricos (Traber, 2002; Mardones y Rigotti, 2004).

**Figura 10. Absorción de vitamina E y suministro de  $\alpha$ -tocoferol a tejidos periféricos**



Fuente: Traber, 2002

La oxidación de ácidos grasos ocurre por la formación de radicales libres intermediarios que son radicales relativamente estables y solamente pueden sustraer átomos de hidrógeno especialmente activados. La Figura 11 muestra el proceso de una reacción en cadena de radicales en la que se distinguen las siguientes fases: inicio, propagación y terminación (Fennema, 1993; Cuppet *et al.*, 1997; Jones y Kubow, 2002).

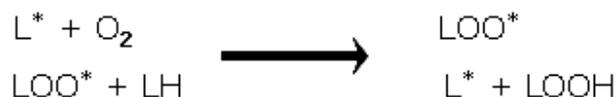
**Figura 11. Esquema elemental de autooxidación de ácidos grasos**

Inicio:

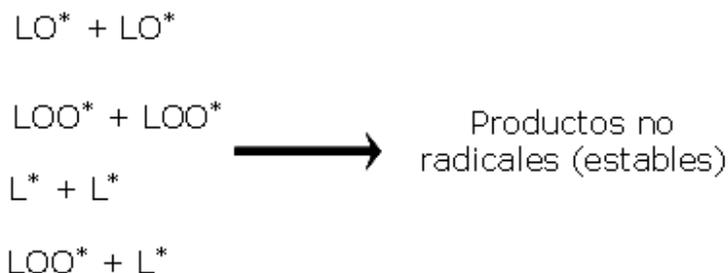


Formación de radicales peroxi - (LOO\*), alcoxi - (LO\*) ó alquilo - (L\*)

Propagación:



Terminación de la cadena:



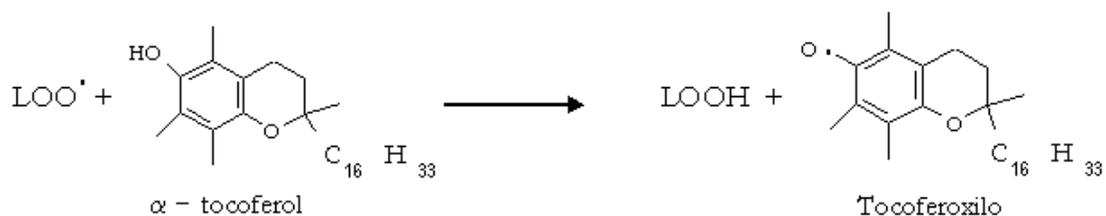
Fuente: Fennema, 1993; Cuppet *et al.*, 1997; Jones y Kubow, 2002

Cuppet *et al.*, 1997; Jones y Kubow, 2002; Thomas, 2002 y Traber, 2002, reportaron que los hidroperóxidos de los lípidos se oxidan convirtiéndose en radicales peroxilo (LOO·), los cuáles reaccionan con la vitamina E provocando una reducción de la fase de propagación de la autooxidación de los lípidos en los alimentos (Figura 12). El grupo

fenólico hidroxilo de tocoferol reacciona con un radical peroxilo orgánico para formar el hidroperóxido orgánico correspondiente y el radical tocoferoxilo (semiquinona).

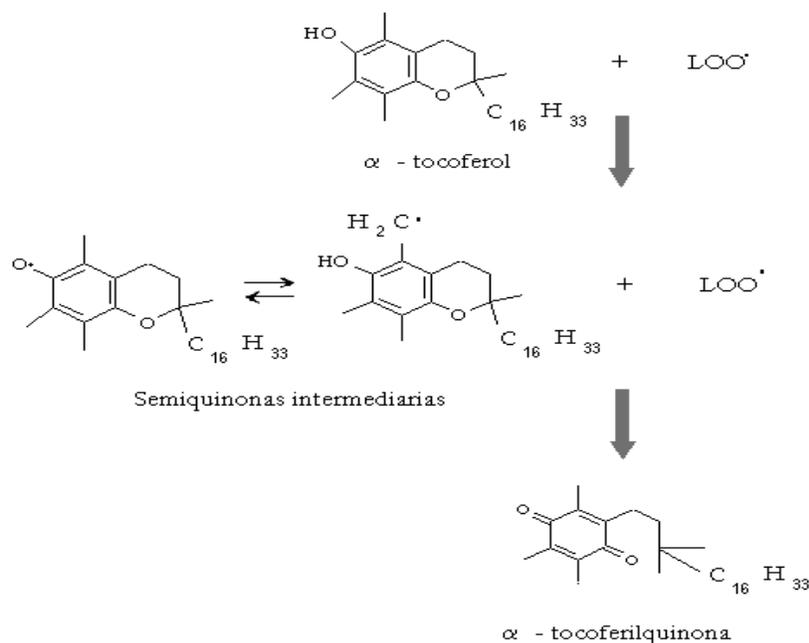
En la Figura 13 se muestra cómo el tocoferoxilo (semiquinona) es un intermediario que se puede convertir en  $\alpha$ -tocoferilquinona como un producto final y estable (Liebler y Burr, 1992; Cuppet *et al.*, 1997).

**Figura 12. Oxidación de  $\alpha$ -tocoferol a tocoferoxilo (semiquinona)**



Fuente: Cuppet *et al.*, 1997

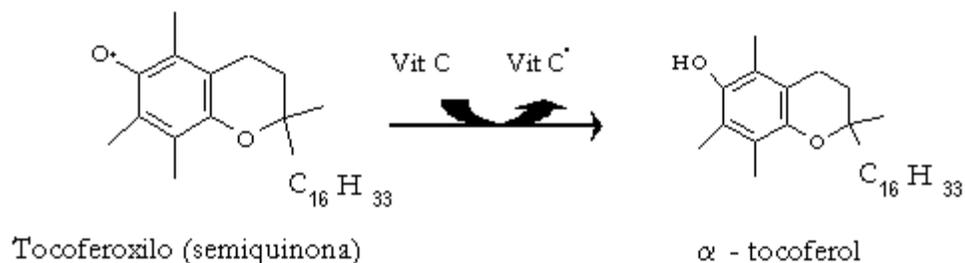
**Figura 13. Oxidación de  $\alpha$ -tocoferol a tocoferilquinona**



Fuente: Liebler y Burr, 1992; Cuppet *et al.*, 1997

En la Figura 14 se muestra cómo la vitamina C actúa como un reductor permitiendo la regeneración del  $\alpha$ -tocoferol a partir del tocoferoxilo (Thomas, 2002; Barón *et al.*; 2004; Clarkson y Thompson, 2000).

**Figura 14. Reducción de semiquinona por vitamina C**



Fuente: Cuppet *et al.*, 1997; Thomas, 2002

La actividad antioxidante de la vitamina E puede depender de la temperatura, composición lipídica, estado físico (por ejemplo, si la mayor parte de un sistema es aceite o si se encuentra en emulsión) y de la concentración de  $\alpha$ -tocoferol (Cuppet *et al.*, 1997).

La vitamina E reduce el riesgo del cáncer de próstata, participa en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares (Weinstein *et al.*, 2005; Kaufer y Aguilar, 2005). Una combinación de las vitaminas C y E es una estrategia profiláctica prometedora para la prevención del preclampsia (Maarten *et al.*, 2004).

Existen funciones de la vitamina E que no están relacionadas con el papel de antioxidante, como la modulación de enzimas microsomales, la inhibición de la proteína cinasa C, inducción de apoptosis, inhibición de la agregación plaquetaria a través de la prostaglandina E, modulación de la respuesta inmunitaria intervención en los procesos de desarrollo

fetal y en la gestación, regulación en la expresión génica, además de promover la formación normal de eritrocitos y su estabilidad (Kaufer y Aguilar, 2005).

Kaufer y Aguilar (2005) reportaron que la deficiencia de la vitamina E en México es extremadamente rara y por ello solo se pretende informar una deficiencia en suero debido a que no se ha documentado una deficiencia en el país (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Deficiencia de vitamina E donde la concentración es menor de 600 mg  $\alpha$ -tocoferol/dL de suero**

Medio	Niños menores de 12 años (%)	Mujeres (%)	
		No embarazo	Embarazo
Urbano	48.6	26.3	21.3
Rural	52.4	33	37.8
Nacional	49.8	28	26.6

Fuente: Dommarco, 2002

Los requerimientos de la vitamina E son difíciles de establecer debido a la estrecha relación con los ácidos grasos poliinsaturados, antioxidantes, aminoácidos azufrados y el selenio, por ello se puede observar en el Cuadro 13 una propuesta del requerimiento nutrimental promedio (RNP) basado en la ingestión de  $\alpha$ -tocoferol suficiente para prevenir la hemólisis inducida por peróxido de hidrógeno en humanos con deficiencia inducida, sin embargo el RNP se considera 10% de coeficiente de variación, por lo que para cubrir a 97% de la población conviene mencionar la ingesta diaria recomendada (IDR) como 120% del RNP (Kaufer y Aguilar, 2005).

**Cuadro 13. Requerimiento nutrimental promedio (RNP) e Ingesta diaria recomendada (IDR) para niños de 1 a 18 años de edad, mujeres y hombres adultos, embarazo y lactancia**

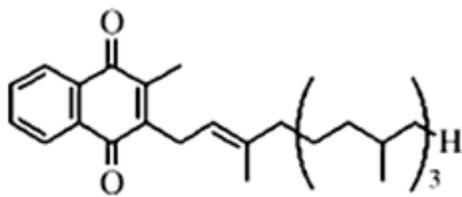
<i>Grupo de edad (Años)</i>	<i>RNP (mg <math>\alpha</math>-tocoferol/día)</i>	<i>IDR (mg <math>\alpha</math>-tocoferol/día)</i>
1 – 3	5	6
4 – 8	6	7
9 – 13	9	11
14 – 18	12	15
Hombres y mujeres adultos	12	15
Mujer embarazada	12	15
Mujer en lactancia	16	19

Fuente: Kaufer y Aguilar, 2005

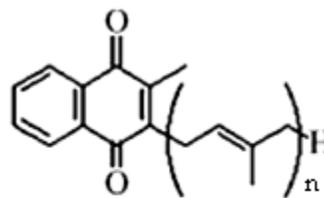
**II.5.2.4 Vitamina K.**

La vitamina K se encuentra en la naturaleza como una serie de compuestos con un núcleo común, el 2–metil–1,4 naftoquinona. En la Figura 15 se muestra la vitamina K<sub>1</sub>, llamada filoquinona, que es sintetizada en el cloroplasto de las plantas verdes y por tanto se deriva de la ingestión dietética, así mismo se puede ver la vitamina K<sub>2</sub> y se refiere a una familia de estructuras homólogas, las cuales contienen cadenas laterales no saturadas de isopropenil, que varían de longitud y se designan como MK-n (menaquinonas). Las menaquinonas 7 a la 13 son sintetizadas por bacterias, como una excepción se encuentra la menaquinona 4 (MK-4) que es sintetizada en animales a partir de la menadiona K<sub>3</sub> la que se utiliza como vitamina sintética porque es la más sencilla (Ball, 1988; Usui *et al.*, 1990; Ross, 2002; Vásquez y Toussaint, 2005).

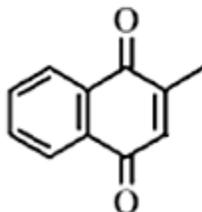
**Figura 15. Estructuras químicas de la vitamina K**



Filoquinona (Vitamina K<sub>1</sub>)



Menaquinona - n (Vitamina K<sub>2</sub>)



Menadiona

Fuente: Ahmed *et al.*, 2007

La vitamina K, en la forma de filoquinona, está distribuida ampliamente en alimentos de origen animal y vegetal, variando desde menos de 0.1 µg/100 g en frutas cítricas, 1 µg/100 g en leche de vaca y más de 400 µg/100 g en espinacas, col y nabos. Las menaquinonas están ausentes en la mayoría de los alimentos, pero presentes en cantidades de hasta 13 µg/100 g en hígado y cerca de 130 µg/100g en algunos quesos (Robinson, 1991; Shearer *et al.*, 1996; Kohlmeier *et al.*, 1996; Ross, 2002; Vásquez y Toussaint, 2005).

Las filoquinonas (vitamina K<sub>1</sub>) y menaquinonas (vitamina K<sub>2</sub>), son absorbidas en el intestino delgado y para ello se requieren de sales biliares y jugo pancreático, posteriormente son distribuidas como quilomicrones en la circulación a través de ductos linfáticos. La vitamina K de los quilomicrones remanentes es transportada al interior del hígado, el hueso y las células del bazo (Vásquez y Toussaint, 2005; Mayes, 2001).

Durante el proceso de coagulación la vitamina K juega un papel importante, ya que de ella dependen seis proteínas (factores II, X, IX, VII y proteínas C y Z) para ser convertidas a serina proteasas que son las que determinan la formación del trombo en el sitio de lesión vascular. Por lo tanto, cuando hay una deficiencia de vitamina K no se genera trombina en el plasma y el fibrinógeno no es convertido a fibrina, evitando que se activen las plaquetas (Ball, 1988; Lim y Ocquetau, 2001; Vásquez y Toussaint, 2005).

Oria (2003) mencionó que la vitamina K es necesaria para la carboxilación de la osteocalcina, una de las principales proteínas Gla (proteína ácido  $\gamma$ -carboxilglutamato) del hueso. También determinó una mayor incidencia de fracturas en ancianos que no consumían suficiente vitamina K pero que, curiosamente, no tenían una menor densidad mineral ósea; de la misma manera Booth *et al.* (2000) determinaron que los productos bajos de la vitamina K están asociados a una incidencia creciente de las fracturas de la cadera de hombres y de mujeres mayores.

Los vitámeros de la vitamina K pueden ser descompuestos por radiación UV, medios alcalinos, ácidos fuertes y agentes reductores, sin embargo son razonablemente estables a condiciones de oxidación y al calor (Ball, 1988; Fox 2004).

Según Olson (2002) los requerimientos diarios se pueden cubrir a partir de la dieta (fitomenadiona; vitamina K<sub>1</sub>) y de la síntesis que realiza la flora bacteriana intestinal (menaquinona; vitamina K<sub>2</sub>).

Durante los primeros meses de vida, la IDS de vitamina K esta basada en el supuesto de un promedio de ingestión de leche humana de 0.788 litros por día y en la concentración media de filoquinona en la

leche humana de 2.5 µg por litro, la cuál provee 2 µg por día. Vázquez y Toussaint (2005) mencionaron que la ingesta diaria de vitamina K en niños y púberes incrementa, debido a la diversificación de la dieta y el incremento en las porciones de vegetales. En adultos, la IDS de vitamina K se basa en los datos de ingestión de esta vitamina en sujetos aparentemente sanos, sin embargo en este grupo se ha encontrado que la ingesta es menor en mujeres que en hombres (Cuadro 14).

**Cuadro 14. Ingesta diaria sugerida de vitamina K para la población mexicana**

	<i>Mujeres (µg/Día)</i>	<i>Hombres (µg/Día)</i>
Lactantes (meses)		
0 a 6	2	2
7 a 12	2.5	2.5
Niños y jóvenes (años)		
1 a 3	30	30
4 a 8	55	55
9 a 13	60	60
14 a 18	75	75
Adultos (años)		
19 a 70	90	120
> 70	90	120

Fuente: Solomons *et al.*, 2004; Vázquez y Toussaint, 2005

En síndromes de malabsorción, administración prolongada de antibióticos de amplio espectro y en casos de desnutrición grave se puede producir un déficit de vitamina K, siendo necesaria su suplementación (Ferland *et al.*, 1993; Usui *et al.*, 1990).

## **II.6 Sistemas de conservación de alimentos y su efecto sobre los quesos.**

### **II.6.1 Refrigeración.**

La refrigeración es un método de conservación en el que las células de los tejidos animales y vegetales continúan con vida por un periodo más o menos largo y los metabolitos celulares son detenidos a temperaturas que oscilan desde -2°C a 16°C (Cheftel *et al.*, 1997; Farkas, 2001).

La refrigeración además de tener como beneficio ser un método de conservación al mejorar su calidad bacteriológica, puede provocar modificaciones en la leche como la disociación de caseínas, especialmente  $\beta$ -caseína, solubilización del fosfato de calcio y decremento del tamaño de la micela en la leche, provocando así que el tiempo de coagulación de la leche sea mayor (Montilla *et al.*, 1995; Raynal y Remeuf, 2000).

El nivel de proteína no se ve afectado en el queso que ha sido almacenado en refrigeración durante 28 días, además de presentarse una actividad proteolítica mínima (Hekken *et al.*, 2005).

### **II.6.2 Congelación.**

La congelación, al igual que la refrigeración, utiliza el descenso de temperatura para prolongar el periodo de conservación de los alimentos. Sin embargo, las temperaturas empleadas en la congelación son mucho más bajas que las usadas en la refrigeración; además, la principal diferencia radica en la formación de cristales de hielo en el interior de

los alimentos paralizando casi en forma completa toda actividad metabólica (Cheftel et al., 1997).

Los quesos duros y semiduros se pueden ver afectados por el congelamiento tanto en sabor y textura, en cambio los quesos suaves como el de cabra se ven menos afectados en estos atributos o en la proteólisis, incluso hasta los 2 meses de almacenamiento, además, la estructura y difusión de la sal en el queso no son afectados a la temperatura de congelación. La única desventaja es que el almacenamiento del queso por abajo del punto específico de congelación da lugar típicamente a una textura desmenuzable o harinosa. Cuando el queso suave es almacenado en congelación hasta 3 o 6 meses pueden volverse menos suaves y muy cohesivos (Hekken *et al.*, 2005; Reys *et al.*, 2005).

## **II.7 Efecto del tratamiento térmico en los quesos.**

La principal finalidad de aplicar calor a la leche es convertirla en producto inocuo para la salud humana al destruir bacterias patógenas como *Mycobacterium tuberculosis*. Por lo general se practica a temperaturas que no sobrepasen los 100°C. Sin embargo, el tratamiento térmico puede aplicarse para impartir a la leche otras propiedades deseables como cambios de aroma o de color, si este tratamiento no es controlado, es decir, se alcanzan temperaturas mayores de 100°C o el tiempo de pasteurización es prolongado, puede haber cambios indeseables como la degradación de las proteínas del suero, desnaturalización e inactivación de enzimas, lo cual se ve reflejado en un aumento de la coagulación del queso con una cuajada menos consistente y con mayor pérdida de agua (Scott, 1991; Fennema, 1993; Boekel, 1998; Panfili *et al.*, 1998; Walstra, 2001; Buffa *et al.*, 2001).

### **III. JUSTIFICACIÓN**

A diferencia de los productos de origen bovino, la información nutrimental de productos caprinos en México es escasa. Aunque existe una amplia investigación en el campo de la leche, poco se ha avanzado con respecto al queso.

Es importante estudiar e investigar los efectos que puedan ocurrir durante el tiempo de almacenamiento de los quesos de origen caprino para proporcionar información útil a sus productores promoviendo así un mejor desarrollo.

## **IV. OBJETIVO**

### **IV.1 Objetivo general.**

Determinar el efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre los aminoácidos y vitaminas liposolubles del queso suave de leche de cabra, cruda y pasteurizada.

### **IV.2 Objetivos específicos.**

Determinar el efecto de la temperatura (refrigeración 4°C y congelación -20°C) y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos del queso suave de leche de cabra, cruda y pasteurizada.

Determinar el efecto de la temperatura (refrigeración 4°C y congelación -20°C) y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de vitaminas liposolubles (A, D, E y K) del queso suave de leche de cabra, cruda y pasteurizada.

## **V. HIPÓTESIS**

El sistema de conservación (refrigeración 4°C y congelación -20°C) y el tiempo de almacenamiento influirá negativamente sobre el perfil de aminoácidos y vitaminas liposolubles del queso suave de leche de cabra, cruda o pasteurizada.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **VI.1 Lugar de trabajo.**

La presente investigación se llevó a cabo en los laboratorios 1, 2 y 7 del Departamento de Nutrición Animal de la Dirección de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán" (INCMNSZ), así como en la "Granja Puma" situada en Cerro Prieto, en el Estado de Querétaro, México. El clima se describe como seco, estepario, semiárido con lluvias escasas, con precipitación media anual en verano de 460 mm, así como un periodo de sequía de 6 a 8 meses (García, 1973).

### **VI.2 Animales experimentales.**

Se utilizaron 50 cabras de la raza Alpina francesa, Saanen y Toggenburg con un peso vivo promedio de 50-60 kg, y una edad de entre 2 y 3 años, ubicándose entre la segunda etapa de lactación. A cada uno de los animales albergados se les ofreció 2.5 kg de alimento, de una ración con 60% de heno de alfalfa y 40% de concentrado a base de cereales con un contenido proteico de 16.2% y 2.6 Mcal de ED/Kg de MS aproximadamente. La dieta fue asignada durante dos veces al día por la mañana (9:00 a.m.), después del ordeño y otra por la tarde (4:00 p.m.).

La ordeña se realizó mecánicamente con ayuda de un equipo móvil con capacidad para 100 L, una vez al día (7:30 a.m.). La leche obtenida fue colocada en un contenedor para ser transportada a la quesería; posteriormente la leche fue vertida en un tanque de recepción de acero inoxidable, ubicado en la parte externa de la quesería, la leche se filtró utilizando un paño desechable.

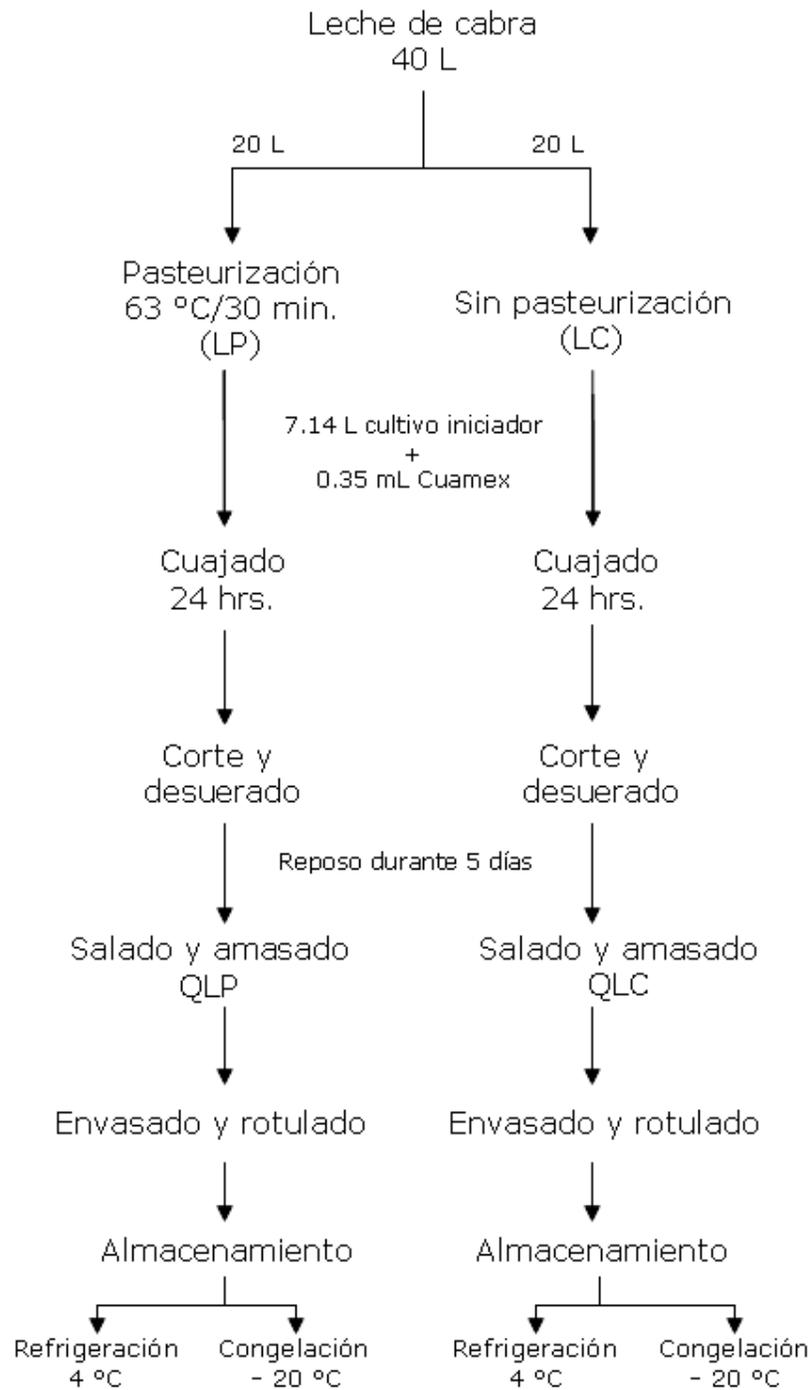
### **VI.3 Elaboración del queso experimental.**

El volumen total de leche utilizado para la elaboración del queso fue de 40 L. El 50% de éste volumen de leche se pasteurizó (LP) en un tanque automatizado (marca M-H 616 2015 de acero inoxidable) a 63°C durante 30 minutos. Posteriormente por otro sistema automatizado de enfriamiento se llevó a una temperatura promedio de 24°C. El otro 50% del volumen total de la leche de cabra (LC) se manejó en crudo. Tanto la LC como la LP se colocaron, cada una, en una tina de plástico sujeta con una base de acero inoxidable con capacidad para 150 L. A cada una de las tinas se le adicionaron 7.14 L de suero de leche del día anterior (cultivo iniciador) y 0.35 mL de cuajo enzimático de la marca Cuamex (Ingredientes: Solución de cloruro de sodio propilenglicol, enzimas coagulantes de leche máx. 0.8%, propionato de sodio y benzoato de sodio 0.1%). Al cabo de 24 horas se cortó el cuajo contenido en cada uno de los recipientes en pequeños cuadros, dando inicio al desuerado, el cual se realizó muy lentamente colocando un paño de tela para retener la cuajada. Una vez desuerada la cuajada ésta se dejó reposar durante 5 días. Al final de este período, tanto el queso de leche cruda (QLC) como el queso de leche pasteurizada (QLP) resultantes fueron salados empleando cloruro de sodio yodado comercial ("La fina") amasándose para permitir la distribución uniforme del producto. Finalmente cada uno de los quesos (QLC y QLP) se envasaron y rotularon porciones de 25 g de queso para ser almacenados y analizados (Figura 16). Es importante señalar que las muestras destinadas para el análisis de vitaminas fueron protegidas de la luz y se colocaron dentro de una bolsa oscura. El procedimiento se repitió tres veces para obtener muestras de tres lotes de queso.

Los quesos de leche cruda (QLC) y de leche pasteurizada (QLP) destinados para el almacenamiento en refrigeración se colocaron en un contenedor a 4° C manteniendo estas condiciones durante su

traslado al laboratorio. Permanecieron así durante 70 días en la cámara de refrigeración marca Ojeda Refrigeración S.A. de C.V del departamento de Tecnología de Alimentos del INCMNSZ para ser monitoreados cada 14 días. El producto (QLC y QLP) designado al almacenamiento en congelación se colocó en un contenedor a menos 20° C trasladándose al laboratorio, para permanecer así en la cámara de congelación marca Ojeda Refrigeración S.A. de C.V del departamento de Tecnología de Alimentos del INCMNSZ durante 5 meses. Al término de este periodo, el producto se descongeló en un refrigerador marca Toledo de México S.A. de C.V. (4° C) para iniciar su periodo de análisis, el cual se realizó cada 14 días, hasta alcanzar 70 días en refrigeración.

**Figura 16. Elaboración y almacenamiento del queso**



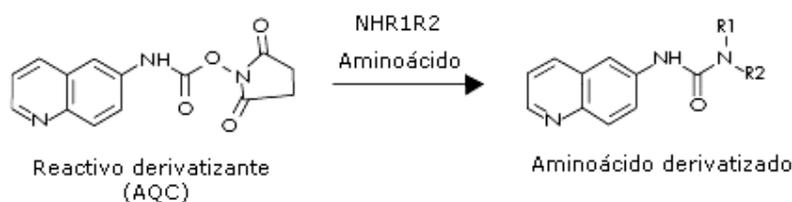
#### VI.4 Composición química.

Se determinó la composición química del queso (humedad, proteína cruda y cenizas) según la metodología del AOAC (2003); todas las muestras fueron analizadas por triplicado.

#### VI.5 Cuantificación de aminoácidos.

Este método se basó en un reactivo de derivatización desarrollado específicamente para análisis de aminoácidos. El reactivo AccQ-tag Fluor de Waters es un 6-aminoquilonil-N-hidroxisuccinimidil carbamato o AQC (reactivo derivatizante) que convierte a los aminoácidos primarios y secundarios a aminoácidos derivados estables con fluorescencia visible a 395 nm (Figura 17). El exceso de reactivo se hidroliza para dar 6-aminoquinolina y subproductos que no interfieren en la determinación cromatográfica.

**Figura 17. Derivatización de un aminoácido primario y secundario**

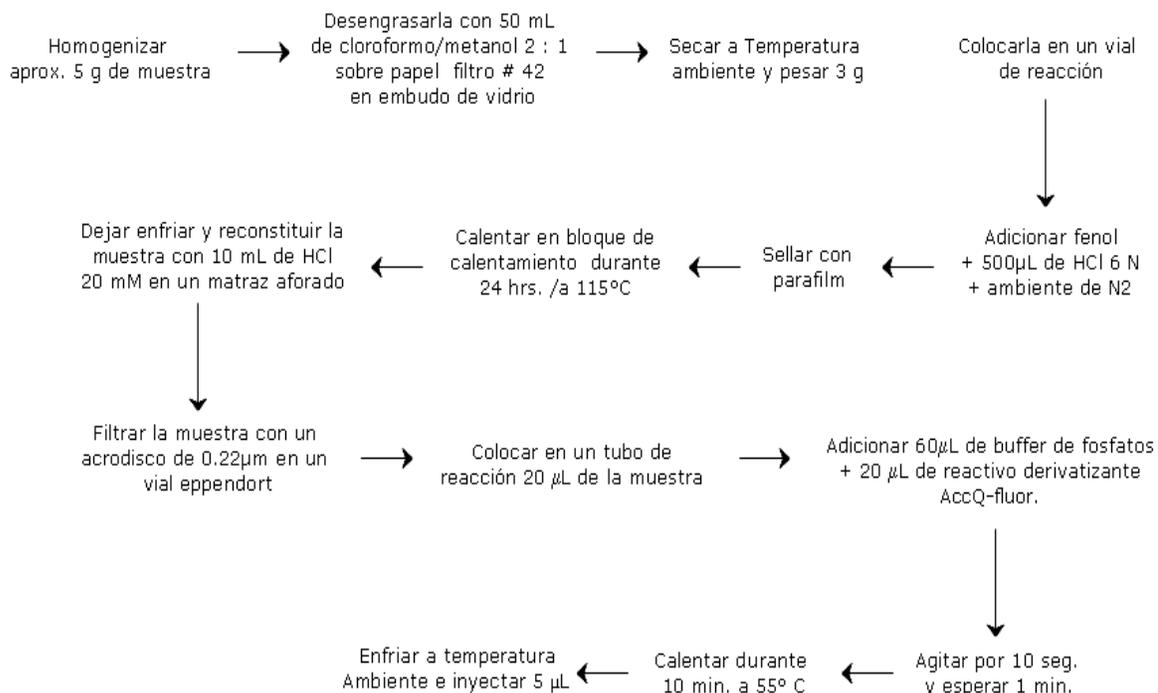


Fuente: D'Amico, 2005

Para la realización de esta determinación se utilizó un equipo de cromatografía de líquidos de alta resolución conocido por sus siglas en inglés como HPLC, con dos bombas de alta presión Marca Waters 510 HPLC Puma, un automuestreador marca Waters Modelo 717 plus, un horno para columna Marca Waters/Universal y una estación de trabajo con software Milenium versión 2.00, se empleó una columna AccQ-TAG de alta eficiencia NOVA-PACK C18 de 14  $\mu\text{m}$  de 3.9x150 mm Part No. WAT 052885. La temperatura de la columna fue de

37°C, con un volumen de inyección de 5  $\mu$ L. Se emplearon dos eluyentes para la fase móvil, el eluyente A (Buffer WATER AccQ-AIG) y el B (acetonitrilo/agua MILLI-Q GRADO HPLC), con un tiempo de corrida de 60 minutos, usando un detector de Fluorescencia Waters 470, un modulo SAT/IN marca Millipore, así como un modulo de control de temperatura marca Millipore. La estación de trabajo consta de un software Milenium versión 2.00 con longitud de emisión de 395 nm y longitud de excitación de 250 nm. En la Figura 17 se puede ver el procedimiento de la preparación de la muestra para inyectar en el cromatógrafo de líquidos de alta resolución.

**Figura 18. Preparación de la muestra para la determinación de aminoácidos en el queso suave de leche de cabra**

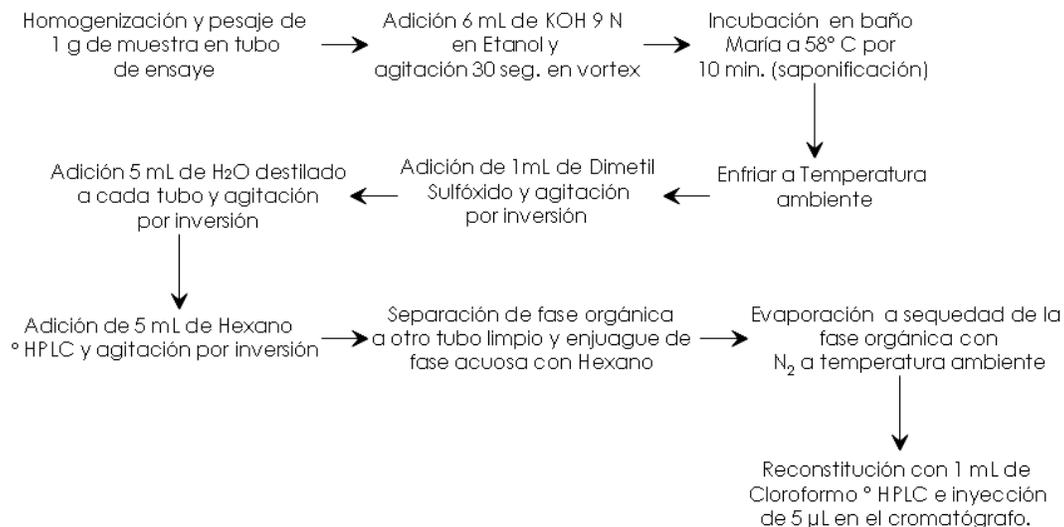


Los reactivos usados en la determinación de aminoácidos y vitaminas liposolubles fueron grado cromatográfico (HPLC).

## **VI.6 Determinación de vitaminas liposolubles (A, D, E y K).**

El procedimiento de este método se muestra en la Figura 19 y se basa en la propuesta de Keller (1988). Tiene como objetivo realizar una hidrólisis alcalina (saponificación) para remover la mayor parte de triglicéridos de la muestra. La reacción de hidrólisis fragmenta las ligaduras de ésteres, liberando los ácidos grasos de los glicéridos y fosfolípidos, así como de algunos esteroides. Posteriormente se separó el componente vitamínico por una extracción líquida usando el agua inmiscible en un solvente orgánico, en este caso el hexano. Los ácidos grasos se precipitan al formar sales con el potasio. El dimetilsulfóxido permitió una mayor solubilidad en la fase acuosa de aquellos componentes que interfieren con las vitaminas liposolubles. La determinación se realizó en oscuridad ya que la reacción es sumamente fotosensible, los tubos empleados se cubrieron con papel aluminio para la protección de la determinación y se purgaron con cloroformo grado reactivo para asegurar la eliminación de cualquier residuo.

**Figura 19. Preparación de la muestra para la determinación de vitaminas liposolubles del queso suave de leche de cabra**



Se utilizaron los siguientes estándares para la determinación de las vitaminas liposolubles del queso de leche de cabra, cruda y pasteurizada:

- Menadiona (vitamina K<sub>3</sub>) de la marca Sigma K82586 4027
- Ácido retinoico de la marca Sigma R-2625 Lote 84H0658
- (+) -  $\alpha$ -tocoferol. Isómeros mezclados tipo V de aceites vegetales de la marca Sigma T-3634 Lote 014 K0600.

Se pesaron 10 mg de cada uno de los estándares de las vitaminas en un vaso de precipitados de 10 mL usando un tubo capilar para cada estándar. Cada uno de los estándares se pesó y aforaron con cloroformo grado HPLC, se tomó 1 mL de cada uno de los estándares y se mezcló en otro matraz ámbar, de estos 3 mL de la mezcla de estándares se tomó 1 mL y se colocó en un vial ámbar para ser inyectado un volumen de 5 µL en HPLC.

Se utilizó una columna Symmetry C8 con un tamaño de partícula de 5 µm; una longitud 3.9 mm x 150 mm; de la Marca Walter Modelo 054235. La fase móvil empleada fue una mezcla de compuestos; empleando 500 mL de metanol, 480 mL de acetonitrilo y 20 mL de agua desionizada en una proporción de 25:24:1.

### **VI.7 Análisis estadístico.**

Los resultados (perfil de aminoácidos y vitaminas liposolubles) de los quesos de leche cabra, cruda y pasteurizada conservados en refrigeración y congelación, se analizaron a través de un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de 2x2, las diferencias entre promedios fueron establecidas con una probabilidad de error menor al 0.05, mediante la prueba de Tukey. El análisis estadístico de las variables estudiadas se realizó mediante el procedimiento PROC GLM, con apoyo del programa Statistical Analysis System (SAS, 1996).

El modelo empleado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = variable respuesta (vitaminas liposolubles y aminoácidos) en la repetición k (tres lotes), nivel j de B y nivel i de A

$\mu$  = media general

$A_i$  = efecto del factor A al nivel i (sistema de conservación: refrigeración y congelación)

$B_j$  = efecto del factor B al nivel j (pasteurizado o crudo)

$(AB)_{ij}$  = efecto de la interacción AB al nivel ij (interacción de los factores)

$E_{ijk}$  = error aleatorio

## VII. RESULTADOS

### VII.1 Composición química.

En los Cuadros 15 y 16 se presenta la variación de la concentración de humedad, cenizas y proteína de las muestras experimentales por efecto del tiempo de almacenamiento en refrigeración (4°C) y congelación (-20°C).

**Cuadro 15. Composición química (g/100 g) de los productos experimentales por efecto del tiempo de almacenamiento en refrigeración**

Variables	Tiempo de almacenamiento (días)											
	0		14		28		42		56		70	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Humedad	51.5 ±2.6	51.9 ±1.9	52.7 ±2.3	47.9 ±1.9	47.7 ±2.5	47.9 ±2.1	48.3 ±3.3	47.7 ±1.4	47.1 ±3.0	48.7 ±0.8	48.3 ±2.8	50.6 ±3.9
Cenizas*	2.8b ±0.2	3.3a ±0.1	3.3 ±0.3	3.2 ±0.3	2.7b ±0.2	3.3a ±0.3	2.8b ±0.4	3.1a ±0.3	2.5b ±0.2	3.0a ±0.4	2.3b ±0.2	3.3a ±0.5
Proteína (N x 6.38)*	33.7 ±2.4	32.8 ±0.4	34.3a ±0.8	32.2b ±2.6	32.8 ±3.7	31.9 ±3.4	32.2 ±4.0	32.5 ±2.0	33.4 ±2.2	34.1 ±1.8	36.2b ±1.3	49.9a ±1.7

a, b: literales distintas en el mismo día indican diferencia estadística significativa (P<0.05)

I = Queso de leche cruda; II = Queso de leche pasteurizada. \* g/100 g de muestra en base seca.

En relación efecto del tiempo de almacenamiento sobre la concentración de humedad de las muestras estudiadas, se observaron pérdidas en el queso elaborado con leche cruda y pasteurizada, sin que éstas llegasen a ser estadísticamente diferentes (P>0.05). Por otra parte, al analizar los resultados del contenido de cenizas de las muestras estudiadas, se observó una reducción en la

concentración debida al tiempo de almacenamiento, sobre todo entre los 56 y 70 días (Cuadro 15). Los resultados en los dos tipos de quesos fueron estadísticamente significativos ( $P < 0.05$ ). Así mismo, al cuantificar el contenido proteico a lo largo de 70 días en las muestras refrigeradas, se observó una mayor concentración nitrogenada en el queso de leche cruda, misma que fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) respecto del producto elaborado a partir de leche pasteurizada al día 14. Sin embargo, al final de la evaluación (70 días), la concentración de proteína en el queso de leche pasteurizada rebasó de manera significativa (Cuadro 15) el valor encontrado en el queso de leche cruda.

**Cuadro 16. Composición química (g/100 g) de los productos experimentales, por efecto del tiempo de almacenamiento en congelación**

Variables	Tiempo de almacenamiento (días)											
	142		156		170		184		198		212	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Humedad	50.4b ±1.3	51.8a ±1.7	52.7a ±2.4	48.3b ±1.9	48.0 ±2.9	47.1 ±1.5	47.5a ±2.6	46.4b ±2.4	46.3b ±2.2	47.1a ±1.9	46.3 ±2.2	46.9 ±1.2
Cenizas*	3.7a ±0.8	3.4b ±0.2	3.8a ±0.5	3.4b ±0.2	3.4a ±0.3	3.1b ±0.3	3.5 ±0.3	3.5 ±0.2	4.0a ±1.2	3.0b ±0.4	3.4 ±0.3	4.4 ±0.3
Proteína (N x 6.38)*	33.2 ±1.8	34.2 ±1.1	37.3a ±0.6	33.4b ±2.2	33.0 ±5.3	33.4 ±2.3	31.2 ±3.1	31.1 ±0.3	30.7 ±3.1	31.7 ±3.1	31.2 ±3.15	31.8 ±1.6

a, b: literales distintas en el mismo día indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ )

I = Queso de leche cruda; II = Queso de leche pasteurizada. \* g/100 g de muestra en base seca.

El contenido de humedad de los quesos estudiados después de cinco meses de almacenamiento en congelación se vio afectado, sobre todo cuando se compara con los valores obtenidos en estas

mismas muestras al ser almacenadas en refrigeración, al inicio de la observación. A lo largo de los 212 días de evaluación se observó una pérdida de humedad con el consecuente desecamiento del material (Cuadro 16).

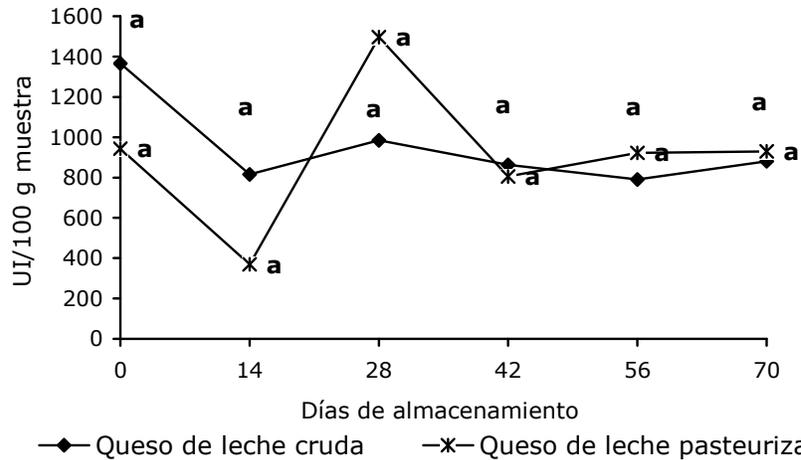
Por otra parte, el contenido de cenizas registró un incremento con respecto del tiempo de almacenamiento, sobre todo en el queso elaborados con leche pasteurizada a los 212 días. El contenido de proteína presentó un comportamiento diferente al de los quesos almacenados en refrigeración al observarse pérdidas durante el tiempo de análisis de los productos, destacando que al día 156 el valor proteico del queso de leche cruda rebasó significativamente ( $P < 0.05$ ) al valor de proteína del producto elaborado con leche pasteurizada (Cuadro 16).

## **VII.2 Vitaminas liposolubles.**

En la Gráfica 1 se muestra el efecto de la conservación del queso de cabra en refrigeración sobre la concentración de vitamina A. Los valores iniciales para el queso de leche cruda (QLC) y queso de leche pasteurizada (QLP) fueron de 1365.6 y 942.8 UI/100 g, respectivamente. Cabe señalar que las concentraciones en el QLC decayeron en un 60% para el día 14 de almacenamiento, con un valor de 815.00 UI/100 g. Sin embargo, a los siguientes 14 días de evaluación los resultados registraron una recuperación, para ubicarse 984.5 UI/100 g. A partir de este momento el valor de vitamina A, descendió hasta las 881.3 UI/100g al día 70.

Por su parte, al analizar el comportamiento de los niveles de vitamina A del QLP, por efecto de la conservación en refrigeración; se observó una reducción con valores iniciales y finales de 942.8 y 930.2 UI/100 g de muestra respectivamente. Cabe destacar que a los 28 días de almacenamiento se registró un incremento importante, ubicándose la concentración en las 1496.3 UI/100 g. Sin embargo, esta variación no fue estadísticamente diferente a través del análisis de la varianza ( $P > 0.05$ ).

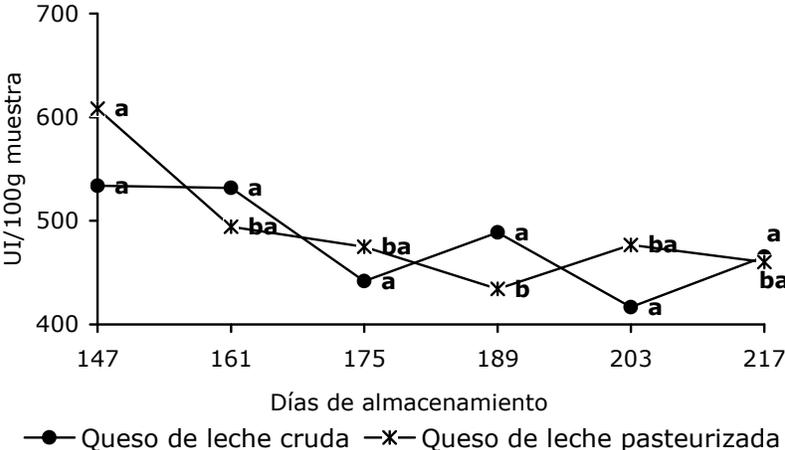
**Gráfica 1. Efecto del tiempo de refrigeración sobre la concentración de vitamina A en el queso suave de leche de cabra**



Literales distintas en el mismo tipo de queso indican diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ).

Por otra parte, en la Gráfica 2 se observa el efecto del tiempo en congelación sobre los niveles de vitamina A de los queso elaborados con leche cruda (QLC) y leche pasteurizada (QLP) se destaca que los valores iniciales a los 5 meses de almacenamiento se ubicaron en 533.9 y 608.3 UI/100 g, respectivamente. Después de 210 días y casi 7 meses de conservación los valores descendieron 13% ubicándose en 465 y 460 UI/100 g, respectivamente, sin registrarse diferencia estadística ( $P > 0.05$ ).

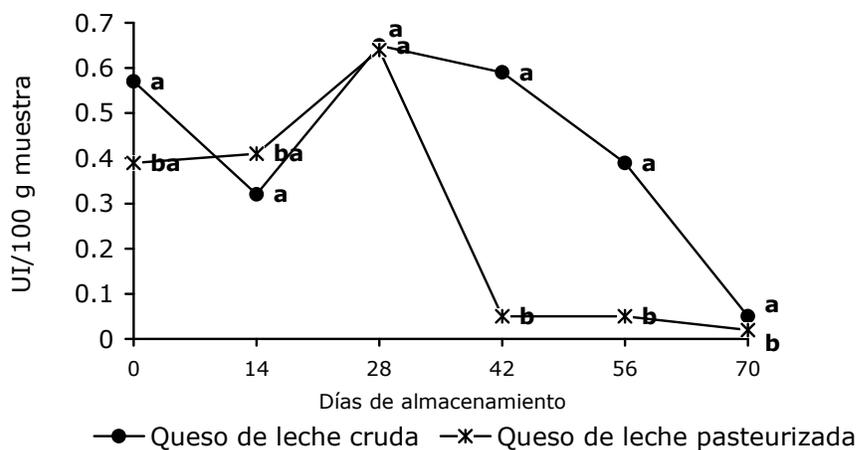
**Gráfica 2. Efecto del tiempo de la congelación sobre la concentración de vitamina A en el queso suave de leche de cabra**



Literales distintas en el mismo tipo de queso indican que existió diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ).

En la Gráfica 3 se presentan las concentraciones de vitamina E de las muestras estudiadas, donde al observar se destaca un importante incremento (0.65 y 0.64 UI/100 g, respectivamente) en los valores para ambos tipos de quesos (QLC y QLP) a los 28 días de almacenamiento respecto de las concentraciones registradas al inicio de la evaluación (0.57 y 0.39 UI/100 g, respectivamente). Así mismo, sobresale la pérdida constante y gradual en las concentraciones de este compuesto para ubicarse en las 0.05 y 0.02 UI/100 g en el QLC y QLP, respectivamente al final del estudio (70 días).

**Gráfica 3. Efecto del tiempo de refrigeración sobre la concentración de vitamina E en el queso suave de leche de cabra**

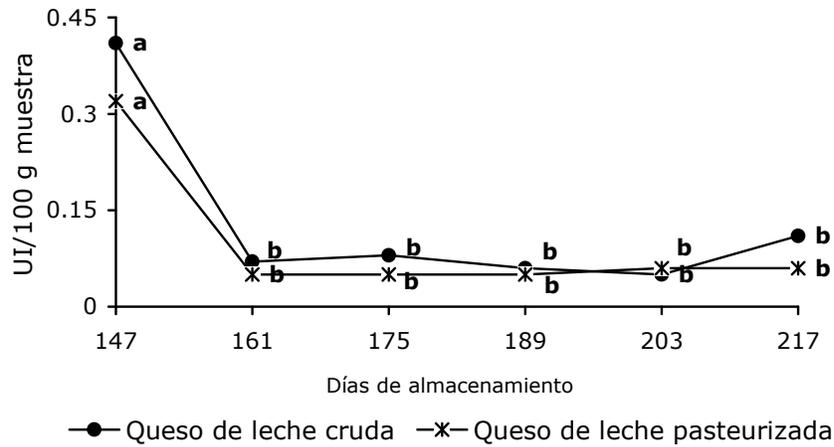


Literales distintas en el mismo tipo de queso indican que existió diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ).

En la Gráfica 4 se muestran las concentraciones de vitamina E de las muestras sometidas a un almacenamiento prolongado en congelación, donde después de 140 días los valores se ubicaron en 0.41 y 0.32 UI/100 g para el QLC y QLP, respectivamente, para descender paulatinamente durante los siguientes periodos de muestreo, ubicándose en las 0.11 y 0.06 UI/100 g, respectivamente al final del estudio (217 días). Así mismo cabe señalar que estas

pérdidas fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) a través del análisis de la varianza.

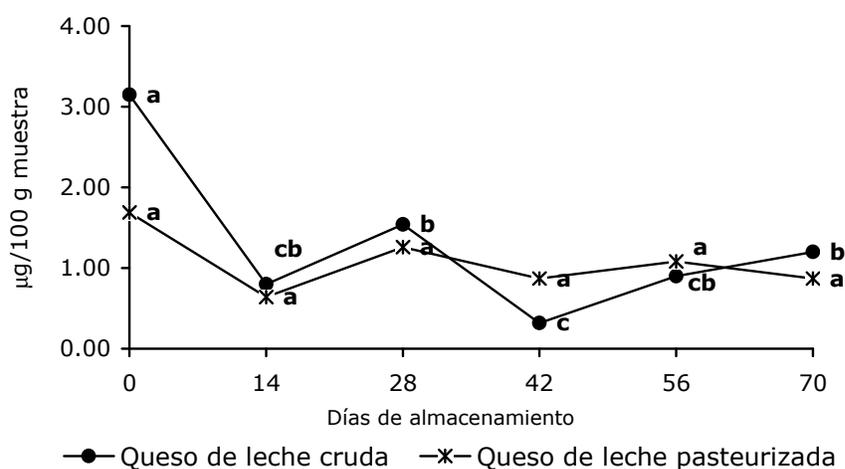
**Gráfica 4. Efecto del tiempo de la congelación sobre la concentración de vitamina E en el queso suave de leche de cabra**



Literales distintas en el mismo tipo de queso indican que existió diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ).

En relación a la concentración de vitamina K presente en los productos (QLC y QLP) estudiados, se pudo observar una disminución en la concentración de éste compuesto en relación al tiempo de almacenamiento en refrigeración, donde los valores iniciales fueron de 3.15 y 1.69  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  para QLC y QLP, respectivamente y se ubicaron en 1.20 y 0.87  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , respectivamente a los 70 días de observación; valores que presentaron una diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) determinada por análisis de varianza (Gráfica 5).

**Gráfica 5. Efecto de la refrigeración sobre la concentración de vitamina K en el queso suave de leche de cabra**

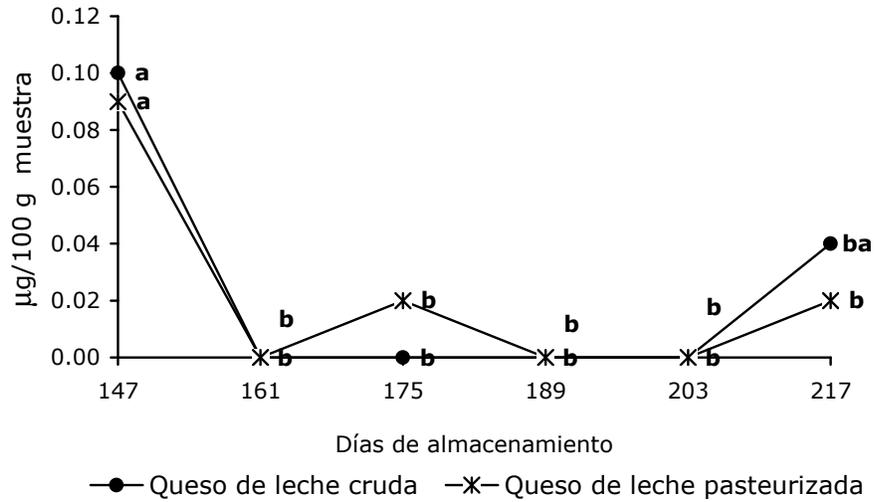


Literales distintas indican que existió diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) en el mismo tipo de queso.

Por otra parte, en el caso de la concentración de vitamina K en los productos analizados se observó un efecto adverso con la consecuente pérdida del compuesto, mismo que después de 147 días de almacenado se ubico en 0.1 y 0.09  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  para el QLC y QLP, respectivamente. Cerca de los 7 meses de almacenamiento (Gráfica 6), los valores se ubicaron en 0.04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  en el queso de leche cruda (QLC) y de 0.02  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  en queso de leche pasteurizada

(QLP), registrando diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los dos sistemas de estudio.

**Gráfica 6. Efecto del tiempo de congelación sobre la concentración de vitamina K en el queso suave de leche de cabra**



Literales iguales indican que no existió diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ ) en el mismo tipo de queso.

### **VII.3 Aminoácidos.**

En los Cuadros 17 y 18 se presenta el perfil y concentración de los aminoácidos no esenciales presentes en los quesos de leche de cabra elaborado con leche cruda (QLC) y de leche pasteurizada (QLP) por efecto del tiempo de la conservación en refrigeración y congelación.

Por su parte el Cuadro 17 muestra que el contenido de glutamina (Glu) del QLC se incrementó durante los casi 3 meses de almacenamiento en refrigeración, mientras que el mismo aminoácido del QLP la concentración se mantuvo constante; sin presentarse diferencia estadística ( $P>0.05$ ).

El tiempo de almacenamiento en refrigeración (Cuadro 17) de los productos (QLC y QLP) estudiados se promovió un ligero incremento en la concentración de prolina (Pro) y arginina (Arg); sin que estas registren diferencia estadística significativa ( $P>0.05$ ) a lo largo del análisis.

El aminoácido serina (Ser) presentó un incremento a partir del día 28 en el QLP almacenado en refrigeración, sin embargo este incremento en las concentraciones no se registró diferencia estadística respecto al tiempo de almacenamiento ( $P>0.05$ ). Por su parte, al observar las concentraciones de asparagina (Asn) se pudo apreciar un incremento en el QLC a partir de los 28 días de almacenamiento. Este fenómeno se pudo observar de la misma manera en el QLP; sin embargo, el incremento en los valores se registró a partir del día 42; en este sentido, se hizo evidente que los valores entre los dos productos fueron diferentes estadísticamente ( $P<0.05$ ), sobre todo entre los días 42 y 70 de almacenamiento (Cuadro 17).

Así mismo en el Cuadro 17 se puede observar que el tiempo de almacenamiento en refrigeración del QLC y QLP no tuvo efecto sobre el perfil de los aminoácidos alanina (Ala), cisteína (Cys) y tirosina (Tyr). A lo largo de la evaluación del queso de leche cruda (QLC) la concentración de Ala y Tyr fue mayor que en el queso de leche pasteurizada (QLP), mientras que la cantidad de Cys del QLC fue menor que en el QLP, empero durante el análisis de varianza no se registró diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre los dos tipos de queso.

La concentración de glicina (Gly) del QLC se incrementó a lo largo del tiempo (70 días) de almacenamiento en refrigeración, mientras que en QLP se vio afectada, sin embargo no se presentó diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre los dos tipos de queso (Cuadro 17).

Por otra parte, analizar las concentraciones del perfil de aminoácidos no esenciales de los productos experimentales, sometidos a congelación durante un periodo de 5 meses (Cuadro 18). Se pudo observar que los aminoácidos alanina (Ala), arginina (Arg) y glutamina (Gln) presentaron un incremento en su concentración hasta los casi 7 meses de almacenamiento, siendo a su vez Arg y Gln los aminoácidos que se presentaron en mayor cantidad en QLP respecto al QLC; siendo estos valores diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

En este sentido, se registraron concentraciones mayores de asparagina (Asn), cisteína (Cys) y serina (Ser) en el QLC respecto al QLP, manteniendo este comportamiento a lo largo del periodo de muestreo (147, 161, 175, 189, 203 y 217 días de almacenamiento en congelación); siendo estos valores diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Es importante señalar que no obstante que estos valores fueron diferentes estadísticamente, entre los dos productos experimentales (QLC y QLP); la dinámica individual de cada producto respecto al tiempo y a la concentración de los aminoácidos Asn y Cys reveló una disminución a partir del día 175 hasta el final del estudio (217 días). Por otra parte, al estudiar la dinámica individual de los QLC y QLP, respecto a la concentración de Ser, se observó un incremento lineal respecto al tiempo de almacenamiento únicamente para el QLC (Cuadro 18).

Continuando con el análisis de estos resultados, se destaca la concentración de glicina (Gly) en los dos queso analizados (QLC y QLP); misma que registró un incremento respecto al tiempo del almacenamiento en congelación; sin embargo estos valores no fueron estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

La concentración de prolina (Pro) y tirosina (Tyr) en el QLC fue mayor en relación a los valores obtenidos para el QLP, destacando que estos valores registraron una diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) particularmente a los 147 y 161 días de almacenamiento, señalando que para tirosina esta característica se extendió hasta los 175 días de almacenamiento (Cuadro 18).

En síntesis, se puede mencionar que los aminoácidos no esenciales más abundantes en ambos productos (QLC y QLP), fueron glutamina (Gln) y prolina (Pro), característica que no fue afectada por el sistema de conservación.

**Cuadro 17. Efecto de la refrigeración y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos no esenciales del queso suave de leche de cabra, cruda y pasteurizada (g aa/100 g de proteína base seca)**

	0		14		28		42		56		70	
	QLC	QLP										
Alanina	3.01 ± 0.14	2.91 ± 0.08	2.99 ± 0.16	2.90 ± 0.06	2.99 ± 0.15	2.90 ± 0.03	2.99 ± 0.13	2.91 ± 0.05	3.01 ± 0.11	2.93 ± 0.02	3.01 ± 0.11	2.97 ± 0.01
Arginina	3.97 ± 0.01	3.93 ± 0.10	3.97 ± 0.01	3.93 ± 0.07	3.97 ± 0.05	3.93 ± 0.07	4.00 ± 0.08	3.94 ± 0.05	3.98 ± 0.08	3.96 ± 0.03	4.00 ± 0.07	4.03 ± 0.10
Asparagina	7.56 ± 0.05	7.47 ± 0.16	7.55 ± 0.08	7.49 ± 0.13	7.60 ± 0.11	7.49 ± 0.12	7.58a ± 0.06	7.51b ± 0.11	7.60 ± 0.03	7.54 ± 0.00	7.60a ± 0.06	7.50b ± 0.07
Cisteína	0.39 ± 0.02	0.43 ± 0.03	0.39 ± 0.02	0.42 ± 0.03	0.39 ± 0.02	0.40 ± 0.03	0.37 ± 0.03	0.40 ± 0.04	0.38 ± 0.03	0.44 ± 0.04	0.38 ± 0.02	0.44 ± 0.07
Glicina	1.67 ± 0.14	1.63 ± 0.12	1.68 ± 0.12	1.54 ± 0.03	1.68 ± 0.12	1.53 ± 0.02	1.72 ± 0.17	1.54 ± 0.04	1.70 ± 0.14	1.56 ± 0.07	1.72 ± 0.17	1.61 ± 0.06
Glutamina	21.31 ± 0.24	21.35 ± 0.35	21.33 ± 0.18	21.25 ± 0.44	21.37 ± 0.24	21.26 ± 0.38	21.49 ± 0.36	21.26 ± 0.28	21.52 ± 0.33	21.38 ± 0.04	21.41 ± 0.47	21.29 ± 0.11
Prolina	9.91 ± 0.02	9.79 ± 0.26	9.91 ± 0.02	9.76 ± 0.23	10.05 ± 0.08	9.88 ± 0.34	9.96 ± 0.01	9.90 ± 0.40	9.99 ± 0.05	9.93 ± 0.26	9.95 ± 0.11	9.73 ± 0.09
Serina	5.14 ± 0.21	4.95 ± 0.14	5.15 ± 0.24	4.95 ± 0.10	5.20 ± 0.19	4.98 ± 0.21	5.21 ± 0.22	5.02 ± 0.24	5.14 ± 0.17	5.04 ± 0.17	5.16 ± 0.24	5.08 ± 0.19
Tirosina	5.25 ± 0.12	5.09 ± 0.09	5.24 ± 0.15	5.12 ± 0.15	5.25 ± 0.14	5.12 ± 0.12	5.21 ± 0.16	5.11 ± 0.06	5.21 ± 0.17	5.20 ± 0.05	5.25 ± 0.19	5.20 ± 0.08

Literales distintas en el mismo día indican que existió diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ). QLC= Queso de leche cruda; QLP = Queso de leche pasteurizada

**Cuadro 18. Efecto de la congelación y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos no esenciales del queso suave de leche de cabra (g aa/100 g proteína base seca)**

	147		161		175		189		203		217	
	QLC	QLP										
Alanina	2.89 ± 0.10	2.95 ± 0.01	2.87 ± 0.03	3.02 ± 0.08	2.89 ± 0.03	3.01 ± 0.08	2.97 ± 0.04	3.04 ± 0.14	2.97 ± 0.03	3.03 ± 0.14	2.95 ± 0.07	3.04 ± 0.15
Arginina	3.98b ± 0.01	4.28a ± 0.01	3.97b ± 0.03	4.24a ± 0.05	4.08b ± 0.20	4.29a ± 0.15	4.09b ± 0.18	4.39a ± 0.03	4.11b ± 0.15	4.36a ± 0.09	4.10b ± 0.14	4.37a ± 0.11
Asparagina	7.61a ± 0.03	6.59b ± 0.04	7.59a ± 0.02	6.52b ± 0.14	7.21a ± 0.71	6.48b ± 0.11	7.25a ± 0.68	6.60b ± 0.02	7.25a ± 0.63	6.61b ± 0.18	7.24a ± 0.67	6.60b ± 0.15
Cisteína	0.37a ± 0.02	0.22b ± 0.01	0.37a ± 0.11	0.23b ± 0.00	0.36a ± 0.10	0.21b ± 0.02	0.34a ± 0.09	0.21b ± 0.03	0.35a ± 0.10	0.19b ± 0.01	0.36a ± 0.10	0.21b ± 0.01
Glicina	1.59 ± 0.01	1.71 ± 0.04	1.62 ± 0.05	1.67 ± 0.04	1.65 ± 0.06	1.70 ± 0.04	1.68 ± 0.09	1.74 ± 0.02	1.67 ± 0.14	1.73 ± 0.04	1.64 ± 0.13	1.72 ± 0.08
Glutamina	21.54b ± 0.05	23.20a ± 0.03	21.42b ± 0.16	22.96a ± 0.30	21.86b ± 0.70	22.95a ± 0.49	21.89b ± 0.83	23.44a ± 0.53	21.97b ± 0.80	23.25a ± 0.47	22.02b ± 0.84	23.22a ± 0.48
Prolina	10.02b ± 0.08	10.60a ± 0.32	9.95b ± 0.08	10.40a ± 0.01	10.27 ± 0.59	10.43 ± 0.06	10.35 ± 0.62	10.59 ± 0.19	10.36 ± 0.58	10.52 ± 0.04	10.34 ± 0.62	10.55 ± 0.02
Serina	4.87a ± 0.05	4.13b ± 0.09	5.01a ± 0.04	4.18b ± 0.03	4.91a ± 0.17	4.25b ± 0.07	4.89a ± 0.08	4.28b ± 0.10	4.87a ± 0.12	4.22b ± 0.09	4.82a ± 0.14	4.23b ± 0.08
Tirosina	5.21b ± 0.06	5.67a ± 0.08	5.17b ± 0.08	5.55a ± 0.01	5.21b ± 0.28	5.57a ± 0.07	5.29 ± 0.19	4.83 ± 0.33	5.27 ± 0.20	4.83 ± 0.38	5.27 ± 0.20	4.75 ± 0.32

Literales distintas en el mismo día indican que existió diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ). QLC= Queso de leche cruda; QLP = Queso de leche pasteurizada.

Continuando con el estudio del efecto de tiempo y sistema de conservación sobre el perfil de los aminoácidos esenciales en el queso de leche de cabra. Es importante mencionar que triptofano (Try) no fue detectado en las muestras experimentales.

Por su parte, en el Cuadro 19 se presenta el perfil de los aminoácidos esenciales de los quesos estudiados (QLC y QLP) por efecto del tiempo de almacenamiento, bajo condiciones de refrigeración (4° C). En este sentido, de forma global se pudo observar que los valores de fenilalanina (Phe), histidina (His), isoleucina (Ile) y leucina (Leu) no registraron una diferencia estadísticamente significativa en relación al tipo de producto y así como al tiempo de almacenamiento. Sin embargo, es importante destacar que la concentración de isoleucina a los 14 días de almacenamiento en el QLC, registró un incremento que fue identificado como estadísticamente diferente respecto al QLP.

Al analizar el efecto del tiempo en refrigeración sobre durante la concentración de metionina (Met) y treonina (Thr) en los QLC y QLP, donde en la dinámica individual de cada producto en relación al tiempo, se destaca la estabilidad de los valores de Met en el QLC, ubicándose en el rango de los 2.4 g/100 g de proteína en base seca a lo largo del tiempo de muestreo. Sin embargo, al analizar la concentración obtenida a los 14 días se observó un incremento respecto al valor registrado para el QLP en mismo tiempo, incremento que fue estadísticamente diferente a favor del primero ( $P < 0.05$ ). En relación al QLP y la concentración de metionina a lo largo del tiempo, cabe señalar que las concentraciones iniciales fueron más reducidas al valor obtenido al final de la observación (70 días), concentración que fue diferente estadísticamente ( $P < 0.05$ ) al valor del QLC al mismo tiempo de muestreo

La concentración de valina (Val) en el queso de leche cruda (QLC) y de leche pasteurizada (QLP) aumentó a lo largo de 70 días de almacenamiento en refrigeración, siendo estadísticamente mayor ( $P < 0.05$ ) en el día 14 para el QLC frente al valor registrado en el QLP (Cuadro 19).

Por otra parte, al analizar las concentraciones de los aminoácidos esenciales en los quesos estudiados por efecto del tiempo (217 días) de almacenamiento en congelación ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), se pudo observar que en términos generales la concentración de fenilalanina (Phe), histidina (His), leucina (Leu), metionina (Met) y treonina (Thr) del queso de leche cruda (QLC) disminuyó, mientras que los mismos aminoácidos del queso de leche pasteurizada (QLP) se incrementaron (Cuadro 20). Sin embargo, cabe señalar que se registraron concentraciones más elevadas en el QLC en relación al QLP para Phe entre los 147 y 175 días de almacenamiento, siendo los valores obtenidos en el día 147 estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) respecto a la concentración obtenido en el QLC. Por su parte, la concentración de His y Thr en el QLC fue mayor con respecto a los valores del QLP a lo largo del almacenamiento en congelación, sin embargo esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) únicamente en los 147, 161 y 203 días de almacenamiento.

En el Cuadro 20 se puede observar que durante los casi 7 meses de almacenamiento en congelación, como parte de la dinámica individual en cada producto (QLC y QLP), la concentración de isoleucina (Ile) se afectó de manera positiva con un incremento constante a lo largo del periodo de muestreo; sin embargo este incremento no fue estadísticamente significativo ( $P < 0.05$ ). Es importante señalar que esta conducta fue registrada en el QLP, pero de forma opuesta. Así mismo, durante los días 147 y 161 de almacenamiento las concentraciones de

Ile en este producto fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) respecto de los valores obtenidos en el QLC durante los mismos periodos.

En relación al aminoácido valina (Val), se observaron concentraciones superiores en el QLP respecto del QLC durante los 147 y 161 días de muestreo; siendo estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). Por su parte, la concentración de Lisina (Lys) se vió afectada tanto en el QLC como en el QLP durante la conservación en refrigeración y congelación sin presentar variación estadística significativa ( $P > 0.05$ ) entre los dos tipos de queso (Cuadro 19 y 20).

**Cuadro 19. Efecto de la refrigeración y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos esenciales del queso suave de leche de cabra (g aa/100 g proteína en base seca)**

	0		14		28		42		56		70	
	QLC	QLP	QLC	QLP	QLC	QLP	QLC	QLP	QLC	QLP	QLC	QLP
Fenilalanina	5.32 ± 0.05	5.32 ± 0.11	5.26 ± 0.12	5.36 ± 0.14	5.33 ± 0.08	5.40 ± 0.10	5.28 ± 0.03	5.32 ± 0.19	5.20 ± 0.12	5.47 ± 0.09	5.29 ± 0.04	5.37 ± 0.13
Histidina	3.37 ± 0.09	3.28 ± 0.05	3.33 ± 0.03	3.27 ± 0.05	3.29 ± 0.05	3.25 ± 0.08	3.35 ± 0.03	3.27 ± 0.05	3.37a ± 0.03	3.30b ± 0.07	3.35 ± 0.03	3.30 ± 0.11
Isoleucina	4.73 ± 0.04	4.60 ± 0.07	4.71a ± 0.05	4.54b ± 0.09	4.66 ± 0.11	4.54 ± 0.06	4.65 ± 0.10	4.54 ± 0.06	4.66 ± 0.09	4.61 ± 0.04	4.68 ± 0.07	4.71 ± 0.10
Leucina	7.98 ± 0.18	7.89 ± 0.20	7.98 ± 0.15	7.92 ± 0.15	7.95 ± 0.24	7.90 ± 0.13	8.00 ± 0.20	7.88 ± 0.11	7.98 ± 0.19	7.98 ± 0.06	7.97 ± 0.16	8.10 ± 0.17
Lisina	7.87 ± 0.14	8.97 ± 1.73	7.86 ± 0.14	8.99 ± 1.83	7.81 ± 0.19	8.86 ± 1.65	7.81 ± 0.17	8.90 ± 1.65	7.83 ± 0.11	7.87 ± 0.01	7.82 ± 0.08	7.91 ± 0.12
Metionina	2.49 ± 0.01	2.47 ± 0.05	2.50a ± 0.01	2.46b ± 0.05	2.50 ± 0.00	2.48 ± 0.02	2.43 ± 0.08	2.45 ± 0.04	2.44 ± 0.07	2.60 ± 0.16	2.41b ± 0.08	2.57a ± 0.18
Treonina	3.39a ± 0.03	3.33b ± 0.08	3.38 ± 0.02	3.37 ± 0.07	3.28 ± 0.08	3.37 ± 0.02	3.29 ± 0.11	3.37 ± 0.04	3.31 ± 0.08	3.41 ± 0.02	3.31 ± 0.04	3.37 ± 0.07
Valina	6.62 ± 0.15	6.58 ± 0.19	6.75a ± 0.09	6.72b ± 0.10	6.67 ± 0.18	6.71 ± 0.10	6.67 ± 0.13	6.70 ± 0.13	6.69 ± 0.18	6.76 ± 0.10	6.69 ± 0.16	6.81 ± 0.06

Literales distintas en el mismo día indican que existió diferencia estadística significativa (P<0.05). QLC= Queso de leche cruda; QLP = Queso de leche pasteurizada

**Cuadro 20. Efecto de la congelación y el tiempo de almacenamiento sobre el perfil de aminoácidos esenciales del queso suave de leche de cabra (g aa/100 g proteína base seca)**

	147		161		175		189		203		217	
	QLC	QLP										
Fenilalanina	5.38a ± 0.02	5.06b ± 0.04	5.38 ± 0.05	5.14 ± 0.01	5.26 ± 0.17	5.24 ± 0.19	5.22 ± 0.21	5.33 ± 0.17	5.21 ± 0.22	5.27 ± 0.15	5.23 ± 0.22	5.26 ± 0.16
Histidina	3.32a ± 0.05	3.07b ± 0.01	3.32a ± 0.02	3.09b ± 0.03	3.23 ± 0.17	3.11 ± 0.02	3.22 ± 0.15	3.15 ± 0.09	3.23a ± 0.16	3.11b ± 0.06	3.23 ± 0.20	3.10 ± 0.06
Isoleucina	4.58b ± 0.08	4.91a ± 0.05	4.60b ± 0.09	4.91a ± 0.08	4.71 ± 0.11	4.76 ± 0.16	4.75 ± 0.10	4.78 ± 0.21	4.72 ± 0.13	4.74 ± 0.24	4.72 ± 0.17	4.78 ± 0.20
Leucina	7.99 ± 0.04	8.08 ± 0.03	7.96 ± 0.04	8.13 ± 0.01	7.95 ± 0.03	8.13 ± 0.10	7.99 ± 0.04	8.15 ± 0.21	7.94 ± 0.14	8.11 ± 0.15	7.91 ± 0.14	8.09 ± 0.12
Lisina	7.99 ± 0.04	7.54 ± 0.06	7.97 ± 0.04	7.53 ± 0.07	7.73 ± 0.44	7.47 ± 0.30	7.77 ± 0.37	7.52 ± 0.34	7.79 ± 0.31	7.45 ± 0.37	7.82 ± 0.32	7.52 ± 0.43
Metionina	2.58a ± 0.13	1.70b ± 0.01	2.64a ± 0.09	1.74b ± 0.05	2.28a ± 0.52	1.79b ± 0.02	2.16b ± 0.41	1.78b ± 0.05	2.21a ± 0.46	1.76b ± 0.05	2.22a ± 0.49	1.77b ± 0.05
Treonina	3.43a ± 0.04	3.20b ± 0.02	3.41a ± 0.05	3.18b ± 0.06	3.32 ± 0.02	3.21 ± 0.11	3.37 ± 0.18	3.25 ± 0.09	3.35 ± 0.16	3.33 ± 0.16	3.33 ± 0.18	3.30 ± 0.19
Valina	6.63b ± 0.17	7.09a ± 0.04	6.78b ± 0.02	7.53a ± 0.58	7.09 ± 0.48	7.39 ± 0.87	6.76 ± 0.31	6.89 ± 0.19	6.74 ± 0.30	7.48 ± 0.95	6.75 ± 0.30	7.50 ± 0.94

Literales distintas en el mismo día indican que existió diferencia estadística significativa (P<0.05). QLC= Queso de leche cruda; QLP = Queso de leche pasteurizada.

## VIII. DISCUSIÓN

La humedad en los quesos de leche cruda (QLC) y de leche pasteurizada (QLP) almacenados en refrigeración y congelación osciló entre 46.3 y 51.9 g/100g de queso. Estos valores fueron inferiores a los reportados por Van Hekken *et al.* (2005) y Park (1990) quienes reportaron concentraciones de 58.4 y 59.8 g/100 g, respectivamente.

La pérdida de humedad observada en los quesos de leche cruda y pasteurizada almacenados en congelación, coincide con los resultados obtenidos por Buffa *et al.* (2003), quien sugiere que la pérdida de humedad se debe a una mayor tasa de evaporación que migra hacia la superficie.

Durante este estudio se obtuvieron concentraciones de ceniza (en QLC y QLP) por arriba de 2.3 g/100 g queso, siendo mayores que las reportadas por Van Hekken y colaboradores (2005), Park (1990), USDA (2005), Bonilla (2005) quienes reportaron valores de 2.1, 1.74, 1.58, 1.61, 1.74 g/100 g, respectivamente.

Al igual que ha sido señalado por Almeara *et al.* (2007), se observa que durante el almacenamiento en refrigeración, el contenido de cenizas tanto del QLC y QLP se redujo tal vez por la pérdida de lactosuero que con lleva a la disminución de minerales del queso.

Por su parte Martín-Hernández y Juárez (1989) observaron que el contenido de cenizas en el queso suave de cabra no se alteró por 15 días de almacenamiento en refrigeración.

Durante el tiempo de almacenamiento en congelación el contenido de cenizas aumentó ligeramente, lo cual puede explicarse por la notable

pérdida de agua. Por ejemplo el SERNAC (2000) evaluó quesos suaves de leche de cabra encontrando que en quesos con menor humedad la concentración de Calcio (Ca), Fósforo (P) y Sodio (Na) fue mayor.

En cuanto al contenido de proteína de los quesos evaluados, se observó un aumento, al igual que Prieto y colaboradores (2000) quienes determinaron que después de 30 días de almacenamiento en refrigeración el contenido de proteína total se incrementó.

Sin embargo, después de 5 meses del almacenamiento en congelación la concentración de proteína disminuyó quizás por su degradación durante la proteólisis, así como lo indican Novella-Rodríguez *et al.* (2002) quienes señalaron que conforme se degradan las proteínas aumenta la concentración de aminoácidos libres y sugieren que la degradación de proteínas pueda ser un buen indicador de liberación de aminoácidos.

### **VIII.1 Efecto de la conservación sobre el perfil de la vitamina A.**

La concentración promedio de vitamina A de los quesos de leche cruda y pasteurizada almacenados en refrigeración fueron de 911.1 y 949.5 UI/100 g muestra, respectivamente, siendo muy cercanos a los reportados por los autores (USDA, 2005; Kosikousky y Mistry, 1995). En este sentido FAO/ORALC (2006) reportó una concentración de 400 UI/100 g muestra, la cual no difiere de los resultados obtenidos en los productos (QLC y QLP) almacenados por más de 5 meses en congelación donde se registraron concentraciones promedio de vitamina A de 479.8 y 491.5UI/100 g muestra, respectivamente. La pérdida que se registró a lo largo del tiempo se pudo deber a la inestabilidad que presenta la vitamina A en medios ácidos, ya que el pH de las muestras almacenadas en refrigeración presentan un pH por debajo de 4.9 y las muestras

después de 5 meses de congelación se encontraron por debajo de 4.3 (Martín del Campo, 2005).

Guzmán y colaboradores (2003) encontraron que la vitamina A es muy estable a altas temperaturas y poco susceptible a la oxidación en leche que ha recibido un tratamiento térmico (UHT o pasteurización), lo cual concuerda con este estudio donde no hubo diferencia significativa entre las concentraciones de vitamina A en los quesos de leche pasteurizada con respecto a los quesos de leche cruda.

Una porción de 20 gramos de los quesos evaluados (QLC y QLP) almacenados en refrigeración podrían proporcionar cerca de 189.9 y 182.2 UI de vitamina A (UI A) respectivamente, cubriendo cerca del 10% del Requerimiento Nutricional Promedio (RNP) en UI A por día en hombres y 11% en mujeres, mientras que pueden cubrir el 6% en hombres y 8% en mujeres de la Ingesta Diaria Sugerida (IDS) en UI A por día.

En el caso de los quesos almacenados en congelación durante 5 meses, se puede establecer que una porción de 20 gramos de cada una de las muestras (QLC y QLP) puede proveer 95.9 y 98.3 UI A respectivamente cubriendo cerca del 5% de RNP en hombres y 6% en mujeres de IDS tanto en hombres como en mujeres.

### **VIII.2 Efecto de la conservación sobre el perfil de la vitamina D.**

De manera similar a lo señalado por Kazmi *et al.* (2007) no se detectó la vitamina D en las muestras evaluadas. Sin embargo, estos autores sugieren la fortificación de los quesos de leche de cabra usando una solución de vitamina D (colecalfiferol cristalino) con una dosis de

400,000 UI/ mL, además de describir que el queso es un buen vehículo para la fortificación con vitamina D.

### **VIII.3 Efecto de la conservación sobre el perfil de la Vitamina E.**

La concentración promedio de vitamina E en el QLC y QLP durante el almacenamiento en refrigeración fueron de 0.42 y 0.26 UI/100 g muestra respectivamente, lo cuál indica que la pasteurización redujo la concentración de vitamina E, respecto del QLC, probablemente porque los tocoferoles en los alimentos se deterioran rápidamente (por oxidación) a altas temperaturas (Czuderna y Kowalczyk, 2007). Sin embargo, los valores coinciden con los reportados por la USDA (2005), Kosikousky y Mistry (1997) y Cuchillo (2006).

En el caso de los productos (QLC y QLP) almacenados en congelación por más de 5 meses la concentración de vitamina E se mantuvo por debajo de 0.11 UI/100 g muestra hasta casi 7 meses de almacenamiento, mostrando en ambos sistemas una reducción de casi 24%. Por su parte, Romeu-Nadal y colaboradores en 2008 reportaron una pérdida de vitamina E de hasta 25% en leche fluida almacenada en congelación por más de tres meses, mientras que Chávez-Servín et al, (2008) también encontraron que el tiempo de almacenaje afectó el perfil de la vitamina E en leche infantil en polvo.

Cabe destacar que la concentración de vitamina E en los quesos conservados en refrigeración y congelación presentó una tendencia a reducirse durante el tiempo de almacenamiento, quizás por las reacciones que se pueden llevar a cabo entre los radicales peroxilo (formados a partir del componente lipídico del queso) y la vitamina E. La cantidad de vitamina E en los productos (QLC y QLP) almacenados en congelación fue similar a la reportada por Kosikousky y Mistry (1997).

En base a los resultados obtenidos en este estudio, se puede sugerir el consumo del queso de leche de cabra como parte de la dieta.

#### **VIII.4 Efecto de la conservación sobre el perfil de la Vitamina K.**

Shearer *et al.* (1996) mencionaron que la vitamina K en los quesos se encuentra en moderadas concentraciones que pueden oscilar entre 2 a 6  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  de queso lo cual se diferencia con los resultados obtenidos en este estudio ya que se registraron concentraciones menores de 2  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  de muestra en los productos (QLC y QLP) almacenados en refrigeración, sin embargo hubo una similitud con los datos registrados por Cuchillo (2006) y USDA (2006) quienes encontraron valores promedio de 1.80 y 1.23  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  muestra, respectivamente. Mientras que los quesos conservados en congelación la pérdida fue más evidente al registrarse concentraciones por debajo de 0.1  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  muestra y por lo tanto no coinciden con ningún dato de la literatura consultada.

Finalmente cabe mencionar que las oscilaciones en la concentración de las vitaminas A, E y K pudieron deberse a la variación de la homogenización de la muestra durante el tiempo de estudio y a la dificultad que se presentó al tratar de mantener el área de trabajo en condiciones aisladas de la luz.

#### **VIII.5 Efecto de la conservación sobre el perfil de los aminoácidos esenciales y no esenciales.**

Al igual que Bonilla (2005) y Cuchillo (2006) no se detectó la cantidad de triptófano (Try) en los quesos evaluados (QLC y QLP). Empero, Tavaría *et al.* (2003) encontraron que el aminoácido Try en un sistema parecido (queso de leche de vaca "Serra da Estrela") aumentó

desde 8 mg/100 g hasta 180 mg/100 g durante un periodo de 180 días de almacenamiento en refrigeración, dando cabida a que este último valor es cercano al reportado por la USDA, 2006 (0.19 g/100 g) en el queso blando de leche de cabra, quizás no se detectó este compuesto en las muestras evaluadas ya que es el que se encuentra en menor cantidad en relación al resto de los aminoácidos, además de ser uno de los principales aminoácidos aromáticos que se degradan por bacterias ácido lácticas para producir compuestos volátiles (Yvon y Rijnen, 2001).

La cantidad del aminoácido glutamina (Gln), fue la mayor del total de los aminoácidos evaluados (cerca del 30%) de los productos almacenados tanto en refrigeración como en congelación, mientras que los aminoácidos esenciales más representativos fueron leucina, lisina y valina (cerca del 23% del total de los aminoácidos), lo cuál coincide con los autores McSweeney y Sousa (2000), Prieto *et al.* (2000) y Gorostiza *et al.* (2004). Sin embargo, lisina se vio afectado en las muestras (QLC y QLP) a lo largo del tiempo de almacenamiento en refrigeración y congelación, quizás porque es el principal aminoácido que actúa en la reacción de Maillard durante la formación de la base de Shift (Leonil *et al.*, 1997).

Probablemente el incremento de los aminoácidos (como lo fueron prolina, arginina, serina, glicina y valina) en el QLC y QLP almacenados durante 70 días en refrigeración y 217 días en congelación, se debe a que durante la proteólisis se liberan aminoácidos y por tanto incrementa su concentración; también por disminución de humedad lo que incrementa la cantidad de sólidos totales, así como por el crecimiento de microorganismos o síntesis de aminoácidos a partir de microorganismos (Novella *et al.*, 2002; Sousa *et al.*, 2001). En este sentido McSweeney y Sousa (2000) mencionaron que en general los aminoácidos presentan una tendencia a incrementarse a lo largo del tiempo de maduración en el alimento.

Por otro lado, los aminoácidos esenciales y no esenciales que registraron un incremento en el estudio de los productos (QLC y QLP) en refrigeración durante 70 días también se pudo deber a que se incrementó la tasa de la flora natural como: hongos, levaduras y bacterias ácido lácticas mientras que durante el almacenamiento en congelación se registró pérdida del crecimiento de estos microorganismos y por lo mismo los valores registrados para el queso refrigerado son mayores que los almacenados en congelación (Martín Del Campo, 2006).

A diferencia de Yvon y Rignen (2001) y Tripaldi *et al.* (2006) la concentración de tirosina se vio afectado únicamente durante el almacenamiento en congelación en el queso de leche pasteurizada, quizás bajo estas condiciones de almacenamiento, éste aminoácido actúa como promotor de la formación del aroma característico de las muestras evaluadas.

Las pérdidas de los aminoácidos (como son glicina y tirosina en el QLP congelado) registradas a lo largo del estudio, quizás se debieron a las reacciones de obscurecimiento no enzimático como la de Streaker donde los aminoácidos se degradan para la producción de compuestos volátiles o también por la habilidad de los aminoácidos para actuar como antioxidantes (Chen y Nawar, 1991; Ponce, 2006).

## **IX. CONCLUSIONES**

El tiempo de almacenamiento de los quesos de leche cruda y pasteurizada almacenados en refrigeración tuvo un efecto negativo en la concentración de cenizas, caso contrario al contenido de proteína el cuál registró un incremento. Mientras que el periodo de almacenamiento en congelación redujo la concentración de la humedad y contenido proteico, al mismo tiempo que la concentración de cenizas se incrementó.

Las vitaminas A, E y K de los productos estudiados se vieron afectadas negativamente por el tiempo de refrigeración y congelación, observándose pérdidas en su concentración. La vitamina D no fue detectada en ninguna muestra al lo largo del estudio.

La mayoría de los aminoácidos presentes en el queso de leche de cabra, cruda y pasteurizada, presentaron incrementos durante el almacenamiento en refrigeración y congelación, a excepción y destacando que el aminoácido esencial lisina que se vio afectado negativamente a lo largo del estudio de los productos.

No se detectó el aminoácido esencial triptófano en ninguna de las muestras evaluadas.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, S., Kishikawa, N., Nakashima, K., Kuroda, N. Determination of vitamin K homologues by high-performance liquid chromatography with on-line photoreactor and peroxyoxalate chemiluminescence detection. *Anal Chim Acta*. 591 (2): 148-154, 2007.
- Akers, M. R. Lactation and mammary gland. Iowa USA: Iowa State Press. pp 54-56, 2002.
- Almenara, F. J., Álvarez, S., Darias, J., Rodríguez, E., Díaz, C. y Fresno, M. Efecto de la maduración en la composición mineral de los quesos de cabra Majorera. *Arch Zootec* 56 (Sup. 1): 667-671, 2007.
- AOAC. Official Methods of Analysis, 23<sup>rd</sup> Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.: USA, pp 42-243, 504-508, 834-835 2003.
- Arbiza, A. S. I. y De Lucas, T. J. La leche caprina y su producción. Ed. Editores Mexicanos Unidos S. A. México D.F. pp 29-34, 2001.
- Badui, D. S. Capítulo 6. Vitaminas y nutrimentos inorgánicos. En: Badui, D. S. Química de los alimentos. 4<sup>a</sup> ed. Ed. Pearson Addison Wesley. México D.F. pp 363-376, 2006.
- Ball, C. F. M. Fat-soluble vitamin assays in food analysis. A comprehensive Review. London: Elsevier Applied Science. pp 7-55, 1988.
- Barón, L., Romero, V. E., López, F. y Aritz, R. Efecto sinérgico antioxidante de las vitaminas E y C sobre la lipoproteína de baja densidad en fumadores y no fumadores. *Acta Científica Venezolana*, 55: 62-73, 2004.
- Barrionuevo, M., Alferez, M. J. M., Lopez, I. A., Sanz, S. M. R. y Campos, B. M. S. Effect of goat milk on nutritive utilization of iron and copper in malabsorption syndrome. *J Dairy Sci*. 85:657-664, 2002.
- Bertero, I. Alimentación complementaria y período de destete. Servicio de Nutrición. Cátedra de Clínica Pediátrica UNC. Hospital de Niños de Córdoba. Argentina, 2004.

- Boekel, M. A. J. S. Effect of heating on Maillard reactions in milk. *Food Chem.* 62 (4):403-414, 1998.
- Bonilla, C. C. A. Evaluación nutrimental del queso de leche de cabra, cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación. Tesis Licenciatura. FMVZ, UNAM. pp 58-70, 2005.
- Booth, L. S., Tucker, L. K., Chen, H., Hannan, T. M., Gagnon, R. D., Cupples, A., Wilson, W. F. P., Ordovas, J., Schaefer, J. E., Dawson-Hughes, B. y Kiel, P. D. Dietary vitamin K intakes are associated with hip fracture but not with bone mineral density in elderly men and women. *Am J Clin Nutr.* 71:1201-8, 2000.
- Brody, T. *Nutritional Biochemistry*. 2 ed. Ed. Academic Press, California, U.S.A., pp 1003, 1999.
- Buffa, M., Guamis, B., Saldo, J., Trujillo, J. A. Changes in water binding during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goat milk. *Lait* 83: 89-96, 2003.
- Buffa, M. N., Trujillo, A. J., Pavia, M. y Guamis, B. Changes in textural, microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goat's milk. *Int. Dairy J.* 11: 927-934, 2001.
- Casanueva, E., Valdés, R. R., Pfeffer, F., Ricalde, M. A., García, V. E. y Meza, C. Retinol sérico en mujeres mexicanas urbanas durante el periodo perinatal. *Salud Publica Mex.* 41:317-321, 1999.
- Chávez-Servín, L. J., Castellote, I. A., Rivero, M. y López-Sabater, M. C. Analysis of vitamins A, E and C, iron and selenium contents in infant milk-based powdered formula during full shelf-life. *Food Chem.* 107: 1187-1197, 2008.
- Cheftel, J. C., Cheftel, H., Besacon, P. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Vol 2. Ed. Acribia. España. pp 175-256, 1997.
- Chen, Z. Y. y Nawar, W. W. The role of amino acids in the autoxidation of milk fat. *JAOCs.* 68 (1): 47-51, 1991.

- Christian, P. y West, K. P. Interactions between zinc and vitamin A: an update. *Am J Clin Nutr.* 69 (supl) 435s-441s, 1998.
- Christian, P., Jiang, T., Kathy, K. S., LeClerq, C. S., Shrestha, R. S., y West, P. K. Antenatal supplementation with micronutrients and biochemical indicators of status and subclinical infection in rural Nepal. *Am J. Clin Nutr.* 83:788 –94, 2006.
- Clarkson, M. P. and Thompson, S. H. Antioxidants: What role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr;* 72 (suppl):637S–46S. 2000.
- Cole, D. J. A. y Van Lunen, T. A Ideal Amino Acid Paternina. En: D’Mello editor. *Amino acids in farm animal nutrition.* 2ª ed. Ed. CAB International. Reino Unido. 2003.
- Cruz, C. F. Bien chiva. *Agropecuaria. El siglo de Torreon.com.mx* Abril 2008  
En: <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/345796.bien-chiva-agropecuaria.html>
- Cuchillo, H. M. Componentes funcionales y nutrimentales del queso fresco de leche de cabra, cruda y pasteurizada por efecto del sistema de alimentación. Tesis Maestria. FES-Cuautitlan UNAM. pp 75-85, 2006.
- Cuppet, S., Schepf, M., y Hall, C. Naturals antioxidants- are they a reality? En: Shahidi, E. *Naturals antioxidants, chemistry, health effects and applications.* AOCS Press. Campaign, Illinois. USA, pp 12-18, 1997.
- Czauderna, M. y Kowalczyk, J. Alkaline saponification results in decomposition of tocopherols in milk and ovine blood plasma. *J Chromatogr B,* 858: 8–12, 2007.
- D’ Amico. Manual: Solución Waters para determinación de aminoácidos En: <http://www.damicosistemas.com/novedades/AccQ-Tag-Waters.pdf>. 2005.
- DellaPenna, D. A decade of progress in understanding vitamin E synthesis in plants. *J Plant Physiol* 162: 729—737, 2005.
- Dijkhuizen, M. A., Wieringa, F. T., West, C. E. y Muhilal. Zinc plus  $\beta$ -carotene supplementation of pregnant women is superior to  $\beta$ -

- carotene supplementation alone in improving vitamin A status in both mothers and infants. *Am J Clin Nutr.* 80: 1299-1307, 2004.
- Dommarco, R. J. Encuesta Nacional de Nutrición 1999: Estado nutrición de niños y mujeres en México. Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, México 44 (2) 188-190, 2002.
- Dubeuf, J. P., Morand-Fehr, P. y Rubino, R. Situation, change and future of goat industry around the world. *Small Rumin Res.* 51:165-173, 2004.
- Erdman, Jr. J. W., Poor, Ch. L. y Dietz, M. Factor affecting the bioavailability of vitamin A, carotenoids and vitamin E. *Food Technol.* 8: 14-216, 1988.
- FAO. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU. Expert Consultation Rome, 17-24 October, 2001.
- FAO/ORALC. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional para America Latina y el Caribe. Tabla de composición de alimentos de America Latina, 2006. En:<http://www.rlc.fao.org/es/bases/alimento/print.asp?dd=3614>
- Farkas, J. Métodos físicos de conservación de alimentos. 28:519-541. En: Doyle, M., Beuchat, L. y Montville, T. *Microbiología de los alimentos.* Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp 799, 2001.
- Fennema, O. R. *Química de alimentos.* Ed. Acribia, Zaragoza España. pp 377-387, 1993.
- Ferland, G., Sadowski, A. J. y O'Brien, E. M. Dietary induced subclinical vitamin K deficiency in normal human subjects. *J Clin Inves.* 91: 1761-1768, 1993.
- Flores, M., Melgar, H., Cortés, C., Rivera, M., Rivera, J. y Sepúlveda, J. Consumo de energía y nutrimentos en mujeres mexicanas en edad reproductiva. *Salud Pública Mex.* 40:161-171, 1998.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases (FAOSTAT). 2005 En: <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>.

- Fox, P. F. Cheese: chemistry, physics and microbiology. Major cheese Groups. Vol 2. Ed. An Aspen publication. New York. pp 296-297, 2004.
- Franco, I., Privet, B., Bernardo, A., González, J. P. y Caballo, J. Biochemical changes throughout the ripening of traditional Spanish goat variety (Babia-Laciana). *Int Dairy J.* 13: 221-230, 2003.
- Gallegos, S. J., Germán, A. C. G. y Camacho, R. J. C. Manual del participante. La cabra. Ed. Fondo de tierras e instalación del joven emprendedor rural. Puebla, México. Enero 2005 pp 12-13.
- Gandarillas, M., Bas, F. y Hargreaves, A. Balance de proteína y lisina de origen animal en la dieta del chileno. *Cien Inv. Agr.* 31(3): 145-154, 2004.
- García, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México. México. pp 33, 1973.
- González, T. L., Téllez-Valencia, A., Sampedro, G. J. y Nájera, H. Las proteínas en la nutrición. *Rev Salud Publica Nutr.* 8 (2), 2007. En: <http://www.respyn.uanl.mx/viii/2/ensayos/proteinas.htm>
- González, V. M. Tecnología para la elaboración de queso blanco, amarillo y yogurt – Taller Práctico. Soná, Veraguas, República de Panamá. pp 10-16, 2002.
- Gorostiza, A., Cichoski, J. A., Valduga, T. A., Valduga, E., Bernardo, A. y Fresno, M. J. Changes in soluble nitrogenous compounds, caseins and free amino acids during ripening of artisanal Prato cheese; a Brazilian semi-hard cows variety. *Food Chem.* 85: 407-414, 2004.
- Guzmán, C. E, Saturnino de Pablo V., Yáñez, G. G. C, Zacarías, H. I. y Nieto, K. S. Estudio comparativo de calidad de leche fluida y en polvo. *Rev Chil Pediatr.* 74 (3): 277-286, 2003.
- Haenlein, G. F. W. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin Res.* 51 (2): 155-163, 2004.

- Haenlein, G. F. W. Goat milk versus cow milk. G. F. W. Haenlein and D. L. Ace Eds. Extension Goat Handbook. USDA Publ., Washington, Dc. pp 1-4, 1984.
- Halhali, A., Santiago, S., Díaz, L., Avila, E., Ariza, A. C., Díaz, E., Frenk, S. y Larrea, F. Vitamina D. En: Bourges, H., Casanueva, E. y Rosado, J. L. Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población Mexicana. Bases Fisiológicas. Ed. Médica Panamericana. México pp 41-54, 2005.
- Hekken, D. L. V., Tunick, M. H. y Park, Y. W. Effect of frozen storage on the proteolytic and rheological properties of Sofá caprine milk cheese. J Dairy Sci. 88:1966-1972, 2005.
- Holick, F. M. Vitamina D. En: Shils, E. M., Olson, J. A., Shike, M. y Ross, A. C. Nutrición en salud y enfermedad. Vol I. 9a ed. Ed. Mc Graw Hill México Interamericana. México, pp 383-396, 2002.
- Jandal, J. M. Comparative aspects of goat and sheep milk. Small Rumin Res. 22: 177 - 185, 1996.
- Jones, H. P. J. y Kubow, S. Lípidos, esteroides y sus metabolitos. En: Shils E M, Olson J A, Shike M y Ross A C. Nutrición en salud y enfermedad. Mc Graw Hill México Interamericana. 9a ed. Vol I México, pp 90-94, 2002.
- Kaufer, H. M. y Aguilar, S. C. A. Vitamina E. En: Bourges, H, Casanueva, E. y Rosado, J. L. Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población Mexicana. Bases Fisiológicas. Ed. Médica Panamericana. México. pp 55-63, 2005.
- Kazmi, A. S., Vieth, R. y Rousseau, D. Vitamin D<sub>3</sub> fortification and quantification in processed dairy products. Int Dairy J. 17: 753-759, 2007.
- Keller, H. E. Analytical methods for vitamins and carotenoids in feed. Department of vitamins research and development. R Baste. 2264:59-61, 1988.

- Kohlmeier, M., Salomon, A., Saupe, J. y Shearers, J. M. Transport of vitamin K to bone in humans. *J. Nutr.* 126: 1192S-1196S, 1996.
- Kondyli, E., Katsiari, M. C. y Voutsinas, L. P. Variations of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation. *Food Chem.* 100 (1): 226-230, 2005.
- Kosikowski, F.V. y Mistry, V. V. Cheese and fermented milk foods. Origins and principles. USA: Edwards Brothers, INC pp 689, 1997.
- León, S. M. Proteínas en nutrición artificial. *Nutrición enteral*. Sociedad Española de Nutrición Parental y Enteral. España pp 4-9, 2005.
- Leonil, J., Molle, D., Fauquant, J., Maubois, J. L., Pearce, R. J. y Bouhallab, S. Characterization by ionization mass spectrometry of Lactosyl b-lactoglobulin conjugates formed during heat treatment of milk and whey and identification of one Lactose-Binding Site. *J Dairy Sci* 80:2270-2281, 1997.
- Liebler, D. C. y Burr, J. A. Oxidation of vitamin E during iron-catalyzed lipid peroxidation: Evidence for electron-transfer reactions of the tocopheroxyl radical. *Biochemistry.* 31: 8278-8284, 1992.
- Lim, J. y Ocquetau, M. Estados de hipercoagulabilidad. *Temas de Medicina Interna.* Julio, 2001 En: <http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/TemasMedicinaInterna/trombofilia.html>
- Maarten, T. M. R., Dechend, R. y Poston, L. Oxidative stress and preeclampsia rationale for antioxidant clinical trials hypertension. 44:374, 2004.
- Mallatou, H., Pappa, C. E. y Boumba, V. A. Proteolysis in Teleme cheese made from ewes, goats or a mixture of ewes and goats Milk. *Int Dairy J* 14: 977-987, 2004.
- Mardones, P. y Rigotti, A. Cellular mechanisms of vitamin E uptake: relevance in  $\alpha$ -tocopherol metabolism and potential implications for disease. *J Nutr Biochem.* (15): 252-260, 2004.

- Marilley, L. y Casei, M. G. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing Straits. *Int J Food Microbiol.* 90: 139-159, 2004.
- Martín del Campo, L. Y. Efecto de la conservación y el tiempo de almacenamiento sobre la microflora del queso suave de leche de cabra. Tesis Licenciatura. UNAM, pp 54-56, 2006.
- Martín-Hernandez, M. C. y Juarez, M. Retention of main and trace elements in four types of goat cheese. *J Dairy Sci.* 72 : 1092-1097, 1989.
- Mayes, A. P. Estructura y función de las vitaminas liposolubles. En: Murray, K. R., Granner, K. D., Rodwell, W. V. y Mayes, A. P. *Bioquímica de Harper*. 15a ed. Ed. Manual Moderno. Santafé Bogota. pp 735-746, 2001.
- McSwenney, P. L. H. y Sousa, M. J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review *Lait* 80: 293–324, 2000.
- Medina, M. y Núñez, M. Cheeses made from ewes' and goats' milk. 2004. En: Fox, F. P, McSweeney, L. H. P., Coga, M. T. y Guinee, P. T. *Cheese: chemistry, physics and microbiology. Major cheeses groups*. Editors. London (United Kingdom): Elsevier Academic Press. pp 279-299, 2004.
- Montilla, A., Balcones, E., Olano, A. y Calvo, J. M. M. Influence of heat treatments on whey protein denaturation and rennet clotting properties of cow's and goat's milk *Agric. Food Chem.* 43: 1908-191, 1995.
- Muñoz, C. E., Rosado, J. L., López, P., Furr, C. H. y Allen, H. L. Iron and zinc supplementation improves indicators of vitamin A status of Mexican preschoolers 1, 2. *Am J Clin Nutr.* 71:789–94, 2000.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias.

- <http://www.presidencia.gob.mx/buenasnoticias/?contenido=22826&pagina=1&palabras=propiedades+nutritivas+de+la+leche+de+cabra>
- Novella-Rodríguez, S., Veciana-Nogués, M. T., Roig-Sagués, A. X., Trujillo-Mesa, A. J. y Vidal-Carou, M C. Influence of starter and nonstarter on the formation of biogenic amine in goat cheese during ripening. *J Dairy Sci* 85: 2471–2478, 2002.
- Oliszewski, R., Rabasa, E. A., Jorge, L., Fernández, L. J., Poli, A. M. y Núñez de Kairúz, S. M. Composición química y rendimiento quesero de la leche de cabra Criolla Serrana del noroeste argentino. *Zoo Trop.* 20(2):179-189, 2002.
- Olson, E. R. Vitamina K. En: Shils, E. M., Olson, J. A., Shike, M. y Ross, A. C. *Nutrición en salud y enfermedad.* Mc Graw Hill México Interamericana. 9a ed. Vol I México. pp 422-440, 2002.
- Ong, A. S. H. y Choo Y. M. Carotenoids and tocopherols from palm oil. En: Shahidi, F. editor. *Naturals antioxidants, chemistry, health effects and applications.* AOCS Press. Campaign, Illinois. USA 1997.
- Oria, M. E. Factores preventivos y nutricionales de la osteoporosis. *An Sist Sanit Navar.* 26 (supl 3), 2003.
- Panfili, G., Manzi, P. y Pizzoferrato, L. Influence of thermal and other manufacturing stresses on retinol isomerization in milk and dairy products. *J Dairy Res.* 65: 253-260, 1998.
- Park, W. Y., Mahoney, A. W. y Hendricks, D. C. Bioavailability of iron in goat milk compared with cow milk fed to anaemic rats. *J Dairy Sci.* 69: 2608-2015, 1986.
- Park, W. Y. Comparison of buffering components in goat and cow milk. *Small Rumin Res.* 8: 75-81, 1992.
- Park, W. Y. Nutrient profiles manufactured in of commercial goat milk cheeses the United States. *J Dairy Sci* Vol. 73, No. 11, 1990.

- Park, W. Y. Relative buffering capacity of goat milk, cow, milk, soy-based infant formulas, and commercial non-prescription antacid drugs. *J Dairy Sci.* 74: 3326-3333, 1991.
- Park, W. Y. Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in USA. *Small Rumin Res.* 37(1-2):115-124, 2000.
- Pita, R. G. Funciones de la vitamina E en la nutrición humana. *Rev Cubana Aliment Nutr.* 11 (1):46-57, 1997.
- Ponce, A. E. Aroma y sabor. En: Badui, D. S. *Química de los alimentos.* 4a ed. Pearson Addison Wesley. Ed. México. pp 461-492, 2006.
- Prieto, B., Franco, I., Fresno, J. M., Bernardo, A. y Carballo, J. Picón Bejes-Tresviso blue cheese: an overall biochemical survey throughout the ripening process. *Int Dairy J.* 10: 159-167, 2000.
- Ramírez, L. Consumo de proteína animal y producción de leche. *Mundo Pecuário, Venezuela.* 3 (2): 60-62, 2006.
- Raynald, K. y Remeuf, F. Effect of storage at 4°C on the physicochemical and renneting properties of milk. *J Dairy Res.* 67: 199-207, 2000.
- Reps, A., Wisniewska, K., Jarmul, I. y Brakoniecka-Sikorska, A. Effect of freezing conditions on the ripening process and the quality of cheese. *Pakistan J Nutr.* 4 (4): 210-214, 2005.
- Rivera, A. J., Sepúlveda, A. J. Conclusiones de la encuesta nacional de nutrición 1999: traduciendo resultados en políticas públicas sobre nutrición. *Salud Pública Mex.* 45 (supl 4): S565-S575, 2003.
- Robinson, S. D. *Bioquímica y valor de los nutrimentos.* Ed. Acribia. Zaragoza. pp 313-326, 1991.
- Rodwell, W. V. Aminoácidos. En: Murray, K. R., Granner, K. D., Rodwell, W. V. y Mayes, A. P. *Bioquímica de Harper.* México. 15a ed. Ed. Manual Moderno. pp 31, 2001.
- Romeu-Nadal, M., Castellote, A. I. y López-Sabater, M. C. Effect of cold storage on vitamins C and E and fatty acids in human milk. *Food Chem.* 106: 65-70, 2008.

- Ross, A. C. Vitamina A y retinoides. En: Shils, E. M., Olson, J. A., Shike, M. y Ross, A. C. Nutrición en salud y enfermedad. Mc Graw Hill México Interamericana. 9a ed. Vol I México. pp 354-367, 2002.
- Rubino, R., Morand-Fehr, P., Renieri, C., Peraza, C. y Sarti, F. M. Typical products of the small ruminant sector and the factors affecting their quality. *Small Rumin Res.* 34: 289-302, 1999.
- Salazar, M. A. Vitamina D3 y sus acciones sobre las células T del sistema inmune. *Infármate.* Universidad de las Americas Puebla, México. 2 (11), Enero-Febrero 2007.
- Scott, R. Fabricación de queso. Acribia España. pp 142-147, 1991.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA), 2003. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderito/cuantleca.htm>
- Serralda, Z. A. E., Meléndez, M. G., Pasquetti, C. A. Requerimientos y recomendaciones proteicas, referencias internacionales y mexicanas. *Rev Endocrinol Nutr.* 2 (11):73-73, 2003.
- Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC), abril, 2000. En: <http://www.sernac.cl/Contenido/Atach/194/Proqca0400.pdf>
- Shearer, J. M., Bach, A. y Kohlmeier, M. Chemistry, nutritional sources, tissue distribution and metabolism of vitamin K with special reference to bone health. *J. Nutr.* 126: 1181S-1186S, 1996.
- Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2005. En: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/arcompecmens.html>.
- Solomons, W. N., Kaufer-Horwitz, M. y Bermudez, I. O. Armonización de las recomendaciones nutricionales para Mesoamérica: ¿Unificación regional o individualización nacional? *Diciembre* 54 (4): 363-373, 2004. En: [http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000400001&lng=es&nrm=iso](http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000400001&lng=es&nrm=iso). ISSN 0004-0622.
- Sousa, M. J., Ardö, Y. y McSweeney, P. L. H. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *Int Dairy J.* 11: 327-345, 2001.

- Tavaria, K. F, Franco I, F. Carballo, F. J. y Malcata, F. X. Amino acid and soluble nitrogen evolution throughout ripening of Serra da Estrela cheese. *Int Dairy J.* 13: 537–545, 2003.
- Thomas, A. J. Estres oxidativo y defense antioxidante. En: Shils, E. M., Olson, J. A., Shike, M. y Ross, A. C. *Nutrición en salud y enfermedad.* Mc Graw Hill México Interamericana. 9a ed. Vol I México. pp 868-872, 2002.
- Traber, G. M. Vitamina E. En: Shils, E. M., Olson, J. A., Shike, M. y Ross, A. C. *Nutrición en salud y enfermedad.* Mc Graw Hill México Interamericana. 9a ed. Vol I México. pp 401-410, 2002.
- Tripaldi, C, Di-Bernardini, R., Carbone, K., Angelucci, M. y Settineri, D. First results of a research on traditional cheese Pecorino di Picinisco. *Agr Rec.* 57(4): 229-251, 2006.
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA Nutrient Database for Standard Reference. Release 13. USA, 2006. En: [http://riley.nal.usda.gov/NDL/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://riley.nal.usda.gov/NDL/cgi-bin/list_nut_edit.pl).
- Usui, Y., Tanimura, H., Nishimura, N., Kobayashi, N., Okanoue, T. y Ozawa, K. Vitamin K concentrations in the plasma and liver of surgical patients<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. *Am J C in Nutr.* 5 (1):846-52, 1990.
- Van-Hekken, D. L. M., Tunick, H. y Park, Y. W. J. Effect of frozen storage on the proteolytic and rheological properties of soft caprine milk cheese. *Dairy Sci.* 88:1966–1972, 2005.
- Vásquez, G. M. E. y Toussaint. Vitamina K. En: Bourges, H., Casanueva, E. y Rosado, J. L. *Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población Mexicana. Bases Fisiológicas.* Ed. Médica Panamericana. México. pp 27-40, 2005.
- Villalpando, S., Caraveo, V. y Valdés, R. R. Vitamina A y carotenos. En: Bourges, H., Casanueva, E. y Rosado, J. L. *Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población Mexicana. Bases Fisiológicas.* Ed. Medica Panamericana. México. pp 27-40, 2005.

- Walstra, P. Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos. Acribia España. pp 556-559, 2001.
- Weinstein, S. J., Wright, M. E., Pietinen, P., King, I., Tan, C., Taylor, P. R., Virtamo, J., Albans, D. Serum  $\alpha$ -tocopherol and  $\gamma$ -tocopherol in Relation to Prostate Cancer Risk in a Prospective Study. J Natl Cancer I. 97 (5), March 2, 2005.
- Yahyaoui, H. M., Coll, A., Sanchez, A., Folch, J. M. Genetic polymorphism of the caprine kappa casein gene J Dairy Res. 68: 209-216, 2001.
- Yvon, M. y Rijnen, L. Cheese flavour formation by amin acid catabolism. Int Dairy J. 11 : 185-201, 2001.