

CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ATEROGÉNICO DE QUESOS PRODUCIDOS EN COSTA RICA

Jéssica Chavarría Sánchez¹, Carlos Herrera Ramírez, Giselle Lutz*

Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, 2060 Costa Rica.

Aceptado, 3 de abril 2006.

Abstract

Cardiovascular diseases have been one of the main causes of mortality during the past years in Costa Rica. Many risk factors associated to these disorders include the intake of high-fat diets, being cheese an example of such a dietary component. Thus, the fatty-acid characterization of different cheeses was needed, in order to obtain a more ample scope of this public health issue. Cheeses derived from both bovine and caprine milks were included in this study.

The Laboratorio Costarricense de Metrología of the Ministry of Economy, Industry and Commerce carried out the sampling needed for this work. The chemical parameters determined in the samples studied were: fatty acid composition (by GC and NMR techniques), saponification and iodine numbers, average triacylglycerol molecular weight, polyunsaturated fatty acids / saturated fatty acids ratio, atherogenic index and number of allylic hydrogens. The experimental values of water and lipid content found were compared with the data in the nutritional-fact labels, designed according to existing national and international food regulations.

Key words: characterization of cheese, fatty-acids composition, atherogenic fat

Palabras claves: caracterización de quesos, composición de ácidos grasos, grasa aterogénica.

I. Introducción

Con el fenómeno de la industrialización, las sociedades han adoptado un estilo de vida en el cual es común la tensión nerviosa, el sedentarismo, el tabaquismo, la comida abundante y mal balanceada, entre otras características [1].

* Autor correspondiente: carma@racsa.co.cr

¹ Laboratorio Costarricense de Metrología-Ministerio de Economía, Industria y Comercio. San Pedro, 2050.

Como consecuencia, el desarrollo de enfermedades del aparato circulatorio ha aumentado en los últimos años. Dentro de este tipo de padecimientos se encuentran las enfermedades cardiovasculares, las cuales se relacionan con alteraciones del corazón y los vasos sanguíneos. A nivel mundial, las estadísticas señalan a las enfermedades del aparato circulatorio como uno de los grandes males que están atacando a la humanidad en nuestra era, tanto por el número de personas afectadas como por el alto riesgo de mortalidad que implican [2].

Costa Rica no ha sido la excepción. Se han presentado patrones de consumo alimentario caracterizados por comidas rápidas con alto contenido de lípidos, preservantes y sodio, además se han incrementado los puestos de trabajo de tipo sedentario. Aunado a esto, el bienestar económico y el número creciente de población de la tercera edad, plantean un panorama nacional de alta vulnerabilidad para estas enfermedades. En el período 1997 – 1999, aproximadamente la mitad de las defunciones se debieron a enfermedades cardiovasculares y tumores. Las enfermedades cardiovasculares han constituido la principal causa de muerte tanto en hombres como mujeres desde el quinquenio de 1970 a 1974. En el año 2000 murieron 8 407 hombres y 6 221 mujeres por esta causa, representando el 32 % y 35 % respectivamente de la mortalidad total para ese año [3].

Las enfermedades del aparato circulatorio incluyen varios padecimientos como la hipertensión y la hipotensión, problemas varicosos, ulceraciones, hemorroides, aterosclerosis, trombosis, angina de pecho, infarto al miocardio e inflamaciones cardíacas severas como endocarditis, miocarditis o pericarditis.

De estas enfermedades, la aterosclerosis se ha considerado como la más importante tanto por la gravedad del padecimiento en sí, como por la influencia que tiene en el desarrollo de angina de pecho, infarto y trombosis [4].

El riesgo de desarrollar aterosclerosis aumenta con la hipertensión arterial, los altos valores de colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad) y bajos valores de colesterol HDL (lipoproteína de alta densidad), el tabaquismo, la diabetes, la obesidad, la falta de ejercicio y la edad avanzada. La existencia de un pariente cercano que ha desarrollado aterosclerosis a una edad temprana también aumenta el riesgo. Los varones tienen un riesgo mayor de padecer esta enfermedad que las mujeres, aunque después de la menopausia el riesgo aumenta en las mujeres y finalmente ambos se igualan [5].

Se ha demostrado que los niveles de colesterol en la sangre afectan directamente el proceso de desarrollo de la aterosclerosis en humanos. El colesterol viaja por la sangre asociado a proteínas de dos tipos: HDL y LDL [6]. Asociadas a estas proteínas se encuentran los ácidos grasos que se han consumido en la dieta, los cuales se clasifican en saturados e insaturados en función de su estructura química.

La relación entre los ácidos grasos saturados e insaturados determina su estado físico. La abundancia de largas cadenas de carbonos o cadenas saturadas produce lípidos sólidos a temperatura ambiente, llamados grasas; cuando predominan las cadenas cortas de carbonos o cadenas insaturadas los lípidos son líquidos a temperatura ambiente y se les llama aceites.

Los ácidos grasos saturados se encuentran en las grasas de origen animal provenientes de la leche, la manteca de cerdo y en algunos aceites y mantecas vegetales. Dentro de estos, los ácidos grasos láurico (12:0), mirístico (14:0) y palmítico (16:0) merecen especial atención ya que se clasifican como aterogénicos, porque al ser ingeridos contribuyen al incremento de los niveles de colesterol LDL en la sangre. Los ácidos grasos saturados cuyas cadenas poseen menos de 10 carbonos o más de 18 carbonos se clasifican como no aterogénicos, los primeros, debido a que su relativa solubilidad en medio acuoso permite procesamiento metabólico más rápido; los segundos presentan la posibilidad de ser transformados mediante enzimas dentro del organismo en ácidos grasos insaturados que cambian su estado de agregación de sólido a líquido, facilitando su metabolismo.

Los ácidos grasos insaturados se dividen en:

- a- monoinsaturados: se encuentran principalmente en aceites de oliva, aguacate y maní.
- b- poliinsaturados: se obtienen de la soya, el maíz, el girasol, la semilla de algodón y el pescado.

Ambos tipos reducen o equilibran beneficiosamente los niveles de colesterol del organismo.

Se ha determinado la relación P/S (ácidos grasos poliinsaturados / ácidos grasos saturados) como criterio de evaluación del potencial aterogénico de las grasas comestibles presentes en los alimentos. Éste no es un indicativo completo del grado de riesgo para el desarrollo de aterosclerosis debido a que no considera la presencia de ácidos grasos monoinsaturados, los cuales son de acción protectora [4].

Para corregir este problema, en 1991 se fijó el índice de aterogenicidad (I.A.), el cual se define como la razón del contenido de ácidos grasos hipercolesterolémicos, representado por los ácidos láurico (12:0), mirístico (14:0) y palmítico (16:0) [5], entre el contenido de los ácidos grasos con acción protectora, como el ácido oleico (18:1), linoleico (18:2) y α -linolénico (18:3) [4]:

$$I.A. = \frac{[12 : 0] + 4 \cdot [14 : 0] + [16 : 0]}{\text{poliinsaturados}_{\omega-3} + \text{poliinsaturados}_{\omega-6} + [18 : 1] + \text{otros ...monoinsaturados}} \quad (1)$$

Entre mayor sea el valor del I.A. aumenta el riesgo de la contribución de la grasa al desarrollo de ateromas.

Para caracterizar la composición de la fracción lipídica de un alimento se han definido algunos parámetros. Entre ellos se encuentran el índice de yodo, el cual es una medida del grado de insaturación de los ácidos grasos presentes [8] y el índice de saponificación, que es una indicación del grado de pureza de la grasa presente en el alimento.

A partir de la composición de los ácidos grasos presentes en la fracción lipídica del alimento es posible también estimar la susceptibilidad de estos compuestos a sufrir reacciones de oxidación lipídica. Esta susceptibilidad aumenta directamente con el contenido de ácidos grasos insaturados [13].

Se ha encontrado que un aumento en el número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos disminuye el tiempo de inducción y aumenta en forma considerable la velocidad de oxidación lipídica. Es importante conocer la capacidad autooxidativa de los ácidos grasos presentes en los alimentos, ya que en estas reacciones se generan sustancias que aceleran el proceso de envejecimiento, el deterioro de órganos y aumentan la probabilidad de desarrollo de tejidos cancerosos [9].

Dentro del grupo de alimentos ricos en grasa se encuentra el queso, que contiene además caseína, sales insolubles, agua y pequeñas cantidades de lactosa, albúmina y sales solubles [10]. Su composición varía de un tipo de queso a otro y esto depende principalmente del contenido de grasa y de humedad.

Los lípidos constituyentes de la leche se encuentran en una cantidad promedio de 35 g/L a 40 g/L, dependiendo de varios factores como la especie y raza del animal, el tipo de alimentación, el estado de lactación y la estación del año [11]. Cuantitativamente el 98 % de los componentes de la fracción lipídica corresponde a triacilglicérol; por esta razón, las propiedades físicas y químicas son un reflejo de los ácidos grasos que contiene [12].

El aspecto más interesante de la grasa animal es la gran diversidad de ácidos grasos que contiene. Mientras que en la mayoría de las grasas y aceites de origen vegetal se encuentran aproximadamente 20 ácidos grasos, en la grasa láctea se han identificado más de 400, lo que la hace la fracción lipídica más compleja conocida hasta ahora. Contiene ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, con un número impar de átomos de carbonos, hidroxilados, ramificados, cíclicos, entre otros; sin embargo, cerca del 94 % del total está compuesto por un grupo de tan solo 15 ácidos grasos (véase Cuadro 1).

En promedio, la grasa de la leche contiene 63 % de ácidos grasos saturados, 31 % de monoinsaturados y 3 % de poliinsaturados, que representan 97 % del total; el 3 % restante lo conforman ácidos grasos muy poco comunes, como los señalados anteriormente.

Una particularidad de la grasa láctea, que también es denominada grasa butírica, es su elevado contenido de ácidos grasos de cadena corta, en especial de ácido butírico, el cual se emplea como indicador, ya que prácticamente solo se encuentra en este alimento. Debido a que la grasa butírica es muy cotizada para la fabricación de mantequilla, en ocasiones se elimina de la leche y se sustituye con grasa de coco o con alguna otra; esta adulteración puede ser identificada, ya que la concentración de ácido butírico en la leche de vaca debe ser cercana a 3,3 % en la de cabra cercana a 2,6 %. Además, la relación de concentraciones de los ácidos butírico y cáprico es única para la leche de cada especie, por ejemplo es 1,1 para la leche de vaca y 0,3 para la leche de cabra.

CUADRO 1
COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LOS ÁCIDOS GRASOS MÁS COMUNES
DE LOS TRIACILGLICEROLES DE LECHE DE VARIAS ESPECIES ANIMALES [12].

Ácido graso	Vaca (g/100 g)	Oveja	Cabra	Humana
Butírico(4:0)	3,3	4,0	2,6	-
Caproico (6:0)	1,6	2,8	2,9	Trazas
Caprílico (8:0)	1,3	2,7	2,7	Trazas
Cáprico (10:0)	3,0	9,0	8,4	1,3
Láurico (12:0)	3,6	5,4	3,3	3,1
Mirístico (14:0)	9,5	11,8	10,3	5,1
Palmítico (16:0)	26,3	25,4	24,6	20,2
Palmitoleico (16:1)	2,3	3,4	2,2	5,7
Esteárico (18:0)	14,6	9,0	12,5	5,9
Oleico (18:1)	29,8	20,0	28,5	46,4
Linoleico (18:2)	2,4	2,1	2,2	13,0
Linolénico (18:3)	0,8	1,4	-	1,4

En Costa Rica, el consumo y la comercialización de lácteos en general ha tenido un auge importante en los últimos años. Debido a esto, se han establecido tres tipos de transformaciones de la leche, asociados a sus respectivos canales de comercialización: circuito industrial, circuito informal o artesanal y autoconsumo [14]. El queso ocupa el segundo lugar en comercialización de lácteos en el país, superado solamente por la leche fluida, lo que indica la alta producción de este alimento en el país.

El consumo *per cápita* de productos lácteos en Costa Rica ha tenido una dinámica tasa media de cambio de 4,6 % durante el período comprendido entre 1996 y 2001, la cual ha superado la tasa de crecimiento anual de la población costarricense estimada en 2,9 %. Para el año 2001 fue estimado en 192,2 kg ELF / habitante (expresado en unidades equivalentes de leche fluida) compuesto por 35,0 % de queso, 27,5 % de leche fluida, 19,1 % de natilla y yogurt, 12,7 % de leche en polvo y el restante 5,6 % por leches evaporadas y condensadas, helados y mantequilla [16], lo que demuestra que el costarricense incluye el queso en su dieta muy frecuentemente.

De acuerdo con el proceso de elaboración y condiciones de almacenamiento previo a la comercialización del queso, los microorganismos provenientes de la leche pueden producir la lipólisis o hidrólisis de la materia grasa, lo cual se traduce en la aparición de ácidos grasos libres y triacilgliceroles parciales. En los quesos, la lipólisis constituye un proceso normal, que contribuye a la formación de su aroma característico y se desarrolla durante la maduración. Este proceso contribuye a aumentar considerablemente la cantidad de ácidos grasos libres presentes en el queso, aumentando su potencial aterogénico [15].

En Costa Rica, la calidad de los quesos se encuentra regulada por medio del decreto No. 18462 MEIC Norma Oficial para queso. En este documento se regulan las

condiciones de la leche empleada para la elaboración del queso, el contenido de colorantes, cloruro de calcio y sustancias saborizantes. Además se describen las características sensoriales, físicas, químicas y microbiológicas del queso. Se citan tanto las prohibiciones en cuanto a adulteraciones, adición de conservadores no autorizados u otras sustancias que alteren la denominación del mismo, como las normas para el correcto envasado, acondicionamiento y rotulación (etiquetado) del producto. Finalmente se establecen los análisis químicos a realizar para determinar la calidad del producto.

II. Materiales y métodos

A. Muestreo

Las muestras de quesos fueron recolectadas por el Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET) empleando el método de muestreo preliminar, el cual consiste en el decomiso de cinco muestras de lotes diferentes de cada uno de los productos alimentarios que fueron analizados y que se encontraban en los puntos de venta al consumidor. Se escogieron siete tipos de quesos producidos por cuatro empresas, las cuales se codifican como A, B, C y D. Cada muestra se identifica de acuerdo con el tipo de queso al que pertenece, de la siguiente manera:

1. Queso mozzarella
2. Queso palmito
3. Queso procesado amarillo
4. Queso semiduro, en la presentación que declara en la etiqueta "para freír"
5. Queso blanco, en la presentación que declara en la etiqueta "fresco"
6. Queso crema
7. Queso Turrialba
8. Queso de leche de cabra

Las muestras de queso de cabra corresponden a una empresa diferente de las citadas anteriormente, y no se tomaron mediante el muestreo preliminar, sino que fueron proporcionadas a la Escuela de Química para su análisis.

B. Caracterización de las muestras

La caracterización de los quesos analizados se llevó a cabo mediante el esquema de la Figura 1.

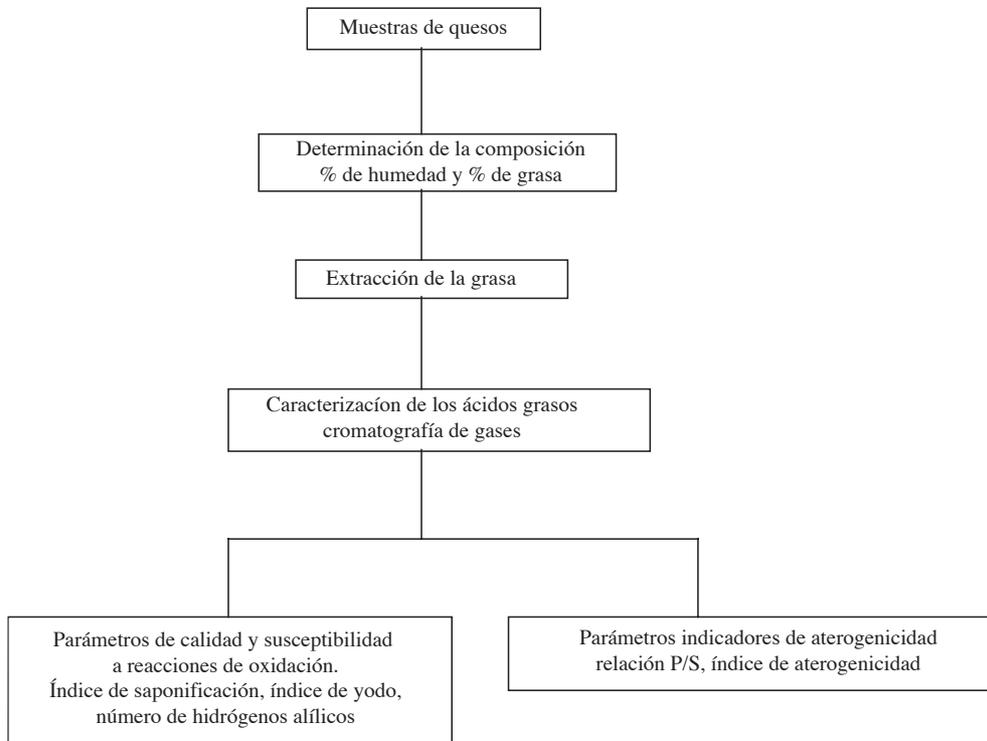


Figura 1. Esquema general de la caracterización de los ácidos grasos de la fracción lipídica de los quesos analizados.

C. Métodos

C1. Determinación de la composición química de los quesos

Determinación del contenido de humedad (Método AOAC 926.08) [17]

Determinación del contenido de grasa (Método AOAC 974.09) [18]

C.2 Determinación de la composición de los ácidos grasos

Se utilizó el método Metcalfe & Wang [19].

C.3 Caracterización de la fracción lipídica; determinación de la susceptibilidad de los diferentes productos a las reacciones de oxidación lipídica y del potencial aterogénico.

Por medio de la composición de los ácidos grasos de la fracción lipídica de las muestras de quesos analizadas mediante cromatografía de gases, se calculó la masa molar promedio del triacilglicerol, el índice de yodo y el índice de saponificación. También se utilizó la técnica de resonancia magnética nuclear para corroborar los resultados obtenidos.

Mediante la composición de los ácidos grasos obtenida por cromatografía de gases se determinó la relación P/S, el índice de aterogenicidad y el número de hidrógenos alílicos presentes en la fracción lipídica de cada uno de los productos [22].

D. Confidencialidad de los datos

Los resultados obtenidos de este trabajo de investigación se exponen por tipo de producto y no por marca.

III. Resultados y discusión

A. Contenido de humedad y de grasa

Para las determinaciones de humedad realizadas se obtuvo una precisión satisfactoria, ya que al expresarla como coeficiente de variación entre las réplicas no superó el 5 %, lo que indica que el método tiene una reproducibilidad aceptable. De la misma manera, para la determinación de la grasa, los coeficientes de variación de cada uno de los tipos de quesos y empresas analizadas se mantuvieron en un promedio de 4 %.

En el Cuadro 2 se observa una tendencia generalizada: las muestras con mayor contenido de grasa, presentan contenidos de humedad muy bajos.

CUADRO 2
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD Y DE GRASA OBTENIDO
PARA LOS QUESOS ANALIZADOS.

Grasa (g/100 g)									
1	2	3	4	5	6	7	queso de cabra		
mozzarella	palmito	procesado amarillo	semiduro	blancos	crema	turrialba			
A 23,6	D 21,7	B 29,4	A 28,2	B 31,1	D 34,7	A 24,1	QC 19,4		
B 22,4	A 21,3	A 23,8	B 24,3	A 25,4	A 33,2	C 21,3			
C 16,1	C 15,6	D 16,2	D 15,3	C 11,6	B 27,9	D 20,2			
					A* 15,78				
Humedad (g/100 g)									
1	2	3	4	5	6	7	queso de cabra		
mozzarella	palmito	procesado amarillo	semiduro	blancos	crema	turrialba			
C 53,1	C 51,7	D 52	D 57,1	C 52,4	A* 65,6	D 63,9	QC 56,4		
B 46,2	D 45,8	B 44,8	B 49,6	A 47,5	B 62,8	C 53			
A 46	A 45,7	A 41,4	A 43,5	B 40,7	A 56,4	A 51,4			
					D 56,3				

A* corresponde a una presentación de queso crema de la empresa A el cual declara en la etiqueta un 48 % menos de grasa que la presentación regular de esta empresa.

Al disminuir el contenido de grasa disminuye la posibilidad de enranciamiento o hidrólisis lipídica, además disminuye el precio del producto. Debido al aumento de la humedad se incrementa la posibilidad de ataque por microorganismos y la vida útil del producto disminuye [9].

Se muestra que las cantidades de grasa y humedad presentes en las muestras del mismo tipo de queso de diferentes empresas no presentan un comportamiento similar, lo que indica que las diferentes empresas poseen formulaciones diferentes para una misma variedad de queso. Esto no es sancionable porque en nuestro país no hay regulaciones en ese sentido.

A1. *Comparaciones para cada tipo de queso*

De todos los tipos de quesos analizados, el de menor contenido de grasa es el queso crema reducido en grasa de la empresa A, seguido del queso blanco de la empresa C; y el de mayor contenido es el queso crema de la empresa D.

Se encontró concordancia al comparar los valores de humedad y grasa obtenidos experimentalmente para cada tipo de queso con los valores dados para cada uno de los mismos en el Codex Alimentarius. Los quesos Turrialba, blanco fresco y semi-duro para freír, no cuentan con valores de composición emitidos por parte del Codex Alimentarius.

A2. *Estimación de la variabilidad del proceso*

Para estimar la variabilidad del proceso de producción de quesos por parte de cada una de las empresas se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: gráficos de control y pruebas de comparación de medias utilizando el criterio de t de Student [20] [21]. Se encontró que en ninguno de los casos hubo diferencia significativa entre los valores para cada lote, lo que indica que el proceso está controlado adecuadamente y que no existe variabilidad en la formulación de un tipo de queso de una sola empresa en particular (homogeneidad entre los lotes), para todos los tipos de quesos. Las muestras de queso de cabra mostraron también un control adecuado. Como estos son producidos por una empresa artesanal, se tiende a suponer que los controles son menos rígidos que los que tienen las grandes empresas, sin embargo, estas muestras también presentaron homogeneidad.

A3. *Comparación con el valor reportado en la etiqueta del producto (Análisis de conformidad)*

Se compararon los valores reportados por los fabricantes y el valor obtenido experimentalmente para la grasa y humedad con la normativa vigente en el país en

cuanto a etiquetado nutricional de productos alimenticios RTCR 135:2001 Etiquetado nutricional de los alimentos [26].

La empresa A no cumple con dicho reglamento para el contenido de grasa del queso crema regular, ya que presenta un resultado mayor al declarado en la etiqueta nutricional. Para el contenido de humedad, todos los quesos cumplen con lo estipulado.

El queso semiduro de la empresa B no reporta valores de macronutrientes en su etiqueta. Los demás quesos analizados de esta empresa presentan valores promedios experimentales que cumplen con la legislación.

La empresa C cumple con esta legislación, con excepción de los quesos palmito y blanco, los cuales presentan valores menores a los declarados en la etiqueta para el caso de la grasa. El contenido de humedad del queso blanco cumple con lo especificado, ya que a pesar de que el promedio obtenido fue mayor al reportado, el intervalo de confianza está comprendido dentro de los límites permitidos.

La empresa D no declara macronutrientes en sus etiquetas, únicamente el queso turrialba presenta información nutricional. Para este producto el contenido de grasa reportado fue menor al obtenido experimentalmente, de manera que no cumple con lo establecido. El contenido de humedad se encontró de acuerdo con el reglamento.

No pueden ser penalizados aquellos casos en que no se reportan cuantitativamente en las etiquetas los contenidos de los macronutrientes, debido a que se clasifican como quesos pequeños de venta individual, los cuales son presentaciones con superficie inferior a 10 cm². Estas deben incluir en el etiquetado solamente el nombre del producto, el contenido neto, país de origen y nombre y dirección del fabricante [27].

B. Perfil de la composición de la fracción lipídica de los quesos analizados

Por medio de la técnica de cromatografía de gases se identificaron y cuantificaron los ácidos grasos presentes en cada una de las muestras. Los resultados se encuentran en los cuadros 3 al 7.

CUADRO 3
COMPOSICIÓN PORCENTUAL PROMEDIO DE LOS ÁCIDOS GRASOS OBTENIDA
PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE QUESOS ANALIZADOS PARA LA EMPRESA A.

Ácido graso	Composición de ácido graso (g/100 g)							
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-6*	A-7
4:0	1,2	1,2	1,1	1,0	1,4	1,2	1,1	1,2
6:0	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8	0,7	0,6	0,8
8:0	1,5	1,6	1,1	1,3	1,8	1,5	1,3	1,7
10:0	2,2	2,4	1,9	2,2	2,7	2,3	2,3	2,6
12:0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
14:0	8,8	8,9	8,5	9,0	9,3	8,8	8,9	9,2
15:0	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9
16:0	26,5	26,2	27,4	27,2	26,9	27,0	27,1	27,2
16:1	2,5	2,6	2,3	1,8	2,0	1,9	1,9	1,8
18:0	14,1	14,5	14,1	14,7	14,0	14,1	14,2	14,5
18:1	28,7	28,9	29,1	28,9	28,1	29,3	29,2	28,2
18:2	2,7	3,2	3,0	2,8	1,5	2,8	2,8	2,8
18:3	0,4	0,4	0,4	0,4	2,8	0,4	0,5	0,4
18:4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
20:0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,3

A-6* corresponde a una presentación de queso crema de la empresa A el cual declara en la etiqueta un 48 % menos de grasa que la presentación regular de esta empresa.

CUADRO 4
COMPOSICIÓN PORCENTUAL PROMEDIO DE LOS ÁCIDOS GRASOS OBTENIDA
PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE QUESOS ANALIZADOS PARA LA EMPRESA B

Ácido graso	Composición de ácido graso (g/100 g)					
	B-1	B-3	B-4	B-5	B-6	
4:0	1,1	1,1	1,0	1,4	1,2	
6:0	0,7	0,8	0,5	0,8	0,7	
8:0	1,5	1,3	1,1	1,6	1,5	
10:0	2,4	2,0	2,0	2,3	2,3	
12:0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
14:0	9,6	8,0	9,1	8,9	9,3	
15:0	1,1	1,0	1,2	1,1	1,2	
16:0	26,3	28,3	26,4	25,5	26,3	
16:1	1,8	1,8	2,1	1,8	2,0	
18:0	13,9	13,2	14,3	14,2	13,8	
18:1	28,4	29,6	29,0	29,4	28,6	
18:2	1,9	2,9	2,1	2,2	2,1	
18:3	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	
18:4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	
20:0	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	

CUADRO 5
COMPOSICIÓN PORCENTUAL PROMEDIO DE LOS ÁCIDOS GRASOS OBTENIDA
PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE QUESOS ANALIZADOS PARA LA EMPRESA C

Ácido graso	Composición de ácido graso (g/100 g)			
	C-1	C-2	C-5	C-7
4:0	1,4	1,5	1,7	1,1
6:0	0,9	0,9	1,2	0,7
8:0	1,6	1,8	2,0	1,5
10:0	2,4	2,5	3,3	2,1
12:0	0,2	0,2	0,1	0,2
14:0	9,5	9,6	10,1	9,0
15:0	1,2	1,2	1,2	1,3
16:0	27,4	26,7	29,0	26,7
16:1	2,0	1,8	1,8	2,0
18:0	14,2	14,3	12,9	13,9
18:1	27,9	27,5	22,6	28,6
18:2	1,9	1,8	2,0	1,7
18:3	0,5	0,5	0,5	0,7
18:4	0,5	0,5	0,5	0,6
20:0	1,4	1,3	1,1	1,5

CUADRO 6
COMPOSICIÓN PORCENTUAL PROMEDIO DE LOS ÁCIDOS GRASOS OBTENIDA PARA LOS
DIFERENTES TIPOS DE QUESOS ANALIZADOS PARA LA EMPRESA D

Ácido graso	Composición de ácido graso (g/100 g)				
	D-2	D-3	D-4	D-6	D-7
4:0	1,3	0,7	0,9	0,9	1,1
6:0	0,8	0,4	0,6	0,6	0,8
8:0	1,7	1,1	1,4	1,6	1,9
10:0	2,7	1,8	2,0	2,4	2,9
12:0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
14:0	9,7	8,5	7,3	8,8	10,0
15:0	0,9	1,5	0,7	0,9	1,0
16:0	27,6	27,9	24,3	27,0	28,1
16:1	1,3	2,1	1,4	1,8	1,9
18:0	13,8	12,5	12,8	13,6	13,7
18:1	26,6	29,3	33,7	31,0	26,9
18:2	2,7	2,6	3,4	2,9	2,5
18:3	0,4	0,6	0,7	0,5	0,4
18:4	0,4	0,7	0,4	0,5	0,4
20:0	1,2	1,4	1,0	1,2	1,2

CUADRO 7
COMPOSICIÓN PORCENTUAL PROMEDIO DE LOS ÁCIDOS GRASOS OBTENIDA
PARA EL QUESO DE CABRA ANALIZADO

Ácido graso	Composición de ácido graso (g/100 g)
4:0	2,4
6:0	2,5
8:0	8,4
10:0	4,1
12:0	0,1
14:0	9,5
15:0	0,8
16:0	25,4
16:1	2,0
18:0	9,5
18:1	23,4
18:2	1,5
18:3	0,7
18:4	2,7
20:0	2,0

La cantidad y naturaleza de la grasa presente en la leche depende de factores como la especie y raza del animal, el tipo de alimentación, el estado de lactación e incluso, la estación del año [11]. En Costa Rica, los productores de quesos obtienen leche de vacas provenientes de regiones topográficamente muy similares, por lo tanto los factores mencionados son similares en cuanto a la naturaleza de la leche que utilizan. Las variaciones se reflejan únicamente en cambios en la cantidad de grasa presente en la leche. Por lo anterior es de esperar que la composición de ácidos grasos determinada para las diferentes empresas sea similar.

En el caso de los quesos de leche de vaca analizados, se encontró que, en promedio, la cantidad de ácido butírico presente osciló entre 1 % y 2 %, valores menores a los establecidos en la teoría (3,3 %), esto se toma como una indicación de posibles alteraciones de la grasa analizada. En el queso de cabra, no se presenta esta situación, ya que para este se obtuvo un 2,4 % de ácido butírico, valor que concuerda con el 2,6 % mencionado anteriormente en la literatura.

La relación teórica entre los ácidos butírico y cáprico para la grasa láctea de vaca debe ser 1,1 y para la grasa láctea de cabra 0,31, tal y como se presentó en el cuadro 1. Los datos obtenidos en el cuadro 8 enfatizan la posibilidad de adulteraciones, ya que estas relaciones presentan valores diferentes a los esperados.

CUADRO 8
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA RELACIÓN ENTRE LOS ÁCIDOS BUTÍRICO
Y CÁPRICO DE LOS QUESOS ANALIZADOS.

Tipo	Empresa				Promedio/ tipo
	A	B	C	D	
Mozarella	0,5	0,5	0,6	-	0,5
Palmito	0,5	-	0,6	0,5	0,5
Procesado amarillo	0,6	0,5	-	0,4	0,5
Semiduro	0,4	0,5	-	0,4	0,4
Blanco	0,5	0,6	0,5	-	0,5
Crema	0,5	0,5	-	0,4	0,5
Crema*	0,5	-	-	-	0,5
Turrialba	0,5	-	-	0,4	0,4
Queso de leche de cabra					0,6
Promedio/ empresa	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5

Valores obtenidos para el índice de saponificación, la masa molar promedio y el índice de yodo de las fracciones lipídicas de los quesos analizados.

Se calcularon estos índices por la técnica de resonancia magnética nuclear, la cual es muy exacta. La referencia teórica de la grasa láctea para el índice de saponificación corresponde a 225 mg KOH/g de triacilglicerol, para la masa molar a 747 g/mol y para el índice de yodo 30 cg I₂/g de triacilglicerol [9].

CUADRO 9
ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN CALCULADO PARA LAS MUESTRAS
DE QUESOS ANALIZADOS

MUESTRAS	IS (mg KOH/g TG)			
	A	B	C	D
TIPO DE QUESO				
1	225	247	244	
2	245		236	236
3	228	241		234
4	250	246		226
5	224	246	235	
6	249	248		232
6*	249			
7	243		231	235
Queso de leche de cabra	244			

Es evidente que en algunos de los tipos de quesos analizados, los índices estimados para la grasa son muy diferentes a los valores reportados en la literatura, esto corrobora la información obtenida anteriormente sobre las comparaciones con los contenidos de ácido graso indicador y la relación entre los ácidos butírico y caproico.

Según se presenta en el Cuadro 9, solo los quesos mozzarella, procesado amarillo y blanco de la empresa A; y el queso semiduro de la empresa D, presentan valores de índice de saponificación que concuerdan con el valor teórico. Los demás quesos, incluyendo el queso de cabra, presentan mayores valores, entre 231 y 250 mg KOH/g de triacilglicerol para este parámetro.

CUADRO 10
MASA MOLAR PROMEDIO DEL TRIACILGLICEROL CALCULADO PARA LAS MUESTRAS
DE LAS EMPRESAS ANALIZADAS

MUESTRAS	MM _{prom} (g/mol)			
TIPO DE QUESO	A	B	C	D
1	748	682	689	
2	686		713	713
3	738	697		718
4	673	684		744
5	752	684	716	
6	675	679		727
6*	677			
7	692		730	717
Queso de leche de cabra	690			

La alteración de estas grasas corresponde a triacilgliceroles de masa molar más baja.

CUADRO 11
ÍNDICE DE YODO CALCULADO PARA LAS MUESTRAS DE LAS EMPRESAS ANALIZADAS

MUESTRAS	II (cg I ₂ / g TG)			
TIPO DE QUESO	A	B	C	D
1	33	34	33	
2	36		34	33
3	33	37		36
4	36	34		42
5	33	36	32	
6	37	35		36
6*	35			
7	34		34	33
Queso de leche de cabra	45			

Los datos obtenidos para el índice de yodo reflejan posibles adulteraciones. En este caso, todas las muestras analizadas mostraron valores mayores al teórico estimado para la grasa láctea, como se observa en el cuadro 11. Por lo tanto los ácidos grasos presentes en la fracción lipídica deben poseer mayor número de insaturaciones al esperado.

C. Relación P/S e índice de aterogenicidad

CUADRO 12
RELACIÓN P/S PROMEDIO OBTENIDO PARA LA GRASA DE LOS QUESOS ANALIZADOS DE LAS DIFERENTES EMPRESAS

EMPRESA	A	B	C	D
Tipo de queso	P/S prom			
Mozarella	0,06	0,06	0,05	
Palmito	0,07		0,05	0,06
Procesado amarillo	0,07	0,07		0,07
Semiduro	0,06	0,06		0,09
Blanco tierno	0,08	0,06	0,05	
Crema	0,06	0,06		0,07
Crema *	0,06			
Turrialba	0,06		0,05	0,06
Queso de leche de cabra	0,07			

Los valores obtenidos para la relación P/S están en el ámbito 0,05 – 0,08 para todos los quesos, este es un valor bajo, indicativo de una aterogenicidad alta y similar para todos los productos.

CUADRO 13
ÍNDICE DE ATEROGENICIDAD PROMEDIO OBTENIDO PARA LA GRASA DE LOS QUESOS ANALIZADOS

EMPRESA	A	B	C	D
Tipo de queso	I.A. promedio			
Mozarella	1,8	1,9	2,0	
Palmito	1,7		2,0	2,1
Procesado amarillo	1,7	1,7		1,7
Semiduro	1,8	1,8		1,3
Blanco tierno	1,8	1,8	2,6	
Crema	1,8	1,9		1,7
Crema *	1,8			
Turrialba	1,9		1,9	2,1
Queso de leche de cabra	2,1			

Los valores experimentales de I.A. oscilan entre 1,8 y 2,6. Estos resultados son altos, indicativo de que la grasa láctea de estos quesos no es apropiada para el consumo humano. El valor teórico del I.A. de la grasa vacuna es de 1,8; lo que indica la presencia de alteraciones en las grasas analizadas, reforzado por el hecho de que los resultados obtenidos no son constantes.

D. Estimación del número de hidrógenos alílicos del triacilglicerol

Para estimar la susceptibilidad a las reacciones de oxidación de las grasas de los quesos, se calculó el número promedio de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos presentes en el triacilglicerol. Las muestras presentaron en general un promedio de un hidrógeno alílico y 0,1 hidrógenos doblemente alílicos por molécula de triacilglicerol.

IV. Conclusiones

El contenido de grasa y humedad de las muestras analizadas presenta una relación inversamente proporcional, ya que en todos los casos, las muestras con menor cantidad de grasa mostraron el mayor contenido de humedad.

Las empresas poseen formulaciones diferentes para los mismos tipos de queso.

Los contenidos de grasa varían para cada empresa de acuerdo con el tipo de queso. Los quesos que presentan mayor contenido de grasa son los del tipo crema, a excepción del queso crema reducido en grasa. El menor contenido de grasa lo muestra el queso blanco de la empresa C.

Las muestras analizadas presentan homogeneidad para los lotes distintos, lo que indica que los controles del proceso por parte de las productoras han sido eficientes y garantizan la uniformidad en el producto.

En la mayoría de los quesos analizados, las empresas fabricantes han cumplido con lo estipulado en el reglamento de etiquetado nutricional de los alimentos en cuanto a las tolerancias máximas permitidas para la declaración cuantitativa de macronutrientes.

La caracterización de la fracción lipídica de los quesos analizados muestra una tendencia generalizada, en la que los ácidos grasos presentes en mayor cantidad fueron, en orden descendente: ácido oleico, ácido esteárico, ácido palmítico y ácido mirístico.

La cantidad de ácido butírico, indicador de la grasa láctea, en la totalidad de los quesos analizados fue menor que la reportada teóricamente. La relación experimental calculada para los ácidos grasos butírico y caproico mostró una gran diferencia con los valores teóricos. Ello es indicativo de adulteración por lípidos de origen desconocido.

Los valores de índice de saponificación e índice de yodo obtenidos permiten asegurar la presencia de alteraciones en la grasa láctea, ya que corresponden a una grasa conformada por triacilglicerol de masa molar menor y con mayor cantidad de insaturaciones respecto a la esperada teóricamente.

Debido a que la cantidad de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos estimada para los quesos analizados es muy baja y el hecho de que es un producto que se mantiene en refrigeración, las reacciones de oxidación lipídica son poco probables.

En los quesos ensayados los que obtuvieron, a nivel general, los mayores índices de aterogenicidad son los correspondientes a la empresa C. Esto se ve reforzado con los resultados obtenidos para la relación P/S en la cual esta empresa obtuvo los menores valores.

Los quesos turrialba y blanco tierno mostraron los índices de aterogenicidad menores.

Los quesos crema mostraron un índice de aterogenicidad intermedio; sin embargo, el alto contenido de grasa de los mismos hace que se deba considerar un consumo regulado de ellos.

Al comparar el perfil graso del queso de leche de cabra analizado con los obtenidos para los quesos de leche de vaca se puede decir que posee una mayor cantidad de ácidos butírico, caproico, caprílico y cáprico, que el queso de leche de vaca. Su índice de aterogenicidad se encontró entre los valores más altos obtenidos.

Las diferencias obtenidas para los índices de aterogenicidad experimentales con respecto al valor teórico reportado para este parámetro en grasa láctea, y el hecho de que éstos no se mantengan constantes, son un indicativo de la alteración de las grasas de los quesos analizados.

V. Agradecimiento

A la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, por el financiamiento parcial del proyecto.

Al Departamento de Cantidad de Materia del Laboratorio Costarricense de Metrología, por la colaboración en el muestreo de quesos.

A la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, por el apoyo dado a este proyecto en infraestructura, equipo y materiales de laboratorio.

VI. Bibliografía

- [1] Osmo, T. M. D., Effect of cholesterol lowering diet on mortality from coronary heart disease and other causes, *Circulation*. **1979**, 59 (1), 1-7.
- [2] Arteaga, L. A. The nutritional status of Latin America adults. *Basic Life Science*. **1976**, 7, 67-76.
- [3] Ministerio de Salud de Costa Rica, Encuesta Carmen, 2003, Costa Rica, 17/09/03 6:30 pm, <http://www.ministeriodesalud.go.cr/dirdesar/carmen.htm>

- [4] Acuña, M. , *Estudio del potencial aterogénico y el contenido de colesterol en productos grasos de consumo popular en Costa Rica*, Tesis de Licenciatura en Química, Universidad de Costa Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 1995.
- [5] OMS. **Factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares: nuevas esferas de investigación**. Ginebra, 1994.
- [6] Quintana, R. *Características de la dieta en relación con enfermedad cardiovascular en el distrito de La Fortuna de San Carlos*, Trabajo Final de Graduación en la Carrera Interdisciplinaria en Nutrición, Universidad de Costa Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 1994.
- [7] Guía Médica Familiar, Enfermedades más comunes: Colesterol, 2003, Ecuador, 14/09/03 1:30 pm, <http://www.explored.com.ec/guia/fas8u.htm>
- [8] Egan, H.; Kirk, R. ; Sawyer, R. , *Análisis Químico de Alimentos*, ed. mexicana, Pearson: México, 1987.
- [9] Belitz, H. D. ; Grosch, W. , *Química de los Alimentos*, ed. Española, Acribia: Zaragoza, 1997.
- [10] Revilla, A. , *Tecnología de la leche. Procesamiento, manufactura y análisis*, ed. Costarricense, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura: San José, 1985.
- [11] Jensen, R. The composition of bovine milk lipids, *J. Dairy Sci.* **2002**, 85, 295-350.
- [12] Badui, S., *Química de los alimentos*. ed. mexicana, Pearson Educación: México, 1999.
- [13] Jack, E.L.; Smith, L.M. , Chemistry of milk fat: a review, *J. Dairy Sci.* **1965**, 39, 234-238.
- [14] Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. Estudios Económicos e Información, Estudio del desarrollo de sector de lácteos en Costa Rica: 1996-2001, 2002, Costa Rica, 16/09/03 4:00 pm <http://www.infoagro.go.cr>
- [15] De Cruces, B. ; Di Meco, M. , Estudio de algunos componentes lipídicos en quesos blancos de diversas procedencias, *Fac. Agronom.* **1982**, 7(3-4), 255-265.
- [16] Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Norma oficial para queso. La Gaceta. 7 de octubre, 1988.

- [17] AOAC, Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists. **Fat in cheese**. Método 974.09, 15^{ta} ed. Washington, D.C., 1990.
- [18] AOAC, Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists. **Moisture in cheese**. Método 926.08, 15^{ta} ed. Washington, D.C., 1990.
- [19] Metcalfe, L. D.; Wang, C. N. , Rapid preparation of fatty acid methyl esters using organic base catalyzed transesterification, *J. Chromatographic Science*. **1981**, 19, 530-535.
- [20] Millar, J.N.; Millar, J.C. Estadística y quimiometría para química analítica, 4^{ta} ed., Prentice may, Madrid, 2002.
- [21] Montgomery, D. Introduction to statistical quality control, 3rd ed., Wiley & Sons, New York, 1997
- [22] Joseph, P. Resonancia magnética nuclear del hidrógeno. Instituto Politécnico Nacional: México D.F. 1973.
- [23] Codex Alimentarius. Norma para queso fundido. Codex STAN A-08b-1978. Roma, s.p. **1978**.
- [24] Codex Alimentarius. Norma para queso crema. Codex STAN C-31-1973. Roma, s.p. **1973**.
- [25] Codex Alimentarius. Norma para queso procesado. Codex STAN A-08c-1978. Roma, s.p. **1978**.
- [26] Ministerio de Economía, Industria y Comercio. RTCR 135:2001 Etiquetado nutricional de los alimentos. La Gaceta, 15 enero, 2002.
- [27] Centro de servicio de interpretación de etiquetado para el aglomerado agroalimentario. Guía para el etiquetado de productos lácteos (quesos). Ministerio de Economía, Industria y Comercio: San José, 2002.