

Composición en ácidos grasos de la grasa de leches pasteurizadas mexicanas

Norma Alicia Pérez Flores*
Gilberto Díaz González*
Rey Gutiérrez Tolentino*
Salvador Vega y León*
Georgina Urbán Carrillo*
María Guadalupe Prado Flores*
María Magdalena González López*
Acacia Ramírez Ayala*
Manuel Enrique Pinto Covarrubias**

Abstract

Fatty acid composition of 72 samples of pasteurized milk fat from three Mexican industries, taken during one year, was determined by gas-liquid chromatography. Statistical analysis showed some differences for the content of the fatty acids $C_{4:0}$, $C_{12:0}$, $C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{18:0}$ and $C_{18:2}$ among industries. Variation limits in fatty acid composition were similar to those reported by other countries. Significant differences between seasons were found for butyric, caprylic, caproic and oleic acids. Medium chain fatty acids ($C_{8:0}$, $C_{10:0}$ and $C_{12:0}$) correlated positively among them. The same was found for stearic and oleic acids. Caproic and myristic acids correlated negatively in comparison to stearic and oleic acids.

Key words: FATTY ACIDS, MILK, FAT, GAS-LIQUID CHROMATOGRAPHY.

Resumen

Durante un año se determinó, mediante cromatografía gas-líquido, la composición en ácidos grasos de 72 muestras de leche pasteurizada representativas de tres industrias pasteurizadoras importantes de México. El análisis estadístico mostró diferencias entre industrias para los ácidos grasos $C_{4:0}$, $C_{12:0}$, $C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{18:0}$ y $C_{18:2}$. Los rangos de variación en el contenido de los ácidos grasos, son comparables a los informados para la grasa láctea pura de otros países. El efecto estacionalidad se observó en los ácidos butírico, caprílico, caproico y oleico. Los ácidos de cadena media ($C_{8:0}$, $C_{10:0}$ y $C_{12:0}$) se correlacionaron positivamente entre sí; lo mismo ocurrió entre el $C_{18:0}$ y $C_{18:1}$. Los ácidos grasos caproico y mirístico se correlacionaron negativamente con el esteárico y el oleico.

Palabras clave: ÁCIDOS GRASOS, LECHE, GRASA, CROMATOGRAFÍA GAS-LÍQUIDO.

Recibido el 21 de enero de 1998 y aceptado el 13 de agosto de 1998.

* Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calz. del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 14300, México, D.F.

** Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

Introducción

La composición en ácidos grasos de la grasa láctea puede verse influenciada por diversos factores, muchos de los cuales interaccionan. Entre ellos están el estado de lactancia, alimentación, variación genética, variaciones estacionales, variaciones en el balance de energía de las vacas y aun el uso de somatotropina.^{1,2,3}

En los últimos 35 años a través de la literatura científica se ha informado sobre la composición de los ácidos grasos de la leche cruda, utilizando la cromatografía gas-líquido.^{1,4,5,6}

En los primeros trabajos sobre este tema se identificaron menos de dos decenas de ácidos grasos,⁶ en los últimos años se ha informado que la grasa láctea contiene cerca de 400 ácidos grasos diferentes, aunque se ha apuntado como un número más realista 30; el resto están presentes en cantidades traza.^{7,8}

Los ácidos grasos $C_{4:0}$ al $C_{14:0}$ son característicos de la grasa láctea de rumiantes, mientras que en los lípidos propios de los monogástricos, y de los animales marinos, así como los de origen vegetal están ausentes.⁷ Además la grasa láctea está constituida aproximadamente por 5% de ácidos grasos polinsaturados, 25% de ácidos grasos monoinsaturados y 70% de ácidos grasos saturados.^{2,9}

El área metropolitana de la ciudad de México es la zona de mayor demanda y consumo de leche fluida pasteurizada en México, en 1996 se consumieron aproximadamente 6.5 millones de litros diarios de ese producto.

Por otro lado, no se han publicado artículos en este tema y sólo existen algunos trabajos con resultados parciales obtenidos de muestras de leche cruda que no abarcan las diversas épocas del año. Considerando lo anterior y además las tendencias de intensificar el estudio de los lípidos en la leche industrializada¹⁰, esta investigación tuvo como objetivo caracterizar el perfil de ácidos grasos de leche pasteurizada de tres plantas productoras de lácteos de México. Se estudiaron los efectos estacionalidad e industria. Los perfiles de ácidos grasos obtenidos se compararon con datos de grasa láctea pura de otros países.^{8,11}

Material y métodos

Muestreo

Se hizo un muestreo quincenal de leche pasteurizada preferente especial (33 g/l grasa), durante un año, para tres marcas comerciales (LP_1 , LP_2 y LP_3) representativas

de las leches producidas en las regiones Norte, Centro-Norte y Occidente y Centro del país, donde para 1995 se generó el 81.2% de la producción nacional.¹² El número total de muestras fue de 72 (24 por industria). Las muestras de leche (1 litro) se obtuvieron en supermercados de la ciudad de México.

Extracción de la grasa láctea

Se extrajo la grasa de la leche según la técnica descrita por Frank *et al.*,¹³ modificando el detergente. Se colocaron 250 ml de leche en un matraz volumétrico de 500 ml. Se adicionaron 250 ml de una solución de detergente preparada con 50 g de hexametafosfato de sodio y 24 ml de tritón X-100 por litro de agua. El matraz se agitó vigorosamente y se colocó en baño de agua a 90°C hasta que la grasa se separó. La grasa se recuperó y conservó en tubos de vidrio a -20°C hasta su análisis.

Preparación de los ésteres metílicos

De acuerdo con la técnica de Timms,¹⁴ se pesaron 50 mg de grasa en frascos de 2 ml con tapa hermética y se disolvieron en 0.90 ml de éter de petróleo. Posteriormente se agregaron 0.10 ml de una solución de metóxido de sodio/metanol 0.5 N (Alltech 18018), tapando inmediatamente y agitando en vortex durante 5 segundos. Se dejó en reposo por lo menos durante 5 minutos para que sedimentara el gliceróxido de sodio formado y de la capa superior, ya clara, se tomó la muestra para inyectar al cromatógrafo de gases.

Cromatografía gas-líquido

Los ésteres metílicos se analizaron en un cromatógrafo de gases,* con detector de ionización de flama. Se utilizó una columna polar RESTEK Stabilwax (PEG): 30 m × 0.53 mm y 0.5 µm. Las condiciones cromatográficas fueron: Temperatura del detector e inyector, 250°C. Se utilizó el siguiente programa de temperaturas: $T_1 = 42^\circ\text{C}$ que se mantuvo durante 3 min, después con incremento de 20°C/min hasta $T_2 = 150^\circ\text{C}$, manteniéndola durante 2 min; finalmente, con un incremento de 4°C/min se llegó a $T_3 = 210^\circ\text{C}$ permaneciendo así durante 3 min. El gas de arrastre fue helio a una presión de 4 psi. El volumen de inyección fue de 1 µl. El tiempo total de corrida fue de 28.4 min. El registro e integración de los picos cromatográficos se hizo a través de un integrador PE Nelson 1022.

Los porcentajes de área de los ácidos grasos se normalizaron a porcentaje en peso calculando los factores de respuesta de tres mezclas de estándares de ésteres metilados de los ácidos grasos: butírico, caprílico, caproico, laurico, tridecanoico, mirístico, pentadecanoico, palmítico, esteárico y oleico.**

* Perkin Elmer Autosystem 9000

** Sigma, catálogos: 189-1, 189-3 y 189-8

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 12×3 con dos recepciones. Parámetro medido: ácidos grasos.

Para efectos de este estudio se consideraron como variables la estacionalidad (época del año) y origen (industria). Se realizó una base de datos con los resultados obtenidos en la hoja de cálculo Excel V. 5.0 y se sometieron a un análisis de varianza seguida de la prueba de Tukey para detectar diferencias entre medias para los efectos estacionalidad y origen en el paquete estadístico SPSS V. 6.0.1 para Windows.

Resultados

En los cromatogramas obtenidos se pudieron detectar 23 señales cromatográficas durante un tiempo total de corrida de 28.4 minutos. Se detectaron 13 ácidos grasos mayoritarios y 10 en niveles inferiores al 1% p/p. El total de los ácidos grasos saturados e insaturados fue de 63.3-66.5 y 31.68-32.60 (% p/p), respectivamente.

Los resultados del análisis estadístico aplicado a los dos factores estudiados, origen y estacionalidad, así como su interacción se presentan en el Cuadro 1.

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio, desviación estándar y rangos de variación de los ácidos

Cuadro 1
VALORES DE F PARA ÁCIDOS GRASOS CON DOS FACTORES ANALIZADOS (ESTACIÓN DEL AÑO, PROCEDENCIA E INTERACCIÓN) DEL MODELO ESTADÍSTICO FORMULADO

Efecto	G.L.	Ácido graso										
		$C_{4:0}$	$C_{6:0}$	$C_{8:0}$	$C_{10:0}$	$C_{12:0}$	$C_{14:0}$	$C_{16:0}$	$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$
Estación	3	5.42**	8.68**	5.04**	2.30NS	1.31NS	0.24NS	0.32NS	0.63NS	4.12*	0.88NS	0.11NS
Industria	2	5.57**	2.00NS	2.35NS	0.83NS	3.83*	6.32**	11.11**	5.45**	0.07NS	25.33**	2.26NS
Interacción	6	1.30NS	1.64NS	1.48NS	2.35*	3.38**	2.56*	1.73NS	5.65**	2.80*	2.78*	2.12NS

G.L. = Grados de libertad; NS = No significativo ($P > 0.05$); * Significativo ($P < 0.05$); ** Altamente significativo ($P < 0.01$)

Cuadro 2
COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LECHE PASTEURIZADA DE TRES INDUSTRIAS ANALIZADAS DURANTE EL AÑO DE 1995 (%P/P)

Ácido graso	Media	Industria 1			Media	Industria 2			Media	Industria 3		
		D.E.	Mín.	Máx.		D.E.	Mín.	Máx.		D.E.	Mín.	Máx.
$C_{4:0}$	3.18 ^a	0.82	2.52	4.90	3.26 ^a	0.86	2.50	4.52	3.82 ^b	0.72	2.51	5.52
$C_{6:0}$	2.83 ^a	0.63	1.92	3.76	2.60 ^a	0.61	1.92	3.66	2.83 ^a	0.35	2.08	3.61
$C_{8:0}$	1.94 ^a	0.55	1.25	2.00	1.73 ^a	0.42	0.80	2.00	1.75 ^a	0.23	1.40	2.00
$C_{10:0}$	3.53 ^a	0.88	2.40	4.00	3.34 ^a	0.82	1.30	4.00	3.28 ^a	0.58	2.44	4.00
$C_{10:1}$	0.43 ^a	0.14	0.25	0.73	0.34 ^a	0.08	0.20	0.51	0.35 ^a	0.10	0.23	0.71
$C_{12:0}$	3.97 ^a	0.90	2.89	4.67	3.51 ^b	0.67	2.27	4.58	3.54 ^b	0.53	2.75	4.74
$C_{14:0}$	11.20 ^a	0.98	9.51	13.47	10.16 ^b	1.08	7.38	11.94	10.83 ^{ab}	1.16	7.78	13.25
$C_{16:0}$	26.28 ^a	2.66	20.93	30.90	24.80 ^b	1.95	22.35	30.41	27.65 ^a	1.66	21.51	30.72
$C_{16:1}$	1.84 ^a	0.44	1.01	2.37	1.75 ^a	0.41	0.97	3.10	1.72 ^a	0.55	0.90	2.88
$C_{18:0}$	10.10 ^a	1.48	6.34	12.16	11.52 ^b	2.03	8.29	15.26	10.51 ^{ab}	2.01	6.89	14.83
$C_{18:1}$	21.80 ^a	2.73	14.09	26.25	22.07 ^a	3.65	16.39	29.36	21.84 ^a	2.70	17.27	31.04
$C_{18:2}$	2.31 ^a	0.25	1.63	2.80	2.99 ^b	0.42	2.05	3.50	2.86 ^b	0.44	1.97	4.15

D.E. = Desviación estándar; Mín. = Mínimo; Máx. = Máximo; ^{abc} Cada industria con distintas letras por renglones son diferentes.

Cuadro 3
RANGOS DE VARIACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS (% P/P) PRESENTES EN LA GRASA
LÁCTEA ANALIZADA EN ESTE TRABAJO COMPARADOS CON OTROS PAÍSES

País	Ácido graso										
	C _{4:0} Rango	C _{6:0} Rango	C _{8:0} Rango	C _{10:0} Rango	C _{12:0} Rango	C _{14:0} Rango	C _{16:0} Rango	C _{16:1} Rango	C _{18:0} Rango	C _{18:1} Rango	C _{18:2} Rango
México*	2.5-5.5	1.9-3.8	0.8-2.0	1.3-4.0	2.3-4.7	7.4-13.5	20.9-31.0	0.9-3.1	6.3-15.2	14.1-31.0	1.6-4.1
Bélgica**	3.4-4.1	1.8-2.4	0.9-1.5	1.9-3.8	2.3-4.7	8.5-13.4	18.6-31.2	1.9-3.6	7.8-14.3	23.0-34.5	1.8-3.2
Australia**	3.9-4.4	1.5-2.5	0.7-1.5	1.2-3.2	1.4-3.5	5.4-10.3	21.5-24.6	2.1-3.2	11.0-19.9	25.2-35.0	2.1-3.3
Nueva Zelanda**	2.7-6.2	1.5-2.7	0.7-1.5	1.6-3.6	2.0-4.2	8.8-12.8	22.3-29.0	0.8-1.4	13.0-16.9	20.9-30.1	0.8-1.6
Italia**	2.4-7.2	1.4-3.4	1.1-2.0	2.2-3.8	2.4-5.0	9.3-12.5	21.8-31.6	2.4-7.2	7.0-12.5	13.0-29.4	1.2-3.3
España***	2.4-6.2	1.5-3.8	1.0-1.9	2.1-4.0	2.3-4.7	8.5-12.8	24.0-33.3	1.3-2.8	6.2-13.6	19.7-31.2	1.3-5.2

Fuente: * Este trabajo; ** Adaptado de Muuse *et al.*, 1986; *** Juárez, 1991.

Cuadro 4
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE ÁCIDOS GRASOS DE GRASA DE LECHE EXAMINADAS

	C _{4:0}	C _{6:0}	C _{8:0}	C _{10:0}	C _{10:1}	C _{12:0}	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}
C _{4:0}	1												
C _{6:0}	0.4	1											
C _{8:0}	-0.52	0.57	1										
C _{10:0}	-0.76	0.29	0.95*	1									
C _{10:1}	-0.51	0.59	0.99**	0.94	1								
C _{12:0}	-0.55	0.55	0.99**	0.96*	0.99**	1							
C _{14:0}	0.05	0.94	0.82	0.61	0.83	0.81	1						
C _{16:0}	0.79	0.88	0.11	-0.21	0.12	0.08	0.65	1					
C _{16:1}	-0.77	0.28	0.95*	0.99**	0.94	0.95*	0.6	-0.22	1				
C _{18:0}	-0.12	-0.96*	-0.78	-0.54	-0.79	-0.76	-0.99**	-0.71	-0.54	1			
C _{18:1}	-0.27	-0.99*	-0.68	-0.42	-0.69	-0.66	-0.99**	-0.8	-0.41	0.99**	1		
C _{18:2}	0.44	-0.65	-0.99**	-0.92	-0.99**	-0.99**	-0.87	-0.2	-0.91	0.84	0.75	1	
C _{18:3}	-0.48	-0.99**	-0.5	-0.2	-0.51	-0.47	-0.9	-0.92	-0.19	0.93	0.97*	0.58	1

* Significancia al 90% (P < 0.10); ** Significancia al 95% (P < 0.05)

grasos obtenidos para cada una de las marcas de leche pasteurizada analizadas durante un año (% p/p).

En el Cuadro 3 se presentan los rangos de variación mínimos y máximos en el contenido de ácidos grasos obtenidos para las 72 muestras de grasa láctea estudiada (leches pasteurizadas mexicanas) y los publicados por investigadores de otros países. Los rangos de variación para la grasa láctea mexicana se mantienen dentro de los rangos informados para otros países.

Estacionalidad

Se observaron variaciones estacionales en los ácidos grasos C_{4:0}, C_{6:0}, C_{8:0} y C_{18:1} (Figura 1). De marzo a septiembre se tienen los niveles más altos en ácido oleico (C_{18:1}) en las leches de las industrias LP₁ y LP₂. Conforme disminuye el C_{18:1} se compensa con un aumento en los ácidos grasos de cadena corta, los cuales tienen los niveles más altos en otoño-invierno.

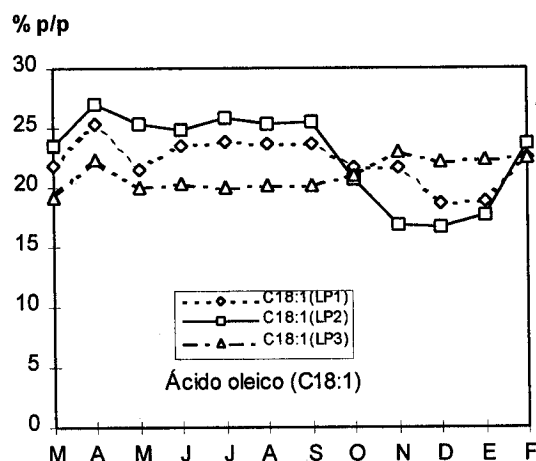
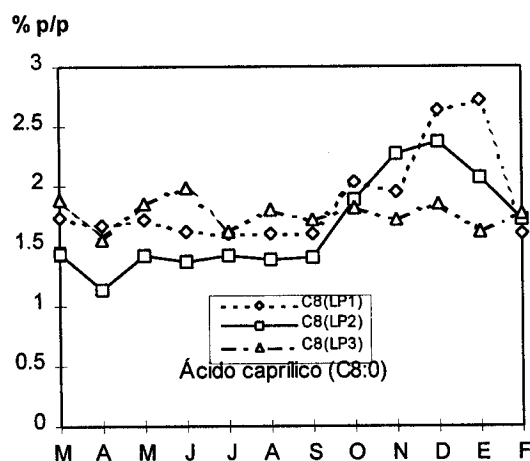
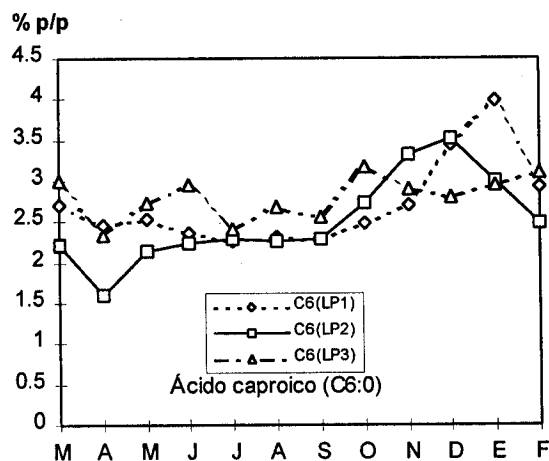
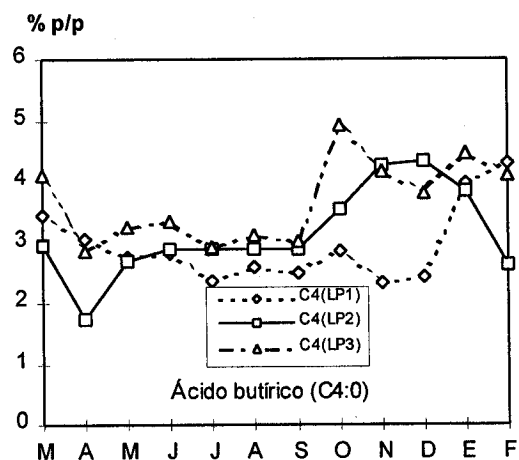


Figura 1. Variación mensual (% p/p) de los ácidos grasos $C_{4:0}$, $C_{6:0}$, $C_{8:0}$ y $C_{18:1}$ de grasa de leche pasteurizada de tres industrias mexicanas (LP_1 , LP_2 y LP_3).

El ácido oleico en la leche de la industria LP_3 presentó un comportamiento estacional diferente a las otras dos marcas, puesto que alcanzó sus valores más altos en otoño-invierno y no en primavera-verano como en los otros casos. Los ácidos grasos $C_{4:0}$, $C_{6:0}$ y $C_{8:0}$ presentaron sus niveles más altos en el invierno, igual que en las leches LP_1 y LP_2 .

Sólo los ácidos grasos butírico, caproico, caprílico y oleico muestran variaciones estacionales estadísticamente significativas. Los ácidos grasos de cadena mediana $C_{10:0}$ a $C_{16:0}$ y los de cadena larga $C_{18:0}$, $C_{18:2}$ y $C_{18:3}$ se mantuvieron más o menos constantes a lo largo del año, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre estaciones.

Efecto origen

Se observaron diferencias significativas en el contenido de los ácidos grasos: butírico, laurico, palmítico, estearico y linoleico (Cuadro 2). Las mayores diferencias entre regiones se presentaron en el ácido linoleico y las menores en el palmítico.

En este estudio se encontró que la interacción origen (industria)-estación fue significativa para los ácidos grasos $C_{10:0}$, $C_{12:0}$, $C_{14:0}$, $C_{18:0}$, $C_{18:1}$ y $C_{18:2}$.

Se calcularon las interrelaciones entre los ácidos grasos (Cuadro 4), se observaron correlaciones positivas entre los ácidos grasos de cadena corta ($C_{8:0}$) y mediana ($C_{10:0}$ y $C_{12:0}$). Los ácidos grasos de cadena larga $C_{18:0}$ y $C_{18:1}$ se correlacionaron positivamente entre ellos y negativamente con los ácidos grasos $C_{6:0}$ y $C_{14:0}$. También hubo una correlación negativa entre el ácido linoleico y los ácidos caprílico y laurico.

Discusión

El contenido de ácidos grasos saturados e insaturados encontrado en las leches pasteurizadas mexicanas es similar al informado por Baer,² Grummer⁹ y Piva *et al.*¹⁵

La interacción observada entre los factores origen de la leche y estacionalidad coincide con los resultados obtenidos por Piva *et al.*,¹⁵ en grasa de leches italianas.

Las correlaciones positivas entre ácidos grasos de cadena corta y mediana, así como la correlación negativa

de éstos con los ácidos grasos de cadena larga determinadas en este trabajo, ya han sido señaladas por Muuse *et al.*,¹¹ Martínez-Castro *et al.*¹⁶ y Huyghebaert y Hendrickx.¹⁷

Estacionalidad

Una mayor disponibilidad de pastos y forrajes frescos en la dieta tiende a aumentar los niveles de ácido oleico en la leche,^{3,4,5,11,17} lo que podría explicar los niveles más elevados de este ácido observados en ciertos meses del año, en las tres marcas de leche estudiadas.

Varios autores^{4,5,11,15,16} han observado amplias variaciones estacionales en los ácidos grasos de cadenas mediana y larga. Sin embargo, en las leches pasteurizadas mexicanas estudiadas solamente el $C_{18:1}$ presentó variaciones estadísticamente significativas. Estas diferencias podrían deberse a lo señalado por Wolff *et al.*,¹⁸ quienes consideran que en leches comerciales obtenidas de mezclas de grandes volúmenes de leche, provenientes de diferentes productores, las variaciones individuales entre animales, así como los efectos de raza, estado de lactancia y edad se minimizan; en este sentido las variaciones estacionales en el contenido de los ácidos grasos están casi totalmente ligadas a la alimentación. En virtud de que en México los cambios en la alimentación de las vacas en las diferentes estaciones no son tan drásticos como en otros países, donde la alimentación invernal es muy diferente a la de las otras estaciones, las variaciones en los contenidos de los ácidos grasos se dan en menor número de ellos y son menos aparentes.

Efecto origen

En este estudio el origen de la leche (industria) representó un factor importante que influyó en la composición en ácidos grasos. Las variaciones entre las leches de las tres plantas productoras de lácteos podrían explicarse al considerar que existen diferencias en las prácticas de alimentación entre los productores que les surten la leche. Existe amplia evidencia que la fuente de grasa en la dieta del ganado lechero influye en la composición de los ácidos grasos de la leche.² La proporción y el tipo de pasto o forraje en la dieta también puede ser un factor importante.¹⁸

En la literatura se han señalado variaciones regionales en los ácidos grasos $C_{4:0}$, $C_{12:0}$, $C_{16:0}$, $C_{18:0}$ y $C_{18:2}$, en grasas lácteas estadounidenses,³ holandesas,¹¹ italianas¹⁵ y españolas.¹⁶ A partir de los resultados en estos trabajos se calcularon los porcentajes de variación.

En estos estudios el ácido palmítico presentó las menores diferencias regionales y el ácido linoleico las más altas, esto último coincide con los resultados obtenidos en las grasas lácteas mexicanas. Sin embargo, los porcentajes de variación entre regiones informados en la literatura por los autores antes señalados son muy variables.

Las variaciones regionales en el $C_{16:0}$ para grasas lácteas estadounidenses, holandesas, italianas y españolas fueron 5.4%, 0.14%, 23.6% y 10.2%, respectivamente. En la grasa láctea de leches pasteurizadas mexicanas, la variación entre marcas (origen) fue de 10.3%, que resulta muy parecida a la de España.

En el caso del ácido linoleico las mayores variaciones también se dieron en las grasas lácteas italianas (39.5%) y españolas (37.5%). Los valores más bajos se observaron en las grasas lácteas holandesas (14%). Los rangos de variación de las grasas lácteas mexicanas (22.7%) fueron más parecidas a sus similares estadounidenses (28%).

Posiblemente los rangos de variación más bajos en grasas lácteas holandesas se deban a que el número de muestras analizadas fue mucho mayor que en los otros estudios, aunado al origen de las muestras (mantequillas comerciales de diferentes provincias del país). Ya que se ha señalado¹⁸ que cuando se trabaja con grasas lácteas provenientes de grandes volúmenes de leches mezcladas de diferentes productores, las variaciones regionales están casi totalmente ligadas a la alimentación, pues los otros factores (raza, estado de lactancia, variaciones individuales) se minimizan.

Los amplios rangos de variación en las grasas lácteas italianas pueden deberse a que las muestras analizadas correspondieron a 10 productores particulares y con pequeño número de muestras (13 - 58). Parodi¹ encontró que las variaciones en los contenidos de ácidos grasos de grasa láctea de rebaño fueron mayores que las de grasa láctea de industria, proveniente de leches mezcladas.

En México las tres industrias de productos lácteos cuya leche se analizó, reciben leche cruda de varios productores; sin embargo, las muestras analizadas (72) no fueron tan numerosas como en los estudios que se efectuaron en Holanda (254) y en Estados Unidos de América (50 plantas lecheras), lo que podría explicar los valores intermedios obtenidos.

A pesar de las variaciones en la composición de los ácidos grasos de la grasa láctea ocasionadas por factores como estado de lactancia, edad, raza, alimentación y manejo de las vacas, los resultados obtenidos en este trabajo para grasa láctea de leches pasteurizadas mexicanas, se encuentran dentro de los rangos de variación señalados en la literatura para grasa láctea (leche cruda, mantequilla, leche pasteurizada) de otros países.^{8,11}

Referencias

1. Parodi PW. Observations on the variation in fatty acid composition of milk fat. *Austr J Dairy Technol* 1972;27:90-94.
2. Baer J. Alteration of the fatty acid content of milk fat. *J Food Protec* 1991;54:383-389.
3. Palmquist DL, Beaulieu AD, Barband DM. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J Dairy Sci* 1993;76:1753-1771.
4. Jensen RG, Gander GW, Sampugna J. Fatty acid composition of the lipids from pooled, raw milk. *J Dairy Sci* 1962;45:329-331.

5. Gallacrier JP, Barbier JP, Kuzdzal-Savoies S. Variations saisonnières de la composition en acides gras du beurre de trois laiteries de l'ouest de la France. *Techn Laitere* 1984;993:13-26.
6. Jensen RG. Fatty acids in milk and dairy products. In: Kuang-Chow C, editor. *Fatty acids in foods and their health implications*. New York: Marcel Dekker Inc., 1992;95-135.
7. Piva G, Masoero F, Prandini A, Fusconi G. Factors affecting the milk fat composition. *Sci Tec Lattiero-Casearia* 1989;40:253-275.
8. Juárez M. Criterios analíticos para establecer la genuinidad de la grasa de leche. *Rev Española Lechería* 1991;2:30-34.
9. Grummer RR. Effect of feed on the composition of milk fat. *J Dairy Sci* 1991;74:3244-3257.
10. Jensen RG, Ferris AM, Lammi-Keefe CJ. The composition of milk fat. *J Dairy Sci* 1991;74:3228-3243.
11. Muuse BG, Werdmuller GA, Geerts JP, Knecht RJ. Fatty acid profile of Dutch butterfat. *Neth Milk Dairy J* 1986;40:189-201.
12. González EP. Políticas de generación, adaptación y transferencia de tecnología lechera en México. *Memorias del II Seminario Internacional Sobre los Sistemas Nacionales Lecheros de América del Norte*; 1997 enero 22-24; México (DF). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1997:36-53.
13. Frank R, Smith EH, Braun HE, Holdrinet M, McWade JW. Organochlorine insecticides and industrial pollutants in the milk supply of the southern region of Ontario, Canada. *J Milk Food Technol* 1975;38:65-72.
14. Timms RE. Artefact peaks in the preparation and gas-liquid chromatographic determination of methyl esters. *Austr J Dairy Technol* 1978;33:4-6.
15. Piva G, Fusconi G, Prandini A, Capri A. Fatty acid composition of milk fat: variability in dairy herds with different management. *Sci Tec Lattiero-Casearia* 1993;44:309-323.
16. Martínez-Castro L, Juárez M, Martínez-Álvarez PJ. The composition of fatty acids of milk fat in Spain. *Milchwissenschaft* 1979;34:207-210.
17. Huyghebaert A, Hendrickx H. The relation between the fatty acid composition and the iodine value and refractive index of butterfat. *Milchwissenschaft* 1970;25:506-510.
18. Wolff RL, Bayard CL, Fabien RJ. Evaluation of sequential methods for the determination of butterfat fatty acid composition with emphasis on trans-18:1, acids. application to the study of seasonal variations in French butters. *J Am Oil Chem Soc* 1995;72:1471-1483.