

## ANÁLISIS Y COMENTARIOS

# ASPECTOS NUTRICIONALES DE LA LECHE DE CABRA (*Capra hircus*) Y SUS VARIACIONES EN EL PROCESO AGROINDUSTRIAL<sup>1</sup>

Alejandro Chacón Villalobos<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial.** Este trabajo abordó los principales aspectos nutricionales relacionados con la leche de cabra tales como la composición química (proteínas, aminoácidos, minerales, grasas, factores bioactivos), el valor nutricional, la función de la leche de cabra como alimento funcional y antialérgico, así como los principales efectos nutricionales del manejo animal y procesamiento agroindustrial de la leche (refrigeración, congelación, tratamientos térmicos).

**Palabras clave:** Leche de cabra, nutrición, procesamiento, composición, hipolálgico.

### ABSTRACT

**Nutritional facts concerning goat milk (*Capra hircus*) and its variations during the agroindustrial process.** This paper overviews the main nutritional aspects of goat milk, such as chemical composition (protein, amino acids, minerals, bioactive factors and fat), nutritional value, functional value, hypoallergenic properties, and the effects of agroindustrial processing (refrigeration, freezing, and heat treatment).

**Key words:** Goat milk, nutrition, processing, composition, hypoallergenic.



### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la leche de cabra (*Capra hircus*) es consumida principalmente como un producto fluido sin que medie una transformación de la misma en otros derivados lácteos, razón por la cual sus características prístinas son muy importantes a nivel nutricional. Se ha estimado que existen más personas en el planeta que consumen leche de cabra, que las que consumen cualquier otro tipo de leche (Capra 2004). La FAO proyectaba que ya para el año 2000 la demanda mundial de leche de cabra sería de 242 millones de toneladas, contra una oferta estimada de 177,6 millones de toneladas, en su mayoría producida en los países tropicales en

desarrollo, donde se ubica el 95% de la población caprina (Knights y Garcia 1997).

Económicamente, la leche de cabra es importante en muchas regiones, representando el 2% de toda la leche comercializada a nivel mundial. Para el año 1994, India era el mayor productor mundial con 2,2 millones de toneladas anuales, lo que representó el 21,6% del total global (Haenlein 2002). Le siguen Bangladesh (9,7%), Irán (8,7%), Pakistán (5,8%), Sudán (5,5%) y Grecia (4,5%).

En el continente africano, la contribución a la dieta que representa la leche de cabra es variable, llegando a constituir desde menos de 5 kg anuales *per cápita* hasta

<sup>1</sup> Recibido: 16 de febrero, 2005. Aceptado: 30 de agosto, 2005. Inscrito en Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, Proyecto N° 737-A4-040

<sup>2</sup> Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica.

más de 450 kg. De este último dato se desprende que para muchas personas es parte fundamental de su dieta.

Dada su factibilidad como animal lechero, se considera que el manejo adecuado y constante de lecherías basadas en la cabra, representa una de las mejores estrategias para aliviar las hambrunas y combatir la desnutrición en países en vías de desarrollo.

Más allá de sus posibilidades económicas y de su uso para llenar las necesidades nutricionales diarias, la leche de cabra posee cualidades que la hacen apropiada para niños, adultos y madres que amamantan, entre las que se puede citar sus propiedades nutracéuticas y anti-alérgicas (Gilbere y Hom 2002). En niños que presentan malnutrición por mala alimentación o lactancia deficiente, la leche de cabra ha demostrado ser un sustituto superior a la leche de vaca (*Bos taurus*) (Gilbere y Hom 2002; Capra 2004). No obstante, los pediatras no la recomiendan como sustituto total de la leche materna en infantes menores de un año dado su alto nivel proteico y mineral, y por su bajo contenido de carbohidratos, ácido fólico y vitaminas C, D, E, B<sub>6</sub> y B<sub>12</sub> (Darnton *et al.* 1987).

Estudios en niños han demostrado que los resultados obtenidos en cuanto a ganancias de peso, aumento en la estatura, mineralización esquelética, densidad de hueso y contenido de vitaminas en sangre (vitamina A, niacina, tiamina, riboflavina y niacina) son superiores cuando se da una alimentación con leche de cabra (American Dairy Goat Association 2004).

Estas y muchas otras razones hacen de especial interés el estudio y comprensión de los aspectos y alcances nutricionales de la leche de cabra, a lo que se avoca el presente trabajo.

## COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE CABRA Y ASPECTOS NUTRICIONALES CONEXOS

### Generalidades

La leche de cabra es, al igual que la leche de otros mamíferos, una matriz de características fisicoquímicas muy diversas (Belitz y Grosch 1985). Algunas de sus variables fisicoquímicas y microbiológicas se detallan en el Cuadro 1. La composición general de esta leche recopilada exhaustivamente, y comparada con la leche de vaca entera (3,25% de grasa) y con la humana se muestra en el Cuadro 2.

La porción promedio de leche se considera como equivalente a una copa con 244 g, razón por la cual esta medida se usa como estándar en los Estados Unidos para la comparación de ingesta (NRC 1968). Es por ello que puede ser de utilidad visualizar la composición de la leche en función a porciones de 244 g (NRC 1968; USDA *et al.* 2004), tal y como se hace en el Cuadro 3.

El estudio de los cuadros antes citados permite un entendimiento general de la composición base de este fluido.

### Minerales

La leche es la principal fuente de calcio dietario para el ser humano, sin importar si es de cabra, vaca u otra especie. Comparativamente, la leche de cabra aporta 13% más calcio que la leche de vaca (Rodden 2004). La leche de cabra no es una adecuada fuente de otros nutrientes como hierro, cobre, cobalto y magnesio (Grandpierre *et al.* 1988; Dostaloya 1994). Es interesante notar que los requerimientos diarios de calcio y magnesio

**Cuadro 1.** Variables fisicoquímicas de interés de la leche de cabra. Cartago, Costa Rica. 2005.

Variable	Rango o valor
Densidad leche íntegra	1,030-1,034 (No tolerar menos de 1,028)
Densidad del suero	1,027-1,029 (No tolerar menos de 1,026)
pH	6,3 a 6,7
Acidez total expresada en grados Dornic	16 ° a 19 °
Porcentaje de ácido láctico	0,11% a 0,18%
Recuento total (bacterias/ml)	Aceptable en el orden de 10 <sup>4</sup> bact/ml
Estándar microbiológico para leche tratada térmicamente destinada a uso en quesos	1,5 x 10 <sup>6</sup> UFC/ml a 30 °C
Tratamiento térmico recomendado para leches destinadas a quesos	65 °C/30 min.
Valores pH al finalizar su acción el cultivo iniciador	Alrededor de 3,95

Fuentes: Mehala y Al-Kahnal 1989; Richardson 2004

**Cuadro 2.** Composición comparativa general promedio de la leche de cabra con otras especies con base a 100g. Cartago, Costa Rica. 2005.

Componente	Cabra	Vaca	Humana	Componente	Cabra	Vaca	Humana
Sólidos totales (%)	12,97	12,01	12,50	Ácido cítrico	1,80 g/l	0,15 %	0,05%
Ceniza (%)	0,82	0,70	0,20	Ácido Ascórbico (mg)	1,1-2	0,0	4-5
Mn (mg)	0,018	0,003	0,026	Tiamina (mg)	0,05	0,04	0,015
Ca (mg)	134	113-122	32	Riboflavina (mg)	0,138	0,18	0,036
Fe (mg)	0,05	0,03-0,1	0,03	Niacina (mg)	0,277	0,107	0,177
Mg. (mg)	14-16	10-13	3	Ácido Pantoténico (mg)	0,310	0,314	0,223
P (mg)	111	92	14	Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0,05	0,04	0,011
Na (mg)	41-50	40-60	15-17	Folacina (µg)	≤ 1	4-5	5
K (mg)	181-204	138-152	51-55	Vitamina B <sub>12</sub> , µg)	0,06	0,4	0,045
Cu (mg)	0,046	0,02	0,04	Retinol (µg)	56	28	60
Yodo (mg)	—	0,021	0,007	Vitamina A, µg_RAE	56	30	61-64
Zn (mg)	0,30	0,40	0,17	Biotina (µg)	1,5	2,0	0,4
Se (µg)	1,4	3,7	1,8	Ácido nicotínico (mg)	0,2	0,08	0,17
Cloro (g/l)	2,2	1,4	0,45	Proteína total (%)	3,56	3,29	1,03
Lípidos, total (%)	4,14	3,34	3,8-4,4	Triptofano (g)	0,044	0,08	0,017
A. grasos saturados (g)	2,67	1,8-2,0	2,0	Treonina (g)	0,163	0,143	0,046
C4:0 (g)	0,13	0,08	traza	Isoleucina (g)	0,207	0,170	0,056
C6:0 (g)	0,09	0,08	traza	Leucina (g)	0,314	0,265	0,095
C8:0 (g)	0,10	0,08	traza	Lisina (g)	0,290	0,140	0,068
C10:0 (g)	0,26	0,08	0,06	Metionina (g)	0,080	0,080	0,021
C12:0 (g)	0,12	0,08	0,26	Cistina (g)	0,046	0,020	0,019
C14:0 (g)	0,32	0,30	0,32	Fenilalanina (g)	0,155	0,150	0,046
C16:0 (g)	0,91	0,83	0,92	Tirosina (g)	0,179	0,159	0,053
C18:0 (g)	0,44	0,40	0,29	Valina (g)	0,240	0,200	0,063
A. G. monosaturados (g)	1,11	0,96	1,66	Arginina (g)	0,119	0,08	0,043
C16:1 (g)	0,08	traza	0,13	Histidina (g)	0,089	0,08	0,023
C18:1 (g)	0,98	0,84	1,48	Alanina (g)	0,118	0,103	0,036
A.G. polinsaturados (g)	0,15	0,12	0,50	Ácido Aspártico (g)	0,210	0,240	0,082
C18:2 (g)	0,11	0,12	0,37	Ácido Glutámico (g)	0,626	0,650	0,168
C18:3 (g)	0,04	0,08	0,05	Glicina (g)	0,050	0,075	0,026
Colesterol (mg)	10-11	10	14	Prolina (g)	0,368	0,340	0,082
Energía kJ	288	257-250	291	Serina (g)	0,181	0,107	0,043
Carbohidratos (%)	4,45	4,5-4,7	6,89	Caseínas (g)	3,49-2,5	2,8	0,4
Lactosa (g)	3,8-4,3	4,9-5,3	6,98	Caseína αS, g	0,7-0,5	1,1	—
Vitamina E (mg)	0,07	0,06	0,08	Caseína β, g	2,3-1,7	1,2	—
Vitamina D (UI)	12,000	40,431	4,000	Caseína κ, g	—	0,4	—
Vitamina K (µg)	0,3	0,2	0,3	Agua, g	87,0	87,2-88,3	87,43
β-caroteno (µg)	7	5	7				

Fuentes: Kiswa y Zbikowski 1975; Bassalik-Chabielska 1989; Mehala y Al-Kahnal 1989; Sato *et al.* 1998; Capra 2004; Haenlein 2002; Tonin y Nader-Filho 2002; Richardson 2004; USDA *et al.* 2004.

de grupos de alta sensibilidad como es el caso de mujeres embarazadas y amamantando (Ingesta adecuada (A.I) de 1.000 mg), así como adolescentes (A.I=1.000 mg), son apenas cubiertos por tres copas de leche de vaca, mientras la leche de cabra cubre ampliamente estos requerimientos con solo dos porciones del mismo tamaño (NRC 1968).

Algunos autores como Cerutti *et al.* (1992), reportan concentraciones de minerales para la leche de cabra (en ppm) de: K 653-3055, Ca 807-1738, Mg 101-212, P 691-1641, Ni 0,09-1,06, Cr 0,023-0,162, Fe 0,91-1,335, Mn 0,032-0,473, Cu 0,081-0,937, Zn 1,48-4,93, Pb 0,11-0,45, Cd 0,013-0,047. Estos valores complementan aquellos citados por otros autores y enunciados en el Cuadro 2.

**Cuadro 3.** Comparación de la ingesta de algunos nutrientes en una copa de tres tipos de leche (244 g). Cartago, Costa Rica. 2005.

Componente	Cabra	Vaca	Humana	Componente	Cabra	Vaca	Humana
Ceniza (%)	2,00	1,68	0,49	Vitamina K (µg)	0,7	0,5	0,7
Mn (mg)	0,044	0,007	0,064	β-caroteno (µg)	17	12	17
Ca (mg)	327	276	79	Á. ascórbico (mg)	3,2	0,0	12,3
Fe (mg)	0,12	0,07	0,07	Tiamina (mg)	0,117	0,107	0,034
Mg (mg)	34	24	7	Riboflavina (mg)	0,337	0,447	0,089
P (mg)	271	222	34	Niacina (mg)	0,676	0,261	0,435
Na (mg)	122	98	42	A. pantoténico (mg)	0,756	0,883	0,549
K (mg)	498	349	125	Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0,112	0,088	0,027
Cu (mg)	0,112	0,027	0,128	Folacina (µg)	2	12	12
Zn (mg)	0,73	0,98	0,42	Vitamina B <sub>12</sub> ( µg)	0,17	1,07	0,12
Se (B <sub>g</sub> )	3,4	9,0	4,4	Retinol (µg)	137	68	148
Lípidos total (%)	10,1	7,93	10,77	Vitamina A, RAE	139	68	150
A. G. saturados (g)	6,51	4,55	4,94	Proteína, total (%)	8,69	7,86	2,53
C4:0 (g)	0,312	0,183	traza	Triptofano (g)	0,107	0,183	0,042
C6:0 (g)	0,229	0,183	traza	Treonina (g)	0,398	0,349	0,113
C8:0 (g)	0,234	0,183	traza	Isoleucina (g)	0,505	0,403	0,138
C10:0 (g)	0,634	0,183	0,155	Leucina (g)	0,766	0,647	0,234
C12:0 (g)	0,303	0,188	0,630	Lisina (g)	0,708	0,342	0,167
C14:0 (g)	0,793	0,725	0,790	Metionina (g)	0,195	0,183	0,052
C16:0 (g)	2,223	2,023	2,261	Cistina (g)	0,112	0,041	0,047
C18:0 (g)	0,076	0,891	0,721	Fenilalanina (g)	0,378	0,359	0,113
A.G. monosaturado (g)	2,706	1,981	4,079	Tirosina (g)	0,437	0,371	0,130
C16:1 (g)	0,2	traza	0,317	Valina (g)	0,586	0,468	0,155
C18:1 (g)	0,384	1,981	3,629	Arginina (g)	0,290	0,183	0,106
A.G. polinsaturado (g)	0,364	0,476	1,223	Histidina (g)	0,217	0,183	0,057
C18:2 (g)	0,266	0,293	0,920	Alanina (g)	0,288	0,251	0,089
C18:3 (g)	0,098	0,183	0,128	Ácido aspártico (g)	0,512	0,578	0,202
Colesterol (mg)	27	24	34	Ácido glutámico (g)	1,527	1,581	0,413
Energía kJ	703	610	716	Glicina (g)	0,122	0,183	0,064
Carbohidratos (%)	10,86	11,03	16,95	Prolina (g)	0,898	0,834	0,202
Lactosa (g)	10,86	12,83	16,95	Serina (g)	0,442	0,261	0,106
Vitamina E (mg)	0,17	0,15	0,20	Agua (g)	212,35	215,50	215,25
Vitamina D (UI)	29,280	98,652	9,840				

Fuentes: Capra 2004; Haenlein 2002; USDA *et al.* 2004.

La leche de cabra contiene menos sodio y menos minerales de cobalto y molibdeno que la leche de vaca, pero más potasio (134 % más) y cloro (0,151% total), siendo los demás constituyentes muy similares entre ambas leches (Maree 1978).

El cloro representa el 14,7% de las cenizas totales de la leche de cabra, a diferencia de la de vaca en la que representa el 14,3% (James 1976). Este contenido alto de cloro tiende a asociarse con las propiedades laxantes de la leche de cabra (Richardson 2004).

La cantidad de fósforo (en forma de fosfatos) que hay en la leche de cabra no sólo ayuda nutricionalmente a las personas que tiene dietas basadas exclusivamente en raíces de plantas, frutas y vegetales verdes; si no que además contribuye junto con las proteínas a la alta capacidad buffer, la cual es mayor a la que presenta la leche de vaca (Rodden 2004). Todo lo anterior hace a este fluido muy valioso en el tratamiento de úlceras gástricas, especialmente cuando la constante irritación causada por la acción de los jugos gástricos es dañina para el revestimiento del tracto digestivo (Richardson 2004).

La leche de la cabra contiene selenio, el cual actúa como antioxidante (USDA *et al.* 2004). El selenio es muy importante no sólo porque suele ser deficiente en el cuerpo humano, si no por que ayuda a controlar el sistema inmunológico así como por que actúa directamente sobre ciertos virus impidiendo su multiplicación. El selenio se vincula más con la parte acuosa que con la fracción grasa de la leche, pues en la leche descremada queda el 94% del selenio total, del cual un 69% se asocia con la fracción de caseína (Dael *et al.* 1992).

En ocasiones se ha vinculado a la leche de cabra y de vaca con anemias infantiles debido a los bajos contenidos de hierro en estos fluidos. No obstante, esto resulta fácilmente reversible por medio de la fortificación (Rodden 2004).

### Vitaminas

Comparada con la leche materna, la leche de cabra contiene prácticamente la misma cantidad de ácido fólico y un poco menos de vitaminas del complejo B (Maree 1978). El contenido de vitamina E suele considerarse como bajo, razón por la cual la suplementación puede hacerse necesaria (Grandpierre *et al.* 1988; Dostaloya, 1994). El caso de contenidos vitamínicos pobres es particularmente importante en el caso del ácido ascórbico y la vitamina B<sub>12</sub> (USDA *et al.* 2004). La leche de la vaca contiene cinco veces más vitamina B<sub>12</sub> que la leche de cabra (Mehala y Al-Kahnal 1989; Capra 2004; Haenlein 2004; Richardson 2004; USDA *et al.* 2004).

El contenido de ácido fólico tiende a ser más bajo en la leche caprina (12 mg en la leche de vaca contra menos de 1 mg para la leche de cabra en base a 300 ml, y para cubrir unas necesidades diarias de 75-100 mg en los niños) (USDA *et al.* 2004). Las deficiencias en esta vitamina, muy relacionadas con la dieta y cuidado del animal que brinda la leche, se asoció fuertemente con la anemia infantil megaloblástica hiperocrómica en los años veintes y treinta, al punto que se denominó a este mal "anemia de la leche de cabra". Este padecimiento responde muy bien al tratamiento con ácido fólico, cuya carencia se supone es el principal detonante de este mal en niños con dieta exclusiva en leche de cabra. Trabajos experimentales han demostrado que la fortificación de la leche de cabra con ácido fólico no solo eleva su nivel nutricional si no que debería ser un estándar cuando esta leche se destina a dietas infantiles (Maree 1978). La vitamina D no se encuentran en cantidad apreciable, y es también candidata a ser suplementada cuando se destina la leche a niños (Maree 1978; Capra 2004; USDA *et al.* 2004).

La leche de cabra provee aproximadamente el doble de vitamina A que la leche de vaca (2.074 unidades internacionales litro contra 1.560). El alto contenido de esta vitamina a la vez explica la ausencia de carotenoides en la leche de cabra, pues todos estos se encuentran ya convertidos a vitamina A. A esto se suma el hecho de que la leche de cabra es muy rica en riboflavina, importante como un factor del crecimiento (Richardson 2004).

Autores como Rodden (2004) señalan que la leche de cabra contiene alrededor de 350% más niacina que la de vaca y 25% más vitamina B<sub>6</sub>.

Los requerimientos de aminoácidos esenciales (con la salvedad de la metionina y la fenilalanina), la niacina y la tiamina, son apenas cubiertos por tres copas de leche de vaca, mientras la leche de cabra cubre ampliamente estos requerimientos con solo dos porciones de la misma magnitud (NRC 1968).

### Lactosa

El contenido de lactosa es bajo en la leche de cabra en comparación con la leche de otras especies animales (aproximadamente de 1% a 13% menos que la de vaca y hasta 41% menos que la humana), lo cual está directamente relacionado con que esta leche presente menos problemas asociados con la intolerancia (Richardson 2004). El contenido de amino azúcares asociados a la lactoferrina en algunas razas de cabras muy difundidas como la Saanen puede alcanzar hasta un 2,1% (Shimazaki *et al.* 1991)

### Grasa y ácidos grasos

La grasa de la leche de cabra es una fuente concentrada de energía, lo que se evidencia al observar que una unidad de esta grasa tiene 2,5 veces más energía que los carbohidratos comunes (Richardson 2004). Los triglicéridos representan casi el 95% de los lípidos totales, mientras que los fosfolípidos rondan los 30-40 mg/100 ml y el colesterol 10 mg/100 ml.

La composición básica de la grasa de la leche de cabra también difiere de la de vaca (Haggag *et al.* 1987). Una característica de la leche de cabra es el pequeño tamaño de los glóbulos grasos comparados con el de los glóbulos en la leche de vaca (2 µm en la leche de cabra contra un promedio de 3-5 µm en la de vaca), lo cual se ha asociado con una mejor digestibilidad (Alais 1988; University of Maryland 1992).

La leche de cabra excede en cantidad a la de vaca en la mayoría de los ácidos grasos esenciales de cadena corta, media y larga, así como en las cantidades de ácidos poli y mono insaturados, lo cual es muy valioso en términos de la aceptación de la leche de cabra en la población nutricionalmente consciente, y por el hecho de que grasa de características como las descritas es de más fácil digestión (Maree 1978). Es sin embargo, bajo su contenido en el ácido linolénico (Grandpierre *et al.* 1988; Dostaloya 1994). La leche de cabra tiene por lo general un 35% de ácidos grasos de cadena mediana contra el 17% de la leche de vaca, de los cuales tres (caprónico, caprílico y cáprico) representan un 15% en la leche de cabra contra un 5 % en la de vaca.

Los contenidos de ácidos grasos esenciales y de cadenas cortas hacen de la leche de cabra un alimento saludable desde un punto de vista cardiaco (Capra 2004) e importante en la nutrición de infantes que presenten eczemas atípicos atribuidos a leches maternas con un perfil anormal de ácidos grasos, especialmente el linolénico (Haenlein 2002). Este tipo de problemas difícilmente se subsanan con la mayoría de las fórmulas y suplementos comerciales, las que han demostrado no contener suficientes cantidades de los ácidos grasos poliinsaturados requeridos. Esto representa una brillante oportunidad de mercado para la leche de cabra, especialmente transformada en productos como la mantequilla.

Los ácidos grasos de cadena mediana poseen propiedades diferentes a los de cadena larga cuando son metabolizados por el ser humano, especialmente los ácidos caprílico y cáprico. Lo anterior se da principalmente por la tendencia de los ácidos antes mencionados a proporcionar energía y no a contribuir a la formación de tejido adiposo, así como por su habilidad para limitar y disolver los depósitos de colesterol sérico, lo que se relaciona con una disminución de las enfermedades coronarias, la fibrosis quística y los cálculos biliares (Haenlein 2002).

La leche de cabra no debería presentar problemas de rechazo en el consumidor debido a su olor, usualmente atribuido a los ácidos grasos de cadena mediana. Bajo condiciones normales, estos ácidos se encuentran encapsulados dentro del glóbulo graso, por lo cual la leche de cabra adecuadamente manipulada es difícil de distinguir de la leche de vaca utilizando el olfato. Los problemas se dan cuando la membrana del glóbulo graso se rompe y libera estos ácidos. No obstante aunque se rompiera el glóbulo, si los ácidos grasos están en forma de triglicéridos, se necesitaría de una lipasa para liberar a los mismos, y esto sólo ocurriría si no se llevó a

cabo correctamente el proceso de pasteurización, que en teoría destruye a dichas enzimas. Está demás indicar, que una vez rota la integridad de los glóbulos, la leche es más propensa a la rancidez (Nasanovsky *et al.* 2002). La mencionada membrana es más sensible en la leche de cabra que en la de vaca. Muchos de los problemas de mal manejo asociados con el aroma y sabor de la leche incluyen por ejemplo, el permitir la estancia del macho cabrío cerca del lugar donde la leche se ordeña o almacena, dado que los olores relacionados con el almizcle segregado por las glándulas sexuales de este animal se absorben en la leche (University of Maryland 1992).

La grasa de la leche caprina no contiene aglutinina que es una proteína cuya función es agrupar los glóbulos grasos para formar estructuras de mayor tamaño. Esta es la razón por la que sus glóbulos, al estar dispersos, son atacados más fácilmente por las enzimas digestivas (especialmente las lipasas que acometen contra los enlaces éster), incrementándose por lo tanto la velocidad de digestión (Rodden 2004). Las lipasas se encuentran distribuidas en la crema de la leche (46%) y en el suero lácteo (46%) (Chillard *et al.* 1984).

### Proteína y aminoácidos

En cuanto a la proteína, la composición de las diferentes fracciones de la leche de cabra puede diferir grandemente a la de vaca. Recientemente algunos estudios han afirmado que la proteína caprina puede tener un mayor valor biológico que la vacuna, aunque aun existe un halo de controversia en este sentido (Rodden 2004). Belewu y Aiyegbusi (2002) reportan por ejemplo un mayor valor biológico aparente para la leche de cabra (90,9%) con respecto a la leche de vaca (90,4%). La proteína de la leche de cabra suele presentar una relación entre aminoácidos esenciales y totales de 0,46 y una relación de esenciales contra no esenciales de 0,87 (Singh y Singh 1985).

El tamaño de las micelas de caseína es más pequeño en la leche de cabra (50 nm) en comparación con la leche de vaca (75 nm) (Alais 1988). Estas caseínas de la leche de cabra se caracterizan por contener más glicina, así como menos arginina y aminoácidos sulfurados, especialmente la metionina (Capra 2004).

Por su parte, Maree (1978) reporta que la fracción total de caseína está compuesta en la leche de cabra por 19%  $\alpha$ -s-1-caseína, 21 %  $\alpha$ -s-2-caseína y 60%  $\alpha$ -caseína.

El-Hagrawy *et al.* (1990) señalan que para las tres caseínas caprinas las fracciones mayoritarias de aminoácidos las constituyen la tirosina, la lisina y la serina para las caseínas  $\alpha$ ; el ácido glutámico, la leucina y la cisteína para las caseínas  $\alpha$ ; y la prolina y la cisteína para la kappa-caseína.

No solo el tamaño si no también la estructura molecular de la caseína y de las lactoalbúminas de la leche de cabra difiere también grandemente de su contraparte vacuna. La mayor fracción de proteína en la leche de vaca es la  $\alpha$ -s-1-caseína, pero en el caso de la leche de cabra esto no es así, siendo la  $\beta$ -caseína y la  $\alpha$ -s-2-caseína las fracciones mayoritarias (El-Shibiny 1978). La caseína de la leche de cabra contiene menos del tipo  $\alpha$ -s-1-caseína como sucede en la leche humana, caseínas que son las responsables de la mayoría de las alergias asociadas a la leche de vaca. Esto es lo que explica que un infante intolerante a la leche de vaca responda tan bien a la leche de cabra (Maree 1978). Para la kappa-caseína se han identificado dos diferentes polimorfismos genéticos que se diferencian en su carga neta (Law y Tziboula 1993).

En los infantes de un año, la incidencia de alergia relacionada con las proteínas de la leche de vaca ha demostrado ser de alrededor del 3%-8% (Maree 1978), dónde ha sido la leche de cabra el mejor tratamiento para estos casos de alergia directa o indirecta (Brenneman 1978; Grezesiak 1989). En la población mundial de todas las edades, la alergia se manifiesta en alrededor del 2,5 al 5 % de las personas, aunque son los niños los principales afectados (Capra 2004). Los síntomas de esta alergia se denotan principalmente por disturbios gastrointestinales como el vómito, cólicos, constipación, e incluso otros como la rinitis (Maree 1978). No es raro que problemas de otitis, bronquitis, bronconeumonía, migraña, convulsiones, diarrea y asma estén asociados con la alergia, así como problemas dermatológicos tales como urticaria, edemas angioneuróticos o dermatitis atópica (Brenneman 1978; Grezesiak 1989). El "shock" anafiláctico puede ser incluso observado en raras ocasiones (Maree 1978).

La alergia se produce por la generación en el organismo de Inmunoglobulinas E IgE al entrar en contacto con las proteínas de la leche, especialmente en niños dónde estas suelen ser las primeras proteínas extrañas con que tienen contacto. En este sentido las  $\alpha$ -lactoalbúminas y  $\beta$ -lactoglobulinas que se encuentran en la fracción acuosa de la leche (el suero), son menos problemáticas ya que son alterables por la acción del calor (termosensibles), y por lo tanto su poder alergénico se inactiva en productos tratados térmicamente como son las leches en polvo o de larga duración pasteurizadas

con un sistema de ultra alta temperatura a 100 °C por 10 s (U.H.T por sus siglas en inglés) (Capra 2004). Las caseínas son termoestables a los tratamientos estándar, y por lo tanto las personas sensibles a ellas reaccionarán ante cualquier producto que las contengan aunque haya sido tratado térmicamente.

Alrededor del 40% de los niños alérgicos presentan alergia a las caseínas  $\alpha$ -s-1 y a algún tipo de caseína  $\beta$  por lo cual se ven beneficiados por la leche de cabra (Maree 1978; Capra 2004). El perfil de proteínas de la leche de cabra se asemeja más al humano del que lo hace la leche de vaca; de la misma manera la  $\beta$ -lactoglobulina caprina ha demostrado ser de más fácil digestión que la vacuna.

Aproximadamente el 40% de todos los pacientes sensibles a las proteínas de la leche de vaca toleran las proteínas de la leche de cabra, posiblemente debido a que la lactoalbúmina es inmunoespecífica entre ambas especies (Brenneman 1978).

El cólico en niños es un problema frecuentemente asociado a la ingesta de leche de vaca en el 30 % de los casos (20% en infantes mayores). Este problema incluso se presenta en lactantes cuyas madres han ingerido leche de vaca, lo que no parece mejorar con el cambio por fórmulas basadas en proteína de soya, caso dónde los infantes (20% al 50%) suelen reaccionar adversamente a este tipo de proteína también (Brenneman 1978).

La leche de cabra, gracias a las propiedades de su fracción proteica, ha sido recientemente catalogada como exitosa en casos de post-gastroenteritis y de hipersensibilidad gastrointestinal (Maree 1978).

La tensión y el tiempo de cuajado en las caseínas caprinas es bastante menor comparado con la  $\alpha$ -s-1-caseína vacuna (valores de tensión con pepsina-HCl de 36 en cabra contra 52-78 en vacas). Esto está directamente asociado con una mejor digestibilidad de la leche de cabra, al ser la cuajada formada a nivel gástrico más fina, suave y al experimentar esta un menor tiempo de tránsito gástrico, especialmente en personas con problemas de estreñimiento (Richardson 2004). Este menor tránsito gástrico deja a su vez menos residuos sin digerir que pueden ser presa de fermentaciones indeseables a nivel del colon (Rodden 2004). La consistencia de la cuajada no sólo se caracteriza por una alta suavidad, si no que también la formación de la misma se da con mayor rapidez y en forma de hojuelas de menor tamaño, en parte a las de por si reducidas dimensiones de los conjuntos miscelares de las caseínas, lo que implica la formación de bulbos pequeños fáciles de digerir (University of Maryland 1992; Haenlein 2002).

Esta baja en el tiempo de digestión es también la razón por la que la lactosa de la leche de cabra causa menos problemas de intolerancia al no haber tiempo suficiente para su acentuada fermentación en el colon (Haenlein 2002).

En términos generales se estima que la leche de cabra es capaz de proporcionar por día toda la proteína que un niño necesita hasta los 8 años de edad y el 6 % hasta los 14 años; además por si sola sufre 35 g de proteína por litro, lo cual es el 54% de los 65 g/día requeridos por la mujer en lactancia o embarazada (Capra 2004).

La fracción de proteosa peptona de la leche de cabra carece de cistina y contiene solo cantidades traza de cisteína; la arginina suele ser el aminoácido N terminal y los contenidos de ácido siálico, hexosas ligadas y hexosamina suele ser de 9,60 mg/g, 16,50 mg/g y 5,90 mg/g respectivamente (Khaton y Joshi 1987 a).

### Factores bioactivos

La leche de cabra no se relaciona con la controversial hormona del crecimiento Bovino conocida como rBGH o BST (Rodden 2004; Larsen 2005). Actualmente existen posiciones encontradas sobre el efecto de esta hormona en vacas inyectadas con el objetivo de mejorar el rendimiento lechero. Algunas fuentes afirman mientras que otras desmienten que se genera un marcado incremento de la IGF-1 en la leche de vacas tratadas con rBGH, y que estos niveles anormales pueden estar asociados con varios tipos de cáncer en seres humanos (Larsen 2005).

A la leche de cabra se le atribuyen propiedades anticancerígenas dados sus contenidos de Coenzima Q y de ácido linolénico conjugado (Castro 2005). Además se le considera útil para combatir problemas sexuales y la dispepsia en la mujer embarazada (Rodden 2004).

Se destaca el hecho de que la leche de cabra, a diferencia de las otras leches, contiene solo cantidades trazas del ácido orótico, el cual se ha asociado con el síndrome del hígado graso (American Dairy Goat Association 2004). El ácido orótico es un producto intermedio de la biosíntesis de los nucleótidos de pirimidina, y en la leche de vaca se encuentra en cantidades de 73 mg/l (Belitz y Grosch 1985). Muy bajas cantidades de fosfatasa alcalina y ácido N-acetilneuramínico son muy características en la leche de cabra (Haenlein 2002). No obstante su bajo nivel, la fosfatasa alcalina de la leche de cabra aún puede emplearse como un adecuado parámetro para evaluar la calidad del proceso de pasteurización (Rodden 2004).

Otros factores bioactivos presentes en cantidades traza se enuncia en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Factores bioactivos presentes en la leche de cabra. Cartago, Costa Rica. 2005.

Factor bioactivo	Funcionalidad
$\beta$ -linfocitos	Producción de anticuerpos
Macrófagos	Respuesta inmune
Neutrófilos	Respuesta inmune
T-linfocitos	Respuesta inmune
Anticuerpos IgA/IgG	Respuesta inmune
Proteína ligante de B <sub>12</sub>	Reduce la vitamina B <sub>12</sub> en colon evitando así crecimientos
bacterianos indeseables	Promueve el desarrollo de bifido-bacterium en colon
Factor Bifidum	
Fibronectina	Favorece a los macrófagos
Gama Interferón	Favorece a los macrófagos
Lisozima	Ruptura de paredes celulares microbianas
Mucinas y oligosacáridos	Probióticos
Hormonas y factores del crecimiento	Estímulo del sistema digestivo y del crecimiento

## FACTORES QUE AFECTAN NUTRICIONALMENTE A LA LECHE DE CABRA

### 1. Manejo, alimentación y estacionalidad

La composición general de la leche de cabra varía dentro de un amplio margen dependiendo de características genéticas propias de cada raza. Estas diferencias genéticas tienen una considerable influencia en la digestión de esta leche. Aún más, el estado y momento de lactancia en que se hace el ordeño, así como la dieta del animal, su salud y su estado fisiológico general tiene un efecto directo sobre todos los constituyentes mayores y menores de la leche.

La leche de cabra puede presentar grandes diferencias según la raza del animal, donde el contenido graso puede variar desde un mínimo del 2,3% hasta un máximo de 6,9% (Haenlein 2002), mientras que la proteína puede llegar a variar desde un 2,2% hasta un 5,1%.

Algunas razas de cabras pueden poseer en su leche bajos contenidos de caseína que coagulan de manera deficiente al emplear quimosina, lo cual afecta el rendimiento del queso y por ende el valor nutricional del mismo.

La leche de las razas Saanen y Toggenburg, presentan particularidades composicionales similares a la de las

vacas Holstein, especialmente en los porcentajes de agua, lactosa, grasa proteína y cenizas (Richardson 2004).

La etapa de la lactancia es importante en términos de composición de la leche de cabra (Samarzija *et al.* 2001). El contenido de calostro es mayor en los primeros días de esta etapa así como en los días finales, mientras que tiende a ser relativamente bajo en las etapas intermedias (Grappin 1986). Los contenidos de grasa dentro de una misma raza pueden variar hasta en un 0,30% a lo largo del período, mientras por su parte la proteína puede variar en un porcentaje similar (Samarzija *et al.* 2001). El contenido de minerales puede igualmente incrementarse a medida que avanza el estado de la lactancia, especialmente P, K, Na, Ca y Mg. Así, entre los inicios y los finales de este periodo, el calcio puede presentar incrementos de hasta 15 mg/100g, el fósforo de 23 mg/100g, el sodio de 6 mg/100g y el magnesio de 2 mg/100g. Caso contrario es el del potasio y el citrato que decrecen en cantidades de hasta 26 mg/100g y en 64 mg/100g del total respectivamente (Brendehaug y Abrahamsen 1986). El citrato es muy importante en la leche de cabra, pues es uno de los principales precursores del sabor en los productos fermentados (Rodden 2004). La lactosa también decrece significativamente variando de un contenido total de 4,46-4,30% en las primeras semanas hasta 3,96% al final de la lactancia (Haenlein 2002). El nitrógeno no proteico suele mantenerse invariable a lo largo de período anual (Grappin 1986). En el caso del sabor y el aroma, los mejores niveles sensoriales se obtienen para las etapas intermedias de la lactancia (Brendehaug y Abrahamsen 1986).

Los contenidos de aminoácidos tienden a incrementarse desde el inicio de la lactancia hasta mediados de la misma, momento en el cual disminuyen de nuevo (Singh y Singh 1985). Los aminoácidos que presentan mayores diferencias en el período son la fenilalanina, la leucina, la lisina, la valina, la prolina y la cisteína.

El ácido ascórbico decrece a medida que avanza el estado de lactancia, de valores reportados iniciales de 1,140 mg/100 ml hasta 0,965 mg/100 ml (Sharma y Gupta 1985; Grandpierre *et al.* 1988).

Aunque parezca asombroso, la composición nutricional de la leche de cabra puede variar en un mismo día. El contenido de grasa de la leche de cabra ordeñada en las tardes puede promediar un 0,3 % menos en comparación con la mañana, aspecto que parece estar relacionado con el tiempo que pasa entre ordeños. Igualmente la proteína de la leche puede variar en idéntica forma en un 0,02% (Merin *et al.* 1988).

El efecto de la estación del año es multifactorial sobre la calidad nutricional de la leche pues en función de la estación suele variar la alimentación, el estado de preñez, el estado fisiológico de animal, etc. Por ello es difícil hablar de efectos aislados. Se encuentra documentado (Haenlein 2002), el hecho de que los ácidos grasos C18:1, C18:2 y C18:3 suelen incrementarse en las épocas de verano mientras se reducen significativamente los C:4 y C:16, esto en países que experimentan las cuatro estaciones.

Como en todo mamífero, la dieta del animal se refleja en la calidad de su leche. La cabra es un animal que requiere de una alimentación bien balanceada y programada. El concepto de las cabras como devoradoras de basura, es errado, y puede tener implicaciones en la aparición de malos sabores en la leche (University of Maryland 1992).

Las variaciones más claras, se dan para el caso de la grasa, que al igual que en otras especies de mamíferos suele ser el parámetro más variable de la leche (Belitz y Grosch 1985). La presencia de fibra es sumamente importante, pues bajos contenidos de fibra en la dieta del animal se traducen en un contenido de grasa bajo en la leche (Merin *et al.* 1988). Mucha de la grasa láctea depende de los ácidos grasos producidos durante el proceso fermentativo de la fibra propio del rumiante. Si la ingesta del animal es baja en energía, esto se traduce en un aumento del contenido de grasa, pues los ácidos grasos tienden a ser de mayor peso molecular que lo normal, de la misma manera el tipo de proteína consumido por la cabra afecta igualmente la cantidad de proteína en la leche y la grasa (Haenlein 2002).

La adición de sales cálcicas de ácidos grasos de cadena larga a la dieta de las cabras, incrementa la cantidad de grasa de la leche sin que se registre un cambio apreciable en el contenido de proteínas. Se da así un descenso de los ácidos grasos C:4-C:14, mientras que se favorece un aumento de los de cadena larga incluyendo ácidos insaturados y el colesterol (Baldi 1992). Cuando se disminuye la relación forraje vs concentrado en la dieta del animal a favor de un aumento del concentrado, es posible incrementar el porcentaje de proteína en la leche de cabra. Lo ideal es una relación 60:40 para un porcentaje de proteína asociado de 3,90 %. Por otro lado, si se suplementa el alimento de las cabras con buffer de bicarbonato de sodio, se mejora significativamente el contenido de grasa y de sólidos en la leche (Haenlein 2002). La grasa con esta suplementación puede aumentar hasta en un 0,6%, mientras que los sólidos totales pueden subir en un 0,3 %.

En términos generales, los problemas de mastitis en las cabras provocan un descenso en el rendimiento lechero y en los contenidos de lactosa; así como un cambio nulo o muy ligeramente negativo en los contenidos de caseína, mientras que se da un aumento de las albúminas, las inmunoglobulinas, el contenido de sal, el contenido de proteosa peptona y el contenido de proteínas del suero y albúmina (Haenlein 1993; Leitner *et al.* 2004). Las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  se mantienen casi invariables con la mastitis, aunque la actividad de este mineral se ve reducida en las glándulas infectadas (Leitner *et al.* 2004).

## 2. Efectos del procesamiento agroindustrial:

Aún antes de los procesos que provocan la coagulación y la fermentación industrial, los métodos de procesamiento previos como la pasteurización y en enfriamiento pueden provocar cambios profundos en la composición de la leche.

Durante el almacenamiento en frío o el congelamiento, se puede dar una oxidación de la leche de modo que se incrementa el contenido de ácidos grasos libres (y por lo tanto la acidez de la leche), especialmente si la lipasa no fue inactivada previamente (De la Fuente *et al.* 1997; Gomes *et al.* 1998; Haenlein 2002). Las proteínas suelen permanecer estables durante el almacenamiento en frío (De la Fuente *et al.* 1997; Gomes *et al.* 1998; Haenlein 2002).

Durante el congelamiento las propiedades fisicoquímicas generales no suelen variar mucho, con la salvedad ya anotada de la acidez; no obstante las características sensoriales pueden empezar a decaer a medida que avanza el almacenamiento (Gomes *et al.* 1998).

El fósforo y los cationes divalentes disponibles en fase soluble generalmente aumentan en la leche de cabra durante el almacenamiento en refrigeración. De la Fuente *et al.* (1997), reportan incrementos del 10,3%, 3,1% y 9,4% para el calcio, magnesio y fósforo respectivamente en leche almacenada a 3 °C después de dos días. Esta disponibilidad puede ser asociada con el aumento en la solubilidad promovido por la acidez de la leche.

Cabe mencionar que la leche que se destinará para la elaboración de quesos en forma casi inmediata al ordeño, conviene enfriarse y mantenerse alrededor de 10°C, pues temperaturas más bajas afectan el caseinato de calcio; mientras que la leche destinada a consumo fluido debería almacenarse a 4 °C (Nasanovsky *et al.* 2002).

Los quesos frescos de cabra y los productos fermentados suelen sufrir también de diversos cambios durante el almacenamiento y la maduración debido a la proteólisis, la lipólisis, glicólisis y liberación de compuestos nitrogenados no proteicos, aminoácidos libres, ácidos grasos libres y amonio (Haenlein 2004).

El tratamiento de secado por medio de aspersores (evaporado), es una forma muy conveniente de tratar la leche para su conservación y transporte, además que se ha reportado que este proceso aumenta la digestibilidad y disminuye los efectos alergénicos (Maree 1978). La mayor cantidad de calor aplicado involucra una alta desnaturalización que disminuye el potencial alergénico de la proteína.

A las temperaturas de pasteurización no ocurren cambios sobre las proteínas, pero si a temperaturas superiores a 80 °C, produciéndose en tal caso una desnaturalización de las proteínas del lactosuero a razón de un 80% del total de esta proteína (Raynal y Remeuf 1998), provocando esto la liberación de compuestos con grupos sulfhídrico que dan un sabor a cocido característico.

Otro efecto que produce el calentamiento es promover la unión de la  $\beta$ -lactoglobulina y la caseína. Esta unión inhibe la acción de la quimosina (cuajo) sobre la caseína causando algunos inconvenientes en la elaboración de quesos (Nasanovsky *et al.* 2002). Las fracciones de nitrógeno no proteico y de proteosa peptona exhiben muy pequeños incrementos después de la pasteurización, efecto que mejora con el hervido según reportan Khatoon y Joshi (1987 b), dónde el nitrógeno no proteico aumenta de aproximadamente de 52,7 a 58,7 mg/100 ml, mientras que la proteosa peptona pasa de 95,6 a 155,0 mg/100 ml. A temperaturas de pasteurización no sufren cambios apreciables las proteínas del lactosuero, por lo cual no se forman sulfhidrilos, ni tampoco olor y sabor a cocido (Nasanovsky *et al.* 2002). Algunos autores como Pascualone *et al.* (2003), reportan mayores contenidos de taurina en quesos elaborados a partir de leches tratadas térmicamente que a partir de leches crudas.

Los tratamientos por calor (65 °C/ 0,5 h) por lo general causan que la viscosidad, la acidez titulable y los sólidos totales de la leche de cabra aumenten, mientras que se genera un descenso en la tensión de la cuajada, el tiempo de cuajado y el pH (Dinesh y Gupta 1988; Bora *et al.* 1990). Esto puede ser relacionado con una mejor digestibilidad.

La tensión de cuajada muestra la intensidad de la interacción (firmeza) entre las caseínas al formarse la red tridimensional en presencia del ión calcio, lo cual se denota en unidades de fuerza (g) (Abbas *et al.* 1995; Vandana y Sindhu 2001; Abdel-Kader 2003). La tensión de cuajada está relacionada con la cantidad que representa la fracción de caseína a-s-1 en la proteína total de la mezcla, dado que bajas fracciones de la misma tienden a generar una estructura altamente hidratada más abierta y menos firme (Mora y Farell 2001). Remeuf y Raynal (2001) concluyen a partir de sus estudios que la leche de cabra tiene una menor variación y una mejor recuperación de las propiedades de coagulación en comparación con la leche de vaca después del tratamiento térmico (80 °C / 1 minuto) y en combinación con la adición de calcio, la ultrafiltración, la acidificación y el almacenamiento. El calcio difusible baja su concentración en hasta un 20% para calentamientos muy severos como 90 °C por 30 minutos (Raynal y Remeuf 1998).

Para todas las vitaminas, la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico aplicado a la leche no causan el mismo efecto, siendo las que sufren más modificaciones la vitamina B<sub>1</sub>, la vitamina C y la B<sub>12</sub> (Nasanovsky *et al.* 2002). El ácido ascórbico sufre una reducción de hasta un 8,6 % cuando la leche se somete a un proceso de pasteurización convencional de 65 °C por 0,5 h o de 72 °C por 15 s; de 28,3% para un tratamiento de 90 °C por 10 min y de 24,8% para un hervido de 5 min; y hasta de un 7% diario cuando después de este proceso se almacena en refrigeración en la oscuridad (Sharma y Gupta 1985).

La lactosa es estable al calor, si este se aplica en forma moderada, pues si se calienta, por ejemplo, a más de 100°C y por un tiempo relativamente prolongado, sufre de reacciones características indeseables. La primera de ellas es la reacción de caramelización, que provoca la formación de ácidos como el fórmico, el láctico, el propiónico y de otros compuestos como el hidroximetil furfural, el furfuraldehído, etc. La segunda transformación característica es la reacción de Maillard, en la cual la lactosa se une a los grupos amino de los aminoácidos, principalmente a los de la lisina, lo cual hace que se degraden las proteínas y se pierda valor nutritivo. Debido a esta reacción de Maillard, la leche se oscurece (Nasanovsky *et al.* 2002). En cuanto a las enzimas, la pasteurización destruye las lipasas y se inhibe la actividad de las fosfatasa alcalinas (Belitz y Grosch 1985).

El hecho de que la leche de cabra sea un producto con glóbulos grasos pequeños suele eximirlo de ser sometida al proceso de homogenizado, tanto así que suele considerarse que está "naturalmente homogenizada". El proceso mecánico de homogenizado que sí experimenta

la leche de vaca favorece la ruptura globular y la liberación de xantina oxidasa al medio. Bandyopadhyay *et al.* (1979) mencionan que incluso entre más alta sea la velocidad de homogenización se registra mayor actividad posterior de la xantina oxidasa. Esta enzima ha demostrado invadir el torrente sanguíneo y crear daños en forma de cicatrices en el corazón y las arterias. El organismo en respuesta estimula la producción de colesterol de modo que se deposite como protección sobre las cicatrices, lo cual puede llevar en casos extremos a padecer de problemas circulatorios (American Dairy Goat Association 2004). Si la membrana del glóbulo graso no se daña, esta enzima por lo general es excretada del cuerpo sin que se registre una considerable absorción (University of Maryland 1992). El calentamiento de la leche en procesos extremos de alta temperatura (85 °C) y corto tiempo (15 s) puede provocar una inactivación considerable pero incompleta de hasta de un 94% de la enzima (Bandyopadhyay *et al.* 1979; El Gazzar *et al.* 1999). De lo anterior se desprende que el adecuado proceso de pasteurizado previo al homogenizado reduce grandemente los riesgos asociados a la enzima. Por otro lado la acción de las enzimas gástricas en ratas provoca un 60% de disminución en la actividad de la xantina oxidasa transcurrida una hora de la ingesta (El Gazzar *et al.* 1999). Los procesos de enfriamiento comercial no afectan negativamente la actividad de esta enzima (Steffensen *et al.* 2004).

Los cambios en el pH o la adición de fosfatos no tienen un marcado efecto en la tasa de desnaturalización de las proteínas del suero, aunque sí afecta positivamente la estabilidad general de la leche de cabra, la cual suele ser más baja que la de vaca ante los tratamientos térmicos (Montilla y Calvo 1997).

## CONCLUSIÓN

La leche de cabra es un producto que poco a poco se hace más popular en los mercados mundiales, más allá de las fronteras de aquellos países donde en la actualidad es ya uno de los componentes principales de la dieta de millones de personas. Son muchas las evidencias expuestas que señalan marcadas diferencias de composición entre la leche de cabra y otras leches como la bovina. La leche de cabra es cercana a ser un alimento casi perfecto con una estructura sorprendentemente cercana a la leche materna. Estas diferencias en muchísimos casos repercuten en una gran cantidad de ventajas nutricionales de esta leche por sobre muchas de las fuentes tradicionales.

No obstante lo antes señalado, es poco lo que académica e industrialmente se ha hecho en países

occidentales (en especial del continente americano) para identificar y promover estos factores superiores que podrían ser precisamente el justificante para un marcado crecimiento de la industrialización de la leche de cabra (Haenlein 1993; Haenlein 2002). Un crecimiento en el interés comercial repercutiría también no sólo en el incremento de la disponibilidad de este fluido, con sus implicaciones sobre la nutrición de la población, si no que permitiría el mayor desarrollo de técnicas de crianza, ordeño e industrialización de la leche de cabra. Estas técnicas tradicionalmente han sido adaptaciones basadas en conceptos aplicados al ganado bovino (Haenlein 2002). La leche de cabra como se estudió, presenta no sólo diferencias de composición con otras especies, si no que varía en un amplio rango de posibilidades dependiendo de la genética de las razas, de las condiciones estacionales y de los ciclos de lactancia. Un entendimiento más cabal de estas variables, así como su aplicación nutricional y técnica, permitiría una optimización de la obtención de la leche, y una mejora e incremento de sus características nutricionales y organolépticas. Al esfuerzo anterior es que se suma el presente trabajo.

### LITERATURA CITADA

- ABBAS, H. M.; AHMED, N. S.; METWALLY, M.; ENAB, A. K. 1995. Goats' milk coagulation behavior in relation to physical and chemical properties of the resultant curd. *Egyptian Journal of Food Science* 23(1/2): 57-64.
- ABDEL-KADER, Y.I. 2003. The quality of goats' milk soft cheese as affected by heat treatment and type of calcium salts. *Alexandria Journal of Agricultural Research* 48(2):41-52.
- ALAIS, C. 1988. *Ciencia de la leche*. Continental. México. 594 p.
- AMERICAN DAIRY GOAT ASSOCIATION. 2004. *Goat Milk Facts* (en línea). Consultado 5 ago. 2004. Disponible en: <http://members.aol.com/drinkigoatsmilk/milkfacts.html>
- BALDI, A. 1992. Effect of added calcium salts of long chain fatty acids on alpine goat milk yield and composition. *Small Rum. Res.* 6:303-310.
- BANDYOPADHYAY, A. K.; TANEJA, H. K.; GANGULI, N. C. 1979. Extent of inactivation of xanthine oxidase in milk during processing and gastric digestion. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 12(1): 19-22.
- BASSALIK-CHABIELSKA, L. 1989. Chloride in milk, metabolic disorders and susceptibility to mastitis. *International Dairy Federation Special Issue No. 8901*: 130-137.
- BELEWU, M. A.; AIYEBUSI, O.F. 2002. Comparison of the Mineral Content and Apparent Biological Value of Milk from Human, Cow and Goat. *The Journal of Food Technology in Africa* 7: 9-11.
- BELITZ, H.D.; GROSCH, W. 1985. *Química de los alimentos*. Acribia. Zaragoza. 813 p.
- BORA, K; SINGH, J.; GOYAL, G.K. 1990. Changes in physico-chemical properties of goat milk due to boiling and simmering processes. *Indian Journal of Animal Sciences* 60 (1): 112-114.
- BRENDEHAUG, J.; ABRAHAMSEN, R.K. 1986. Chemical composition of milk from a herd of Norwegian goats. *Journal- of-Dairy- Research* 53(2): 211-221.
- BRENNEMAN, J.C. 1978. *Basics of food allergy*. Ch. C. Thomas Publishing., Springfield, Illinois. USA. 200 p.
- CAPRA. 2004. La composición de la leche de cabra y su papel en la alimentación humana (en línea). Consultado 16 nov. 2004. Disponible en: <http://www.iespana.es/CAPRA/HOMBRE/HOMBRE.HTM>
- CASTRO, A. 2005. Cualidades medicinales y nutricionales de la leche de cabra. Costa Rica. (en línea). Consultado 10 marzo 2005. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_animal/cabra\\_propiedades.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/cabra_propiedades.html)
- CERUTTI, G; CIAPELLANO, S.; GALEAZZI, R. 1992. Mineral composition of goats' milk. *Latte* 17 (7) 636-639.
- CHILLARD, Y; SELSELET, G; BAS, P; MORAND, P. 1984. Characteristics of lipolytic system in goat milk. *Journal-of-Dairy-Science* 67(10) 2216-2223.
- DAEL, P; SHEN, L; RENTERGHEM, R.; DEELSTRA, H. 1992. Selenium content of goat milk and its distribution in protein fractions. *Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 195(1): 3-7.
- DARNTON, I; COVENEY, J.; DAVEY, G.R. 1987. Goat milk, nutritional and public health aspects: a review. *Food Technology in Australia* 39(12):572-688.
- DE LA FUENTE, M.A; REQUENA, T.; JUAREZ, M. 1997. Salt balance in ewe's and goat's milk during storage at chilling and freezing temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(1):82-88.
- DINESH, C.; GUPTA, M.P. 1988. Stability of goat milk as affected by breed, heat processing and ionic status of milk. *Indian Journal of Animal Sciences* 58(8) 974-977.
- DOSTALOYA, J. 1994. Goats milk. *Vyziva* 49 (2): 43-44.

- EL GAZZAR, H.; REFAIE, M. O. I.; EL-AZIZ, M. A. 1999. Activity xanthine oxidase in milk and its products and effect of heat and folic acid upon its activity. *Annals of Agricultural Science (Cairo)* 44(2): 631-639
- EL-HAGRAWY, I.S.; ZEIDAN, I.A.; GABER, A.H. 1990. The nitrogen distribution and amino acids content of goat's casein and its fraction. *Alexandria Science Exchange* 11(1): 91-104.
- EL SHIBINY, S. 1978. The chemical composition and properties of goat milk, I milk proteins. *Egyptian Journal of Dairy Science* 6 (1): 77-80.
- GILBERE, G.; HOM, D.A. 2002. The magic of goat milk (en línea). Consultado 16 nov. 2004. Disponible [http://fredompressionline/FPO\\_feacturedArticles\\_carpa.htm](http://fredompressionline/FPO_feacturedArticles_carpa.htm)
- GOMES, M. ; BONASSI, I.A.; ROCA, R.O. 1998. Chemical, microbiological and sensorial characteristics of frozen goat milk. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 17(2):111-114.
- GRANDPIERRE, C.; GHISOLFI, J.; THOUVERROT, J.P. 1988. Biochemical study of goat's milk. *Cahiers de Nutrition et de dietetique* 23 (5): 367-374.
- GRAPPIN, R. 1986. Variations of the major nitrogen fractions of goat and ewe milk. *Bulletin-International-Dairy-Federation*: N° 202. 79-80. GREZESIAK, T. 1989. Prescription of goat milk in pediatrics revolutionary? *Le Concours Medical* 111: 3059-3064.
- GREZESIAK, T. 1989. Prescription of goat milk in pediatrics - revolutionary? *Le Concours Medical* 111:3059-3064.
- HAENLEIN, G.F.W. 1993. Producing quality goat milk. *Internat. J. Animal Sci*: 8:79-84.
- HAENLEIN, G.F.W. 2002. Milk and Meat Products (en línea). Consultado 31 oct. 2004. Disponible en: [http://goatconnection.com/articles/publish/article\\_73.shtml](http://goatconnection.com/articles/publish/article_73.shtml)
- HAGGAG, H.F.; HAMZAWI, L.F.; SHAHIN, Y. 1987. Fatty acid composition of globule core lipids from Egyptian cow, buffalo and goat's milk. *Egyptian Journal of Dairy Science* 15(1): 25-30.
- JAMES, G.V. 1976. A note on the freezing point of goats' milk. *Journal-of-the-Association-of-Public-Analysis* 14(3): 111-112.
- KHATOON, J.A.; JOSHI, V.K. 1987 a. Effect of different heat treatments on proteose peptone and non protein nitrogen content of goat milk. *Indian Journal of Dairy Science* 40 (2):243-245.
- KHATOON, J.A.; JOSHI, V.K. 1987 b. Physico-chemical characteristics of the proteose peptone fraction from goat milk II, amino acid composition, hexose and hexosamine contents. *Milchwissenschaft* 42 (5):280-281.
- KISZA, J.; ZBIKOWSKI, Z. 1975. Composition of human colostrum and milk. *Pediatrica Polska* 50(3): 333-340.
- KNIGHTS, M.; GARCIA, G.W. 1997. The status and characteristics of the goat (*Capra hircus*) and its potential role as a significant milk producer in the tropics, a review. *Small Ruminant Research* 26 (3): 203-215)
- LARSEN, H. 2005. Milk and the cancer connection (en línea). Consultado 20 ene. 2005. Disponible en: <http://www.notmilk.com/drlarsen.html>
- LAW, A.J.R.; TZIBOULA, A. 1993. Fractionation of caprine kappa-casein and examination of polymorphism by FPLC. *Milchwissenschaft* 48(2):68-71.
- LEITNER, G.; MERIN, U.; SILANIKOVE, N. 2004. Changes in milk composition as affected by subclinical mastitis in goats. *Journal of Dairy Science* 87(6): 1719-1726.
- MAREE, H.P. 1978. Goat milk an its use as hypo-allergenic infant food. *Dairy Goat Journal* 43:363-365.
- MEHALA, M.A.; AL-KAHNAI, M.A. 1989. Studies on carnel and goat milk proteins, nitrogen, distribution and amino acid composition. *Nutrition-Reports-international* 39(2) 351-357.
- MERIN, U.; ROSENTHAL, I.; MALTZ, E. 1988. The composition of goat milk as affected by nutritional parameters. *Milchwissensch* 43:363-365.
- MONTILLA, A.; CALVO, M.M. 1997. Goats milk stability during heat treatment, effect of pH and phosphates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45 (3): 931-934.
- MORA; A.; FARRELL, H. 2001. Hydration of native and rennin treated cold solubilized caprine caseins as determined by oxygen 17 nuclear magnetic resonance. *Journal of Dairy Science (E supplement)*: E93-E99.
- NRC (National Research Council). 1968. Recommended daily dietary allowances. *Food & Nutr. Board, Nat. Academy Sci., Publ.* 1694.
- NASANOVSKY, M.A.; GARIJO, R.D.; KIMMICH, R.C. 2002. Lechería (en línea). Consultado 16 nov. 2004. Disponible en: <http://ar.geocities.com/ricardokimmich/lecheria.html>
- PASCUALONE, A.; CAPONIO, F.; BILANCIA, M.T. 2003. Effect of milk heating on taurine content and compositional characteristics of Apulia Caciocotta goat's chesse. *Milchwissenschaft Milk Science International* 58(1-2): 39-41.
- RAYNAL, K.; REMEUF, F. 1998. The Effect of heating on physicochemical and renneting properties of milk, a comparison between caprine, ovine and bovine milk. *International Dairy Journal* 8 (8):695-706.

- REMEUF, F.; RAYNAL, K. 2001. Effect of calcium addition, acidification, ultrafiltration and storage on the renneting properties of heated goats, ewes and cows milk. *Lait* 81 (3):381-399.
- RICHARDSON, C.W. 2004. Let's learn about dairy goats and goat's milk. Oklahoma Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. Boletín N° 424.
- RODDEN, D. 2004. Dairy goat composition (en línea). Consultado 16 nov. 2004. Disponible en: <http://drinc.ucdavis.edu/html/milkg/milkg-1.shtml>
- SAMARZIJA, D.; HAVRANECK, J.L.; PAVIC, V.; MIOC, B. 2001. Effects of stage of lactation on the chemical composition of goat milk. *Czech Journal of Animal Science* 46(12): 548-553.
- SATO, H; KUROSAWA, T.; OIKAWA, S.; ENDO, S.; SUDO, S.; SUZUKI, H. 1998. Milk citric acid levels and its relations to other milk constituents in dairy cows. *Animal Science and Technology* 69(4): 381-386.
- SHARMA, R.S.; GUPTA, M.P. 1985. Ascorbic acid in goat milk. *Asian-Journal-of-Dairy-Research* 3(3): 121-126.
- SHIMAZAKI, K.I.; KAWANO, N.; URASHIMA, T.; TAKASAWA, T.; FUKUI, Y. 1991. Comparison of amino acid and carbohydrate composition of bovine, goat and sheep lactoferrin. *Animal Science and Technology* 62(7): 645-650.
- SINGH, V.B.; SINGH, S.N. 1985. amino-acid composition of casein of four Indian goat breeds during lactation. *Asian-Journal-of-Dairy-Research* 3(4): 187-192.
- STEFFENSEN, C. L.; HERMANSEN, J. E.; NIELSEN, J. H. 2004. The effect of milk fat composition on release of xanthine oxidase during cooling. *Milchwissenschaft* 59(3/4): 176-179.
- TONIN, F. B.; NADER-FILHO, A. 2002. Influence of stage of lactation, time and number of milkings on chloride content in goats milk. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 54(1): 64-67.
- UNIVERSITY OF MARYLAND. 1992. National Goat Handbook (en línea). Consultado 16 nov. 2004. Disponible en: <http://www.inform.umd.edu/EdRes/topic/AgrEnv/ndd/goat>
- U.S.DA. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE; NUTRIENT DATA LABORATORY. 2004. USDA National Nutrient Database for Standard Reference (Release 17). Consultado 16 nov. 2004. Disponible en: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>
- VANDANA, S.; SINDHU, J. S. 2001. Physical properties of milk as influenced by the alteration in ionic calcium and magnesium. *Indian Journal of Dairy Science* 54(1): 19-22.