

Comportamiento del perfil de ácidos grasos de aceites y materias grasas hidrogenadas sometidos a calentamiento prolongado

Behaviour of fatty acid profile in oils and hydrogenated fats subjected to prolonged heating

Marcela Zamorano ¹
Sarita Martínez ²
Joaquín Medel ²

Originales: Recepción: 27/03/2012- Aceptación: 25/03/2013

RESUMEN

La fritura es un proceso altamente utilizado a nivel industrial y casero, el que considera someter a las grasas a temperaturas cercanas a los 200°C, con lo cual se producen complicados cambios físicos y químicos. En Chile, se utilizan para freír mantecas hidrogenadas las cuales han mostrado alto contenido en ácidos grasos *trans* (AGT). Este trabajo tiene como objetivo determinar los cambios en el perfil en ácidos grasos, con énfasis en AGT, de diferentes tipos de materias grasas hidrogenadas y aceites vegetales sometidos a calentamiento. Para esto se evaluó y se sometió a un ciclo de calentamiento por 50 h 7 diferentes tipos de materias grasas y como control se consideró a aceite de girasol, se evaluaron los tiempos 0, 10, 20, 30, 40 y 50 h. La composición en ácidos grasos se realizó por cromatografía gas - líquido previa preparación de los ésteres metílicos según Norma española, UNE-EN ISO 5509. Los resultados mostraron que la composición en ácidos grasos de todas las materias grasas estudiadas presentaron modificación durante el tratamiento térmico, observándose una disminución de los ácidos grasos

SUMMARY

Frying is highly applied in both industrial and household fields. Since it involves heating an edible oil or fat to temperatures near 200°C, complex physical and chemical changes occur. In Chile, hydrogenated shortenings are used for frying, which have shown high *trans* fatty acids (TFA) content. The objective of this work was to determine changes in the fatty acid profile, with emphasis on TFA, during heating of different types of hydrogenated fats and oils. For this, seven types of fat and sunflower oil, considered as a control, were subjected to a heating cycle for 50 h and were evaluated at 0, 10, 20, 30, 40 and 50 h. The fatty acids profile, including *trans* fatty acid, were determined by GLC according to the UNE 5509 Norm. Results demonstrated that all studied fats showed changes in fatty acid profile during heat treatment, with decrease of polyunsaturated fatty acids and increase or maintained constant the monounsaturated and saturated fatty acids. *Trans* fatty acids showed significant content of hydrogenated fats (20%), which remained constant throughout the heating. The sunflower oil and high oleic sunflower oil were shown to be the most suitable for frying as it showed no presence of TFA and remained suitable for use up to 40 h of heating.

-
- 1 Mg. Sc. Prof. Asociado. Dpto. de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad Tecnológica, Universidad de Santiago de Chile (USACH). Avda. Ecuador 3769. (9160000) Estación Central, Santiago, Chile. marcela.zamorano@usach.cl
 - 2 Estudiante Ingeniero de Alimentos. Dpto. de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad Tecnológica. Universidad de Santiago de Chile.

poliinsaturados y un aumento o preservación de los ácidos grasos monoinsaturados y saturados. Los ácidos grasos *trans* mostraron contenidos importantes en mantecas hidrogenadas (20%), los que se mantuvieron constantes durante todo el calentamiento. El aceite de girasol y el de girasol alto oleico resultaron ser los más adecuados para freír, ya que no mostraron presencia de AGT y se mantuvieron aptos para ser utilizados hasta las 40 h de calentamiento.

Palabras clave

grasas hidrogenadas • aceites de girasol • perfil en ácidos grasos • ácidos grasos *trans*

Keywords

hydrogenated shortenings • sunflower oil • fatty acid profile • *trans* fatty acids

INTRODUCCIÓN

El proceso de fritura, en el cual la grasa es calentada a temperaturas superiores a los 180°C, es utilizado como un medio de procesamiento de alimentos altamente atractivo para los consumidores. Existen muchos tipos de materias grasas que pueden ser usados para freír, para la elección de aquella materia grasa más adecuada para soportar el calentamiento un factor a considerar es el grado de insaturación de esta y generalmente suelen utilizarse con este fin mantecas hidrogenadas obtenidas por hidrogenación parcial o total de aceites vegetales o de origen marino, solos o en mezcla con aceites de girasol, soya, palma o colza refinados (9, 13). En Chile, las mantecas hidrogenadas son ampliamente utilizadas a un nivel casero y en restaurantes; sin embargo, se ha demostrado que estas grasas pueden presentar altos contenidos de ácidos grasos *trans* (AGT) (8).

Durante el calentamiento del aceite o grasa a temperaturas cercanas a los 200°C, la materia grasa comienza a sufrir un deterioro irreversible al que contribuyen diversos factores propios del proceso y de la naturaleza de la grasa, observándose reacciones de tipo oxidativo, hidrolítico y térmico, las que producen una mezcla compleja de compuestos, identificada como "compuestos polares" (9). Además, se ha postulado la posible formación de AGT durante el calentamiento, en especial si las temperaturas utilizadas son muy altas, planteándose que solo se producen pequeños cambios en el contenido de estos ácidos grasos si la temperatura no supera los 200°C, situación que cambia al aumentar la temperatura unos 20°C, en especial si se trata de aceites poliinsaturados e hidrogenados (7, 15).

El tipo de materia grasa empleado como medio de fritura y sobre todo su grado de insaturación, presencia de AGT y calidad inicial son factores fundamentales en el desarrollo de los deterioros químicos señalados (12). La evaluación de estos cambios químicos ha sido ampliamente estudiada a través de la medición de diferentes parámetros, específicamente para el control de la degradación alcanzada por las materias grasas sometidas a un proceso de fritura se utilizan a menudo los llamados índices analíticos rápidos, entre los cuales destacan los métodos colorimétricos basados en indicadores redox, como son el Oxifrit® que pueden ser de gran interés para conocer la evolución de la grasa de fritura en aplicaciones concretas (3, 10).

Adicionalmente es posible estudiar la variación del perfil de ácidos grasos de los aceites o mantecas que se utilizan en este proceso de manera de evaluar la pérdida o formación de algunos tipos de ácidos grasos (5, 7).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, este estudio plantea como objetivo principal determinar los cambios en la composición en ácidos grasos, con énfasis en ácidos grasos *trans*, de diferentes tipos de materias grasas hidrogenadas y aceites vegetales sometidos a calentamiento, y en forma adicional evaluar su deterioro térmico a través de un método analítico cualitativo rápido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras y tratamientos

Las materias grasas analizadas corresponden a un aceite 100% de girasol (A), que se consideró como patrón, dos aceites formulados para freír (2 marcas: B y C) y cinco mantecas hidrogenadas (marcas comerciales: D, E, F, G y H). En la tabla 1 se consigna lo declarado en el envase de cada una de las muestras analizadas.

Tabla 1. Descripción comercial de las muestras analizadas.

Table 1. Commercial description of the analyzed samples.

Muestra	Composición declarada en envase
Marca A	Aceite 100% de girasol.
Marca B	Aceite de girasol alto oleico (recomendado para freír).
Marca C	Aceite de girasol alto oleico (35%), aceite de girasol (35%), aceite de maíz (20%), aceite de canola (10%), vitamina E, ácido cítrico, dimetilpolixiloxano (recomendado para freír).
Marca D	Mezcla de grasas animales, aceites marinos hidrogenados, BHT como antioxidante y saborizante.
Marca E	Mezcla de grasas animales, aceites marinos hidrogenados, BHT como antioxidante.
Marca F	Mezcla de grasas animales, aceites marinos hidrogenados, BHT como antioxidante.
Marca G	Aceite marino hidrogenado, grasa animal, aceite vegetal hidrogenado, aceites vegetales, propilenglicol, TBHQ, ácido cítrico.
Marca H	Mezcla de grasas animales, aceites marinos hidrogenados, BHT como antioxidante.

Tratamiento aplicado a las muestras

El procedimiento experimental se inició con ciclos de calentamiento a una temperatura de $180 \pm 5^\circ\text{C}$ por períodos de 2,5 horas (h) a los 8 tipos de materias grasas analizadas hasta completar 50 h. El calentamiento de las muestras se realizó en frascos de vidrio de 500 ml, colocados sobre placas térmicas, registrando la temperatura de las muestras cada 15 minutos. Se recolectó muestras, en cantidad

necesaria para los análisis, cada 10 horas de calentamiento, hasta completar un ciclo de 50 h. Se obtuvieron resultados en los tiempos 0, 10, 20, 30, 40 y 50 h. Después de que el calentamiento fue realizado, los frascos fueron enfriados inmediatamente a temperatura ambiente y 10 ml de las muestras de aceite fueron recolectados y guardados para su posterior análisis en frascos color ámbar a 6°C. No se realizó reposición de las muestras al volumen inicial luego de retirar cantidades para efectuar los análisis, de manera de mantener la materia grasa sin variación y así observar los cambios en ellas bajo condiciones extremas de altas temperaturas. Todas las muestras fueron sometidas a análisis en estado inicial y en los tiempos indicados. Este procedimiento se realizó tres veces.

Determinaciones analíticas

Determinación del perfil en ácidos grasos

La composición en ácidos grasos se determinó por cromatografía gas líquido previa preparación de los ésteres metílicos según Norma española, UNE-EN ISO 5509, con utilización de hidróxido de sodio 0,5M para la saponificación, isooctano como solvente y Trifluoruro de Boro en Metanol como agente esterificante. Se empleó un Cromatógrafo gaseoso Perkin Elmer con columna BPX 70 (SGE) de 60 m de largo y 0,25 mm de diámetro interno, detector de ionización de llama y Helio como gas portador.

Los parámetros de operación fueron los siguientes: temperatura inyector 250°C en split, temperatura detector 250°C, temperatura columna 150°C por 5 minutos hasta 198°C por 20 minutos, con un aumento a 5°C por minuto, luego una segunda rampa de temperatura de 4°C por minuto hasta 220°C por un tiempo final de 10 minutos. Flujo gas portador de 1 ml por minuto y volumen de inyección 0,5 µl (1, 2).

Para la identificación de los ácidos grasos se empleó una mezcla de estándares de ácidos grasos, marca NuCheck Prep. Inc., y se compararon los tiempos de retención de los ácidos grasos de los patrones con los de las muestras. Cada determinación se realizó en duplicado, de esta forma se obtuvo el perfil porcentual de los ácidos grasos, expresados como porcentajes de ésteres metílicos (4).

Adicionalmente se propone para una próxima investigación un análisis espectroscópico de los residuales del ensayo para cuantificar la isomerización *trans*.

Prueba Colorimétrica Oxifrit®

Para la determinación de la estabilidad térmica se aplicó el ensayo Oxifrit® de Merck Chemicals en las condiciones establecidas por el fabricante, lo que determina la calidad del aceite según la escala "bien" (azul), "todavía bien" (verde), "cambiar" (verde oscuro) y "alterada" (verde aceitunado) (11).

Procesamiento de los datos

Los resultados son expresados como el promedio \pm la desviación estándar, de las tres repeticiones del ensayo de calentamiento. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza utilizando la prueba t de *student* para muestras pareadas con el fin de evaluar las diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios, usando Excel (6).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tablas 2 (pág. 158), 3 (pág. 159), 4 (pág. 160), 5 (pág. 161), 6 (pág. 162), 7 (pág. 163), 8 (pág. 164) y 9 (pág. 165), muestran la evolución del perfil en ácidos grasos ($x \pm ds$) y el resultado del ensayo de Oxifrit durante el calentamiento de 10, 20, 30, 40 y 50 h de todas las materias grasas analizadas.

Los aceites analizados (A, B y C) presentan una composición en ácidos grasos característica de materias grasas vegetales. La muestra A (aceite de girasol) presenta altos contenidos iniciales de ácido linoleico (C18: 2w6) y ácido oleico (C18: 1w9), 58,07 y 31,2 % respectivamente; en cambio, los aceites B y C, que corresponden a aceites modificados para freír, presentan valores más altos de ácido oleico de 74,58 y 48,88% respectivamente.

Acerca de los cambios durante el calentamiento, se puede apreciar una variación en el porcentaje relativo de algunos ácidos grasos luego de 20 h de calentamiento, con una pérdida de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y un aumento de los ácidos grasos saturados (AGS); es así como el aceite de girasol, utilizado como patrón, denota un aumento de 10,53 a 17,10% en los AGS y de un 31,2 a 36,99% en los ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y una disminución de los AGPI, en particular de ácido linoleico de un 58,07% a un 45,4%, luego de 50 h de calentamiento.

Por otra parte, el aceite B (girasol, alto oleico) presenta una pérdida importante en AGPI, de 15,37 a 9,22%, a las 30 h de calentamiento, tiempo el cual el ensayo de Oxifrit indica que el aceite debe ser cambiado. Asimismo, el ácido linoleico llega a valores de 5% con 50 h de calentamiento y, por ende, se produce un aumento de los AGS y AGM a 12,92 y 80,83% respectivamente. El aceite C presenta una pérdida menor de AGPI de alrededor de 10% y por lo tanto un aumento también menor de AGS y AGM.

Las muestras A y B evidenciaron presencia de isómeros *trans* durante el calentamiento, cercano a las 20 h, con aportes de ácido elaídico (C18: 1w9 *trans*) cercanos a 2%, pero que desaparecieron a las 40 h de calentamiento; la muestra C no mostró durante todo el estudio presencia de ácidos grasos *trans* (AGT).

Resultados similares obtuvieron en su investigación Tsuzuki *et al.* (15) puesto que diferentes tipos de aceites vegetales calentados a 180°C presentaron pequeños cambios en su perfil en ácidos grasos después de unas horas de calentamiento, los que se acrecentaron cuando los aceites fueron calentados a temperaturas superiores a 200°C; sin embargo, en estos aceites el contenido de AGT no supera el 1%, lo que ratificaría el pequeño impacto sobre este tipo de ácidos grasos al someter a calentamiento a aceites vegetales.

El resultado del ensayo de Oxifrit demuestra que el aceite de girasol (A) y el aceite C presentan una mayor estabilidad ya que permanecen en buenas condiciones hasta las 40 h de calentamiento; en cambio, el aceite B ya a las 30 h de calentamiento debe "cambiarse" según esta prueba.

Tabla 2. Perfil en ácidos grasos y resultado del ensayo de Oxifrit del Aceite A sometido a calentamiento. Se expresa en porcentaje de esteres metílicos.

Table 2. Fatty acid profile and result Oxifrit test during heating of Oil A. Expressed as a methyl esters percentages.

Calentamiento (h) Ácido graso (%)	0		10		20		30		40		50	
	Bien		Bien		Bien		Todavía bien		Todavía bien		Cambiar	
C12: 0	nd		0,42 ± 0,02 ^b		1,9 ± 0,07 ^c		0,8 ± 0,08 ^d		2,58 ± 0,12 ^e		0,48 ± 0,11 ^b	
C14: 0	nd		0,38 ± 0,01 ^b		0,41 ± 0,01 ^b		2,21 ± 0,02 ^c		nd		nd	
C16: 0	7,1 ± 0,98 ^a		9,05 ± 1,02 ^a		9,89 ± 1,08 ^b		8,73 ± 0,98 ^a		10,37 ± 0,87 ^b		10,31 ± 1,07 ^b	
C16: 1 ω7	nd											
C18: 0	3,12 ± 0,74 ^a		2,05 ± 0,69 ^a		4,02 ± 0,55 ^a		3,8 ± 0,56 ^a		4,2 ± 0,97 ^a		6,04 ± 0,89 ^b	
C18: 1 ω9	31,2 ± 1,08 ^a		30,51 ± 2,03 ^a		32,15 ± 1,08 ^a		32,4 ± 1,28 ^a		37,23 ± 2,04 ^b		36,99 ± 1,97 ^b	
C 18: 1 ω9 trans	nd		0,6 ± 0,08 ^a		2,02 ± 0,78		0,48 ± 0,46 ^a		nd		nd	
C18: 2 ω6	58,07 ± 2,07		56,43 ± 3,01		48,73 ± 1,87 ^b		50,75 ± 2,07 ^b		45,3 ± 2,25 ^b		45,4 ± 1,78 ^b	
C18: 2 ω6 trans total	nd		nd		0,34 ± 0,09		0,42 ± 0,08		nd		0,51 ± 0,01	
C18: 3 ω3	0,2 ± 0,01		0,18 ± 0,02		0,21 ± 0,01		nd		nd		nd	
C 18: 3 ω3 trans total	nd											
C20: 0	0,21 ± 0,02 ^a		0,18 ± 0,04 ^a		0,18 ± 0,01 ^a		0,23 ± 0,01 ^a		0,2 ± 0,04 ^a		0,15 ± 0,06 ^a	
C22: 0	0,1 ± 0,04 ^a		0,2 ± 0,05 ^a		0,15 ± 0,08 ^a		0,18 ± 0,0 ^a		0,12 ± 0,12 ^a		0,12 ± 0,07 ^a	
AGS	10,53 ± 1,23^a		12,28 ± 1,23^a		16,55 ± 1,21^b		15,95 ± 1,13^b		17,47 ± 1,30^b		17,1 ± 1,40^b	
AGM	31,2 ± 1,08^a		30,51 ± 2,03^a		32,15 ± 1,08^a		32,4 ± 1,28^a		37,23 ± 2,04^b		36,99 ± 1,97^b	
AGPI	58,07 ± 2,07^a		56,43 ± 3,01^a		48,73 ± 1,87^b		50,75 ± 2,07^b		45,3 ± 2,25^c		45,4 ± 1,78^c	
AGT	nd		0,6 ± 0,08^b		2,36 ± 0,78^c		0,9 ± 0,47^d		nd		0,51 ± 0,01^b	

a Cada valor es el promedio de $n \pm D.S$, $n = 3$, análisis en duplicado.

nd no detectado. Promedios en una misma fila sin letras comunes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

a Each value is means of $n \pm D.S$, $n = 3$, duplicate analyses.

nd not detected. Symbols bearing different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Tabla 3. Perfil en ácidos grasos y resultado del ensayo de Oxifrit del Aceite B sometido a calentamiento. Se expresa en porcentaje de esteres metílicos.**Table 3.** Fatty acid profile and result Oxifrit test during heating of Oil B. Expressed as a methyl esters percentages.

Calentamiento (h) Ácido graso (%)	0		10		20		30		40		50	
	Bien	nd	Bien	nd	Todavía bien	nd	Cambiar	nd	Cambiar	nd	Alterada	nd
C12:0	nd	nd										
C14:0	nd	nd										
C16:0	6,95 ± 1,08 ^a	nd	5,97 ± 0,99 ^a	nd	5,49 ± 1,24 ^a	nd	5,69 ± 0,84 ^a	nd	6,69 ± 1,06 ^a	nd	6,91 ± 1,23 ^a	nd
C16:1 ω9	0,34 ± 0,12 ^a	nd	0,35 ± 0,09 ^a	nd	0,42 ± 0,08 ^a	nd	0,28 ± 0,04 ^a	nd	0,16 ± 0,08 ^a	nd	0,16 ± 0,08 ^a	nd
C17:0	nd	nd										
C18:0	2,46 ± 1,28 ^a	nd	3,44 ± 1,68 ^a	nd	3,62 ± 0,97 ^a	nd	3,31 ± 0,87 ^a	nd	4,4 ± 1,02 ^a	nd	5,67 ± 0,87 ^b	nd
C18:1 ω9	74,58 ± 2,08 ^a	nd	75,48 ± 2,07 ^a	nd	77,07 ± 1,87 ^a	nd	81,19 ± 2,45 ^b	nd	79,69 ± 2,04 ^b	nd	80,67 ± 2,13 ^b	nd
C 18:1 ω9 trans	nd	nd	nd	nd	1,51 ± 0,12 ^b	nd	nd	nd	1,66 ± 0,14 ^b	nd	1,25 ± 0,24 ^b	nd
C18:2 ω6	15,37 ± 2,89 ^a	nd	14,48 ± 1,89 ^a	nd	11,67 ± 1,06 ^a	nd	9,22 ± 0,78 ^b	nd	7,15 ± 0,97 ^c	nd	5 ± 0,96 ^c	nd
C18:2 ω6 trans total	nd	nd										
C18:3 ω3	nd	nd										
C 18:3 ω3 trans total	nd	nd										
C20:0	0,2 ± 0,02 ^a	nd	0,18 ± 0,08 ^a	nd	0,12 ± 0,07 ^a	nd	0,2 ± 0,07 ^a	nd	0,15 ± 0,02 ^a	nd	0,15 ± 0,05 ^a	nd
C22:0	0,1 ± 0,01 ^a	nd	0,1 ± 0,01 ^a	nd	0,1 ± 0,0 ^a	nd	0,11 ± 0,01 ^a	nd	0,1 ± 0,01 ^a	nd	0,19 ± 0,01 ^a	nd
AGS	9,71 ± 1,67^a	nd	9,69 ± 1,38^a	nd	9,33 ± 1,57^a	nd	9,31 ± 0,84^a	nd	11,34 ± 1,47^a	nd	12,92 ± 1,51^a	nd
AGM	74,92 ± 2,08^a	nd	75,83 ± 2,07^a	nd	77,49 ± 1,87^a	nd	81,47 ± 2,45^b	nd	79,85 ± 2,04^b	nd	80,83 ± 2,13^b	nd
AGPI	15,37 ± 2,89^a	nd	14,48 ± 1,89^a	nd	11,67 ± 1,06^a	nd	9,22 ± 0,78^b	nd	7,15 ± 0,97^c	nd	5 ± 0,96^c	nd
AGT	nd	nd	nd	nd	1,51 ± 0,12^b	nd	nd	nd	1,66 ± 0,14^b	nd	1,25 ± 0,24^b	nd

a Cada valor es el promedio de $n \pm D.S.$, $n = 3$, análisis en duplicado.

nd no detectado. Promedios en una misma fila sin letras comunes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

a Each value is means of $n \pm D.S.$, $n = 3$, duplicate analyses.

nd not detected. Symbols bearing different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Tabla 4. Perfil en ácidos grasos y resultado del ensayo de Oxifrit del Aceite C sometido a calentamiento. Se expresa en porcentaje de esteres metílicos.

Table 4. Fatty acid profile and result Oxifrit test during heating of Oil C. Expressed as a methyl esters percentages.

Calentamiento (h) Ácido graso (%)	0		10		20		30		40		50	
	Bien	nd	Bien	nd	Bien	nd	Todavía bien	nd	Todavía bien	nd	Cambiar	nd
C12:0	nd											
C14:0	nd											
C16:0	6,68 ± 0,89 ^a	7,8 ± 1,02 ^a	8,09 ± 0,76 ^a	8,09 ± 0,76 ^a	8,09 ± 0,76 ^a	8,09 ± 0,76 ^a	7,22 ± 0,74 ^a	7,22 ± 0,74 ^a	8,16 ± 0,89 ^a	8,16 ± 0,89 ^a	8,2 ± 1,00 ^a	8,2 ± 1,00 ^a
C16:1 ω9	0,21 ± 0,07 ^a	0,19 ± 0,04 ^a	0,2 ± 0,07 ^a	0,2 ± 0,07 ^a	0,2 ± 0,07 ^a	0,2 ± 0,07 ^a	0,22 ± 0,12 ^a	0,22 ± 0,12 ^a	0,15 ± 0,04 ^a	0,15 ± 0,04 ^a	0,17 ± 0,04 ^a	0,17 ± 0,04 ^a
C17:0	nd											
C18:0	2,25 ± 1,07 ^a	2,08 ± 0,45 ^a	2,5 ± 0,39 ^a	2,5 ± 0,39 ^a	2,5 ± 0,39 ^a	2,5 ± 0,39 ^a	2,4 ± 0,74 ^a	2,4 ± 0,74 ^a	2,58 ± 0,45 ^a	2,58 ± 0,45 ^a	3,8 ± 0,97 ^a	3,8 ± 0,97 ^a
C18:1 ω9	48,88 ± 1,74 ^a	50,78 ± 1,98 ^a	51,52 ± 2,04 ^a	53,35 ± 1,25 ^b	53,35 ± 1,25 ^b	54,7 ± 1,78 ^b	54,7 ± 1,78 ^b	55,48 ± 1,65 ^b	55,48 ± 1,65 ^b			
C 18:1 ω9 trans	nd											
C18:2 ω6	40,4 ± 2,04 ^a	38,05 ± 1,45 ^a	36,39 ± 2,01 ^a	35,6 ± 1,36 ^b	35,6 ± 1,36 ^b	33,31 ± 2,47 ^c	33,31 ± 2,47 ^c	31,45 ± 1,97 ^c	31,45 ± 1,97 ^c			
C18:2 ω6 trans total	nd											
C18:3 ω3	1,38 ± 0,05 ^a	0,87 ± 0,14 ^b	1,00 ± 0,19 ^b	0,94 ± 0,17 ^b	0,94 ± 0,17 ^b	0,83 ± 0,09 ^b	0,83 ± 0,09 ^b	0,64 ± 0,14 ^b	0,64 ± 0,14 ^b			
C 18:3 ω3 trans total	nd											
C20:0	0,1 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,05 ^a	0,18 ± 0,04 ^a	0,17 ± 0,02 ^a	0,17 ± 0,02 ^a	0,15 ± 0,04 ^a	0,15 ± 0,04 ^a	0,14 ± 0,07 ^a	0,14 ± 0,07 ^a			
C22:0	0,1 ± 0,07 ^a	0,11 ± 0,04 ^a	0,12 ± 0,10 ^a	0,1 ± 0,09 ^a	0,1 ± 0,09 ^a	0,12 ± 0,08 ^a	0,12 ± 0,08 ^a	0,12 ± 0,07 ^a	0,12 ± 0,07 ^a			
AGS	9,13 ± 1,39^a	10,11 ± 1,12^a	10,8 ± 0,86^a	10,8 ± 0,86^a	10,8 ± 0,86^a	10,8 ± 0,86^a	9,89 ± 1,85^a	9,89 ± 1,85^a	11,01 ± 1,00^a	11,01 ± 1,00^a	12,26 ± 1,39^a	12,26 ± 1,39^a
AGM	49,09 ± 1,74^a	50,97 ± 1,98^a	51,62 ± 2,04^a	51,62 ± 2,04^a	51,62 ± 2,04^a	51,62 ± 2,04^a	53,57 ± 1,25^b	53,57 ± 1,25^b	54,85 ± 1,78^b	54,85 ± 1,78^b	55,65 ± 1,65^b	55,65 ± 1,65^b
AGPI	41,78 ± 2,04^a	38,92 ± 1,45^a	37,58 ± 2,01^a	37,58 ± 2,01^a	37,58 ± 2,01^a	37,58 ± 2,01^a	36,54 ± 1,37^b	36,54 ± 1,37^b	34,14 ± 2,47^b	34,14 ± 2,47^b	32,09 ± 1,97^c	32,09 ± 1,97^c
AGT	nd											

^a Cada valor es el promedio de $n \pm D.S$, $n = 3$, análisis en duplicado.

nd no detectado. Promedios en una misma fila sin letras comunes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

^a Each value is means of $n \pm D.S$, $n = 3$, duplicate analyses.

nd not detected. Symbols bearing different letters in the same row are significantly different ($p < 0,05$).

Tabla 5. Perfil en ácidos grasos y resultado del ensayo de Oxifrit de la Manteca D sometido a calentamiento. Se expresa en porcentaje de esteres metílicos.**Table 5.** Fatty acid profile and result Oxifrit test during heating of Hydrogenated fat D. Expressed as a methyl esters percentages.

Calentamiento (h) Ácido graso (%)	0		10		20		30		40		50	
	Bien		Bien		Todavía bien		Todavía bien		Cambiar		Cambiar	
C12:0	1,02 ± 0,04 ^a		0,6 ± 0,05 ^a		0,73 ± 0,08 ^b		0,81 ± 0,15 ^a		0,81 ± 0,17 ^a		1,07 ± 0,97 ^a	
C14:0	4,88 ± 0,87 ^a		4,32 ± 0,07 ^a		4,97 ± 0,08 ^a		5,73 ± 0,07 ^a		5,48 ± 0,15 ^a		6,84 ± 0,16	
C16:0	21,88 ± 1,02 ^a		21,87 ± 1,26 ^a		23,51 ± 1,13 ^a		25,45 ± 1,78 ^b		24,61 ± 1,09 ^b		28,55 ± 0,99 ^c	
C16:1 ω9	1,47 ± 0,85 ^a		1,73 ± 0,45 ^a		1,28 ± 0,37 ^a		0,64 ± 0,14 ^a		1,52 ± 0,98 ^a		0,7 ± 0,45 ^a	
C 16:1 ω9 trans	1,52 ± 0,7 ^a	8	1,61 ± 0,68 ^a		2,03 ± 0,59 ^a		1,38 ± 0,73 ^a		2,25 ± 0,97 ^a		1,5 ± 0,86 ^a	
C17:0	0,84 ± 0,01 ^a		0,92 ± 0,02 ^a		0,76 ± 0,18 ^a		0,93 ± 0,16 ^a		1,04 ± 0,25 ^a		1,14 ± 0,19 ^a	
C18:0	12,06 ± 1,08 ^a		12,52 ± 2,01 ^a		13,54 ± 1,64 ^a		13,05 ± 1,78 ^a		13,78 ± 0,94 ^a		14,51 ± 0,67 ^b	
C18:1 ω9	26,83 ± 2,08 ^a		26,69 ± 1,97 ^a		25,26 ± 2,14 ^a		26,55 ± 0,79 ^a		26,95 ± 1,08 ^a		23,94 ± 1,47 ^a	
C 18:1 ω9 trans	20,69 ± 0,97 ^a		20,61 ± 0,57 ^a		20,76 ± 1,08 ^a		19,14 ± 1,07 ^a		17,77 ± 1,47 ^b		19,13 ± 0,98 ^a	
C18:2 ω6	6,93 ± 0,98		6,37 ± 0,97		4,86 ± 0,94		5,16 ± 0,67		3,8 ± 0,47 ^b		1,96 ± 0,46 ^c	
C18:2 ω6 trans total	1,56 ± 0,08 ^a		2,29 ± 0,14 ^b		1,95 ± 0,18 ^b		1,06 ± 0,14 ^c		1,88 ± 0,08 ^b		0,56 ± 0,14 ^d	
C18:3 ω3	0,2 ± 0,02 ^a		0,33 ± 0,05 ^a		0,25 ± 0,08 ^a		nd		nd		nd	
C 18:3 ω3 trans total	nd		nd		nd		nd		nd		nd	
C20:0	0,12 ± 0,0 ^a		0,14 ± 0,01 ^a		0,1 ± 0,0 ^a		0,1 ± 0,01 ^a		0,11 ± 0,0 ^a		0,1 ± 0,0 ^a	
C22:0	nd		nd		nd		nd		nd		nd	
AGS	40,8 ± 1,72^a		40,37 ± 2,37^a		43,61 ± 2,00^a		46,07 ± 2,53^b		45,83 ± 1,48^b		52,21 ± 1,56^c	
AGM	28,3 ± 2,24^a		28,42 ± 2,02^a		26,54 ± 2,17^a		27,19 ± 0,80^a		28,47 ± 1,46^a		24,64 ± 1,54^a	
AGPI	7,13 ± 0,98^a		6,7 ± 0,97^a		5,11 ± 0,94^a		5,16 ± 0,67^a		3,8 ± 0,47^b		1,96 ± 0,46^c	
AGT	23,77 ± 0,97^a		24,51 ± 0,58^a		24,74 ± 1,09^a		21,58 ± 1,07^a		21,9 ± 1,47^a		21,19 ± 0,99^b	

a Cada valor es el promedio de $n \pm D.S.$, $n = 3$, análisis en duplicado.

nd no detectado. Promedios en una misma fila sin letras comunes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

a Each value is means of $n \pm D.S.$, $n = 3$, duplicate analyses.

nd not detected. Symbols bearing different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Tabla 6. Perfil en ácidos grasos y resultado del ensayo de Oxifrit de la Manteca E sometido a calentamiento. Se expresa en porcentaje de esteres metílicos.

Table 6. Fatty acid profile and result Oxifrit test during heating of Hydrogenated fat E. Expressed as a methyl esters percentages.

Calentamiento (h) Ácido graso (%)	0	10	20	30	40	50
	Bien	Bien	Todavía bien	Todavía bien	Cambiar	Alterado
C12:0	0,66 ± 0,04 ^a	0,44 ± 0,14 ^a	0,43 ± 0,12 ^b	0,52 ± 0,09 ^a	0,68 ± 0,08 ^a	0,42 ± 0,014 ^b
C14:0	3,79 ± 0,98 ^a	5,53 ± 0,58 ^a	5,33 ± 0,32 ^a	5,44 ± 0,36 ^a	5,69 ± 0,98 ^a	5,0 ± 0,68 ^a
C16:0	19,71 ± 1,58 ^a	22,79 ± 2,01 ^a	22,72 ± 1,45 ^a	23,08 ± 0,98 ^b	24,19 ± 0,99 ^b	24,91 ± 1,17 ^b
C16:1 ω9	1,8 ± 0,08 ^a	2,48 ± 0,04 ^a	1,41 ± 0,08 ^a	1,52 ± 0,14 ^a	1,98 ± 0,25 ^a	1,11 ± 0,47 ^a
C16:1 ω9 trans	nd	2,42 ± 1,05 ^a	2,58 ± 1,25 ^a	2,54 ± 0,47 ^a	2,63 ± 0,78 ^a	0,87 ± 0,04 ^b
C17:0	0,9 ± 0,01 ^a	1,02 ± 0,02 ^b	1,15 ± 0,012 ^b	1,05 ± 0,023 ^b	1,07 ± 0,01 ^b	1,1 ± 0,04 ^b
C18:0	11,08 ± 1,98 ^a	11,46 ± 1,47 ^a	11,93 ± 2,04 ^a	13,98 ± 1,12 ^a	14,71 ± 1,14 ^a	16,89 ± 1,09 ^b
C18:1 ω9	30,21 ± 2,04 ^a	24,55 ± 2,07 ^b	28,34 ± 2,31 ^a	28,22 ± 1,98 ^a	27,29 ± 1,78 ^a	27,0 ± 2,04 ^a
C 18:1 ω9 trans	20,98 ± 1,98 ^a	21,18 ± 2,04 ^a	19,91 ± 1,09 ^a	19,17 ± 1,15 ^a	19,91 ± 1,31 ^a	20,99 ± 1,15 ^a
C18:2 ω6	9,08 ± 1,02 ^a	4,37 ± 0,45 ^b	4,32 ± 0,21 ^b	4,04 ± 0,24 ^b	1,65 ± 0,35 ^b	1,61 ± 0,21 ^b
C18:2 ω6 trans total	0,93 ± 0,12 ^a	3,05 ± 0,32 ^b	1,28 ± 0,21 ^c	nd	nd	nd
C18:3 ω3	0,49 ± 0,21 ^a	0,49 ± 0,15 ^a	0,4 ± 0,08 ^a	0,24 ± 0,05 ^a	nd	nd
C 18:3 ω3 trans total	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C20:0	0,25 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,04 ^b	0,1 ± 0,05 ^b	0,11 ± 0,06 ^b	0,1 ± 0,03 ^b	0,02 ± 0,00 ^b
C22:0	0,12 ± 0,04 ^a	0,1 ± 0,0 ^a	0,1 ± 0,0 ^a	0,09 ± 0,0 ^a	0,1 ± 0,0 ^a	0,08 ± 0,0 ^a
AGS	36,51 ± 2,56^a	41,46 ± 2,52^a	41,76 ± 1,53^b	44,27 ± 1,80^c	46,54 ± 1,80^c	48,42 ± 1,74^d
AGM	32,01 ± 2,04^a	27,03 ± 2,07^a	29,75 ± 2,31^a	29,74 ± 1,98^a	29,27 ± 1,79^a	28,11 ± 2,09^b
AGPI	9,57 ± 0,47^a	4,86 ± 0,22^b	4,72 ± 0,22^b	4,28 ± 0,24^b	1,65 ± 0,35^c	1,61 ± 0,21^c
AGT	21,91 ± 1,98^a	26,65 ± 2,31^a	23,77 ± 1,67^a	21,71 ± 1,24^a	22,54 ± 1,52^a	21,86 ± 1,15^a

^a Cada valor es el promedio de n ± D.S, n = 3, análisis en duplicado.

nd no detectado. Promedios en una misma fila sin letras comunes son significativamente diferentes (p < 0,05).

^a Each value is means of n ± D.S, n = 3, duplicate analyses.

nd not detected. Symbols bearing different letters in the same row are significantly different (p < 0.05).

Tabla 7. Perfil en ácidos grasos y resultado del ensayo de Oxifrit de la Manteca F sometido a calentamiento. Se expresa en porcentaje de esteres metílicos.**Table 7.** Fatty acid profile and result Oxifrit test during heating of Hydrogenated fat E. Expressed as a methyl esters percentages.

Calentamiento (h) Ácido graso (%)	0		10		20		30		40		50	
	Bien		Bien		Todavía bien		Todavía bien		Cambiar		Alterada	
C12:0	0,35 ± 0,02 ^a		0,47 ± 0,12 ^a		0,62 ± 0,15 ^b		0,51 ± 0,14 ^a		0,46 ± 0,12 ^a		0,78 ± 0,12 ^b	
C14:0	2,74 ± 1,02 ^a		4,8 ± 1,04 ^a		5,64 ± 1,05 ^b		5,22 ± 1,12 ^b		4,45 ± 1,14 ^a		7,32 ± 1,18 ^b	
C16:0	18,18 ± 2,54 ^a		20,23 ± 1,98 ^a		24,73 ± 1,57 ^b		24,1 ± 2,04 ^b		22,2 ± 2,18 ^a		25,58 ± 2,98 ^b	
bC16:1 ω9	1,75 ± 0,08 ^a		1,9 ± 0,12 ^a		1,16 ± 0,14 ^b		1,5 ± 0,01 ^c		1,35 ± 0,04 ^d		1,23 ± 0,05 ^d	
C16:1 ω9 trans	0,76 ± 0,14 ^a		1,73 ± 0,17 ^b		2,48 ± 0,45 ^c		2,47 ± 0,68 ^c		1,8 ± 0,58 ^b		2,31 ± 0,49 ^c	
C17:0	0,89 ± 0,05 ^a		0,76 ± 0,04 ^b		0,48 ± 0,07 ^b		0,12 ± 0,06 ^c		0,2 ± 0,07 ^c		0,35 ± 0,04 ^c	
C18:0	9,19 ± 1,07 ^a		10,89 ± 1,21 ^a		11,44 ± 0,97 ^a		11,1 ± 1,02 ^a		13,62 ± 1,13 ^b		14,32 ± 0,09 ^b	
C18:1 ω9	35,75 ± 2,05 ^a		26,05 ± 1,87 ^b		25,74 ± 1,27 ^b		27,33 ± 1,36 ^b		34,49 ± 1,46 ^a		26,79 ± 2,05 ^b	
C 18:1 ω9 trans	14,25 ± 2,04 ^a		16,85 ± 1,98 ^a		18,77 ± 0,97 ^b		17 ± 2,04 ^a		12,53 ± 1,98 ^a		18,09 ± 1,96 ^a	
C18:2 ω6	13,89 ± 2,05 ^a		12,77 ± 1,65 ^a		7,11 ± 1,08 ^b		7,36 ± 1,12 ^b		6,07 ± 0,97 ^b		1,24 ± 0,94 ^c	
C18:2 ω6 trans total	0,71 ± 0,08 ^a		2,25 ± 0,58		0,39 ± 0,07		1,11 ± 0,06		1,54 ± 0,14		0,57 ± 0,18	
C18:3 ω3	0,51 ± 0,02		0,23 ± 0,05 ^b		0,14 ± 0,06 ^b		0,6 ± 0,07 ^a		0,62 ± 0,08 ^a		0,51 ± 0,04 ^a	
C 18:3 ω3 trans total	0,5 ± 0,05 ^a		0,2 ± 0,0 ^b		0,23 ± 0,0 ^b		0,54 ± 0,01 ^a		0,27 ± 0,01 ^b		0,12 ± 0,0 ^b	
C20:0	0,29 ± 0,05 ^a		0,48 ± 0,04 ^b		0,64 ± 0,05 ^b		0,62 ± 0,04 ^b		0,21 ± 0,06 ^a		0,48 ± 0,12 ^a	
C22:0	0,24 ± 0,05		0,39 ± 0,04		0,43 ± 0,08		0,42 ± 0,05		0,19 ± 0,05		0,31 ± 0,01	
AGS	22,69 ± 2,94^a		27,13 ± 2,54^a		32,54 ± 2,13^b		30,99 ± 5,24^a		27,71 ± 2,71^a		39,82 ± 3,21^b	
AGM	37,5 ± 2,05^a		27,95 ± 1,87^b		26,9 ± 1,28^b		28,83 ± 1,36^b		35,84 ± 1,46^a		23,02 ± 2,05^c	
AGPI	14,4 ± 2,05^a		13 ± 1,65^a		7,25 ± 1,08^b		7,96 ± 1,12^b		6,69 ± 0,97^b		1,75 ± 0,94^c	
AGT	15,46 ± 2,04^a		19,3 ± 1,99^a		19,39 ± 1,07^b		18,65 ± 2,15^a		14,34 ± 2,06^a		18,78 ± 1,96^a	

a Cada valor es el promedio de $n \pm D.S$, $n = 3$, análisis en duplicado.
nd no detectado. Promedios en una misma fila sin letras comunes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

a Each value is means of $n \pm D.S$, $n = 3$, duplicate analyses.
nd not detected. Symbols bearing different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Tabla 8. Perfil en ácidos grasos y resultado del ensayo de Oxifrit de la Manteca G sometido a calentamiento. Se expresa en porcentaje de esteres metílicos.

Table 8. Fatty acid profile and result Oxifrit test during heating of Hydrogenated fat G. Expressed as a methyl esters percentages.

Calentamiento (h) Ácido graso (%)	0		10		20		30		40		50	
	Bien		Bien		Bien		Todavía bien		Cambiar		Cambiar	
C12:0	0,91 ± 0,02 ^a		1,01 ± 0,05 ^a		0,96 ± 0,04 ^a		1,92 ± 0,14 ^b		1,32 ± 0,28 ^a		1,52 ± 0,24 ^c	
C14:0	0,3 ± 0,02 ^a		0,21 ± 0,08 ^a		0,13 ± 0,04 ^b		0,12 ± 0,08 ^b		0,74 ± 0,12 ^c		0,53 ± 0,14 ^a	
C16:0	11 ± 0,99 ^a		12,31 ± 1,07 ^a		11,42 ± 1,21 ^a		15,55 ± 1,14 ^b		15,07 ± 1,36 ^b		15,21 ± 1,14 ^b	
C16:1 ω9	0,57 ± 0,12 ^a		0,42 ± 0,15 ^a		0,52 ± 0,15 ^a		0,28 ± 0,14 ^a		0,19 ± 0,08 ^b		0,38 ± 0,1 ^a 3	
C16:1 ω9 trans	0,21 ± 0,08 ^a		0,14 ± 0,06 ^a		0,08 ± 0,0 ^b		0,07 ± 0,0 ^b		0,12 ± 0,01 ^a		0,28 ± 0,03 ^a	
C17:0	0,75 ± 0,14 ^a		0,47 ± 0,02 ^a		0,29 ± 0,06 ^b		0,69 ± 0,04 ^a		0,75 ± 0,05 ^a		0,74 ± 0,05 ^a	
C18:0	8,85 ± 0,98 ^a		8,63 ± 1,02 ^a		9,83 ± 0,67 ^a		10,14 ± 0,97 ^a		10,42 ± 1,02 ^a		10,69 ± 0,79 ^a	
C18:1 ω9	41,24 ± 2,07 ^a		36,52 ± 1,89 ^b		41,01 ± 1,7 ^a 5		36,85 ± 1,48 ^b		36,37 ± 1,73 ^b		40,82 ± 0,98 ^a	
C 18:1 ω9 trans	27,24 ± 1,05 ^a		23,4 ± 1,58 ^b		24,57 ± 1,75 ^a		27,07 ± 1,68 ^a		29,13 ± 1,02 ^a		25,17 ± 1,20 ^a	
C18:2 ω6	6,32 ± 0,97 ^a		11,58 ± 1,02 ^b		9,19 ± 0,98 ^a		3,24 ± 0,25 ^a		3 ± 0,89 ^a		2,4 ± 0,45 ^a	
C18:2 ω6 trans total	2,35 ± 0,58 ^a		5,03 ± 0,69 ^b		2,04 ± 0,47 ^a		3,5 ± 0,75 ^a		2,63 ± 0,6 ^a 4		2,01 ± 0,48 ^a	
C18:3 ω3	nd		nd		nd		nd		nd		nd	
C 18:3 ω3 trans total	nd		nd		nd		nd		nd		nd	
C20:0	0,12 ± 0,0 ^a		0,19 ± 0,02 ^a		0,27 ± 0,04 ^a		0,36 ± 0,12 ^a		0,1 ± 0,01 ^a		0,14 ± 0,0 ^a	
C22:0	0,14 ± 0,0 ^a		0,09 ± 0,0 ^a		0,21 ± 0,12 ^a		0,21 ± 0,05 ^a		0,16 ± 0,06 ^a		0,11 ± 0,02 ^a	
AGS	13,22 ± 1,40 ^a		14,28 ± 1,48 ^a		13,28 ± 1,39 ^a		18,85 ± 1,00 ^b		18,14 ± 1,07 ^b		18,25 ± 0,85 ^b	
AGM	41,81 ± 2,0 ^a 7		36,94 ± 1,89 ^b		41,53 ± 1,76 ^a		37,13 ± 1,49 ^b		36,56 ± 1,73 ^b		41,2 ± 1,99 ^a	
AGPI	6,32 ± 0,97 ^a		11,58 ± 1,02 ^b		9,19 ± 0,98 ^b		3,24 ± 0,25 ^c		3,00 ± 0,89 ^c		2,4 ± 0,45	
AGT	29,8 ± 1,20 ^a		28,57 ± 1,72 ^a		26,69 ± 1,81 ^a		30,64 ± 1,83 ^a		31,88 ± 1,20 ^a		27,46 ± 1,29 ^a	

^a Cada valor es el promedio de $n \pm D.S$, $n = 3$, análisis en duplicado.

nd no detectado. Promedios en una misma fila sin letras comunes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

^a Each value is means of $n \pm D.S$, $n = 3$, duplicate analyses.

nd not detected. Symbols bearing different letters in the same row are significantly different ($p < 0,05$).

Tabla 9. Perfil en ácidos grasos y resultado del ensayo de Oxifrit de la Manteca H sometido a calentamiento. Se expresa en porcentaje de esteres metílicos.**Table 9.** Fatty acid profile and result Oxifrit test during heating of hydrogenated fat H. Expressed as a methyl esters percentages.

Calentamiento (h) Acido graso(%)	0		10		20		30		40		50	
	Bien		Bien		Todavía bien		Todavía bien		Cambiar		Cambiar	
C12:0	0,72 ± 0,02 ^a	0,71 ± 0,15 ^a	2,08 ± 0,16 ^b	1,28 ± 0,25 ^c	1,01 ± 0,09 ^c	1,21 ± 0,12 ^c						
C14:0	6,36 ± 0,01 ^a	4,88 ± 1,89 ^a	4,52 ± 2,04 ^a	5,81 ± 2,07 ^a	6,51 ± 1,67 ^a	7,77 ± 1,43 ^a						
C16:0	24,57 ± 1,65 ^a	21,52 ± 2,05 ^a	22,05 ± 2,19 ^a	25,74 ± 1,97 ^a	28,42 ± 1,99 ^a	31,4 ± 2,01						
C16:1 ω9	0,83 ± 0,02 ^a	1,29 ± 0,09 ^b	1,68 ± 0,15 ^v	1,57 ± 0,04 ^c	1,41 ± 0,01 ^c	1,04 ± 0,05 ^d						
C16:1 ω9 trans	2,23 ± 0,98 ^a	2,14 ± 0,65 ^a	2,4 ± 1,01 ^a	0,63 ± 0,05 ^b	2,29 ± 0,06 ^a	1,05 ± 0,05 ^c						
C17:0	0,21 ± 0,01 ^a	0,19 ± 0,0 ^c	0,25 ± 0,06 ^a	0,24 ± 0,04 ^a	0,27 ± 0,12 ^a	0,2 ± 0,04 ^a						
C18:0	11,45 ± 1,52 ^a	11,43 ± 1,08 ^a	12,56 ± 0,98 ^a	13,99 ± 0,25 ^b	14,28 ± 0,98 ^a	14,82 ± 1,09 ^b						
C18:1 ω9	25,33 ± 1,69 ^a	22,47 ± 1,45 ^a	25,01 ± 1,98 ^a	26,28 ± 1,24 ^a	23,53 ± 1,03 ^a	23,14 ± 1,18 ^a						
C 18:1 ω9 trans	20,01 ± 2,00 ^a	24,92 ± 1,78 ^b	18,85 ± 0,98 ^a	16,85 ± 1,25 ^a	18,88 ± 1,45 ^a	17,98 ± 0,98 ^a						
C18:2 ω6	5,5 ± 0,98 ^a	8,39 ± 0,68 ^b	7,05 ± 0,78 ^a	6,28 ± 0,98 ^a	2,05 ± 1,04 ^c	1,16 ± 0,78 ^c						
C18:2 ω6 trans total	1,9 ± 0,25 ^a	0,9 ± 0,56 ^b	2,68 ± 0,85 ^a	0,99 ± 0,14 ^b	1,05 ± 0,16 ^b	nd ^c						
C18:3 ω3	0,53 ± 0,14 ^a	0,52 ± 0,10 ^a	0,49 ± 0,10 ^a	nd ^b	nd ^b	nd ^b						
C 18:3 ω3 trans total	0,12 ± 0,01 ^a	0,32 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,0 ^b	nd ^c	nd ^c	nd ^c						
C20:0	0,14 ± 0,05 ^a	0,19 ± 0,08 ^a	0,14 ± 0,01 ^a	0,15 ± 0,01 ^a	0,17 ± 0,03 ^a	0,14 ± 0,05 ^a						
C22:0	0,1 ± 0,0 ^a	0,13 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,04 ^a	0,19 ± 0,04 ^a	0,13 ± 0,06 ^a	0,09 ± 0,04 ^a						
AGS	43,55 ± 1,54^a	39,05 ± 2,18^b	41,76 ± 2,27^a	47,4 ± 2,10^a	50,79 ± 1,94^c	55,63 ± 1,80^d						
AGM	26,16 ± 1,69^a	23,76 ± 1,45^a	26,69 ± 0,99^a	27,85 ± 1,24^a	24,94 ± 1,03^a	24,18 ± 1,18^a						
AGPI	6,03 ± 0,99^a	8,91 ± 0,69^b	7,54 ± 0,92^a	6,28 ± 0,98^a	2,05 ± 1,04^c	1,16 ± 0,78^d						
AGT	24,26 ± 2,27^a	28,28 ± 1,89^a	24,01 ± 1,40^a	18,47 ± 1,25^b	22,22 ± 1,45^a	19,03 ± 0,98^b						

^a Cada valor es el promedio de n ± D.S, n = 3, análisis en duplicado.

nd no detectado. Promedios en una misma fila sin letras comunes son significativamente diferentes (p < 0,05).

^a Each value is means of n ± D.S, n = 3, duplicate analyses.

nd not detected. Symbols bearing different letters in the same row are significantly different (p < 0.05).

Las mantecas hidrogenadas en estudio (D, E, F, G y H) presentan inicialmente una composición en ácidos grasos característica de mezclas de grasas vegetales y animales hidrogenadas. Es así como las mantecas D, E y H presentan altos porcentajes de AGS, cercanos al 40%, contenidos algo menores de AGM, 30% y bajos aportes de AGPI menores a un 9%, además de contenidos de AGT cercanos al 24%. Por otra parte, la muestra F presenta un aporte de AGM, próximo al 40%, y por ende un valor más bajo de AGS de un 22,69% destaca en esta muestra contenidos más altos de AGPI, 14,4%, y de un 15,46% de AGT. La manteca G también es algo diferente, ya que presenta muy bajo aporte de AGS, de 13,22%, y alto contenido de AGM y AGT de 41,81% y 29,8% respectivamente. Materias grasas con altos contenidos en AGS deberían presentar una mayor estabilidad oxidativa cuando son sometidas a altas temperaturas que aquellas que tienen un mayor aporte de AGPI, en especial de ácido linoleico y linolénico, por lo que se esperaría que las mantecas D, E y H fueran más estables que las otras.

Por otro lado, todas las muestras analizadas presentaron durante el calentamiento un aumento considerable de los ácidos grasos saturados, AGS, con valores iniciales para las muestras E y F de 36,51 y 22,69% y luego de 50 h de calentamiento de 48,4 y 39,82% respectivamente. Para las muestras D y H, los valores iniciales fueron de 40,8 y 43,55% y al final del proceso térmico de 52,2 y 55,63% respectivamente. Esto se debe a la diferente naturaleza que tienen las mantecas hidrogenadas ya que se trata de mezclas de grasas animales y vegetales hidrogenadas.

Todas las muestras presentaron, como era esperable, una disminución en los AGPI, llegando a valores bastante pequeños cercanos a un 2%; la mayor pérdida la experimentó la muestra F que al comenzar tenía un contenido de AGPI de 14%, y a las 50 h de calentamiento solo un 1,75%. Para los contenidos de AGT las muestras presentan valores variables inicialmente que van desde 14 a 30%. Al evaluar las modificaciones que sufren con el calentamiento, se observa que en este tipo de ácidos grasos, en general, se mantienen durante el calentamiento. Por ejemplo: la muestra D presenta un aporte de AGT de 23,77% a tiempo 0 y a las 50 h de calentamiento el valor de AGT es de 21,19%.

Por otra parte, la muestra F empieza con un valor de 15,46% y termina con uno de 18,78%, lo que indicaría un pequeño aumento de los AGT durante el tratamiento térmico. Sin embargo, la muestra G presenta un comportamiento diferente con un valor más alto, de 29,8%, al inicio y al final de las 50 h, un valor levemente más bajo de 27,46%. Esto hace pensar en que este tipo de ácidos grasos se destruyen y se generan con diferentes velocidades en un calentamiento prolongado. Sanibal (14) confirmó la formación de AGT, en una baja proporción, en aceites hidrogenados durante el proceso de fritura; por otra parte, Liu *et al.* (7) demostraron que este fenómeno solo ocurre bajo condiciones severas. Todas las mantecas hidrogenadas estudiadas mostraron un comportamiento similar en el ensayo de Oxifrit, el cual indicó que las grasas estaban en buenas condiciones hasta las 30 h de calentamiento, hubo un cambio para las 40 h y una alteración para las 50 h.

CONCLUSIONES

La composición en ácidos grasos de todas las materias grasas estudiadas presentaron modificación durante el tratamiento térmico, observándose en general una disminución de los ácidos grasos poliinsaturados y un aumento o preservación de los ácidos grasos monoinsaturados y saturados. Los ácidos grasos *trans* mostraron contenidos importantes en mantecas hidrogenadas, los que se mantuvieron constantes durante todo el calentamiento. El aceite de girasol y de girasol alto oleico resultaron ser los más adecuados para freír, ya que no mostraron presencia de AGT y se mantuvieron aptos para ser utilizados hasta las 40 h de calentamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. AENOR. 2000. Asociación Española de Normalización. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Preparación de esteres metílicos de ácidos grasos UNE-EN ISO 5509. Madrid.
2. Association of Official Agricultural Chemist. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC. 16th ed. Washington, D.C.
3. Dobarganes, M. C.; Marquez-Ruiz, G. 1995. Control de calidad de las grasas de fritura. Validez de los métodos de ensayos rápidos en sustitución de la determinación de compuestos polares. *Grasas y Aceites*. 46(3): 196-201
4. Greenfield, H.; Southgate, D. A. T. 2003. Food Composition Data: Production, Management and Use. Edition, FAO Rome.
5. Juárez, M. D.; Masson, L.; Sammán, N. 2005. Deterioro de aceite de soja parcialmente hidrogenado empleado en la fritura de un alimento cárnico. *Grasas y Aceites*, 56(1): 53-58.
6. Jurado, J. M. 2011. Aplicación de Microsoft Excel a la Química Analítica: Validación de métodos analíticos en URL (<http://personal.us.es/jmjurado/dosc/AQAEXCEL.pdf>).
7. Liu, W. H.; Inbaraj, S.; Chen, B. H. 2007. Analyses and formation of *trans* fatty acids in hydrogenated soybean oil during heating. *Food Chemistry* 104 : 1740-1749.
8. Llanquin, P.; Montealegre, R. 2008. Determinación de la ingesta de ácidos grasos *trans* en la población de la Región Metropolitana y cuantificación de ellos en los alimentos de más alto consumo. Tesis para optar la título de Ingeniero de Alimentos. Universidad de Santiago de Chile.
9. Machado, E.; Dobarganes, M. C.; Abrantes, S. 2008. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontínua de batatas. *Ciênc.Tecnol.Aliment.,Campinas*, 28(4): 786-792.
10. Masson, L.; Robert, P.; Romero, N.; Izaurieta, M.; Valenzuela, S.; Ortiz, J.; Dobarganes, M. C. 1997. Comportamiento de aceites poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. *Grasas y Aceites*. 48(5): 273-281.
11. Meyer, Von H. 1979. Eine neue und einfache Schnellmethode zur erfassung des oxidativen Zersetzungsgrades thermisch belasteter Fette. *Fette Seifen Anstrichm.* 81: 524-525.
12. Robert, P.; Masson, L.; Romero, N.; Dobarganes, M. C.; Izaurieta, M.; Ortiz, J.; Wittig, E. 2001. Fritura industrial de patatas críps. Influencia del grado de insaturación de la grasa de fritura sobre la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento. *Grasas y Aceites*. 52(6): 389-396.
13. Rosell, J. B. 2001. *Frying. Improving Quality*. Rosell (ed.), J. B. Cambridge, England. Woodhead Publishing Limited.
14. Sanibal, E.; Manzini, J. 2004. Perfil de ácidos grasos *trans* de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. *Ciênc.Tecnol. Aliment. Campinas*. 24(1): 27-31.
15. Tsuzuki, W.; Matsuoaka, A.; Ushida, K. 2010. Formation of *trans* fatty acids in edible oils during the frying and heating process. *Food Chemistry*. 123: 976-982.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento de DICYT de la Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad de Santiago de Chile.