

Dietética y Ciencias de la Alimentación

Estudio comparativo de la composición en ácidos grasos de diversos alimentos cocinados de forma casera y otros tratados industrialmente

E. Barrado¹, F. Prieto², M. A. Sanz¹, A. Tesedo³, H. Romero³

Resumen

Se realiza un estudio del porcentaje de grasa de diversos alimentos cocinados de forma casera (en un establecimiento comercial) y otros, que forman parte de la denominada "comida rápida", y por tanto tratados industrialmente. La proporción de este último tipo de alimentos ha aumentado considerablemente en la dieta actual, especialmente de los jóvenes. Se realiza además la determinación de su proporción de ácidos grasos, observándose que las muestras presentan una composición lipídica formada en su mayoría por ácidos grasos saturados (25-54%) y monoinsaturados (26-62%). Los ácidos grasos poliinsaturados tienen valores muy heterogéneos desde un 3,5% en hamburguesas hasta 45% en croquetas. No se han detectado porcentajes importantes de ácidos grasos trans. Sin embargo, estos resultados abundan en la idea de que debería especificarse el tipo de grasa exacta utilizada en la elaboración de los alimentos.

Palabras clave: Grasa. Ácidos grasos. Comida rápida. Análisis multivariante.

Summary

The fat compositions of several precooked traditional type foods (sold in supermarkets) were compared to those of the more processed "fast foods". The consumption of fast food has recently increased tremendously in Spain, especially among young people. Fatty acid determinations revealed that the lipid contents of the samples mainly included saturated (25-54%) and monounsaturated (26-62%) fatty acids. Polyunsaturated fatty acids showed highly heterogeneous values ranging from 3.5% in hamburgers to 45% in Spanish croquettes (essentially containing béchamel sauce, meat and bread-crumbs). Proportions of trans fatty acids were insignificant. Our findings highlight the need to clearly specify the exact type of fat used to manufacture each product.

Keywords: Fat. Fatty acids. Fast food. Multivariate Analysis.

1. Introducción

Parece fuera de discusión que en las últimas décadas se ha producido un cambio sustancial en los hábitos alimentarios de la población. Algunos de los factores que han influido en este cambio son irreversibles, como por ejemplo la incorporación de la mujer al ámbito laboral. Otros, que afectan especialmente a los sectores más jóvenes, de-

¹ DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA. FACULTAD DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. VALLADOLID

² UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO. CENTRO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS. PACHUCA, HIDALGO, MÉXICO

³ DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA. HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO. VALLADOLID

rivan de la influencia de los medios de comunicación y la presión de las casas comerciales. Efectivamente, estudios recientes revelan que un elevado porcentaje de la energía diaria es conseguida mediante el consumo de grasas, y que el excesivo porcentaje de ácidos saturados está relacionado con el consumo de carne y la denominada “comida rápida” y “snacks” (1, 2).

También han aparecido quejas de las organizaciones de consumidores en relación con el tipo de grasas empleadas en la elaboración de los alimentos y la escasa información suministrada. Gran parte de los productos manufacturados indican que su grasa es “vegetal”, trasladando una idea de grasa más cardiosaludable que la animal, pero generalmente evitan indicar el “vegetal” de que se trata.

Parece demostrado que muchos de los alimentos de gran consumo entre los jóvenes, como patatas fritas, bollería y repostería, hamburguesas etc. están elaborados con grasa de palma, que a pesar de que efectivamente se trata de una grasa vegetal presenta niveles elevados de ácidos grasos saturados. Además, otros estudios han puesto de manifiesto que, si bien desde el punto de vista industrial, se utilizan principalmente grasas vegetales y animales, algunas muestras también indican la presencia de grasas vegetales parcialmente hidrogenadas (3-5).

Por todo ello, es importante controlar este tipo de productos de consumo cada vez mayor y alertar, en su caso, a la población sobre los posibles riegos de su abuso. En consecuencia, en este trabajo se realiza el análisis del contenido en grasa y la composición de la misma en diversos productos industriales y se lleva a cabo un estudio estadístico comparativo con los resultados obtenidos.

2. Experimental

2.1. Reactivos

- Disolución de cloroformo/metanol 2:1 v/v, con antioxidante, preparada con Triclorometano estabilizado con etanol (0,5%) (Panreac ACS-ISO), y Metanol (Panreac, para HPLC).
- Antioxidante, 2,6 –Di-ter-Butil-4-Metilfenol (BHT) (Panreac).
- Disolución cloroformo/metanol/agua desionizada 3:48:47
- Disolución de cloruro de magnesio al 0,017%, preparada con $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ (Panreac, P.A.).

- Diclorometano para análisis (Merck ACS, ISO)
- Trifloruro de boro, 20% in metanol (Prolabo, para síntesis).
- N-Hexano 95%, M&B (May & Baker, grado HPLC).
- Agua desionizada.
- Éter de petróleo.

2.2. Equipo

– Cromatógrafo Agilent Technologies 6890N Network GC System equipado con: Inyector automático en modo split, mantenido a 220 °C durante todo el análisis, con presión controlada automáticamente. Columna capilar modelo Varian CP8822 260 °C máx. de 30 x 250 μm x 0.25 μm nominal, con recubrimiento interno de fase enlazada VF 23MS. Alojada en un horno al que se programó según se indica: 1 min a 50°C, rampa de 5°C/min hasta 225°C, manteniéndose constante durante 15 min. Gas portador: N_2 , con un flujo de 11,25 ml/min. Detector de Ionización de llama (FID) con los siguientes flujos: O_2 : 450 ml/min, H_2 : 40 ml/min. Registro informático Windows 2000 profesional (Agilent Technologies).

– Balanza Precisa. Papel de filtro desengrasado anteriormente por Soxhlet. Centrifuga PK 120 a 4500 r.p.m. Estufa Selecta 205 °C ($\pm 2^\circ C$) y Roto-vapor Telstar 110/80 VDEO530/72 59582. Equipo Soxhlet

2.3. Muestras

Se han seleccionado una serie de muestras que pueden encontrarse en el Hospital Clínico Universitario, fundamentalmente en la cafetería, así como uno de los productos “estrella” de la denominada comida rápida, las hamburguesas, de dos conocidos establecimientos. Las muestras se tomaron por triplicado en diferentes días y como se explica en el apartado siguiente, cada una de ellas se analiza también por triplicado. Tanto el muestreo como el análisis se realizaron de modo aleatorio, para impedir la introducción de errores sistemáticos. Dado que este tipo de muestreo no permite identificar las muestras por su nombre comercial, vamos a asignar a cada una de ellas un número, tal y como se observa en la Tabla I.

En el caso de las hamburguesas se trata del producto que se expende al público, por lo que ya han sufrido los tratamientos de fritura y en su caso adición de salsas etc.

TABLA I

Muestras analizadas y número asignado a cada una

Número	Muestra
1	Croquetas caseras sin freír
2	Croquetas congeladas "LC"
3	Croquetas caseras fritas
4	Empanadillas caseras
5	Empanadillas "LC"
6	Patatas fritas de establecimiento comercial "MD"
7	Patatas "L. artesanas"
8	Patatas "S. al jamón"
9	Patatas "L. al punto de sal"
10	Aceite de la freidora del Hospital Clínico Universitario de Valladolid
11	"Donuts" (entiéndase genéricamente)
12	Croissant de confitería
13	Croissant industrial
14	Hamburguesa de establecimiento comercial "BKW"
15	Hamburguesa "BWXXL con Mahonesa"
16	Hamburguesa de establecimiento comercial "MDDL"
17	Hamburguesa "MDDL con Kepchup y mostaza"

2.4. Procedimientos

El porcentaje de grasa se determinó por el método Soxhlet: Se desecaron las muestras en la estufa durante 4 horas y 30 minutos y posteriormente se realizó la extracción con éter de petróleo con el equipo Soxhlet durante aproximadamente 4 horas. Una vez frío se destiló el éter y por diferencia de pesada del matraz se obtuvo el % de grasa.

Para la extracción de la grasa se siguió el método de Folch et al (6), que consiste en tratar las muestras con cloroformo, metanol y agua desionizada, obteniendo un extracto lipídico libre de sustancias como aminoácidos, sustancias no lipídicas o carbohidratos solubles en agua. De cada una de las muestras se realizaron tres análisis, para lo que se tomaron en cada caso 0,5 g de las mismas, que se llevaron a tubos de ensayo, a los que se añadieron 10,0 ml de la disolución de cloroformo/metanol 2:1 v/v. Se cierran los tubos herméticamente, se agita hasta conseguir una sola fase y se mantienen en el frigorífico durante 20 minutos a 4-5°C. Transcurrido este tiempo se filtran, utilizando papel desengrasado, a tubos de similares características que los anteriores, a los que se les añadirán 2 ml de la disolución de $MgCl_2$ al 0.017%.

Se agitan mediante burbujeo de N_2 y se centrifugan a 4500 r.p.m. durante 5 minutos, pudiéndose observar dos fases, la superior que contiene las sustancias no lipídicas y una fase inferior que contiene los diferentes lípidos. Las fases superiores son desechadas, lavando las fases inferiores resultantes con 10,0 ml de disolución de cloroformo/metanol/agua 3:48:47. Esta operación se realiza por duplicado. Las fases inferiores resultantes se mezclan y se transvasan a matraces de 250 ml de fondo redondo. Se desecan en Rotovapor a vacío y 40°C.

Para disolver el residuo resultante de la operación anterior, se le añaden 5,0 ml de cloroformo. Posteriormente se toma 1,0 ml del líquido, que se lleva a un tubo de ensayo de tapón de teflón, al que también se añade 2,0 ml de trifluoruro de boro-metanol y 1,0 ml de diclorometano. Se cierra herméticamente y se deja estar durante 1 hora en una estufa a 100°C, obteniéndose así los ésteres metílicos correspondientes a los ácidos grasos presentes.

Un vez enfriados los tubos, se abren y se les añade 1,5 ml de agua desionizada y 3,0 ml de hexano, obteniéndose dos fases. Se recoge la fase superior, volviendo a tratar la inferior de la misma manera. Se unen las dos fases superiores obtenidas y la muestra ya queda preparada para ser analizada en el cromatógrafo, en las condiciones descritas en el apartado 2.2, obtenidas utilizando los siguientes patrones: Sigma Lipid Standards 189-19 Fatty Acid Methyl Ester Mix; Supelco 46900-U cis-7 Octadecenoic Methyl Ester; Supelco 46904 cis-11 Vaccenic Methyl Ester; Supelco 46905-U Vaccenic Methyl Ester; Supelco 46906 cis-12 Octadecenoic Methyl Ester; Supelco 46907-U trans-12; Octadecenoic Methyl Ester; Supelco 47198 cis-6 Petroselinic Methyl Ester y Supelco 47199 trans-6 Petroselinic Methyl Ester.

3. Resultados y discusión**3.1. Contenido en grasa**

En la Tabla II se ha recogido el porcentaje relativo de grasa referido a materia seca, obtenido por el método Soxhlet antes citado. Como puede observarse hay una gran heterogeneidad en los resultados, desde un 7% obtenido en las croquetas de LC (muestra 2), a un 92-99% del aceite de la freidora (muestra 10). El porcentaje de grasas en las patatas (muestras 6 a 9) es de aproximadamente el 35%, el de las hamburguesas (muestras

TABLA II

Porcentaje relativo de grasa en materia seca

Número de muestra	% Grasa en materia seca
1	26,94
2	7,33
3	28,70
4	24,65
5	26,81
6	36,70
7	33,55
8	37,20
9	35,67
10	92,01
11	25,95
12	26,24
13	22,93
14	48,77
15	53,45
16	54,60
17	56,00

14 a 17) aproximadamente el 50% y en el resto de las muestras analizadas (empanadillas, croissants etc.) ronda un 25%.

3.2. Composición en Ácidos grasos de la grasa extraída

En las condiciones óptimas antes señaladas

(apartado 2.2) se han determinado los ácidos grasos de las distintas muestras, obteniéndose los resultados que aparecen en la Tabla III. En ella puede observarse que los ácidos grasos mayoritarios en todas las muestras son el C16:0 (12-45%), C18:0 (4-13%), C18:1c (24-56%) y C18:2cc (2-45%).

El C16:0 representa un porcentaje medio de 28,7 %, con un mínimo del 12,31 % detectado en las patatas "MD" (muestra 6) y unos valores superiores al 40% en los "donuts" y en los dos tipos de croissant. El porcentaje de C18:0 en la mayoría de las muestras no supera el 10%, a excepción de las cuatro clases de hamburguesas, con aproximadamente un 12% y las patatas "MD" con un porcentaje del 13,30%. Estas patatas (muestra n 6) se caracterizan también por su elevado contenido en C18:3c9, un 20,15%.

El C18:1c tiene valores cercanos al 30 % en la mayor parte de los alimentos analizados, superándose notablemente este valor las croquetas fritas (48,53%), las patatas "L. artesanas" (55,77%) y el aceite de la freidora del Hospital Clínico Universitario de Valladolid (51,19%). El C18:2 cc presenta valores muy dispares entre las diferentes muestras, desde porcentajes cercanos al 2 % en las hamburguesas a un 45,44 % en las croquetas "LC". Cabe destacar que las hamburguesas contienen los mayores contenidos de C10:0 (alrededor del 0,5%); C12:0 (sobre 0,5%); C14:1 (aproximadamente el 0,5%) y C16:1 (alrededor del 0,5%).

TABLA III

Porcentaje relativo de los principales ácidos grasos en las diferentes muestras analizadas

A. Graso/ Muestra	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C17:0	C18:0	C18:1c6	C18:2cc	C18:3c9	C18:3c6	C20:0	C20:1
1	0,53	2,15	18,97	1,79	0,23	5,80	39,79	26,83	0,00	0,34	0,06	0,11
2	0,00	0,00	21,50	0,00	0,00	6,48	26,58	45,55	0,00	0,00	0,00	0,00
3	2,38	2,72	23,23	0,89	0,16	5,49	48,53	11,90	0,68	0,12	0,00	0,15
4	0,00	1,32	27,88	1,45	0,00	8,47	35,00	22,62	0,00	1,15	0,00	0,29
5	0,28	1,24	34,92	0,56	0,00	6,72	25,42	27,09	0,23	0,00	0,19	0,00
6	0,30	0,35	12,31	0,05	0,00	13,30	31,26	10,74	20,15	0,00	0,06	0,00
7	0,00	0,00	20,59	2,13	0,00	3,98	55,77	12,32	0,00	0,79	0,28	0,12
8	0,00	0,88	24,54	14,91	0,00	9,23	32,12	9,89	0,00	0,00	0,00	2,03
9	0,26	1,47	44,85	1,40	0,00	3,94	35,84	10,52	0,00	0,07	0,00	0,00
10	0,00	0,25	20,30	2,08	0,16	5,57	51,19	17,42	0,54	0,36	0,28	1,08
11	0,46	1,79	45,80	0,40	0,10	5,66	32,77	11,43	0,21	0,00	0,22	0,00
12	0,99	3,52	40,32	0,68	0,15	6,54	25,60	15,63	0,48	0,00	0,06	0,00
13	0,26	1,60	42,90	0,92	0,00	6,09	33,66	10,90	0,00	1,14	0,00	0,19
14	0,42	6,17	27,44	9,68	1,19	12,29	28,13	2,79	0,23	0,07	0,20	0,39
15	0,58	5,82	29,31	7,95	1,01	12,11	30,18	4,57	0,25	0,00	0,21	0,24
16	0,71	6,62	26,45	9,68	1,24	12,41	28,40	2,22	0,52	0,05	0,27	0,52
17	2,50	10,42	27,76	7,20	1,09	11,54	24,36	2,09	0,60	0,04	0,31	0,38

TABLA IV

Porcentaje relativo de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, trans y cis.

N	TIPO DE ACIDO GRASO				
	saturados	monoinsaturados	poliinsaturados	trans	cis
1	29,039	43,788	27,173	0,000	68,273
2	27,981	26,578	45,441	0,000	72,019
3	34,662	52,487	12,851	0,817	62,546
4	37,662	38,573	23,765	0,000	59,455
5	43,345	29,019	27,636	2,027	53,842
6	26,327	40,440	33,233	2,340	51,132
7	24,845	61,984	13,172	0,063	71,996
8	34,646	55,275	10,079	0,000	42,666
9	50,519	37,911	11,570	0,978	47,033
10	26,682	54,640	18,679	0,361	68,607
11	54,036	34,067	11,897	0,252	45,096
12	52,483	31,330	16,187	3,978	42,103
13	50,857	37,102	12,041	0,855	46,044
14	49,142	46,981	3,746	0,451	34,894
15	50,147	44,666	5,200	0,322	37,531
16	49,202	47,242	3,428	0,438	34,414
17	57,672	39,019	3,332	0,390	29,155

madamente el 6 %); C15:0 (0,80%) C15:1 (0,40%) o C17:1 (1%) que el resto de las muestras.

Si se observa la Tabla IV, podemos ver que las muestras presentan una composición lipídica formada en su mayoría por ácidos grasos saturados (25-54%) y monoinsaturados (26-62%). Los ácidos grasos poliinsaturados tienen valores muy heterogéneos desde un 3,5% en hamburguesas hasta 45 % en croquetas "LC".

No se ha detectado porcentajes importantes de

ácidos grasos trans a excepción de algunas muestras como las empanadillas "LC" con un 2%, las patatas "MD" con un valor similar y con un 3,9 % en los croissants de confitería.

3.3. Análisis factorial

Para extraer más información de estas tablas de datos se han utilizado diversas técnicas quimiométricas de tratamiento los mismos (7). El Análisis en

TABLA V

Matriz de correlación de las variables estudiadas

	C12:0	C14:0	C14:1	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1t	C18:1c	C18:2cc	C18:2tt	C18:3c9	C18:3c6	C20:0
C14:0	0,668														
C14:1	0,380	0,901													
C16:0	0,009	0,10	-0,096												
C16:1	0,057	0,511	0,760	-0,153											
C17:0	0,407	0,902	0,970	-0,082	0,619										
C17:1	0,199	0,718	0,928	-0,161	0,914	0,857									
C18:0	0,166	0,602	0,746	-0,335	0,586	0,698	0,717								
C18:1t	0,172	-0,008	-0,222	0,404	-0,290	-0,204	-0,292	-0,215							
C18:1c	-0,073	-0,414	-0,363	-0,427	-0,229	-0,289	-0,280	-0,399	-0,313						
C18:2cc	-0,362	-0,596	-0,604	-0,167	-0,544	-0,583	-0,602	-0,468	0,122	-0,088					
C18:2tt	0,073	0,462	0,703	-0,143	0,953	0,545	0,879	0,571	-0,239	-0,299	-0,481				
C18:3c9	-0,054	-0,183	-0,144	-0,437	-0,202	-0,146	-0,157	0,444	-0,093	0,103	-0,104	-0,134			
C18:3c6	-0,291	-0,298	-0,331	0,039	-0,269	-0,315	-0,332	-0,312	-0,105	0,407	0,095	-0,306	-0,178		
C20:0	0,151	0,478	0,527	-0,090	0,250	0,583	0,453	0,256	-0,174	0,117	-0,412	0,185	-0,111	-0,178	
C20:1	-0,163	-0,016	0,225	-0,249	0,734	0,068	0,510	0,188	-0,244	0,059	-0,231	0,731	-0,160	-0,056	0,033

Componentes Principales permite reducir la dimensionalidad de la tabla de resultados. Considerando que los objetos son las muestras a analizar y las variables los ácidos grasos estudiados, el primer paso a realizar es la obtención de la matriz de correlación de Pearson. En esta matriz se observarán las correlaciones entre las variables. Se pueden realizar unas pruebas de significación para cada uno de los coeficientes de correlación, comprobando así si son significativamente distintos de cero. Esto se resuelve observando el valor crítico de r (que se encuentra tabulado), para un nivel de significación y un número de grado de libertad dados. Si el r experimental es superior al tabulado, se puede considerar ese r significativamente distinto de cero. En nuestro caso, el valor crítico de r para un $\alpha = 0.05$ y 16 grados de libertad es: $|r| = 0.482$.

En la Tabla V se han señalado en negrita aquellos valores superiores al crítico, por lo que se pueden completar las observaciones antes extraídas de la Tabla III. Así, en la segunda columna, por ejemplo, se observa una correlación positiva entre el ácido graso C14:0 con C14:1, C16:1, C17:0, C17:1, C18:0, C18:2tt y C20:0 y negativa con C18:2cc y C18:1c. Los números marcados en negrita nos permiten completar estas observaciones.

El paso siguiente es la obtención de los valores propios de la matriz de correlación, además de los porcentajes de varianza que explica cada uno de ellos (Tabla VI) Como se puede observar, el nuevo factor 1 explica el 42,20% de la varianza de la tabla de datos original, y al mismo contribuyen de forma significativa y positiva el C18:2cc mientras lo hacen negativamente C14:0; C14:1; C16:1; C17:0; C17:1; C18:0; C18:2tt y C20:0. Para el resto de los factores, pueden realizarse observaciones similares mediante los valores marcados en negrita.

Para elegir el número de Componentes Principales se puede utilizar varios criterios, siendo el más adecuado considerar significativos aquellos valores propios mayores que la unidad, ya que son los que muestran más información que cada una de las variables por separado, por lo que en nuestro caso hemos seleccionado los cuatro primeros factores

La representación de las cargas de estos nuevos factores nos permite comprobar las conclusiones extraídas previamente de la matriz de correlación. Así, en la Figura 1, donde se ha representado el Factor 2 frente al 1, puede observarse la agrupación de los ácidos grasos antes mencionados como ejemplo: C14:0 correlacionado positivamente con C12:0, C14:1, C17:0, C17:1, C18:0 y C20:0 y negativamente con C18:2cc y C18:1c.

TABLA VI

Contribución de las antiguas variables a los nuevos factores y porcentaje de varianza que explican

Acido graso	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
C12:0	-0,361	0,526	-0,299	-0,150
C14:0	-0,835	0,467	-0,123	-0,139
C14:1	-0,968	0,127	-0,057	-0,067
C16:0	0,125	0,641	0,544	-0,130
C16:1	-0,860	-0,338	0,337	0,051
C17:0	-0,903	0,217	-0,170	-0,155
C17:1	-0,970	-0,143	0,117	-0,013
C18:0	-0,769	-0,085	-0,340	0,400
18:1t	0,244	0,614	0,232	0,242
C18:1c	0,331	-0,506	-0,358	-0,603
C18:2cc	0,671	-0,055	0,129	0,298
C18:2tt	-0,821	-0,325	0,356	0,165
C18:3c9	0,083	-0,227	-0,715	0,523
C18:3c6	0,397	-0,236	0,094	-0,517
C20:0	-0,501	0,080	-0,273	-0,474
C20:1	-0,410	-0,649	0,472	0,048
Carga	6,746	2,386	1,820	1,556
% Varianza acumulada	42,20	57,10	68,50	78,20

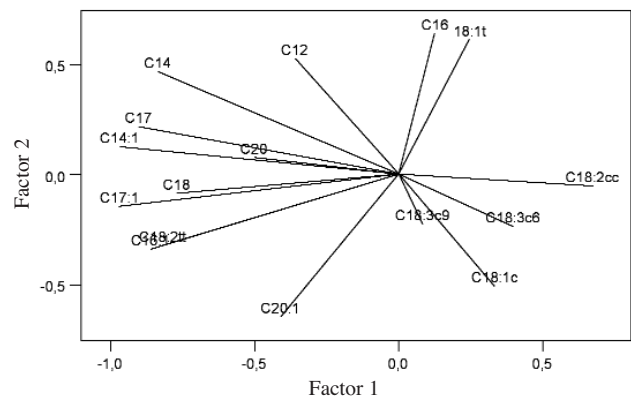


Figura 1. Gráfico de los factores.

En la representación de los denominados "scores", generados también en el tratamiento matemático, pueden producirse agrupaciones de los objetos, es decir las diferentes muestras, por sus similitudes. En la Figura 2 puede observarse lo que ocurre en nuestro caso al representar el score 2 frente al 1. Aparece un primer grupo en la parte superior izquierda donde se agrupan todas las hamburguesas (muestras 14, 15, 16 y 17). Este agrupamiento aparece por tanto en una zona en la

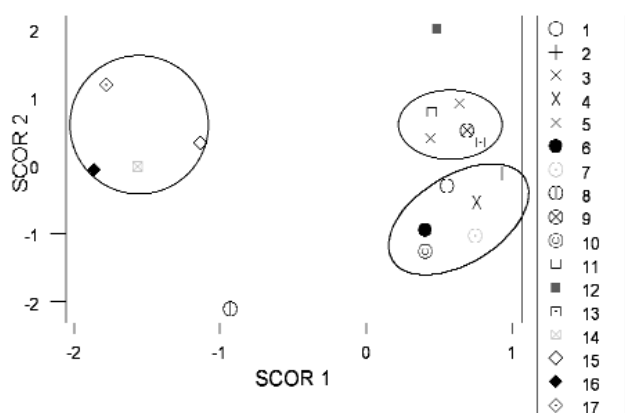


Figura 2. Representación de los "scores".

que, según el gráfico de variables, predominan C12:0; C14:0; C14:1, C17:0 y C20:0. Aislada del resto aparece la muestra 12 (croissant de confitería) en una zona de predominio del C16:0 y C18:1t. También aparece aislada, pero en la zona de predominio del C20:1 la muestra 8 (Patatas "S. al jamón"). En la parte superior derecha, aparecen agrupadas una serie de muestras en principio poco homogéneas: Patatas, croissant, croquetas, donuts y empanadillas. Y en el margen inferior derecho, con predominio de C18:2cc, C18:3c6 y C18:1c aparece otro grupo formado por croquetas y empanadillas, patatas fritas y aceite de freidora.

Un análisis exhaustivo de la Tabla III revela ahora la razón de estas agrupaciones y singularidades.

3.4. Análisis Cluster

En el Análisis en factores hemos utilizado solamente el 78% de la varianza de la tabla, por lo que ya tenemos una idea de las agrupaciones que pueden producirse. Sin embargo, estas afirmaciones se pueden comprobar mediante el método de Reconocimiento de Pautas (RP), que analiza los datos multivariantes y clasifica los objetos en clases diferentes en función de la información que ofrecen las variables. De entre todos los métodos de RP, el Análisis Cluster es el más utilizado. Gráficamente se van agrupando los objetos más cercanos entre sí formando el primer grupo o Cluster este grupo se agrupa con otro, formando otro Cluster, y así sucesivamente hasta conseguir un solo grupo que contiene todos los anteriores. El dendrograma obtenido, Figura 3, contiene toda la información experimental resultante. Para obtener distancias más compactas y diferenciadas entre

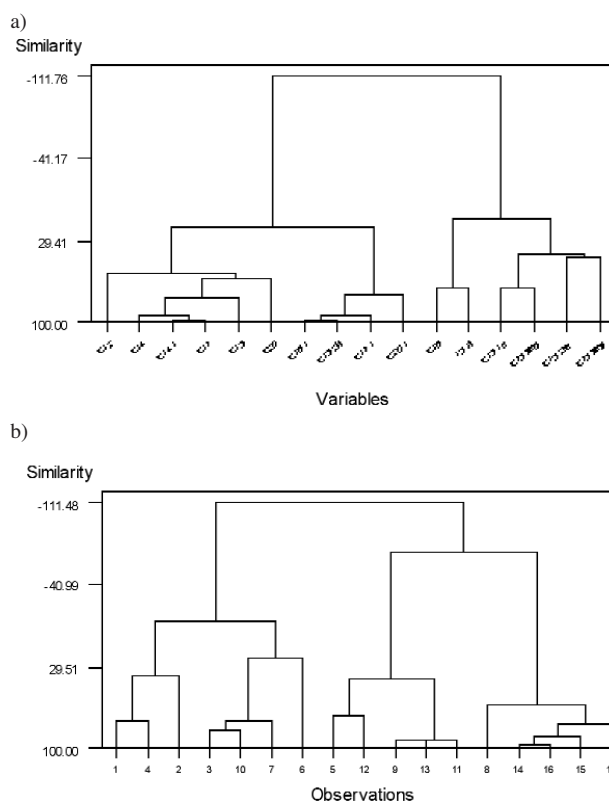


Figura 3. Dendrogramas a) de los objetos (muestras), b) de las variables (ácidos grasos).

los cluster se ha utilizado el método Ward, siendo la distancia entre los puntos, la suma de los cuadrados de las desviaciones de los puntos de los centroides.

Se realizaran dos tipos de agrupamientos para obtener los clúster; por variables y por objetos. En el agrupamiento por variables se puede observar tres grupos. (Figura 3.a). El primero lo forman C12, C14, C14:1, C17, C18 y C20. El segundo C16:1, C18:2tt, C17:1, C20:1 y el tercero, C16, C18:1t, C18:1c, C18:3c6, C18:2cc, C18:3c9. Puede observarse la concordancia de estas agrupaciones con las correlaciones obtenidas en la matriz de correlación. Por su parte, en el dendrograma por objetos o muestras (Figura 3.b), se observan cuatro agrupaciones; una formada por las croquetas y empanadillas caseras y las croquetas industriales "LC". La segunda está constituida por las croquetas caseras fritas, el aceite de la freidora, las patatas L. artesanas y las patatas MD. La tercera agrupación la componen los dos tipos de croissanes, las patatas L. al punto de sal, los donuts y las empanadillas LC, y la última está compuesta por las cuatro clases de hamburguesas y

las patatas S. al jamón. Estas agrupaciones confirman las obtenidas previamente y nos permiten obtener algunas conclusiones respecto de cómo son tratadas las muestras en la industria.

Conclusiones

El análisis del contenido en grasa de los diversos alimentos analizados revela que, si bien se encuentran dentro de las especificaciones legales, tienen valores elevados en algunos casos. Así se observa que el porcentaje de grasas en las patatas fritas alcanza el 35%, el de las hamburguesas hasta el 50% y en del resto de las muestras analizadas (empanadillas, croissants etc.) ronda un 25%. Las muestras presentan una composición lipídica formada en su mayoría por ácidos grasos saturados (25-54%) y monoinsaturados (26-62%). Los ácidos grasos poliinsaturados tienen valores muy heterogéneos desde un 3,5% en hamburguesas hasta 45 % en croquetas industriales. Los ácidos grasos mayoritarios en todas las muestras son el C16:0 (12-45%), C18:0 (4-13%), C18:1c (24-56%) y C18:2cc (2-45%). El C16:0 representa un porcentaje medio de 28,7 %, con valores superiores al 40% en los "donuts" y en los dos tipos de croissant. El porcentaje de C18:0 en la mayoría de las muestras no supera el 10%, a excepción de las cuatro clases de hamburguesas, con aproximadamente un 12%. El C18:1c tiene valores cercanos al 30 % en la mayor parte de los alimentos analizados, superándose notablemente este valor las croquetas fritas (48,53%) y algunas las patatas industriales (55,77%). No se ha detectado porcentajes importantes de ácidos grasos trans a excepción de algunas muestras de empanadillas y patatas fritas de establecimientos comerciales y un 3,9 % en los croissants de confitería.

Mediante el análisis estadístico de los resultados se producen agrupamientos que pueden explicarse considerando los tratamientos a que son sometidos los alimentos de forma "industrial". De todo lo cual se infiere que, sería del mayor interés, que la legislación exigiese especificaciones sobre los productos utilizados en la elaboración de los alimentos.

Bibliografía

1. P. Mario Fernández San Juan. *Fatty Acids Composition of Commercial Spanish Fast Food and Snack Food*. *J of Food Composition and Analysis* 2000; 13:275-281.
2. CAENPE. *Consumo de alimentos y Estado Nutricional de la población escolar*. Dirección general de Salud Pública. Ministerio de Sanidad y Consumo. Hospital Severo Ochoa. INS. Madrid. 1993.
3. P. Mario Fernández San Juan. *Study of isomeric trans-fatty acids content in the commercial Spanish Foods*. *Intern. J Food Sci and Nutrition* 1996; 47(5):399-403.
4. Parcerisa J, Codony R, Boatella J, Rafecas M. *Fatty Acids including trans content of commercial bakery products manufactured in Spain*. *J Agric Food Chem* 1999; 47:2040-2043.
5. Vicario IM, Griguol V, León Camacho M. *Multivariate Characterization of the Fatty Acid Profile of Spanish Cookies and Bakery Products*. *J Agric Food Chem* 2003; 51:134-139.
6. Folch J, Less M, Stanley GHS. *A Simple Method for the isolation and Purification of Total Lipide from Animal Tissues*. *J Bio Chem* 1957; 226:497-509.
7. Massart DL, Vandeginste BMG, Buydens LMC, de Jong S, Lewi PJ, Smeyers-Verbeke J. *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics*. Elsevier. Amsterdam. 1997.

CORRESPONDENCIA:

Dr. E. Barrado
Departamento de Química Analítica
Facultad de Ciencia
Universidad de Valladolid
E-47005 Valladolid
ebarrado@qa.uva.es