

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Estudio de aceites, grasas y otros derivados producidos y/o comercializados en Costa Rica considerando índices de aterogenicidad, índices de caracterización , índices de posible deterioro y etiquetado.”

PROYECTO DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADA EN TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

MONTSERRAT CASTRO BOLAÑOS

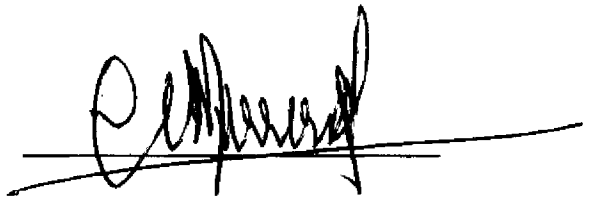
CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO

2004

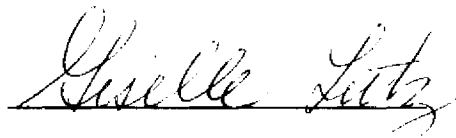
Proyecto de graduación presentado como requisito parcial para optar por el
grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos

Aprobado por los siguientes miembros del tribunal

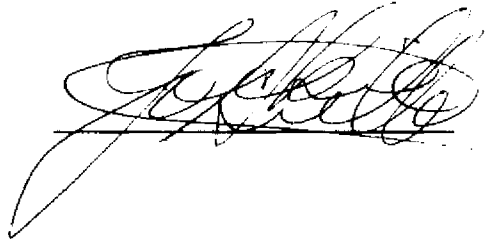
M. Sc. Carlos Herrera Ramírez
Director

Handwritten signature of Carlos Herrera Ramírez in black ink, written over a horizontal line.

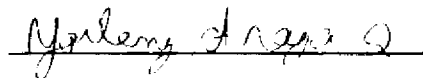
Licda. Giselle Lutz Cruz
Asesora

Handwritten signature of Giselle Lutz Cruz in black ink, written over a horizontal line.

Licda. Jacqueline Aiello Ramírez
Asesora

Handwritten signature of Jacqueline Aiello Ramírez in black ink, written over a horizontal line.

Licda. Yorlenny Araya Quesada
Presidente del Tribunal

Handwritten signature of Yorlenny Araya Quesada in black ink, written over a horizontal line.

Licda. Thelma Alfaro Calvo
Profesora Designada

Handwritten signature of Thelma Alfaro Calvo in black ink, written over a horizontal line.

DEDICATORIA

A mi hija Maricruz, por ser un ángel que vino del cielo
para darme amor, compañía, alegría y fuerzas para vivir.
A mis papás por su infinito amor y apoyo, los adoro
A Tito Alvaro, siempre estarás conmigo

AGRADECIMIENTOS

Le doy infinitas gracias a Dios y a la Virgencita por haberme iluminado y dado fuerzas para alcanzar esta meta. A Luis por haberme enseñado el verdadero significado del amor y por haberme dado fuerzas para seguir luchando. Te Amo. A Roberto y a Alvaro por haber sido siempre unos hermanos incondicionales, los quiero mucho. A tita Stella por sus consejos, sus oraciones y su amor. Les agradezco a tía Sylvia, tío Roberto, Ale, Ximena, Ramiro, tía Ligia y Camilo, por ser una familia excepcional con la cual siempre conté en los buenos y en los malos momentos.

A Sylvia y a doña Lorena por su apoyo incondicional y especialmente por haberme abierto su hogar en los momentos más difíciles para mí.

A Don Carlos, muchísimas gracias por su apoyo y su confianza, y por ser un gran maestro para todos los que lo conocemos. Muchas gracias a Giselle por toda su ayuda, su disposición y especialmente por haberme impulsado siempre a seguir adelante.

A Jackie por haber creído en mí, por todos sus consejos y por haberme ayudado siempre. Muchas Gracias.

A todo el personal de la Escuela de Tecnología de Alimentos, ya que ellos fueron una parte muy importante durante este proceso de formación, con su compañía, enseñanzas y ayuda incondicional, Marta, Erick, Ileana, Ma. Lourdes, Patricia, Elba, Rocío, Marce, Luis y Geovanny ¡Muchas gracias a todos!

A todos mis compañeros y amigos que de una u otra forma siempre me apoyaron y me ayudaron, aunque no los mencione uno por uno por la falta de espacio, siempre van a ser muy importantes para mí, los quiero mucho.

RECONOCIMIENTO

Este proyecto forma parte del proyecto "Potencial aterogénico de aceites, grasas y otros derivados producidos y/o comercializados en Costa Rica" N° 115-AO-159 de la Universidad de Costa Rica.

INDICE GENERAL

MIEMBROS DEL TRIBUNAL	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RECONOCIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo General.....	5
2.2. Objetivo Específico.....	5
III. MARCO TEÓRICO	6
3.1. Clasificación de los aceites y grasas.....	6
3.1.1. Ácidos grasos saturados e insaturados.....	9
3.1.2. Metabolismo de las grasas.....	11
3.1.3. Ácidos grasos trans.....	14
3.2. Consumo de grasas.....	17
3.3. Importancia del control del índice de aterogenicidad y relación P/S de los diferentes aceites y grasas.....	20
3.3.1. Índice de aterogenicidad y relación P/S.....	23
3.4. Procesos que aceleran el deterioro de los aceites y grasas.....	25
3.5. Índice de saponificación.....	29
3.6. Importancia del etiquetado de los empaques de aceites y grasas comercializados.....	30
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1. Localización del trabajo.....	34
4.2. Recolección y tratamiento de las muestras.....	34
4.3. Análisis de las muestras.....	35

4.3.1. Determinación del contenido de humedad	35
4.3.2. Determinación de la composición de los ácidos grasos	35
4.3.3. Determinación del potencial de oxidación, índice de yodo, índice de saponificación y masa molar promedio de los aceites y grasas	36
4.3.4. Análisis del etiquetado de las muestras	38
4.4. Análisis de datos	38
4.5. Confidencialidad de la información.....	41
4.6. Financiamiento	41
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
5.1. Composición y caracterización de aceites, grasas y otros derivados producidos o comercializados en Costa Rica.....	42
5.2. Análisis de aterogenicidad relación P/S de las diferentes muestras.....	49
5.3. Análisis del contenido de dobles enlaces, hidrógenos alílicos y doblemente alílicos	57
5.4. Índice de saponificación e índice de yodo	62
5.5. Análisis del etiquetado de las muestras	66
VI. CONCLUSIONES.....	75
VII. RECOMENDACIONES	76
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	78
APENDICE A	82
APENDICE B	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de análisis y caracterización de las diferentes muestras	37
Figura 2. Comportamiento del índice de aterogenicidad de las diferentes muestras analizadas.....	50
Figura 3. Índice de aterogenicidad presente en las muestras de los diferentes tipos de aceites analizados.....	52
Figura 4. Índice de aterogenicidad en margarinas y mantequillas analizadas	53
Figura 5. Comportamiento de la relación P/S de todas las diferentes muestras analizadas.	54
Figura 6. Relación P/S presente en las muestras de los diferentes tipos de aceites analizados.	55
Figura 7. Comportamiento del contenido de dobles enlaces de todas las diferentes muestras analizadas.	58
Figura 8. Comportamiento del contenido del contenido de hidrógeno alílicos en todas las diferentes muestras analizadas.....	59
Figura 9. Comportamiento del contenido de hidrógeno doblemente alílicos en todas las diferentes muestras analizadas.....	60
Figura 10. Índice de yodo presente en las muestras de los diferentes tipos de aceites analizados.	64

Figura 11. Cromatograma de los ácidos grasos de una manteca vegetal	88
Figura 12. Cromatograma de los ácidos grasos de manteca de coquito	89
Figura 13. Cromatograma de los ácidos grasos de una margarina vegetal	90
Figura 14. Cromatograma de los ácidos grasos de un aceite de soya	91
Figura 15. Cromatograma de los ácidos grasos de una mantequilla	92

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.Principales ácidos grasos saturados	10
Cuadro 2.Principales ácidos grasos insaturados	11
Cuadro 3.Consumo aparente de alimentos a nivel nacional y por zona de acuerdo a los datos de la Encuesta Nacional de Nutrición de 1996	18
Cuadro 4.Clasificación por países dada por la FAO según la relación grasas energía del suministro alimentario nacional de 1988 a 1990	19
Cuadro 5. Índice de yodo para los diferentes aceites según las Normas Codex Stan 210-1999 y Codees Stan 33-1981 (Rev.1-1989).....	27
Cuadro 6. Periodo de inducción y velocidad relativa de oxidación de los ácidos grasos a 25°C.....	28
Cuadro 7. Índice de saponificación para los diferentes aceites según las Normas Codex	30
Cuadro 8.Contenido (% , m/m) de humedad y de triglicéridos (TG) en las muestras emulsificadas (margarinas y mantequillas)	43
Cuadro 9.Composición porcentual (m/m) de ácidos grasos de las muestras de aceites, mantecas y de la fracción lipídica de las muestras de mantequilla y margarinas analizadas	48
Cuadro 10. Índice de Saponificación encontrados en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados	66
Cuadro 11. Análisis del etiquetado de los diferentes aceites analizados	70
Cuadro 12. Análisis del etiquetado de las diferentes mantecas analizadas.....	71
Cuadro 13. Análisis del etiquetado de las diferentes margarinas analizadas	73
Cuadro 14.Análisis del etiquetado de las diferentes mantequillas analizadas	74
Cuadro 15. Número de dobles enlaces, índice de yodo, número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos de los ácidos grasos encontrados en las margarinas analizadas.....	82

Cuadro 16. Peso Molecular e Índice de Saponificación de los ácidos grasos presentes en las margarinas analizadas	83
Cuadro 17. Número de dobles enlaces, índice de yodo, número de hidrógeno alílicos y doblemente alílicos de los ácidos grasos presentes en las mantequillas analizadas	83
Cuadro 18. Peso molecular e Índice de Saponificación de los ácidos grasos presentes en las mantequillas y lactocremas analizadas	83
Cuadro 19. Índice de aterogenicidad y relación P/S encontradas en los ácidos grasos presentes en las margarinas analizadas en base seca como en base húmeda	84
Cuadro 20. Índice de aterogenicidad y relación P/S encontradas en los ácidos grasos presentes en las mantequillas analizadas en base seca como en base húmeda	84
Cuadro 21. Índice de aterogenicidad y relación P/S encontradas en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizadas	85
Cuadro 22. Número de dobles enlaces, índice de yodo, índice de saponificación, número de hidrógeno alílicos y doblemente alílicos encontrados en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados	85
Cuadro 23. Peso Molecular e Índice de Saponificación encontrados en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados	86
Cuadro 24. Número de dobles enlaces, índice de yodo, índice de saponificación, número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos encontrados en los ácidos grasos en las mantecas vegetales analizadas	86
Cuadro 25. Peso Molecular, Índice de Saponificación, Índice de aterogenicidad y relación P/S encontrados en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados	87

RESUMEN

Se determinó la composición de los ácidos grasos, índice de aterogenicidad (I.A.), relación P/S (poliinsaturados/saturados), índice de yodo, índice de saponificación, número de dobles enlaces, hidrógenos alílicos y doblemente alílicos y se analizó el etiquetado de 15 muestras diferentes de margarinas o mantequillas, 7 tipos de mantecas y 14 marcas diferentes de aceites de girasol, maíz, oliva, soya y palma africana producidos y/o comercializados en nuestro país.

Las mantequillas (A,B) elaboradas con grasa láctea y la manteca E7 elaborada de aceite de coquito fueron los productos con un mayor índice de aterogenicidad y con una menor relación P/S, por lo que se recomienda reducir el consumo de estos productos para una dieta saludable. Los aceites de girasol (EG1-EG3), maíz (EM1-EM3) y soya (ES1-ES3) presentaron los valores más bajos en el índice de aterogenicidad y los valores más elevados para la relación P/S. Los aceites de oliva (EO1-EO4) presentaron un elevado contenido de ácido oleico (75-80%), el ácido indicador para este tipo de aceite y con efecto benéfico en la prevención de enfermedades del aparato circulatorio.

La composición de ácidos grasos, el índice de yodo y el índice de saponificación de los aceites de soya, maíz, girasol y oliva, coincidieron con lo establecido en las Normas Codex para cada tipo de aceite, confirmándose la pureza de las diferentes muestras analizadas. Las mantecas vegetales E1, E2, E3, E5, E6 aunque no especificaban en su etiqueta el origen de las mismas, presentaron la composición típica de la palma africana. Las mantequillas A y B no presentaron la composición típica de la grasa láctea, ya que presentaron un contenido más bajo de ácido butírico (4:0) y de ácido capríco (10:0), lo que indica que se les pudo haber añadido algún porcentaje de otro tipo de grasa.

Los aceites de girasol, maíz y soya fueron los productos más susceptibles a las reacciones de oxidación, presentando entre 4 y 5 dobles enlaces, entre 10 y 11 hidrógenos alílicos y 4 hidrógenos doblemente alílicos, mientras que los aceites de

oliva fueron más estables a la oxidación. La menor susceptibilidad a las reacciones de oxidación la presentaron las mantequillas A, B y la manteca E7 y con susceptibilidad intermedia los productos restantes.

En cuanto al análisis del etiquetado, se encuentran deficiencias en el etiquetado de algunas muestras que no detallaban con claridad sus ingredientes o incluían información que podrían inducir a confusiones para el consumidor, aunque se observa que en general se ha hecho un esfuerzo grande por mejorar y etiquetar los productos según lo estipulado en el decreto nacional. Se encontraron diferencias en el etiquetado de productos importados y los elaborados a nivel nacional, principalmente en la traducción de información que es de vital importancia para el consumidor.

Se le debe dar mayor seguimiento al cumplimiento de los decretos establecidos para el etiquetado, principalmente a los aceites y grasas importados. Aunque nuestra legislación no requiere que se declaren los ácidos grasos *trans*, es importante que los que elaboran y comercializan estos productos vayan tomando las acciones del caso, ya que las tendencias mundiales y los posibles efectos de estos ácidos grasos sobre la arterosclerosis, hace pensar que un futuro se establecerá esta medida a nivel mundial.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha promovido en Costa Rica una mayor y mejor conciencia en relación a los alimentos que consume la población. Se ha promovido la idea de que se debe entender el consumo de una manera más general, ubicando su concepto no solamente en el acto de consumo, sino también respecto a la calidad de los alimentos que se compran y la forma en que estos pueden de una u otra manera influir en la salud.

Aunado a ello, el consumidor tiene derecho de contar con información correcta que le permita discernir entre los diferentes productos que se ofrecen en el mercado y de esa forma poder elegir el que considere mejor no sólo por su funcionalidad a la hora de utilizarlo, sino también el producto que le ayudará a elaborar alimentos más saludables (Hernández, 2001).

Por lo anterior y debido a que el papel de las grasas y aceites en la nutrición humana es una de las principales áreas de interés e investigación en el campo de la ciencia de la nutrición, y que los resultados de estas investigaciones tienen consecuencias de amplio alcance para los consumidores, para los responsables del cuidado de la salud, los educadores nutricionales, los productores, elaboradores y distribuidores de alimentos, se consideró de mucha importancia analizar los diferentes tipos de aceites y grasas producidos y comercializados en nuestro país (FAO, 1997).

Los aceites y las grasas son vitales en la dieta humana y más del 90% de la producción mundial proviene de fuentes vegetales, animales y marinas y se usa como alimento o como ingrediente de productos alimentarios (Egan, 1987). En la industria de los alimentos muchos de los aceites y grasas son utilizados como materia prima en diferentes productos como los de repostería, salsas, frituras, aderezos para ensaladas y otros, por lo que su uso es variado y no se restringen a

un uso específico, tornándose de mayor interés evaluarlos y ver su composición actual y de esa forma determinar cuáles son aptos para ciertos procesos y cuáles deben sustituirse por otro tipo de aceites o grasas, con los que se puedan elaborar alimentos con mayor vida útil y más saludables.

Los avances modernos en la tecnología de aceites y grasas y la ciencia de la nutrición, dan origen a la necesidad de tener mayor conocimiento de la composición y estructura de los lípidos de la dieta, así como establecer sus criterios de calidad.

Lo anterior con el propósito de que los consumidores y productores de alimentos tengan más información para elegir entre un tipo u otro de grasa o aceite dependiendo del uso que se le quiera dar, considerando que es importante elegir los que sean menos dañinos para la salud , ya que las poblaciones en que el consumo de grasas, especialmente de grasa animal y de colesterol, es relativamente elevado, presentan niveles de colesterol relativamente altos en el suero y altas tasas de mortalidad debida a la enfermedad cardiaca coronaria en comparación con las poblaciones que tienen una alimentación con bajo contenido de grasas (FAO, 1997).

Los estudios de intervención en que se puede controlar la alimentación demuestran que pueden provocarse cambios sensibles en los lípidos del suero variando la ingestión de grasas y de colesterol. Un cambio de los puntos de vista sobre los efectos de las grasas y aceites en la alimentación puede influir profundamente en el consumo de diversos alimentos, el estado nutricional y de salud, sobre la producción agrícola, las tecnologías de preparación de los alimentos, los estudios de mercado y la educación nutricional (FAO, 1997).

La enfermedad cardiaca coronaria es la causa número uno de muertes de adultos, en Canadá y en Estados Unidos (Morris, 2001). Costa Rica no se queda

atrás en este tipo de padecimiento, ya que se han adquirido patrones de un estilo de vida propio de las ciudades modernas, el cual se caracteriza por la tensión nerviosa, el sedentarismo, la comida abundante y mal balanceada, los vicios y otros.

Aparte de estudiar la composición de las diferentes grasas comercializadas en nuestro país por la importancia que ello conlleva a la salud, según lo comentado anteriormente, también se deben analizar desde el punto de vista técnico para conocer los cuidados que se deben tener a la hora de almacenarlos para prevenir su deterioro, cuáles de ellas son más propensas a la oxidación, cuáles son las más recomendadas para una serie de usos específicos, como también determinar si su etiquetado es el más conveniente para el consumidor.

Mediante el análisis de la composición de ácidos grasos de aceites y derivados se puede identificar el tipo de grasa, determinar su índice de aterogenicidad, determinar la composición de mezclas de aceites o grasas, recomendar el uso de los antioxidantes adecuados para retardar su oxidación, establecer cuál es la más recomendada para una serie de usos específicos como la fritura y productos de repostería y dar una serie de recomendaciones en cuanto a su consumo.

Por otra parte es posible concluir acerca de la identidad, composición (pureza, autenticidad) y calidad (frescura, vida útil) de una grasa o aceite empleando diferentes métodos químicos, físico-químicos y sensoriales. Entre estos métodos se encuentra el índice de saponificación, índice de yodo como también el número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos, los cuales también van a ser estudiados en este proyecto.

El índice de yodo y el índice de saponificación confirman la identidad de la mayoría de aceites y grasas. El índice de yodo, el número de hidrógenos alílicos y

el número de hidrógenos doblemente alílicos, ayudan a catalogar la grasa de acuerdo a su propensión al deterioro y ayudan a elegir la forma de proceso, empaque, almacenamiento y posibles usos (Belitz, 1997).

Aunado a ello, no sólo es importante analizar los productos, sino que también se debe estimular a la industria de alimentos para que incluya con veracidad toda la información en las etiquetas, y tengan un control de la calidad de los productos que se elaboran o envasan, ya que el productor debe pensar en la salud y en el bienestar de las personas que consumen los diferentes productos y deben establecer las mejoras pertinentes en los procesos.

En Costa Rica poco se conoce sobre la composición lipídica de los alimentos pese a la problemática nacional generada por este tipo de sustancias. Por lo que realizar una investigación en este campo representa un trabajo extenso, pero debe hacerse el esfuerzo por estimar el riesgo real de nuestra población ante la arteriosclerosis, y hacer recomendaciones de los tipos de aceites más saludables y aptos en cuanto a calidad que existen actualmente en el mercado, tanto para la elaboración de productos en las industrias de alimentos como para la población en general.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Comparar treinta y cuatro tipos diferentes de aceites, grasas, mantequillas, margarinas y algunos derivados producidos y/o comercializados en Costa Rica en su potencial aterogénico, índices de caracterización y grado de pureza como parámetros de calidad y deterioro y analizar el etiquetado de las muestras como parámetro de cumplimiento con la norma vigente en el país.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar la composición de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados presentes en aceites, grasas y otros derivados producidos y/o comercializados en nuestro país.
- Comparar la relación P/S (ácidos grasos poliinsaturados/ácidos grasos saturados) y el índice de aterogenicidad (I.A.) como parámetros de calidad de los aceites, grasas y otros derivados analizados.
- Comparar el índice de saponificación, índice de yodo, número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos como parámetros de identificación y posible deterioro de los aceites, grasas y otros derivados analizados.
- Comparar la pureza de las muestras de aceites por contraste con los valores reportados en la literatura.
- Realizar un análisis del etiquetado de las muestras para determinar si cumplen con la norma de etiquetado vigente en el país y establecer comparaciones entre lo reportado en la etiqueta y lo encontrado en los análisis.
- Comparar los parámetros estudiados considerando la procedencia ya sean nacionales e importados.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Clasificación de los aceites y grasas

Los lípidos son un grupo de compuestos de estructura muy heterogénea, abundantes en la naturaleza, del que las grasas y los aceites son los representantes más importantes (Badui, 1999).

Los lípidos tienen tres funciones importantes en alimentos: culinarios, fisiológicos y nutricionales. Nutricionalmente los lípidos, en sus diferentes formas tienen mucha importancia en la dieta del ser humano, ya que la combustión de grasas y aceites produce 9 kcal/g, y por lo tanto es la forma de nutrimento que genera más calorías. Al mismo tiempo sirven como vehículo de las vitaminas liposolubles (Badui, 1999).

Entre las funciones biológicas más importantes de los lípidos están las de proveer los ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico), los cuales el organismo no puede sintetizar y necesita para llevar a cabo funciones biológicas. Además los lípidos son precursores de dos compuestos fisiológicamente muy importantes: el colesterol y el ergocalciferol; el primero es necesario para la digestión, la absorción y el transporte de los lípidos de la dieta y además es utilizado en la síntesis de tejido nervioso y forma parte del cerebro; y el segundo es la vitamina D (Badui, 1999).

Una deficiencia de vitamina D puede producir en adultos osteomalacia, la cual se caracteriza por acumulación generalizada de matriz ósea desmineralizada en los huesos ya formados. La persona con osteomalacia es muy propensa a sufrir fracturas; presenta debilidad muscular y puede padecer además de dolor óseo e hipersensibilidad (Nanne, 1998).

Las grasas son pobres conductores de calor y por ello el tejido adiposo sirve como aislante natural controlando los cambios bruscos de temperatura y pérdidas excesivas de calor, al mismo tiempo sirven como amortiguadores físicos en el organismo humano, ya que se encuentran en abundancia alrededor de los intestinos, del hígado y de otros órganos vitales. Los lípidos también están directamente relacionados con la fisiología cardiovascular ya que el corazón requiere de ellos. La prototrombina necesaria para la coagulación de la sangre es activada por iones calcio y por los lípidos del suero sanguíneo. Existen además muchas otras funciones biológicas de los lípidos que los hacen un instrumento necesario para el bienestar del hombre (Badui, 1999).

La otra función importante de los lípidos es su función culinaria, debido a la habilidad para producir olores y sabores, como por ejemplo palatabilidad a la carne, terneza a los productos horneados, agrado y textura a los helados (Lewis, 1993). Al mismo tiempo los lípidos influyen en el sabor de varios productos alimenticios y su uso es amplio en las diferentes formulaciones, por lo que son necesarios para lograr sensorialmente la aceptación de muchos productos por parte del consumidor.

Los lípidos tienen ciertas propiedades indispensables para la preparación y obtención de alimentos, donde se puede destacar el comportamiento a la fusión, el sabor agradable, la capacidad disolvente para ciertas sustancias sápidas y numerosas sustancias aromáticas. Estas propiedades son de gran importancia para conseguir una determinada consistencia, una sensación bucal y aromas específicos y una clara estabilidad del aroma. Además los alimentos se pueden preparar en medio oleoso a temperaturas elevadas (Belitz, 1997).

Según la última revisión de la Norma Codex se entiende por grasas y aceites comestibles, los alimentos que se componen de triacilgliceroles son de origen vegetal, animal o marino y podrán contener pequeñas cantidades de otros lípidos, tales como fosfátidos, de constituyentes insaponificables y ácidos grasos

libres naturalmente presentes en las grasas o aceites (CODEX STAN 19-Rev.2, 1999).

Las grasas están formadas principalmente por triacilgliceroles, que se diferencian entre sí en mayor o menor medida por su composición en ácidos grasos. Los demás componentes cuya participación normalmente es inferior al 3%, son acil-lípidos y los componentes del insaponificable (Belitz, 1997).

Los tipos y proporciones de los ácidos grasos presentes en los triacilgliceroles de un aceite tienen una gran influencia en sus propiedades físicas, químicas y nutricionales. Por tanto, la composición en ácidos grasos de un aceite es su característica química más importante. Al mismo tiempo los ácidos grasos comprenden más del 95% de la mayoría de los aceites (Ranken, 1993).

Las grasas y los aceites se diferencian entre sí dependiendo de su consistencia o estado de agregación, las grasas son sólidas a temperatura ambiente, mientras que los aceites son líquidos (Belitz, 1997). La manteca de cerdo, mantequilla y grasas vegetales hidrogenadas se consideran normalmente como grasas (Lewis, 1993).

Los aceites y las grasas pueden ser extraídos de una gran variedad de sustancias animales y vegetales, que suelen tener diferentes triacilgliceroles en su composición, a causa de ello su comportamiento durante la fusión es realmente complejo. El número de átomos de carbono que componen la cadena del ácido graso normalmente es un número par y a mayor número de ácidos grasos de cadena corta, menor punto de fusión de la grasa. Cuando existen mezclas de triacilgliceroles de diferentes número de átomos de carbono dentro de un mismo tipo de aceite o grasa, es difícil predecir su comportamiento durante la fusión (BDN, 2004).

Las características de fusión proveen de una inestimable información sobre la grasa, y su comportamiento en alimentos formulados, como por ejemplo, helados, chocolate, pasteles y pastas. Cuando se quiere sustituir en las formulaciones un tipo de grasa por otro, la grasa sustituta debe tener las mismas características de fusión para evitar un notable cambio en la textura del producto (Lewis, 1993).

Los ácidos grasos que conforman los triacilgliceroles son moléculas formadas por una larga cadena hidrocarbonada, con número par de átomos de carbono y tienen en un extremo de la cadena un grupo carboxilo (Belitz, 1997). Se conocen unos 70 ácidos grasos diferentes que se pueden clasificar como ácidos grasos saturados e insaturados.

3.1.1. Ácidos grasos saturados e insaturados

Los ácidos grasos saturados sólo tienen enlaces simples entre los átomos de carbono y predominan en los lípidos los compuestos con esqueleto carbonado lineal y número par de átomos de carbono. Como componentes de los triacilgliceroles, los ácidos grasos saturados de bajo peso molecular de menos de catorce átomos de carbono sólo se presentan en la grasa de la leche, de coco y de palma (Belitz, 1997). En el Cuadro 1 se observa una descripción de los principales ácidos grasos. Son ejemplos de este tipo de ácidos el mirístico (14:0), el palmítico (16:0) y el esteárico (18:0).

Cuadro 1. Principales ácidos grasos saturados

Número de átomos de carbono	Nombre	Fuente
2	Acético	Fermentación de los azúcares en el rumen
4	Butírico	Mantequilla
6	Caproico	Aceite de coco y palma
8	Caprílico	Aceite de palma y coco
10	Cáprico	Aceite de palma y coco
12	Láurico	Aceite de palma, mantequilla, coco
14	Mirístico	Mantequilla, lana de oveja, nuez moscada
16	Palmitico	Grasas animales y vegetales
18	Esteárico	Aceite de palma, coco, animales
20	Aráquico	Aceite de maní
22	Behénico	Semillas
24	Lignocérico	Cerebrósidos, aceite de cacahuete
26	Cerotínico	Aceite de pescado, mamíferos marinos

Los ácidos grasos insaturados tienen uno o varios dobles enlaces en su cadena y sus moléculas presentan codos y un ángulo en la zona del doble enlace con cambios de dirección. Pueden tener un doble enlace (monoinsaturados) y más de un doble enlace (poliinsaturados). Son ejemplos de ácidos grasos insaturados, el ácido oleico (18:1) y el linoleico (18:2) (Belitz, 1997).

A mayor número de ácidos grasos insaturados, menor es el punto de fusión de la grasa y mayor facilidad de alteración de la misma, puesto que los hidrógenos cercanos a los dobles enlaces tienen más tendencia a reaccionar químicamente que los hidrógenos de los enlaces saturados (BDN, 2004). En el Cuadro 2 se puede observar una lista de los principales ácidos grasos insaturados y la fuente de los mismos.

Cuadro 2. Principales ácidos grasos insaturados

Número de átomos de carbono	Nombre	Fuente
16:1 (9)	Palmitoleico	Soya, aceituna
18:1 (9)	Oleico	Soya, girasol, maíz, algodón
18:2 (9,12)	Linoleico	Maíz, girasol, sésamo, germen de trigo
18:3 (9,12,15)	Linolénico	Maíz, girasol, soya, salmón,
20:4 (5,8,11,14)	Araquidónico	Salmón, trucha arco iris, arenque

3.1.2. Metabolismo de las grasas

La mayor parte de la grasa que se ingiere se encuentra en forma de triacilgliceroles que contienen ácidos grasos saturados e insaturados. La digestión de los triacilgliceroles se da en varias fases: la fase gástrica y la fase intestinal. En la fase gástrica ocurre una emulsificación mecánica y se da una lipólisis enzimática por la lipasa gástrica. La lipasa actúa sobre el enlace éster, generando ácidos grasos libres y diacilgliceroles. En esta fase solamente se da de un 10 a un 30% de la digestión lipídica (Farquharson & Benitez, 2003).

En la fase intestinal, el resto de los triacilgliceroles son hidrolizados por la lipasa pancreática a ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos cuya cadena está formada por menos de 12 átomos de carbono pasan inmediatamente a la circulación y son transportados en el plasma, unidos a la albúmina, independientemente de las lipoproteínas. Los ácidos grasos de cadena larga son rápidamente esterificados formando triacilgliceroles y son transportados dentro de las lipoproteínas junto al colesterol (Farquharson & Benitez, 2003).

Las lipoproteínas consisten de un núcleo de triacilgliceroles y ésteres de ácidos grasos y de colesterol; y un revestimiento formado por un estrato de fosfolípidos en el que se encuentran esparcidas moléculas de colesterol sin esterificar. Las cadenas plegadas de una o más apolipoproteínas se extienden

por encima de la superficie y, con los fosfolípidos anfipáticos, permiten que los lípidos del núcleo sean transportados por la sangre. Las apolipoproteínas regulan la reacción del conjunto lipídico con enzimas específicas, o unen las partículas a los receptores superficiales de las células, haciendo posible su asimilación (FAO, 1997).

Las lipoproteínas están formadas por una parte lipídica y otra proteica, dentro de la lipídica se encuentra colesterol esterificado y colesterol no esterificado, triacilgliceroles y fosfolípidos, y dentro de la parte proteica las apolipoproteínas. La función de las apolipoproteínas es mantener la estructura de la lipoproteína y regular su metabolismo y transporte (Farquharson & Benitez, 2003).

Los quilomicrones son partículas lipoproteicas que proceden de las grasas alimentarias y son empaquetadas por las células de la mucosa. Entran en el torrente sanguíneo a través de los vasos linfáticos. La lipasa de lipoproteínas, que se encuentra en la pared interior de los capilares sanguíneos, hidroliza los triacilgliceroles, liberando ácidos grasos. Estos entran en el tejido adiposo, donde se almacenan, y en los músculos, donde se utilizan como combustible. Los restos de los quilomicrones son depurados por el hígado durante las primeras horas que suceden a la ingestión de una comida que contiene grasas (FAO, 1997).

Las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) son partículas de gran tamaño ricas en triacilgliceroles que se producen en el hígado a partir de la grasa endógena, es decir biosintetizada a partir de glucosa y otros azúcares fundamentales en el hígado y, durante la lactancia, en la glándula mamaria (Farquharson & Benitez, 2003). A diferencia de las lipoproteínas, los quilomicrones, transportan grasa exógena, la cual proviene de la dieta. Las VLDL son los principales portadores de triacilgliceroles que también son elaborados por la lipasa de lipoproteínas y proporcionan ácidos grasos a los tejidos adiposo y muscular.

Las lipoproteínas de baja densidad (LDL) son los productos finales del metabolismo de las VLDL y su núcleo está formado principalmente por ésteres de colesterol. Cerca del 60-80% del colesterol plasmático es transportado por las LDL. Los valores medios de LDL varían entre distintas poblaciones debido a factores genéticos y ambientales, siendo sin embargo la alimentación el principal factor determinante de estos valores (FAO, 1997).

Las lipoproteínas de alta densidad (HDL) transportan el 15-40% del colesterol del plasma. Probablemente se forman en el torrente circulatorio a partir de precursores generados en el hígado y en el intestino. Existen pruebas de que las HDL protegen activamente las paredes de los vasos sanguíneos y por ello es que algunas personas se refieren a ellas como el "colesterol bueno" (FAO,1997).

Las lipoproteínas de baja densidad (LDL), son las encargadas de transportar la mayor cantidad de colesterol por todo el organismo según lo mencionado anteriormente, sin embargo, se pueden depositar en las paredes arteriales dando lugar a un proceso llamado oxidación, causado por los radicales libres de oxígeno (Farquharson & Benitez, 2003).

Dichas partículas son liberadas de manera natural durante procesos químicos que tienen lugar en el organismo pero aumentan cuando el cuerpo está expuesto a toxinas como el humo del tabaco. Cuando las LDL se depositan en las paredes arteriales, los radicales libres liberados de las membranas de las paredes atacan y modifican su forma. La forma oxidada resultante de las LDL, hace que los glóbulos blancos (leucocitos) del sistema inmunológico se agrupen allí formando una sustancia grasa llamada ateroma que causa inflamaciones y daños al endotelio, la capa de células que recubre el interior de los vasos sanguíneos (Farquharson & Benitez, 2003).

Las LDL oxidadas también juegan un papel importante reduciendo los niveles de óxido nítrico, una sustancia química que colabora en la relajación de

los vasos, permitiendo que la sangre fluya sin obstáculos. A medida que el proceso continúa, las paredes arteriales se van estrechando paulatinamente, reduciendo así el flujo sanguíneo y dando lugar a la arteroesclerosis (endurecimiento de las arterias), es por ello que en muchas ocasiones las LDL son denominadas el “colesterol malo” (Farquharson & Benitez, 2003).

3.1.3. Ácidos grasos trans

Debido a sus dobles ligaduras, los ácidos grasos insaturados presentan dos tipos de isomerismo: a) geométrico, *cis*, *trans*, y b) posicional, por la diferencia en la localización de las dobles ligaduras en la cadena de átomos de carbono. La mayoría de los ácidos grasos en la naturaleza son del tipo *cis*, mientras que los *trans* se originan en procesos de hidrogenación industrial y en algunas provenientes de rumiantes (Badui, 1999).

La diferencia entre la configuración *cis* o *trans* de los dobles enlaces se debe a la posición de los otros átomos de carbono unidos a los átomos de carbono entre los cuales se encuentra el doble enlace. En la configuración *cis* los otros átomos de carbono están en el mismo lado del doble enlace, mientras que en los isómeros *trans* están a ambos lados del doble enlace. La mayoría de las grasas naturales se presentan en forma *cis*, lo que hace que se critique la hidrogenación de grasas, que da lugar a la formación de un gran número de enlaces *trans* (Ranken, 1993).

En condiciones de hidrogenación parcial, un doble enlace puede cambiar de configuración *cis* a *trans* (isomerización geométrica) o cambiar de posición dentro de la cadena de átomos de carbono (isomerización posicional). Durante el proceso comercial que transforma a los aceites vegetales en grasas sólidas también se forman ácidos grasos *trans*. Este proceso denominado hidrogenación

parcial, produce grasas como la margarina y la manteca, que son sólidas a temperatura ambiente (Ranken, 1993).

La hidrogenación o endurecimiento produce un aumento del punto de fusión de las grasas mediante la clásica adición de hidrógeno en algunos, sino en todos, de los dobles enlaces presentes en los ácidos grasos de los triacilglicerolos. Además estabiliza la grasa frente a la oxidación, y frecuentemente tiene también un efecto de blanqueado. La hidrogenación tiene una gran importancia comercial en la industria de las grasas comestibles puesto que muchas materias primas son aceites líquidos a temperatura ambiente y están expuestos al deterioro por oxidación (Ranken, 1993).

Las grasas *trans* se producen comercialmente en grandes cantidades para solidificar aceites vegetales. Las industrias también tienden a utilizar este proceso para transformar otros ácidos grasos como el linolenico y linoleico a una forma más estable a la oxidación, ya que tienden a oxidarse y a enranciar la grasa más rápido. Esto es conveniente para el productor, ya que mejora la textura y retarda su descomposición.

Generalmente los aceites usados para hacer papas fritas y otras comidas rápidas son parcialmente hidrogenados, conteniendo grasas *trans*. Las fuentes más frecuentes de ácidos grasos *trans* son las margarinas y grasas de repostería que contienen aceites parcialmente hidrogenados.

A pesar de que la hidrogenación es un proceso muy útil para la industria de las grasas comestibles, desde la década de los sesentas comenzó la investigación de los ácidos grasos *trans* que se generan en este proceso. Recientemente, se ha desatado la controversia de los ácidos grasos *trans*, también llamadas "grasas *trans*" por poder influir sobre los niveles de lipoproteínas de baja densidad en la sangre. Según diferentes estudios las grasas *trans* tienen efectos en los niveles de lípidos en la sangre, aumentando las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y disminuyendo las lipoproteínas de alta densidad (HDL). Este efecto en el

colesterol es el doble de dañino que el efecto de las grasas saturadas (FAO, 1997).

En los estudios metabólicos controlados en los que se emplea ácido oleico como referencia, los ácidos grasos *trans* procedentes de aceites parcialmente hidrogenados elevan el colesterol de las LDL del plasma de forma similar a lo que se observa con los ácidos grasos saturados. Sin embargo, a diferencia de los ácidos grasos saturados, los ácidos grasos *trans* no elevan el colesterol de las HDL del plasma, y pueden bajar esta fracción lipídica en comparación con el ácido oleico. Así, el cociente entre colesterol total y las HDL parece ser más desfavorable con los ácidos grasos *trans* que con cantidades equivalentes, ya sea de ácido oleico o de ácidos grasos saturados (FAO, 1997).

Las regulaciones actuales en Estados Unidos requieren que el etiquetado nutricional contenga la cantidad de grasas saturadas, sin especificar las grasas *trans*. A raíz de lo anterior en 1999, la FDA (Food and Drug Administration) anunció su propuesta de incluir las grasas *trans* presentes en los alimentos, dentro del etiquetado nutricional (Von Salfeld, 2003).

Es muy importante que pronto las regulaciones exijan esta información en los productos, pero aún así esto no será suficiente, ya que la población también necesita educarse y conocer que tan beneficiosas o no son estas sustancias para la salud.

La más reciente sugerencia de la FDA para el etiquetado nutricional es que se agregue "El consumo de grasas *trans* debe ser lo mínimo posible". Muchos acuerdan que los consumidores pueden confundirse, ya que la cantidad recomendada de ingesta de esta grasa para no perjudicar la salud, es cero (Von Salfeld, 2003).

Se debe analizar con mayor profundidad este tema y establecer directrices claras en cuanto a la importancia de controlar este tipo de ácidos grasos dentro de

la alimentación, lo que sí es claro es que aquellos productos que han sido sometidos a proceso de hidrogenación parcial o total deben ser consumidos con moderación.

3.2. Consumo de grasas

Los gobiernos de todo el mundo se interesan cada vez más por la incidencia de las grasas de la dieta en la salud y la enfermedad, de forma que han introducido diversas guías generales y regulaciones. Es importante considerar que la producción y consumo de alimentos involucra, en cualquier país del mundo, a una gran cantidad de actores tanto públicos como privados que se preocupan por los intereses económicos de la actividad y deberían velar por intereses sociales (FAO, 1997). Es muy importante que se conozcan las formas principales de consumo de algunos alimentos; determinar su consumo real permitirá establecer aquellos productos de mayor impacto en la salud de los costarricenses.

Diferentes estudios, tanto nacionales (Cuadro 3) como internacionales (Cuadro 4), demuestran que los costarricenses cada vez consumen más cantidad de grasas dentro de la dieta diaria, por lo que tanto los productores de alimentos, los responsables de los programas de salud y educadores, deben fomentar el uso moderado de estos productos.

En Costa Rica al analizar la mortalidad provocada por los cinco grandes grupos de causas de muerte en 1998, se observa que las enfermedades del aparato circulatorio ocupan el primer lugar con un total de 4 225 defunciones (Ministerio de Salud, 1999). Además atribuyen el aumento del número de pacientes jóvenes a la práctica de hábitos dañinos, como mala alimentación (consumo excesivo de grasas), fumado, sedentarismo, falta de ejercicio y aspectos genéticos (Mora, 2001).

Se debe tener presente también que de 1990 al 2000 las enfermedades del aparato circulatorio han sido la principal causa de muerte en la población, y se observó un incremento en la tasa de mortalidad durante esta última década, reportándose la tasa más alta en el año 2000, en 41,9 por cada 10 000 habitantes (CONARE y Defensoría de los Habitantes, 2000). En 1999 fallecieron 4 574 personas y en el 2000, 4 739 a causa de padecimientos asociados al corazón. El número de víctimas fatales por esos males representó 30% de los fallecimientos totales en 1999 y en el 2000 llegó al 31,7% (Mora, 2001), por lo que es importante establecer cuales grasas y aceites son mejores para prevenir en alguna medida el aumento de enfermedades asociadas al corazón.

Cuadro 3. Consumo aparente de alimentos a nivel nacional y por zona de acuerdo con los datos de la Encuesta Nacional de Nutrición de 1996.

Consumo per cápita diario (g)			
Alimento	Nacional (media)	Urbano (media)	Rural (mediana)
Grasas y aceites	31.5	29.8	35.7
Panes y galletas	51.6	59.5	35.2

(Sáenz, 2001)

Según el Cuadro 3, la ingesta diaria de grasas proveniente de grasas y aceites comestibles fue de 31,5 g por persona por día durante 1996, la contribución de las grasas al valor energético total fue de 27,4% y de acuerdo a las recomendaciones para Costa Rica, ese valor se halla sobre el límite recomendable de 25%. Al mismo tiempo las grasas de consumo humano y aceites para cocinar representan un 60% de la ingesta total de grasas, el restante 40% se divide entre carnes, lácteos, huevo y derivados del trigo (Sáenz, 2001), lo anterior demuestra la importancia de controlar la calidad de los aceites y grasas que se comercializan en nuestro país.

Unido a lo anterior, Costa Rica ocupa según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1997) la posición

número 24 con respecto al consumo de grasas. En el Cuadro 4 se describe la situación en distintos países durante el período 1988-90. La relación grasas/energía (RGE) es la proporción de energía alimentaria que proviene de la grasa total. En los distintos países, la REG (Relación grasas/energía) varía entre 17 y 44 %, Costa Rica presentó un 24% REG y 72 g de grasas totales en la ingesta diaria.

Cuadro 4. Clasificación por países dada por la FAO según la relación grasas energía del suministro alimentario nacional de 1988 a1990.

Pais	RGE^a (%)	Grasas totales^b (g)	Grasa animal/grasas totales^c (%)	SEA (kcal)
Guatemala	17	42	20	2 254
Nicaragua	17	42	38	2 235
El Salvador	21	54	38	2 331
México	27	93	45	3 062
Estados Unidos de América	38	154	52	3 642
Canadá	38	137	59	3 242
Costa Rica	24	72	41	2 711
Francia	42	168	66	3 593
España	42	164	55	3 473
Suiza	44	171	65	3 508

(Hojas de balance de alimento de la FAO)

^a Relación grasas/energía - proporción del suministro de energía alimentaria procedente de las grasas.

^b Media de los gramos de grasas disponibles por persona y día.

^c Proporción de las grasas totales disponibles de origen animal.

^d Suministro de energía alimentaria - media de las kilocalorías totales disponibles por persona y día.

La mayoría de las grasas para alimentación que se producen en Costa Rica son derivadas del aceite de palma, se importan aceites insaturados como aceite de maíz, girasol, canola y oliva para los mercados urbanos, el mercado rural emplea principalmente aceites y grasas de palma; también se importa gran cantidad de soya en grano para extracción de aceites (Sáenz, 2001).

Es importante tener presente que la gama de usos de los alimentos requieren gran variedad de grasas y aceites cuyas características se ajustan para satisfacer determinadas necesidades de sabor, textura ,otros, por lo que los esfuerzos para modificar la composición de las grasas y los aceites para que sean menos dañinos a la hora de consumirlos pueden verse limitados por estos diversos requisitos técnicos , ya que muchas veces un determinado tipo de aceite o grasa puede ayudar en la obtención de alimentos más saludables pero no necesariamente el producto final será del agrado total del consumidor, por el posible cambio en la textura y sabor.

3.3. Importancia del control del índice de aterogenicidad y relación P/S de los diferentes aceites y grasas.

De las enfermedades cardiovasculares, la arterioesclerosis es considerada hoy en día como la más importante, tanto por la gravedad de su padecimiento como por la influencia que tiene en el desarrollo de enfermedades tales como la angina de pecho, infarto cardíaco y trombosis. Posee la gran desventaja de que su avance es silencioso y generalmente, cuando se presentan los síntomas su estado es muy avanzado (Mayo Foundation for Medical Education and Research, 2000).

La arteriosclerosis comprende un grupo de enfermedades que se caracterizan por generar daño vascular generalizado y formación de ateromas en las arterias principales, lo cual lleva a su oclusión parcial y disminución de la

circulación sanguínea, condición presente en la mayoría de las enfermedades cardíacas y del sistema circulatorio (Fergenbaum, 2001).

Los ateromas se producen por un endurecimiento (esclerosis) u obstrucción del tejido conjuntivo de la pared vascular interna. Diversos estudios han demostrado que la reducción en los niveles sanguíneos de colesterol total y triacilglicerolos ingeridos en la dieta diaria disminuye el riesgo de enfermedades cardiovasculares: enfermedad arterial coronaria, accidentes cerebro vasculares y enfermedad arterial periférica.

De los principales factores que generan el desarrollo y el progreso de la arterosclerosis se citan: la hipercolesterolemia, factores dietéticos (ingesta elevada de grasa y colesterol), altas concentraciones de lipoproteínas de baja densidad (LDL) o bajas concentraciones de lipoproteínas de alta densidad (HDL), hipertensión arterial, tabaquismo, obesidad, sedentarismo, tensión nerviosa y la predisposición genética (Stunkard, 1986).

Al mismo tiempo se sabe que la modificación de dichos factores, a través del cambio de la dieta, conduce a una disminución significativa del proceso arterosclerótico. Con la manipulación dietética se puede: a) disminuir las lipoproteínas de baja densidad (LDL), las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), b) aumentar las lipoproteínas de alta densidad (HDL), c) reducir los niveles sanguíneos de colesterol total y triacilglicerolos (Bajares, 2001).

Según la FAO, muchos estudios han demostrado que la cantidad y composición de las grasas de la alimentación son los principales determinantes de los niveles de colesterol de LDL del suero. Se ha concluido que, con respecto a los carbohidratos, los ácidos grasos saturados elevan el nivel de colesterol del suero, los ácidos grasos poliinsaturados (ácido linoléico) lo bajan y los ácidos

monoinsaturados (ácido oleico) no presentan efectos estadísticamente significativos (FAO,1997).

Cuando se suministran varias grasas a seres humanos en condiciones controladas, las diferencias en la longitud de la cadena y en el número y geometría de los dobles enlaces de los ácidos grasos inducen a notables diferencias en la concentración de lípidos y de lipoproteínas del suero sanguíneo. Los ácidos grasos saturados - láurico, mirístico y palmítico - elevan tanto el colesterol de las HDL como el de las LDL, y reducen el colesterol de las VLDL (FAO, 1997).

Un estudio realizado por investigadores costarricenses y norteamericanos durante 1998 y 1999 determinó que los jóvenes costarricenses poseen niveles de sobrepeso comparables con los de países como Estados Unidos. No obstante, en cuanto a los registros de colesterol "dañino" en la sangre, se encontró que la proporción es mayor en los jóvenes nacionales, lo cual eleva su riesgo de sufrir ataques cardíacos. En el año 2000 se tuvieron 6 casos de internamientos hospitalarios por infarto en personas entre los 16 y los 25 años , 12 casos para adultos entre los 26 y 35 años y 13 internamientos para personas entre los 36 y 40 años. Los resultados, publicados por la OPS (Organización Panamericana de la Salud) en el 2001, determinaron que son necesarios programas de salud preventivos, especialmente enfocados hacia la población adolescente (Rodríguez, 2001).

Por todo lo anterior en la actualidad se conoce la necesidad de controlar tanto la cantidad como la calidad de la grasa ingerida y se debe enfatizar en dos componentes dietarios : el contenido de colesterol y la composición de los ácidos grasos (Acuña, 1995).

En este aspecto, el índice de aterogenicidad da una indicación de cuanto contribuirá una determinada grasa o aceite a iniciar un proceso arterosclerótico, considerando los ácidos grasos que según los diferentes estudios mencionados anteriormente contribuyen al aumento de las lipoproteínas de baja densidad LDL.

3.3.1 Índice de aterogenicidad y relación P/S

Existe una diferencia importante entre la relación P/S y el índice de aterogenicidad, esta radica principalmente en que la primera es una relación entre la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados y los ácidos grasos saturados, mientras que la segunda es una relación de los ácidos grasos más relacionados con la formación de ateromas (ácido grasos láurico (12:0), mirístico (14:0) y palmítico (16:0) y los ácidos grasos mono y poliinsaturados. Por esta razón se ha creído que el índice de aterogenicidad, brinda información más clara sobre el potencial de una determinada grasa en la contribución de la formación de enfermedades del corazón.

El índice de aterogenicidad fue establecido por Ulbricht y Shouthgate en 1991. Este índice se define como la razón del contenido de los ácidos grasos capaces de aumentar los niveles de colesterol sérico, a saber el ácido laúrico, el ácido mirístico y el palmítico, y los ácidos grasos de acción protectora, ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos monoinsaturados.

En el índice de aterogenicidad tiene más influencia el ácido mirístico. Esto debido a la evidencia que lo señala como el principal promotor de los aumentos de colesterol sérico (Ulbricht & Shouthgate, 1991). En el denominador se incluyen todos los ácidos grasos que poseen una acción protectora, los que tienden a reducir el riesgo de desarrollo de enfermedades coronarias.

En cuanto a la relación P/S, entre mayor sea este índice, más saludable será el aceite ya que el exceso de ácidos grasos saturados en la dieta, eleva las LDL y reduce las HDL por lo que se considera un factor claramente aterogénico. Sin embargo, referirse a ácidos grasos saturados en general es impreciso ya que no todos los ácidos grasos saturados tienen el mismo efecto sobre los valores de LDL y por ello se ha difundido más el uso del índice de aterogenicidad que la relación P/S.

La importancia del ácido palmítico en la aterogénesis radica en que suele ser mucho más abundante en la dieta que los demás, mientras que el ácido esteárico (18:0) no se considera aterogénico porque se convierte rápidamente en ácido oleico, un ácido graso monoinsaturado que hasta se ha llegado a calificar como "protector". De esa manera es más claro el índice de aterogenicidad (I.A.), puesto que sólo considera los ácidos grasos con mayor acción aterogénica, mientras que la relación P/S, considera todos los ácidos saturados de la misma manera.

Es importante tener presente que en la relación P/S y en el I.A. no se consideran los ácidos grasos "*trans*", que han sido punto de controversia en los últimos años, incluso donde existen países que están exigiendo la declaración de los mismos en el etiquetado nutricional ya que actúan en forma similar a los ácidos grasos saturados, incrementando las LDL. Algunas veces pudiera pasar que el aceite presente un índice de aterogenicidad relativamente bajo, pero por el proceso de fabricación que ha tenido, presenta un contenido de ácidos grasos "*trans*" alto lo cual puede ser igual de perjudicial que un ácido graso saturado, según los estudios recientes en este campo.

3.4 Procesos que aceleran el deterioro de los aceites y grasas (índice de yodo, número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos)

Las grasas y los aceites son susceptibles a diferentes reacciones de deterioro que reducen el valor nutritivo del alimento y producen compuestos volátiles que imparten olores y sabores desagradables.

Determinar el índice de yodo y el número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos, ayuda específicamente a conocer cuales productos son más susceptibles a reacciones de oxidación o deterioro, y a dar recomendaciones de empaque, forma de almacenamiento y uso de antioxidantes, como también a dar recomendaciones de empleo en un proceso específico. Esto debido a que entre mayor sea el índice de yodo, mayor es el número de insaturaciones en el ácido graso y por ende será mayor la cantidad de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos, acelerándose la velocidad de oxidación.

La reacción de oxidación está influenciada por la composición de los ácidos grasos, la concentración y actividad de agentes pro y antioxidantes, la presión parcial del oxígeno, la superficie de contacto con el oxígeno y las condiciones de almacenamiento (temperatura, luz, contenido acuoso) del aceite o grasa. La velocidad de oxidación es directamente proporcional a la cantidad de dobles enlaces, hidrógenos alílicos y doblemente alílicos presentes en los triacilgliceroles (Belitz , 1997).

La oxidación lipídica es la alteración más importante que ocurre en los alimentos porque disminuye su calidad y valor nutritivo, y puede tener consecuencias negativas para la salud. Al mismo tiempo la reacción de oxidación es una reacción en cadena, es decir, que una vez iniciada continúa acelerándose hasta la oxidación total de las sustancias sensibles (Belitz, 1997).

El proceso que se conoce como peroxidación lipídica se puede dividir en autooxidación y catálisis por lipooxigenasas. La diferencia consiste en que la reacción con el ácido graso para formar el hidroxiperóxido en este último proceso está catalizada por una enzima (Belitz, 1997).

El proceso de autooxidación o rancidez oxidativa de los aceites y grasas se lleva a cabo a través de una serie de reacciones radicalarias con formación de hidroperóxidos como productos intermedios, los cuales se descomponen para producir una gran variedad de compuestos volátiles, generando modificaciones en el aroma. Estas modificaciones en el aroma de los alimentos son juzgadas negativamente con frecuencia por los consumidores, es decir: como rancias, con sabor a pescado, metálicas, a cartón o como sabor a viejo; por lo que es importante determinar los mejores tipos de grasas para los diferentes procesos de elaboración de alimentos, como también los cuidados que se debe tener con ellos a la hora del manejo y almacenamiento (Belitz, 1997).

La presencia de insaturaciones y de ácidos grasos de cadena corta en las grasas o aceites, los hace susceptibles a reacciones con el oxígeno del aire, provocando en ellos cambios desfavorables en los alimentos en donde se utilicen; estas reacciones son catalizadas por la luz o trazas de metal (hierro, cobre), dando como resultado subproductos muy oxigenados como son los hidroxiácidos, aldehidos y cetonas; dicho proceso se conoce como enranciamiento oxidativo (Belitz, 1997).

El índice de yodo de un aceite o de una grasa se define como la masa de yodo absorbido por cien partes en masa de la muestra. Los ácidos grasos insaturados que hay (especialmente de la serie del ácido oleico), se unen con una cantidad definida de halógeno, donde el índice de yodo es una medida del grado de insaturación. Al mismo tiempo este valor es constante para un aceite o grasa en particular (Egan, 1987).

Con frecuencia el índice de yodo es el valor más útil y fácil de determinar para identificar un aceite o al menos para colocarlo dentro de un grupo en particular. Mientras mayor sea el grado de insaturación, mayor será el índice de yodo y mayor será la tendencia del aceite a enranciarse por oxidación (Egan,1987).

Las grasas naturales que son menos insaturadas tienen valores de índices de yodo bajos y son sólidas a temperatura ambiente, inversamente los aceites que son más insaturados, son líquidos, y presentan valores más altos de índice de yodo, mostrando que existe una relación entre sus puntos de fusión y sus índices de yodo (Egan,1987).

En el Cuadro 5 se presentan los diferentes valores de índice de yodo reportados en la Norma Codex para Aceites Vegetales Especificados (CODEX STAN 210-1999), tomados del análisis de aceites vegetales crudos.

Cuadro 5. Índice de yodo para los diferentes aceites según las Norma Codex Stan 210-1999 y Codex Stan 33-1981(Rev. 1-1989)

Aceites	Índice de yodo (g I ₂ /g aceite)
Aceite de maíz	107-135
Aceite de palma	50.0-55.0
Oleína de palma	≥56
Aceite de soya	124-139
Aceite de girasol	118-141
Aceite de oliva virgen	75-94
Aceite de oliva refinado	75-92

La determinación del número de hidrógenos alílicos, es de suma importancia, ya que de ellos va a depender el almacenamiento y uso, como también los antioxidantes que deben ser añadidos a los aceites y grasas para

evitar que sufran oxidación lipídica. Esto debido a que a mayor número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos en la molécula del ácido graso, más corto será el período de inducción y más rápida transcurrirá la oxidación, lo cual se puede observar en el Cuadro 6. Por otra parte, en las condiciones en que normalmente se almacenan los alimentos, los ácidos grasos insaturados no son estables y durante el proceso de peroxidación lipídica se forman numerosas sustancias volátiles y no volátiles que pueden tener una actividad olfatoria grande (Belitz, 1997).

Cuadro 6. Periodo de inducción y velocidad relativa de oxidación de los ácidos grasos a 25°C.

Ácido graso	Número de grupos alilo	Periodo de inducción	Velocidad relativa de oxidación
18:0	0		1
18:1(9)	2	82	100
18:2 (9,12)	3	19	1200
18:3 (9,12,15)	4	1,34	2500

(Belitz, 1997)

Por otra parte, la tendencia que están teniendo las personas de aumentar la insaturación de las grasas de la dieta como una forma de prevención de las enfermedades coronarias hace necesario el uso de antioxidantes. Los antioxidantes tienen diferentes mecanismos de acción: detienen la reacción en cadena de oxidación de las grasas, eliminan el oxígeno atrapado o disuelto en el producto o el presente en el espacio de cabeza y suprimen las trazas de ciertos metales como el cobre o el hierro que facilitan la oxidación (González, 2000).

De todos los antioxidantes, los sintéticos son los más populares y los que más se han empleado debido a sus características de efectividad, bajo costo y alta estabilidad. Sin embargo, existe preocupación respecto a su conveniencia para la salud humana; por ejemplo el butilhidroxitolueno (BHT) en una concentración de 0,05% puede provocar un aumento de peso relativo del hígado de rata causando hipertrofia hepática (González, 2000).

3.5 Índice de saponificación

El índice de saponificación (I.S.), expresa la cantidad de hidróxido de potasio (mg) que es necesaria para hidrolizar 1 g de grasa, al mismo tiempo tiene una relación inversa con la masa molar de los ácidos grasos ya que es tanto más alto, cuanto más pequeña es la medida de la masa molar de los ácidos grasos que componen la grasa (Belitz, 1997).

El índice de saponificación se utiliza para identificar la pureza de los aceites y grasas; cuando no se cumple con el parámetro reportado en la literatura para este tipo de aceites, puede sospecharse que el aceite fue adulterado. En el Cuadro 7 se observan los valores reportados por las Normas Codex para los diferentes aceites, con los cuáles más adelante una vez que se hayan obtenido los resultados se podrá establecer comparación.

El índice de saponificación es el más utilizado para detectar la presencia de aceite de coco (I.S. 225), aceite de nuez de coco (I.S. 247) y grasa de mantequilla (I.S. 225), los cuales contienen una elevada proporción de ácidos grasos de cadena corta, es decir con menos de 12 átomos de carbono (Egan, 1987).

Cuadro 7. Índice de saponificación para los diferentes aceites según las Normas Codex Stan 210-1999 y Codex Stan 33-1981(Rev. 1-1989).

Aceites	Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)
Aceite de maíz	187-195
Aceite de palma	190-209
Oleína de palma	194-202
Aceite de soya	189-195
Aceite de girasol	188-194
Aceite de oliva virgen	184-196
Aceite de oliva refinado	184-193

**Codex Stan 210-1999(Norma del Codex para aceites especificados)

**Codex Stan 33-1981(Rev. 1-1989)(Norma del Codex para los aceites de oliva virgen y refinados)

En los últimos años, el índice de saponificación ha sido sustituido por la cromatografía de gases, ya que a partir de la composición de los ácidos grasos se puede determinar el tipo de grasa que es, sin embargo, por el alto costo que tiene contar con equipo especializado para hacer este análisis en algunos lugares se continúa realizando la determinación del índice de saponificación.

3.6 Importancia del etiquetado de los empaques de aceites y grasas comercializados

La información sobre el contenido de las materias primas en productos comestibles debe estar a la disposición de los consumidores, al mismo tiempo la información nutricional que se brinda debe ser fidedigna y no inducir a error. Hacer una lista de los ingredientes es una forma de identificar los alimentos consumidos; otra forma consiste en marcarlos con una etiqueta que explique el contenido de nutrientes del producto.

Cada día más cantidad de productos describen en las etiquetas su contenido en nutrientes, y van dirigidas al consumidor. Por tanto, la terminología

empleada debe tener sentido y ser comprensible para el público en general, por lo que un formato simple y normalizado ayudaría a las personas a utilizar las etiquetas y a comparar alimentos.

En Costa Rica, los requisitos que se deben de cumplir para el correcto etiquetado de los alimentos preenvasados, se fundamentan en las disposiciones contenidas en el Reglamento Técnico (RTCR 100:1997) “Etiquetado de los alimentos preenvasados”, aprobado por Decreto Ejecutivo N°26012- MEIC y en sus modificaciones, en el caso de productos que incluyan etiquetado nutricional por el Decreto Ejecutivo N° 30256-MEIC-S RTCR 135:2002 “Etiquetado nutricional de los alimentos preenvasados”. Se debe tomar en cuenta, además, lo dispuesto en los reglamentos técnicos nacionales específicos para los productos, así como las disposiciones complementarias contenidas en el Codex Alimentarius (MEIC, 2002).

No sólo en nuestro país sino que en general, se ha prestado atención considerable al etiquetado de los productos con su composición lipídica debido a la demanda de los consumidores y a la cantidad de países que en la actualidad recomiendan que la población modifique el consumo de grasas.

Aunque la conveniencia de esta estrategia y la capacidad de utilizar dicha información puede variar según los países, los objetivos de la sanidad pública, y los patrones alimentarios de los distintos grupos de población dentro de un mismo país, es de esperar que un aumento de la disponibilidad del etiquetado nutricional en los productos alimenticios mejore la salud pública de los diferentes países (FAO, 1997).

Es probable que en muchos países haya algunos sectores de la población que podrían beneficiarse de la información sobre los componentes lipídicos de los alimentos. En estos casos, los países deben considerar la necesidad de proporcionar los medios para un etiquetado adecuado y su presentación de acuerdo con las directrices y orientaciones existentes.

Las Directrices sobre el Etiquetado Nutricional elaboradas por el Codex se basan en el principio de que ningún alimento debe describirse o presentarse de forma falsa, o que induzca a error o a engaño. Las Directrices sobre Declaraciones de Propiedades de los Alimentos establecen los principios generales que se deben seguir y deja a las normativas nacionales la tarea de definir las declaraciones de propiedades específicas (FAO,1997). Por lo que en el caso de Costa Rica el análisis debe realizarse en términos de los reglamentos y decretos establecidos para nuestro país.

Al mismo tiempo, la reglamentación del etiquetado debe incentivar a los fabricantes a elaborar productos que mejoren la salud pública y ayuden a los consumidores a seguir las recomendaciones respecto a una sana alimentación. Estas preocupaciones se extienden al empleo de declaraciones relacionadas con la salud o el contenido de nutrientes con respecto a las características deseables de los alimentos como por ejemplo “bajo contenido de grasas” o “sin colesterol” que se hacen para promocionar ciertos tipos de alimentos (FAO,1997).

En muchas circunstancias, estas declaraciones pueden ayudar al consumidor; sin embargo, las declaraciones pueden ser problemáticas cuando sugieren que una marca particular de un alimento que de por sí es de bajo contenido o exento de grasas se ha formulado especialmente y presenta algún beneficio en comparación con otras marcas, cuando se hacen declaraciones en el etiquetado. Ejemplo de ello es la frase “libre de colesterol”, cuando los aceites vegetales por su propia naturaleza, no contienen colesterol.

La información sobre nutrición proporcionada debe elegirse basándose en su coherencia con las recomendaciones dietéticas. La selección de los nutrientes específicos o de los componentes de los alimentos que vayan a figurar en la lista debe tener en cuenta el espacio de la etiqueta, la capacidad

analítica para medir un componente alimentario particular dentro de la matriz de los alimentos, y los costos relativos de dichos análisis.

Otra preocupación fundamental consiste en si las declaraciones sobre los componentes lipídicos de los alimentos que figuren en las etiquetas deben definirse para propósitos de etiquetado por sus estructuras químicas o sus aplicaciones fisiológicas. Desde el punto de vista de la formación del consumidor, las características fisiológicas presentan ventajas porque los consumidores pueden aplicar fácilmente dicha información. Sin embargo, los datos de apoyo para relacionar determinados componentes lipídicos de los alimentos con las aplicaciones fisiológicas específicas varía; algunos están bien establecidos y aceptados mientras que otros son sugestivos y especulativos. Por ejemplo, en la actualidad resultaría difícil definir las ventajas de declarar los niveles de ácidos grasos que elevan el colesterol. Además, no existe un acuerdo universal sobre si resulta adecuado proporcionar a los consumidores información relativamente específica sobre los componentes de los ácidos grasos de los alimentos. Indudablemente, a medida que continúen acumulándose pruebas científicas, se irán aclarando las decisiones adecuadas en estas áreas (FAO,1997).

Analizar el etiquetado de las diferentes muestras, es la forma en que el consumidor tiene criterios para poder elegir entre uno u otro tipo de grasa. Se considera importante brindar información nutricional de los diferentes productos porque ayudan a los consumidores a mantener dietas un poco más sanas y les dan la posibilidad de elegir entre uno u otro producto. Al mismo tiempo en la etiqueta se deben reportar otros criterios de importancia en cuanto a la forma de almacenamiento y fecha de vencimiento que son importantes para evitar el deterioro.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del trabajo

El estudio se realizó en la Escuela de Química en el Laboratorio de Investigación de la Sección de Química Industrial. Dentro del proyecto "Potencial aterogénico de aceites, grasas y otros derivados producidos y/o comercializados en Costa Rica" N° 115-AO-159 de la Universidad de Costa Rica.

4.2 Recolección y tratamiento de las muestras

Para la recolección y tratamiento de las muestras se aplicó el modelo de "muestreo preliminar" (MEIC, 1995), con la colaboración del (LACOMET) Laboratorio Costarricense de Metrología del Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Se recolectaron muestras quintuplicadas de cada una de las marcas de aceites, grasas y otros productos derivados producidos y/o comercializados en Costa Rica. Para los análisis correspondientes se preparó una "muestra compuesta" tomando las cinco muestras como se encontraban en los puntos de venta, por lo que para los diferentes productos la muestra compuesta era de diferente tamaño. Se formó una muestra compuesta utilizando un beaker de 3L, se agitó suavemente y se guardaron dos muestras de 500 g o 500 mL combinadas de cada material. Para obtener la muestra combinada de las margarinas se dejaron a temperatura ambiente cuatro horas y luego se colocaron en baño maría a 40°C.

Las muestras compuestas de cada producto se almacenaron en frasco de vidrio, en la oscuridad a temperatura ambiente para los aceites y a una temperatura de -20°C para las margarinas y mantequillas, para su posterior análisis.

A las muestras de margarinas y mantequillas se les determinó por triplicado el porcentaje de humedad (% m/m) por medio de destilación azeotrópica, utilizando metodología validada, y se extrajo el aceite y/o grasa correspondiente, utilizando una mezcla de éter etílico/éter de petróleo (1:1) (Mattisek, 1998).

4.3. Análisis de las muestras.

4.3.1 Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad de las margarinas y mantequillas se realizó utilizando el método descrito por la AOAC, que consiste en formar una mezcla azeotrópica de tolueno y agua. Se midió el contenido de agua utilizando una trampa de Dean-Stark según el método descrito por Mattisek (1998), midiendo el contenido de humedad por la separación de fases. Se validó el método analizando una misma muestra siete veces para determinar el contenido de agua (repetibilidad) y determinando la recuperación, por adición. Con el contenido de humedad, se hizo una estimación del contenido de grasa en la muestra por diferencia.

4.3.2 Determinación de la composición de los ácidos grasos

La composición de los ácidos grasos se determinó en las diversas muestras recolectadas utilizando la técnica de cromatografía de gases.

Se utilizó un cromatógrafo Perkin Elmer (modelo 9000), provisto de un detector de ionización de llama (FID), de una columna capilar Supelcowax de 30m de largo y de 0,25 mm de diámetro. La temperatura del inyector y del detector fueron 220°C y 260°C respectivamente. En la columna, la temperatura inicial fue de 180°C por 0 minutos, con un gradiente de temperatura de 2°C/min y una

temperatura final de 240°C por 0 minutos. Las muestras fueron transesterificadas con una disolución al 25% (m/v) de hidróxido de tetrametilamonio en metanol anhidro, según el procedimiento indicado por Metcalfe y Wang (1981). Cada muestra compuesta se analizó por triplicado.

4.3.3. Determinación del potencial de oxidación, índice de yodo, índice de saponificación y masa molar promedio de los aceites y grasas.

Utilizando la composición de los ácidos grasos, se determinó el índice de yodo, el índice de saponificación y la masa molar promedio como parámetros de caracterización de los aceites y grasas y el número promedio de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos como parámetros de susceptibilidad a la oxidación de los aceites y grasas (Belitz, 1997).

Una vez que se contó con la composición de ácidos grasos de cada una de las muestras se determinó cada uno de los parámetros.

Para calcular el índice de aterogenicidad se utilizó la siguiente fórmula propuesta por Ulbricht y Southgate (1991):

$$I.A. = \frac{12:0 + 4(14:0) + 16:0}{(\text{Ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados})}$$

Donde:

12:0= % (m/m) de ácido graso láurico presente en la muestra

14:0= % (m/m) de ácido graso mirístico presente en la muestra

16:0= % (m/m) de ácido graso palmítico presente en la muestra

Ácidos grasos monoinsaturados= ácidos grasos con un doble enlace

Ácidos grasos poliinsaturados= ácidos grasos con más de un doble enlace

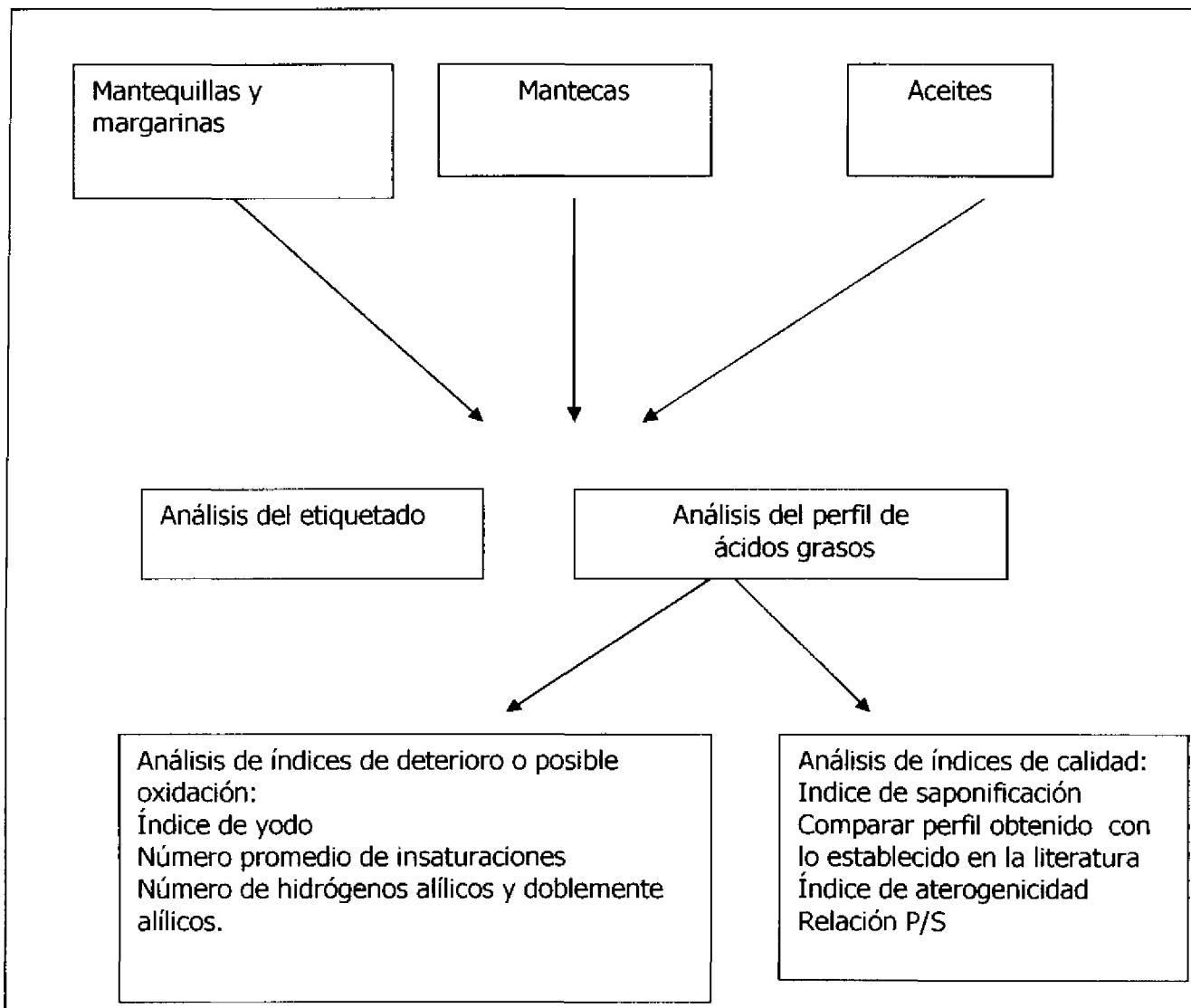


Figura 1 . Esquema de análisis y caracterización de las diferentes muestras.

4.3.4 Análisis del etiquetado de las muestras

Para cada una de las muestras que tenían empaque y que eran vendidas en diferentes establecimientos, ya que otras fueron muestras industriales, se analizó el etiquetado basándose principalmente en los aspectos relacionados con el presente estudio.

Cada una de las muestras se analizó según la norma para etiquetado de los alimentos preenvasados RTCR 100:1997 y el Decreto Ejecutivo N°30256-MEIC-S RTCR 135:2002 Etiquetado nutricional de los alimentos preenvasados. Se analizó si presentaban alguna declaración de una propiedad nutricional, ingredientes, información nutricional y la relación de lo encontrado en los análisis en comparación de lo reportado en la etiqueta, cuando presentaban porcentaje de ácidos grasos por porción.

4.4. Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza mediante el programa estadístico "JMP", con un 95% de confianza, para determinar si existían diferencias significativas entre los cuatro tipos de muestras analizadas (mantecas, mantequillas, margarinas y aceites) en cuanto a las variables que se estudiaron :

- 1. *Relación poliinsaturados / saturados (P/S)***
- 2. *Hidrógenos alílicos***
- 3. *Hidrógenos doblemente alílicos***
- 4. *Índice de yodo***
- 5. *Número de dobles enlaces***
- 6. *Índice de saponificación***
- 7. *Índice de aterogenicidad***

El análisis de los datos se hizo con base a un diseño irrestricto de un cuasi experimento (Aguilar, 2003).

Los "tratamientos" con que cuenta este cuasi experimento son, considerando un tratamiento un tipo diferente de producto:

1. Aceites
2. Mantecas
3. Mantequillas
4. Margarinas

Para cada tratamiento se analizaron un total de siete variables por separado. Por lo tanto, se realizaron 7 cuasi experimentos diferentes. Además, debido a la naturaleza de los mismos, se hicieron los siguientes contrastes para encontrar posibles diferencias:

Aceites en comparación a mantecas, mantequillas y margarinas

Esta comparación se debe a que el aceite es un líquido graso mientras que los otros productos restantes no lo son.

Mantecas en comparación a mantequillas y margarinas

Las mantecas difieren mucho en cuanto a su composición y sabor de las mantequillas y margarinas

Mantequillas en comparación a margarinas

Este contraste es debido a que las mantequillas están hechas principalmente de grasa animal mientras que las margarinas están compuestas en mayor proporción de grasa vegetal.

Cada contraste tiene sentido teórico y está estructurado para experimentos desbalanceados; es decir, con número de repeticiones diferentes para cada tratamiento y además, se cumple el supuesto de ortogonalidad.

Para cada uno de los cuasi experimentos se tienen cuatro hipótesis planteadas a priori, una general y las determinadas por los contrastes. Las pruebas se realizaron bajo un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha=5\%$) y las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- 1) $H_0: \mu_a = \mu_{m1} = \mu_{m2} = \mu_{m3}$
 H_1 : al menos uno de los tratamientos es diferente
- 2) $H_0: \mu_a = \mu_{m1,m2,m3}$
 H_1 : al menos uno de los tratamientos es diferente
- 3) $H_0: \mu_{m1} = \mu_{m2,m3}$
 H_1 : al menos uno de los tratamientos es diferente
- 4) $H_0: \mu_{m2} = \mu_{m3}$
 H_1 : al menos uno de los tratamientos es diferente

Donde; a= aceites, m_1 = mantecas, m_2 = mantequillas, m_3 = margarinas.

El paquete utilizado para realizar el análisis descrito fue el JMP (Versión 4.0.4, SAS Institute Inc).

4.5 Confidencialidad de la información.

Los resultados del proyecto se analizaron y expusieron por código de cada muestra y no por marca, ya que la idea es investigar el estado de las grasas comercializadas en el país y no brindar información en beneficio o en contra de una determinada marca.

4.6 Financiamiento

El proyecto de graduación estará financiado por el proyecto "Potencial aterogénico de aceites, grasas y otros derivados producidos y/o comercializados en Costa Rica" N° 115-AO-159 de la Universidad de Costa Rica.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Composición y caracterización de aceites, grasas y otros derivados producidos o comercializados en Costa Rica

Se recolectaron y codificaron 13 marcas diferentes de mantequillas o margarinas (**A**, **B**, **D1** a **D11**), 2 de las marcas de las margarinas se analizaron también en forma de barras (**D3** y **D9**), 7 tipos de mantecas (**E1** a **E7**) y 14 marcas diferentes de aceites de girasol (**EG1** a **EG3**), maíz (**EM1** a **EM3**), oliva (**EO1** a **EO4**), soya (**ES1** a **ES3**) y de palma africana (**EV**) (Cuadro 9). De estas muestras 67% de los productos fueron elaborados por empresas nacionales y 33% correspondió a productos importados y comercializados en nuestro país.

La metodología utilizada para la determinación del contenido de agua en las muestras emulsificadas fue validada; obteniéndose una desviación estándar promedio de 0,50%, como criterio de precisión y un 96% de recuperación como criterio de exactitud. En el Cuadro 8, se muestran los resultados obtenidos para el contenido de humedad (% m/m) y de triacilgliceroles (% m/m) en las muestras emulsificadas.

Según la norma Codex STAN 32-1981 (Rev. 1-1989) la margarina debe tener como mínimo 80% (m/m) de grasa y un contenido de agua máximo de 16% (m/m) y 2% de otros componentes: emulsificantes (0,50-1,0%), proteína láctea (1,0%), ácido cítrico o láctico (para ajustar el pH a 4,2-4,5, sal común (0,1-0,2%), sustancias aromáticas, antioxidantes y pigmentos. La mayoría de las margarinas analizadas (**D1**, **D2**, **D5**, **D7**, **D8** y **D10**) cumplieron con estos requisitos y el grupo que presentó un contenido de grasa entre 62 y 76% fueron las margarinas **D3A**, **D3B**, **D4**, **D9A** y **D9B**, las cuales pueden ser consideradas como margarinas con un valor energético reducido, pero no como margarinas livianas o reducidas en grasa.

El reglamento técnico RTCR: 135:2002 *Etiquetado nutricional de los alimentos preenvasados* las margarinas livianas o reducidas en grasa deben contener al menos 25% menos de grasa por porción con respecto al alimento de referencia, solamente, la margarina **D6** cumplió con estas características.

La Norma Codex para la mantequilla (*CODEX STAN A-1-1971, Rev.1-1999*) establece que las mantequillas deben tener como mínimo 80% (m/m) de grasa de la leche y un contenido de agua máximo de 16% (m/m). La mantequilla **A**, cumplió con estas características, mientras que la margarina **B**, presentó el contenido de agua un poco superior al establecido por la Norma de 18,3%.

Cuadro 8. Contenido (% m/m) de humedad y de triacilglicerolos (TG) en las muestras emulsificadas (margarinas y mantequillas)

Muestra	% Humedad	% Triglicéridos
A	15,0	85
B	18,3	82
D1	15,0	85
D2	15,2	85
D3a	33,4	67
D3b	23,6	76
D4	37,8	62
D5	14,9	85
D6	52,0	48
D7	14,1	86
D8	18,3	82
D9a	33,7	66
D9b	25,6	74
D10	14,8	85
D11	Nd	nd

nd: no determinado

Mediante la técnica de cromatografía de gases se determinó la composición de los ácidos grasos en los diferentes aceites, grasas y en la fracción lipídica de los productos emulsificados, los resultados se observan en el Cuadro 9. Para interpretar la composición de los ácidos grasos; se hizo uso de los ácidos **grasos indicadores**, los cuales son característicos de la clase de aceite o grasa y pueden inclusive ser utilizados como indicadores de adulteración (Belitz, 1997).

La adulteración de un determinado tipo de aceite que se señala como 100% puro, se identifica cuando no presenta la composición de ácidos grasos conocida y previamente establecida por Normas Codex e incluso reportadas en la literatura para ese tipo de aceite. Si a un aceite que supuestamente es 100% de soya se le identifica una composición en sus ácidos grasos completamente diferente a la reportada en las normas, se podría pensar que ha sido mezclado con algún otro tipo de aceite vegetal, cuya composición es distinta.

Las mantequillas **A** y **B** no presentaron la composición típica de la grasa láctea ya que la grasa láctea presenta como ácidos grasos característicos 2,79% de ácido butírico (4:0) y 3,04% de ácido cáprico (10:0) y ambas muestras no cumplieron con estos valores, lo cual puede observarse en el cuadro 9, por lo que se sospecha que contienen algún otro tipo de grasa no láctea (Belitz, 1997).

La grasa usada en la elaboración de las margarinas **D1** a **D11** no pudo ser identificada utilizando el criterio de los ácidos grasos indicadores, pues eran mezclas de aceites, de grasas o fueron hidrogenadas en forma parcial, sin embargo se pueden establecer algunas deducciones en cuanto a su composición.

Las margarinas **D1**, **D2**, **D3a**, **D4**, **D5** y **D10** tenían entre 30 y 40% de ácidos grasos saturados y probablemente fueron elaboradas con aceite de palma africana. Contenían una proporción baja de ácido láurico y de ácido mirístico, pero

una cantidad considerable de ácido palmítico (20-30%); por lo cual se debe reducir el consumo de estos productos (Belitz, 1997).

Las margarinas **D6, D7, D8, D9a, D9b** y **D11** contenían entre 12 y 20% de ácidos grasos saturados, deduciendo que en su formulación se utilizaron aceites mono o poliinsaturados (Belitz, 1997).

Las mantecas **E1, E2, E3, E5** y **E6** presentaron la composición típica de la grasa extraída del fruto de la palma africana *Elaeis guineensis*, la cual se caracteriza por presentar un contenido de ácido palmítico entre 40 y 45%, ácido oleico cercano al 40%, ácido linoléico alrededor del 10% y ácido mirístico 1% (Belitz, 1997). En estas grasas, la proporción de ácido palmítico (ácido graso aterogénico) fue muy elevada, presentando valores de 39,9%, 43,9%, 45,9%, 45,1% y 44,7% respectivamente por lo que no se recomienda su consumo en la elaboración de productos alimenticios saludables.

El producto **E4** es una manteca importada, constituida por mezclas de aceites o grasas parcialmente hidrogenados presentando un contenido bajo de ácido palmítico (16:0) 14,1% y principalmente estaba constituida por ácido esteárico (18:0) 12,9%, oleico (18:1) 41,0% y linoleico (18:2) 29,3%, lo cual indica que a pesar de su forma sólida es una manteca rica en ácidos grasos poliinsaturados lo cual ayuda a disminuir el riesgo de arterosclerosis. Sin embargo debe tomarse en cuenta que los productos elaborados con este tipo de manteca vegetal va a ser más susceptible a sufrir de oxidación que las otras mantecas analizadas, lo cual se aclarará más adelante cuando se analice en detalle la presencia de insaturaciones e hidrógenos alílicos.

La manteca **E7** es una grasa rica en ácido láurico (45%), el ácido graso indicador de la grasa de las semillas del fruto de la palma africana y conocido en Costa Rica, como aceite de coquito (Belitz, 1997). De las grasas analizadas, la

manteca **E7** contenía la mayor proporción de ácidos grasos aterogénicos: 44,2% de ácido láurico, 14,3% de ácido mirístico y 8,9% de ácido palmítico; por lo que no se recomienda el consumo directo o indirecto de este producto.

Este tipo de manteca por presentar un alto porcentaje de ácido láurico 44,2% y ácidos grasos saturados de cadena corta como el caprílico (8:0) de un 3,7% y cáprico (10:0) 3,3%, muchas veces es utilizada como sustituto de la grasa láctea, produciendo la misma sensación al paladar por su comportamiento ante la fusión.

Los aceites de oliva **EO1**, **EO2**, **EO3** y **EO4** presentaron un elevado contenido de ácido oleico (75-80%), el ácido indicador para este tipo de aceite y con efectos benéficos en la prevención de enfermedades del aparato circulatorio (Belitz , 1997). Si se observa el Cuadro 9, todas las muestras de aceite de oliva presentaron los valores de ácidos grasos establecidos por la Norma Codex para este tipo de aceites: 7,5 -20.0% de ácido palmítico (16:0), 0,3 - 3,5% de ácido palmitoleico (16:1), 0,5 - 5,0% de ácido esteárico (18:0), 55,0 -83,0% de ácido oleico (18:1) y 3,5 – 21,0% de ácido linoleico, lo cual ratifica la pureza de las muestras de aceite de oliva analizadas.

El aceite **EV**, según la etiqueta, fue elaborado con aceite de palma; pero no presentó la composición típica del aceite extraído del fruto de la palma africana (Belitz, 1997), ya que contenía pequeñas cantidades de ácido láurico (0,2%) y de ácido mirístico (0,6%) y una proporción elevada de ácido palmítico (24,3%).

Los aceites de girasol, maíz y soya presentaron un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (60-70%), monoinsaturados (20-30%) y una baja proporción de ácidos grasos saturados (10-15%).

El ácido linoleico (18:2) en una proporción entre 50 y 70%, es el ácido graso indicador de los aceites de girasol, maíz, semilla de algodón y germen de trigo. (Belitz, 1997). Según la Norma CODEX SATAN 210-1999 el contenido de ácido linoleico (18:2) para el aceite de girasol es de 48,3 – 74,0% y para el aceite de maíz 34,0 – 65,6%.

Los aceites de girasol **EG1**, **EG2** y **EG3** y los aceites de maíz **EM1**, **EM2** y **EM3** cumplen con esta característica. Estos aceites contienen entre 5,9 y 10,6% de ácido palmítico (16:0), un ácido graso aterogénico; pero contienen una alta proporción de ácido oleico (18:1) y de ácido linoleico (18:2), ambos con reconocida acción protectora sobre el desarrollo de enfermedades cardiovasculares.

El ácido graso indicador de los aceites de soya crudos, es el ácido linolenico (18:3) (4,5 -11%), según Codex Stan 210-1999. Los aceites de soya **ES1**, **ES2** y **ES3** presentaron 6,5% de este ácido graso, que aunque esté dentro de lo establecido por la norma es un valor un poco inferior a 11% debido a que han sido sometidos a un proceso parcial de hidrogenación para aumentar la estabilidad del aceite a las reacciones de oxidación, pero el proceso podría generar la formación de ácidos grasos insaturados con configuración *trans*, los cuales tienen un potencial aterogénico similar a los ácidos láurico, mirístico y palmítico (Belitz, 1997).

Para las muestras donde en su etiqueta indicaban que fueron elaboradas a partir de mezclas de aceites vegetales, sin aclarar con exactitud cuáles aceites fueron utilizados, es muy difícil establecer con claridad cuál debería ser su composición en ácidos grasos y por ende lo importante es que se haga conciencia en el productor de mejorar el etiquetado de estos productos.

Cuadro 9. Composición porcentual (m/m) de ácidos grasos de las muestras de aceites, mantecas y de la fracción lipídica de las muestras de mantequilla y margarinas analizadas.

Muestra	Ácidos Grasos																		
	4:0	6:0	8:0	10:0	12:0	13:0	14:0	14:1	15:0	16:0	16:1	17:0	17:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1
A	1,8	1,1	2,2	0,2	3,8	nd	9,5	0,7	1,0	28,5	1,7	0,8	0,3	13,6	30,1	2,6	0,5	0,2	0,3
B	1,7	1,2	2,1	0,2	2,5	nd	9,1	0,6	0,8	26,5	1,5	0,7	0,3	14,0	29,6	4,8	0,8	0,3	nd
D1	nd	nd	nd	nd	0,2	nd	0,4	nd	nd	21,2	nd	nd	nd	8,3	44,6	22,4	2,5	0,4	nd
D2	nd	nd	nd	0,1	0,4	nd	0,7	nd	nd	27,8	nd	nd	nd	9,0	51,3	9,9	0,6	0,4	nd
D3a	nd	nd	nd	nd	0,4	nd	0,7	nd	nd	30,3	nd	nd	nd	9,3	48,2	10,0	0,6	0,5	nd
D3b	nd	nd	nd	0,8	0,2	nd	0,3	nd	nd	16,3	nd	nd	nd	6,0	37,9	34,0	4,2	0,4	nd
D4	nd	nd	nd	nd	0,4	nd	0,7	nd	nd	27,7	nd	nd	nd	7,2	52,3	10,7	0,7	0,4	nd
D5	nd	nd	nd	nd	0,3	nd	0,7	nd	nd	27,8	nd	nd	nd	7,3	50,9	11,7	0,9	0,4	nd
D6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	13,2	nd	nd	nd	7,1	37,7	36,5	4,9	0,4	0,3
D7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	11,9	nd	nd	nd	8,3	37,6	36,9	4,8	0,4	nd
D8	nd	nd	nd	nd	0,1	nd	nd	nd	nd	11,4	nd	nd	nd	5,3	36,5	40,8	5,6	0,3	nd
D9a	nd	0,2	nd	nd	nd	0,2	nd	nd	nd	9,7	nd	nd	nd	8,2	34,6	41,0	5,5	0,4	0,2
D9b	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,8	nd	nd	nd	7,2	46,6	31,7	4,4	0,4	nd
D10	nd	nd	nd	nd	0,2	nd	0,6	nd	nd	29,9	nd	nd	nd	10,0	49,1	9,0	0,7	0,4	nd
D11	nd	nd	nd	nd	0,2	nd	0,2	nd	nd	7,2	nd	nd	nd	4,4	49,9	29,2	7,6	0,5	0,8
E1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,0	nd	nd	39,9	nd	nd	nd	4,6	37,1	13,0	0,3	0,4	nd
E2	nd	nd	nd	nd	0,15	nd	1,1	nd	nd	43,9	nd	nd	nd	4,6	39,3	10,1	Nd	0,4	nd
E3	nd	nd	nd	nd	0,5	nd	1,2	nd	nd	45,9	nd	nd	nd	4,8	38,0	9,2	Nd	0,4	nd
E4	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	14,1	nd	nd	nd	12,9	41,0	29,3	2,2	0,4	nd
E5	Nd	nd	nd	nd	0,2	nd	1,1	nd	nd	45,1	nd	nd	nd	4,6	38,2	10,4	Nd	0,4	nd
E6	Nd	nd	nd	nd	0,8	nd	1,2	nd	nd	44,7	nd	nd	nd	5,1	39,1	9,2	Nd	0,2	0,4
E7	Nd	0,1	3,7	3,3	44,2	nd	14,3	nd	nd	8,9	nd	nd	nd	12,2	12,2	0,7	0,3	0,2	nd
EG1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,9	nd	nd	nd	3,3	25,2	65,5	0,1	0,3	0,1
EG2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,9	nd	nd	nd	3,8	23,3	66,8	Nd	0,3	nd
EG3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,7	nd	nd	nd	4,4	20,7	64,9	1,9	0,2	0,2
EM1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,5	nd	nd	nd	2,0	29,0	57,6	0,9	nd	nd
EM2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,6	nd	nd	nd	3,4	26,7	55,3	3,8	0,2	nd
EM3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,9	nd	nd	nd	1,9	28,4	57,6	1,4	0,4	0,4
EO1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,8	0,81	nd	nd	3,4	79,1	5,0	0,5	0,4	nd
EO2	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,9	0,70	nd	nd	4,1	79,6	4,5	0,6	0,4	nd
EO3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,4	0,7	nd	nd	3,0	79,7	5,2	0,5	0,5	nd
EO4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	12,2	0,9	nd	nd	3,0	75,5	7,3	0,6	0,4	nd
ES1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,2	nd	nd	nd	4,6	28,5	49,8	6,5	0,4	nd
ES2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,2	nd	nd	nd	4,6	28,5	49,8	6,5	0,4	nd
ES3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,2	nd	nd	nd	4,6	28,5	49,8	6,5	0,4	nd
EV	nd	nd	nd	nd	0,2	nd	0,6	nd	nd	24,3	nd	nd	nd	4,2	32,8	33,8	3,8	0,4	nd

A,B: mantequillas, D: margarinas, E: mantecas, EG: aceites de girasol, EM: aceites de maíz, EO: aceites de oliva,
 ES: aceites de soya y EV: aceite vegetal
 nd: no detectado

En general se encontró que las muestras de aceites y grasas analizadas presentaron composiciones que coinciden con lo establecido por las Normas Codex y por la literatura para el tipo de aceite o grasa analizado. Lo anterior indica que en nuestro país la mayoría de las grasas y aceites que se comercializan bajo un determinado nombre está cumpliendo con las características establecidas para esos productos y no han sido mezclados con otro tipo de aceites o grasas diferentes.

5.2 Análisis de aterogenicidad y relación P/S de las diferentes muestras

El índice de aterogenicidad y la relación P/S de los diferentes aceites y grasas pueden ser utilizados como parámetros o criterio a la hora de seleccionar un determinado tipo de grasa o aceite, y de esa manera el consumidor tiene la opción de llevar una dieta más saludable.

Idealmente el valor del índice de aterogenicidad debería ser igual a cero, lo cual se logra cuando los ácidos láurico, mirístico y palmítico se encuentran ausentes en la composición de los triacilgliceroles que forman un determinado aceite o grasa. Por el contrario; un valor elevado en el índice de aterogenicidad, indica la presencia de cantidades considerables de ácidos grasos aterogénicos (ácidos láurico, mirístico y palmítico) (Aguilera, 2001).

Se obtuvo 30% de varianza en el índice de aterogenicidad para las diferentes muestras analizadas, indicando que este índice es muy variable entre todas las muestras analizadas. Los promedios del índice de aterogenicidad de los "tratamientos" o bien tipo de producto (aceites, margarinas, mantecas y mantequillas) resultaron ser significativos ($P=0,0005$), indicando que al menos uno de los productos era diferente. El análisis de los contrastes demostró que habían diferencias significativas entre los aceites y los demás productos ($P=0,0007$), como también entre las mantequillas y las margarinas ($P=,0102$).

En la Figura 2 se observa que el aceite presenta un índice de aterogenicidad menor (Prom=0,12) en relación con los otros productos como también las margarinas presentaron un promedio de índice de aterogenicidad menor (Prom=0,32) que las mantequillas.

La manteca **E7**, es la más aterogénica de todas las muestras analizadas, con un valor de índice de aterogenicidad de **8,4**. Esta manteca vegetal según el perfil de ácidos grasos obtenido (Cuadro 9) fue elaborada con aceite de coquito (semilla del fruto de la palma africana). Este tipo de manteca es muy utilizada en procesos industriales y algunas veces es utilizada como sustituto de la grasa láctea en la formulación de helados y en diferentes rellenos. Es importante detectar en cuales productos se está utilizando e informar a la industria alimentaria para que busque opciones con el fin de sustituir este producto sin afectar los costos de producción.

Todas las mantecas, excepto la **E4**, presentaron una composición similar al aceite de palma africana: 45-50% de ácidos grasos saturados, 35-40% de ácidos grasos monoinsaturados y 10-15% de ácidos poliinsaturados. Estas mantecas tenían una proporción entre 40 y 45% de ácido palmítico (ácido graso aterogénico) y un valor intermedio en su capacidad aterogénica, presentando valores del índice de aterogenicidad entre 0,9 y 1,2; por lo tanto se desaconseja el uso de este tipo de triacilgliceroles en la preparación de alimentos saludables.

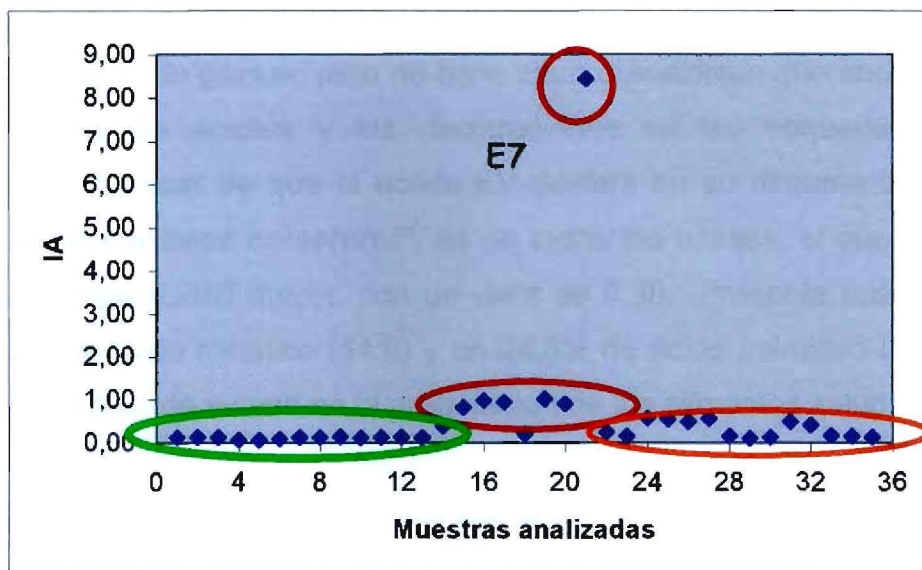


Figura 2. Comportamiento del índice de aterogenicidad de las diferentes muestras analizadas. Del 1-15 son aceites, 16-22 mantecas, 22-36 son margarinas.

Se observa en la Figura 3, respecto a los aceites analizados, que los de girasol, presentaron el índice de aterogenicidad más bajo, seguidos de los de soya y maíz. El aceite de oliva presentó valores similares a los aceites de maíz con un índice de aterogenicidad menor a 0,15.

A pesar de que los aceites de soya presentaron índices de aterogenicidad relativamente bajos, éstos según su etiqueta son parcialmente hidrogenados, por lo que podrían contener algún porcentaje de ácidos grasos *trans*, los cuales son considerados aterogénicos (Kalyana, 1997), por lo que es importante estudiar la relación del índice de aterogenicidad con la cantidad de ácidos grasos *trans* encontrados para una misma muestra según el grado de hidrogenación que haya sufrido y de esa manera poder establecer de una forma mucho más clara si realmente sería importante involucrar el % de ácidos grasos *trans* dentro del índice de aterogenicidad.

Es usual que el consumidor considere el aceite vegetal como más saludable que los otros tipos de grasas, pero no tiene claro que existen diferencias entre los diferentes tipos de aceites y las declaraciones en las etiquetas tienden a confundirlos. A pesar de que el aceite EV declara en su etiqueta que **“por su naturaleza no contiene colesterol”**, es de todos los aceites, el que muestra un índice de aterogenicidad mayor, con un valor de 0,38. Presenta trazas de ácido láurico (12:0) y ácido mirístico (14:0) y un 24,3% de ácido palmítico (16:0), por lo que no se recomienda su uso en la preparación de los alimentos saludables.

En los Cuadros 19, 20, 21 y 25 del apéndice A, se presentan los valores promedios para el índice de aterogenicidad (I.A.) y la relación P/S de cada uno de los aceites, grasas y productos derivados analizados.

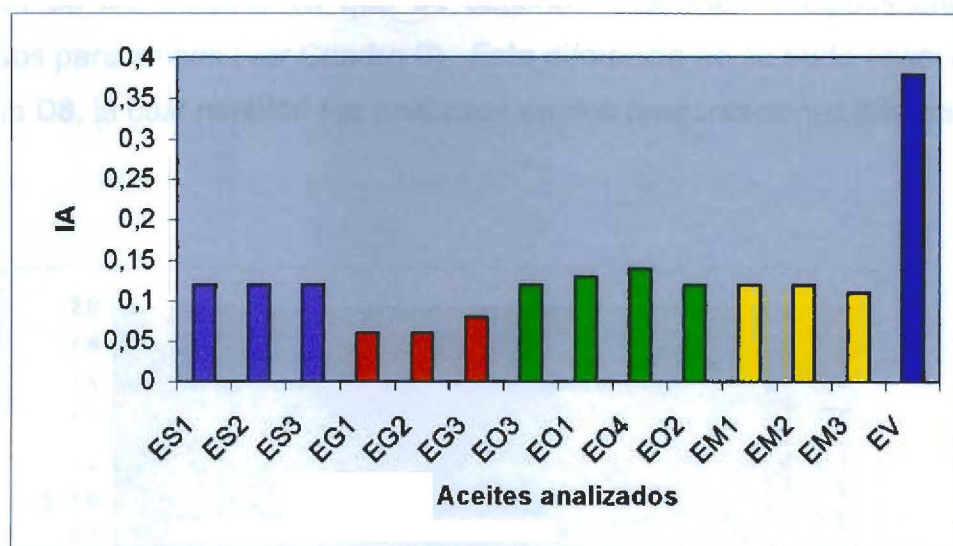


Figura 3. Índice de aterogenicidad presente en las muestras de los diferentes tipos de aceites analizados. Aceites de soya (ES1, ES2, ES3), aceites de girasol (EG1, EG2, EG3), aceites de oliva (EO3, EO1, EO4, EO2), aceites de maíz (EM1, EM2, EM3), aceite vegetal (EV).

Se observa que la mantequilla A presenta el valor más alto con un 1,7 de I.A. siguiéndole la mantequilla B con un I.A. de 1,5 (Figura 4). Es importante recalcar que ambos productos son de origen animal y presentan una mayor

cantidad de ácido mirístico (14:0), según el perfil de ácidos grasos obtenido (Cuadro 9), lo cual hace que su aterogenicidad sea mucho mayor que todas las margarinas analizadas, al mismo tiempo contienen porcentajes de ácidos grasos saturados de cadena corta, como lo es el ácido butírico, característico de la grasa láctea.

En la Figura 4 se puede observar que la margarina D3, presentó valores diferentes en su índice de aterogenicidad (margarina en barras D3b) (margarina de untar D3a), aunque tenían la misma marca. La margarina D3b en barras presentó un índice de aterogenicidad mayor al de la margarina de untar y esto se debe al proceso de hidrogenación al que fue sometida para cambiar de un estado líquido o semilíquido a sólido, disminuyendo la cantidad de dobles enlaces, como también que probablemente se utilizaron diferentes tipos de aceites vegetales para la obtención de las mismas ya que se obtienen diferentes composiciones de ácidos grasos para ambas (ver Cuadro 9). Esta diferencia no se pudo observar en la margarina D8, la cual también fue analizada en dos presentaciones diferentes.

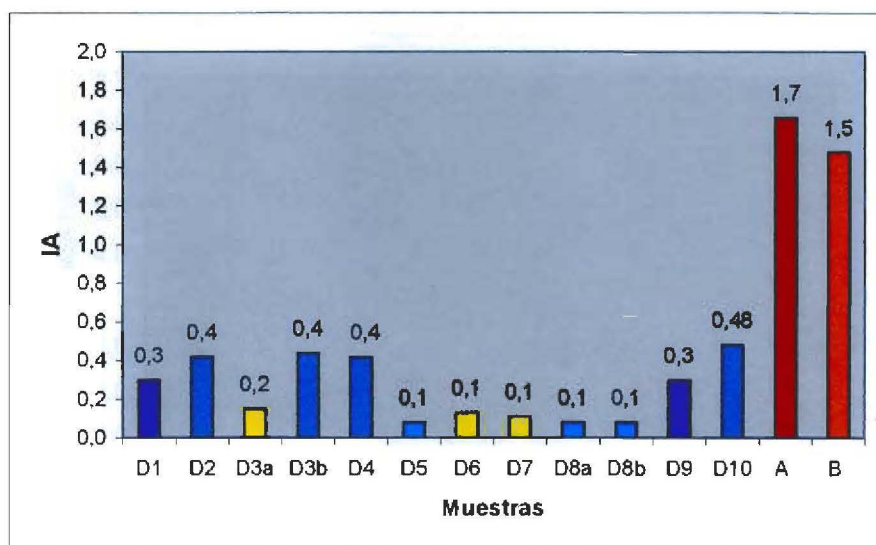


Figura 4. Índice de aterogenicidad en margarinas y mantequillas analizadas.

Se ha determinado que la sustitución de una dieta saturada por grasa poliinsaturada ocasiona una disminución del colesterol plasmático (Aguilera, 2001). En general, la relación de ácidos grasos poliinsaturados vs ácidos grasos saturados, es un indicador de cuán saludable será el aceite.

En el análisis de la relación P/S (ácidos grasos poliinsaturados/ácidos grasos saturados) de las diferentes muestras se obtiene que la variabilidad de dicha relación está siendo explicada en casi 52% y existe una diferencia significativa entre las medias de los "tratamientos" o productos (aceites, mantecas, margarinas y mantequillas) ($P < 0,0001$). Es decir, en al menos uno de los productos analizados, la relación P/S fue diferente.

Mediante el uso de contrastes entre los tratamientos se encontró que los aceites son los únicos que difieren de los demás *tratamientos* ($P = 7,5e-9$) en la relación P/S, ya que entre los demás productos no se encontraron diferencias significativas. Concluyendo que el aceite es el producto más saludable ya que el promedio de la relación P/S fue el más alto (Prom=3,87).

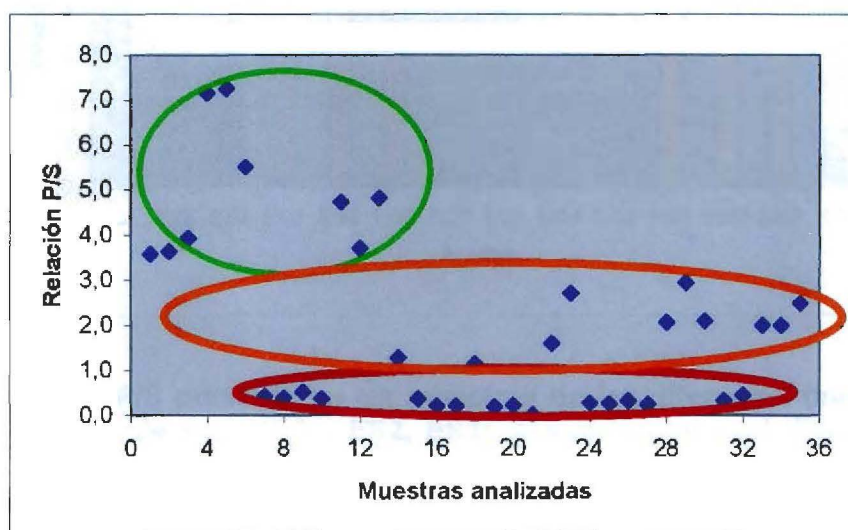


Figura 5. Comportamiento de la relación P/S de todas las diferentes muestras analizadas. Del 1-15 son aceites, 16-22 mantecas, 22-36 son margarinas.

La relación P/S para los productos elaborados con aceite de coquito (manteca E7) y grasa láctea (mantequillas A y B), presenta valores de cero o cercanos a cero; lo cual indica que en su composición la mayoría de los ácidos grasos son saturados y aterogénicos. Las mantequillas A y B presentaron valores de P/S de 0,04 y 0,08 respectivamente, la manteca E7 de 0,01.

En la Figura 5, se observa que aunque el aceite es significativamente diferente en cuanto a la relación P/S a las mantecas, mantequillas y margarinas, entre ellos también hay diferencias importantes lo cual se puede apreciar mejor en la Figura 6, ya que los aceites de girasol presentaron los valores más altos de relación P/S, seguidos por el aceite de maíz, soya, vegetal y oliva. Los aceites de girasol, maíz y soya presentaron valores de la relación P/S entre 7,0 y 5,4; 4,8 y 4,2; 3,8 y 3,5 respectivamente; por lo tanto su consumo, preferentemente debe darse en el orden indicado.

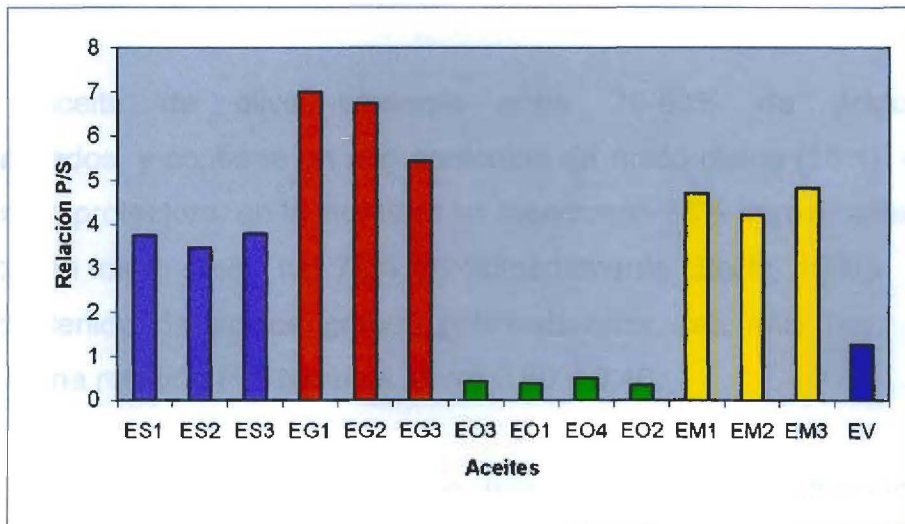


Figura 6. Relación P/S presente en las muestras de los diferentes tipos de aceites analizados. Aceites de soya (ES1, ES2, ES3), aceites de girasol (EG1, EG2, EG3), aceites de oliva (EO3, EO1, EO4, EO2), aceites de maíz (EM1,EM2,EM3), aceite vegetal (EV).

La relación P/S en los aceites de soya es baja debido al proceso de fabricación al que éstos han sido sometidos donde se incluye la hidrogenación como una forma de prevenir la oxidación.

El aceite vegetal analizado (EV) presentó uno de los valores más bajos debido a que es elaborado de oleína de palma refinada y este índice se vio afectado por su contenido de ácido palmítico (16:0) que fue 24.3% en su composición.

Si se observan los resultados de la Figura 6, los aceites de oliva presentaron los valores más bajos de la relación de ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos saturados. Esto podría crear el criterio de que el aceite de oliva es un aceite con una relación P/S baja y que es más dañino que todos los otros tipos de aceites, sin embargo hay que considerar que en este índice no se toman en cuenta los ácidos grasos monoinsaturados, solamente los poliinsaturados.

El aceite de oliva presenta entre 70-80% de ácidos grasos monoinsaturados, y contiene un alto contenido de ácido oleico (18:1), reconocido por su acción protectora, en la literatura se mencionan 65% aproximadamente y lo encontrado en los análisis fue 79% aproximadamente (Belitz, 1997). Esto hace que su contenido de ácidos grasos poliinsaturados sea muy bajo y por ello presentara una relación P/S tan baja, entre 0,50 y 0,40.

El aceite de oliva es capaz de proporcionar una protección adicional mediante el suministro a las lipoproteínas de baja densidad, de antioxidantes potentes como es el caso de la Vitamina E y los componentes polifenólicos (Parthasarathy, 1992). Es por ello que como una forma más segura de identificar que tanto contribuye un aceite a iniciar un proceso de arteriosclerosis se ha difundido utilizar más el índice de aterogenicidad que la relación P/S, ya que se encontraban ciertas excepciones al comportamiento de esta relación en la

contribución al desarrollo de la arterosclerosis como lo es el caso del aceite de oliva.

La relación P/S, no sólo ayuda a considerar de una determinada manera cuan saludable es el aceite que se está consumiendo, sino que da una idea del grado de oxidación que puede llegar a tener ese aceite, pues al incrementar la relación P/S, incrementa el contenido de ácidos grasos poliinsaturados y por ende, el aceite es más propenso a la oxidación.

Sería recomendable que para la relación P/S no sólo se tome en cuenta en el denominador los ácidos grasos saturados, sino también los ácidos grasos *trans* (Ranken, 1993).

5.3 Análisis del contenido de dobles enlaces, hidrógenos alílicos y doblemente alílicos

El número de dobles enlaces es un indicador del posible grado de deterioro que pueden llegar a tener los aceites, ya que entre mayor sea el número de dobles enlaces presentes en las muestras, más propenso será el aceite o grasa a sufrir procesos de oxidación. A mayor número de ácidos grasos con dobles enlaces (insaturados), menor punto de fusión de la grasa y mayor facilidad de alteración de la misma, puesto que los hidrógenos cercanos a los dobles enlaces (hidrógenos alílicos) tienen más tendencia a reaccionar químicamente que los otros tipos de hidrógenos (BDN, 2004).

Para evaluar la susceptibilidad de los aceites, grasas u otros derivados a las reacciones de oxidación, se determinó la cantidad de dobles enlaces, hidrógenos alílicos y doblemente alílicos presentes en las muestras recolectadas (Cuadros 15, 17, 22 y 24 del Apéndice A).

El modelo utilizado para el análisis de los resultados explica 67% de variabilidad en el número de dobles enlaces entre margarinas, mantequillas, mantecas y aceites. Entre el contenido de dobles enlaces de mantequillas, margarinas, mantecas y aceites existieron diferencias significativas ($P < 0,0001$). Con el fin de determinar estas diferencias se realizaron contrastes entre los tratamientos, donde se obtuvo que había diferencias significativas entre: los aceites vs los demás *tratamientos* o productos ($P = 2e-12$) y las mantequillas vs las margarinas ($P = 6,1e-15$).

Los aceites presentaron la mayor cantidad de dobles enlaces con un promedio de 4,14, lo cual se puede apreciar mejor en la Figura 7. Esto se debe a que aunque las margarinas y las mantecas sean elaboradas a partir de aceites vegetales, el proceso de elaboración de las mismas involucra la hidrogenación, disminuyendo el contenido de insaturaciones.

Las mantequillas por ser de origen animal presentan un contenido elevado de ácidos grasos saturados lo cual se puede observar mejor en el Cuadro 9, donde se detalla la composición lipídica encontrada y fueron las que presentaron un promedio menor de dobles enlaces (Prom=1,25) en comparación a las margarinas.

De manera que el número de dobles enlaces tiende a incrementarse en los aceites y a disminuir en las mantequillas. Aún así las mantequillas, por su naturaleza, presentan ácidos grasos de cadena corta siendo también propensas a la descomposición si no se controla su almacenamiento.

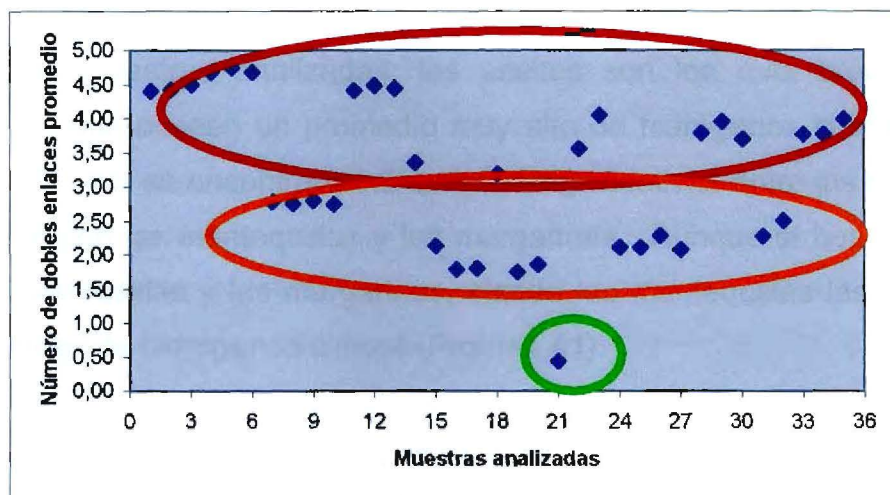


Figura 7. Comportamiento del contenido de dobles enlaces de todas las diferentes muestras analizadas. Del 1-15 son aceites, 16-22 mantecas, 22-36 son margarinas.

El análisis estadístico de los diferentes valores del número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos muestra que hay diferencias significativas entre aceites, margarinas, mantequillas y mantecas ($P < 0,0001$). Además, la varianza está siendo explicada en 79%. Al someter los aceites, margarinas, mantequillas y mantecas a contrastes, se obtuvo que existen diferencias significativas entre: los aceites vrs margarinas, mantequillas y mantecas ($P = 1e-16$) y las mantequillas vrs las margarinas ($P = 1,3e-8$).

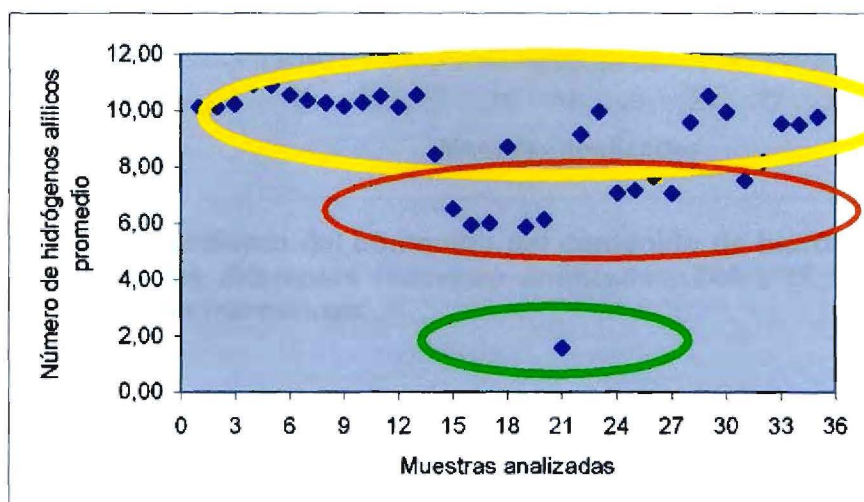


Figura 8. Comportamiento del contenido del contenido de hidrógenos alílicos en todas las diferentes muestras analizadas. Del 1-15 son aceites, 16-22 mantecas, 22-36 son margarinas.

De las muestras analizadas, los aceites son los más propensos a la oxidación, ya que poseen un promedio muy alto de hidrógenos alílicos de 10,32 (ver Figura 8). No se encontraron diferencias significativas entre las mantecas en comparación con las mantequillas y las margarinas. Aunque sí hubo diferencias entre las mantequillas y las margarinas, siendo las mantequillas las que poseen menor cantidad de hidrógenos alílicos (Prom=4,41).

Se obtuvo diferencias significativas entre los promedios del contenido de hidrógenos doblemente alílicos presentes en aceites, margarinas, mantecas y mantequillas ($P < 0,0001$) y la varianza se explica en 48%.

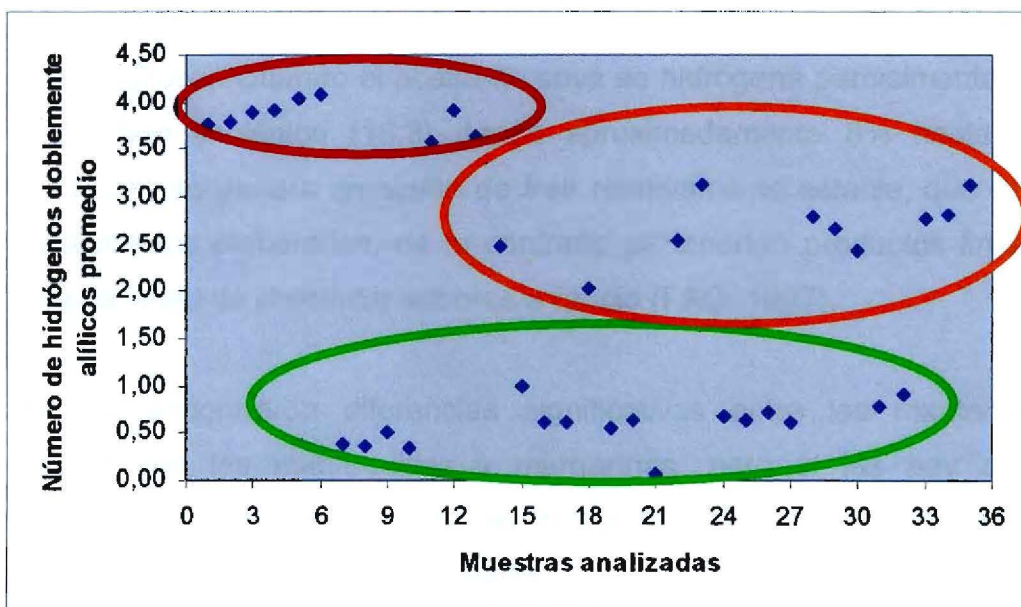


Figura 9. Comportamiento del contenido del contenido de hidrógenos doblemente alílicos en todas las diferentes muestras analizadas. Del 1-15 son aceites, 16-22 mantecas, 22-36 son margarinas.

Existieron diferencias significativas entre los aceites vs los demás *tratamientos* o productos (mantequillas, mantecas, margarinas) ($P = 5,6e-8$) y las mantequillas vs las margarinas ($P = 0,0198$); concluyendo así que el aceite es el

tratamiento con un período de inducción más corto que los demás tratamientos ya que el promedio de hidrógenos doblemente alílicos es el más alto (Prom=3,12).

De todas las muestras analizadas los aceites de soya y de girasol son los que presentan mayor contenido de hidrógenos doblemente alílicos, ello explica el porqué en la mayoría de los casos son parcialmente hidrogenados durante su elaboración o bien les son añadidos agentes antioxidantes como el terc-butilhidroquinona (T.B.H.Q), lo cual se puede ver con mayor claridad en el Cuadro 11 del análisis del etiquetado.

Los aceites ricos en ácido linolénico (18:3), como el de soya, son particularmente susceptibles a sufrir oxidación por la presencia de hidrógenos doblemente alílicos. Cuando el aceite de soya se hidrogena parcialmente a fin de reducir el ácido linolénico (18:3) desde aproximadamente 8% hasta valores inferiores a 3%, se genera un aceite de freír relativamente estable, que se utiliza en alimentos fritos elaborados, de lo contrario se tendrían productos finales con mayor probabilidad de presentar sabores a rancio (FAO, 1997).

No se encontraron diferencias significativas entre las mantecas en comparación con las mantequillas y margarinas, pero sí las hay entre las mantequillas y margarinas; siendo las margarinas las que contienen mayor cantidad de hidrógenos doblemente alílicos.

La mantequilla al tener un promedio de hidrógenos doblemente alílicos de 1,3 se esperaría que se deteriore en menos tiempo que las margarinas y el aceite por presentar un promedio bajo de hidrógenos doblemente alílicos, pero no ocurre así ya que la grasa láctea es muy propensa al deterioro por la presencia de ácidos grasos de cadena corta los cuáles son muy volátiles.

Las mantecas son elaboradas a partir de aceites vegetales mediante la hidrogenación prácticamente total de sus ácidos grasos insaturados, lo que hace que el contenido de hidrógenos doblemente alílicos sea menos de 1 hidrógeno doblemente alílico promedio, haciéndolas ideales para procesos de fritura ya que tienen tiempos de inducción mucho más largos que otro tipo de aceites o grasas, siendo menos propensas a la oxidación.

Los aceites de girasol, maíz y soya fueron los productos más susceptibles a las reacciones de oxidación, presentando entre 4 y 5 dobles enlaces, entre 10 y 11 hidrógenos alílicos y 4 hidrógenos doblemente alílicos (ver Figura 9). Los aceites de oliva fueron más estables a la oxidación, presentando aproximadamente 3 dobles enlaces y 10 hidrógenos alílicos, lo cual coincide por su composición alta en aceites monoinsaturados. Las margarinas **D3a**, **D6**, **D7**, **D8**, **D9a**, **D9b** y **D11** presentaron entre 3 y 4 dobles enlaces, entre 9 y 10 hidrógenos alílicos y entre 2 y 3 hidrógenos doblemente alílicos, teniendo un comportamiento similar a los aceites pero con una susceptibilidad a la oxidación un poco más baja que los aceites, por presentar un contenido mucho menor en hidrógenos doblemente alílicos.

La menor susceptibilidad a las reacciones de oxidación, la presentaron **A**, **B** y **E7** y con susceptibilidad intermedia, los productos restantes. Los productos más susceptibles a este tipo de reacciones, deben protegerse con antioxidantes adecuados, envasarse al vacío (exclusión de oxígeno) en recipientes que no permitan el paso de la luz solar o artificial (Belitz, 1997).

5.4 Índice de saponificación e índice de yodo

Según lo reportado en las Normas Codex, los valores de índice de yodo e índice de saponificación son utilizados para identificar la pureza de un

determinado tipo de grasa o aceite, donde inclusive se tienen valores establecidos por tipo de aceite.

El índice de saponificación de las mantequillas **A** y **B** fue de 206 mg KOH/g de grasa y de 205 mg KOH/g de grasa respectivamente, siendo menor que el valor reportado en la literatura para la grasa láctea de 210-230 mg KOH/g de grasa (Dean, 1985), debido probablemente a una adulteración con aceites o grasas de mayor masa molar.

En las margarinas **D1** a **D11** por no especificar el tipo de aceite utilizado en la elaboración de las mismas y en la manteca **E4**, por ser una mezcla de aceites vegetales, no se compararon los índices de yodo y saponificación con la literatura, porque se desconoce la identidad del aceite o grasa presente en estos productos.

Las mantecas **E1**, **E2**, **E3**, **E5** y **E6** presentaron valores de índice de yodo entre 51 y 57 mg I₂/g de muestra y presentaron un índice de saponificación de 194 mg KOH/g de grasa en el orden respectivo. Los valores encontrados coincidieron con los valores reportados en la literatura para el aceite de palma africana que es de 50 a 55 para el índice de yodo y de 190 a 209 mg KOH/g de grasa para el índice de saponificación (CODEX-STAN 210, 1999), confirmándose su origen.

La manteca **E7** presentó un índice de saponificación dentro del ámbito reportado en la literatura de 220-235 mg KOH/g de grasa para el aceite de coquito, ya que presentó un valor de 228 mg KOH/g de grasa, lo cual ratifica el origen de esta manteca y la importancia de controlar su uso en la elaboración de alimentos saludables (Belitz, 1997).

El aceite **EV** especifica en su etiqueta que fue elaborado a partir de oleína de palma refinada. Lo establecido por la Norma CODEX STAN 210-1999, es que

debería presentar un índice de saponificación entre 194 y 202 mg KOH/g de aceite para el aceite crudo. Aunque el valor encontrado de índice de saponificación para este aceite fue 191 mg KOH/ g de aceite, se puede explicar debido al proceso al que fue sometido (FAO, 1997).

En cuanto al índice de yodo la Norma no especifica un ámbito y menciona que el valor obtenido debe ser igual o mayor a 56, obteniéndose un 97 de índice de yodo para el aceite **EV**, estando dentro del rango establecido y siendo muchísimo menor a los valores obtenidos para los aceites de soya, maíz y girasol. Lo anterior se explica por que en su composición se encontró mayor cantidad de ácidos grasos saturados que en los otros tipos de aceites (ver Cuadro 9).

La Norma CODEX STAN 210-1999, establece que los aceites de maíz deben tener un índice de saponificación que oscile entre 187 y 195 mg KOH/g de aceite y un índice de yodo entre 107 y 135 mg I₂/g de muestra, en el Cuadro 10 y en la Figura 10 se nota cómo las diferentes muestras analizadas **EM1, EM2 y EM3** cumplen con lo establecido por la Norma para el aceite de maíz.

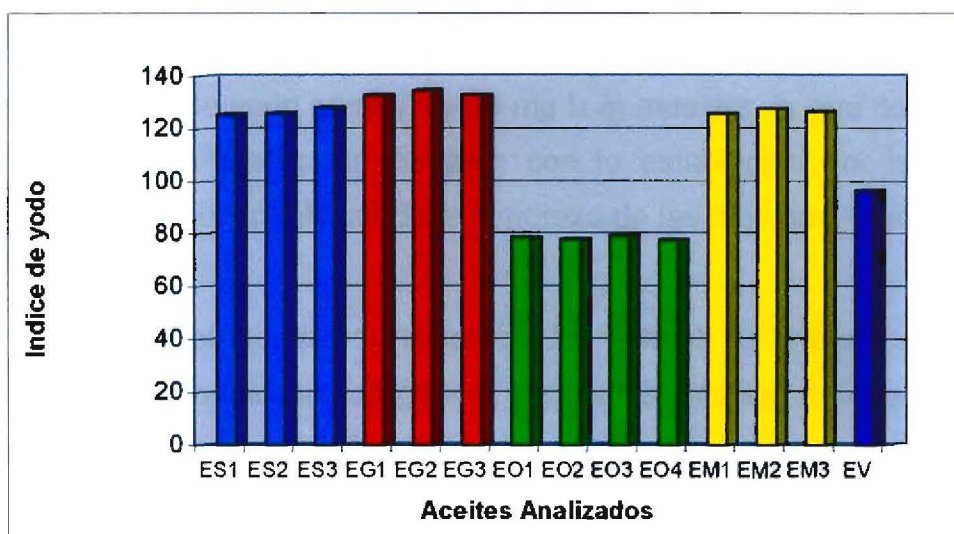


Figura 10. Índice de yodo presente en las muestras de los diferentes tipos de aceites analizados. Aceites de soya (ES1, ES2, ES3), aceites de girasol (EG1, EG2, EG3), aceites de oliva (EO3, EO1, EO4, EO2), aceites de maíz (EM1,EM2,EM3), aceite vegetal (EV).

La norma CODEX STAN 210- 1999 establece que el índice de yodo y el índice de saponificación para el aceite de soya es de 124-139 mg I₂/g de aceite y 189-195 mg KOH/g respectivamente. En los análisis se encontró que la mayoría de los aceites de soya presentaron valores de índice de saponificación que cumplieron con lo reportado en la literatura y lo establecido por la Norma Codex para aceites vegetales especificados, lo cual se puede ver en el Cuadro 10. Es importante considerar que la mayoría presenta valores de índice de yodo cercanos al límite inferior establecido por la norma, lo cual puede ser atribuido a que prácticamente todos estos aceites eran parcialmente hidrogenados. En la Figura 10 se presenta el comportamiento que presentaron los diferentes aceites en cuanto al índice de yodo encontrado.

Al observar la Figura 10, se nota cómo el aceite de oliva presentó el índice de yodo más bajo indiferentemente de la marca analizada, esto debido a que por ser rico en ácido oleico (18:1), ácido graso monoinsaturado. Los diferentes aceites de oliva analizados presentaron valores entre 77 y 80 mg I₂ /g muestra de índice de yodo. La Norma Codex para los aceites de oliva vírgenes y refinados CODEX STAN 33-1981, establece que los aceites de oliva vírgenes y refinados deben presentar un índice de yodo entre 75 y 94 mg I₂ /g muestra, lo que nos indica que los aceites de oliva analizados cumplen con lo establecido por la Norma en relación con este índice, confirmándose la pureza de las muestras analizadas.

La Figura 10 y el Cuadro 10 muestran los valores de índice de yodo y de saponificación para los aceites de girasol, los cuales estuvieron dentro del ámbito establecido por la norma CODEX STAN 210 1999 para el aceite de girasol, donde se establece que el índice de yodo para el aceite de girasol debe oscilar entre 118 y 141 mg I₂ /g muestra, como también debe presentar un índice de saponificación entre 188 y 194 mg KOH/g de aceite.

En general, los índices de saponificación y de yodo de los aceites de girasol, maíz, oliva y soya no fueron significativamente diferentes de los valores reportados en la literatura (Belitz, 1997), al mismo tiempo cumplieron con lo establecido por la Norma Codex para este tipo de aceites, confirmándose la pureza de los mismos.

Cuadro 10. Índice de saponificación encontrados en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados.

Tipo de aceite	Muestras Analizadas	I.S. (mg KOH/g)
Aceite de soya	ES1	189
	ES2	188
	ES3	189
Aceite de girasol	EG1	188
	EG2	188
	EG3	188
Aceite de oliva	EO3	188
	EO1	188
	EO4	188
	EO2	188
Aceite de maíz	EM1	189
	EM2	189
	EM3	188
Aceite vegetal	EV	191

5.5 Análisis del etiquetado de las muestras

Al analizar el etiquetado de las diferentes muestras, este se enfocó en la composición lipídica de los productos, si presentaban etiquetado nutricional, si describían todos los ingredientes, si hacían declaración de alguna propiedad nutricional, uso de antioxidantes y coincidencia de la relación P/S encontrada en los análisis y lo reportado en la etiqueta para aquellos casos donde declaraban ácidos grasos saturados y ácidos grasos poliinsaturados.

Analizando si todas las muestras declaraban la lista de ingredientes según el decreto para el etiquetado y si los presentaban en orden descendente según la composición del producto, se encontró que no en todas las muestras estaba clara la lista de ingredientes, ya que no iba encabezada por un título apropiado como “ingredientes” o bien lo incluían pero de una manera poco clara.

En el Cuadro 11, se observa que algunas de las muestras analizadas no detallaban con claridad sus ingredientes como los son las muestras EM1 (aceite de maíz), EG1 (aceite de girasol) y las muestras EO2 y EO3 (aceite de oliva) Se debe aclarar que en el caso de las muestras EO2 y EG1, en una parte de la etiqueta decía que era 100% puro, pero nunca introducidos por la palabra “ingredientes” y esta declaración estaba a un costado de la etiqueta. Lo anterior indica que en algunas etiquetas no se brinda información clara al consumidor y es de suma importancia que estas debilidades se corrijan, ya que el consumidor tiene el derecho de contar con la información necesaria para elegir entre uno u otro producto.

Según el decreto Ejecutivo N°30256-MEIC-S 135:2002 ***“Etiquetado nutricional de los alimentos preenvasados”***, cuando los productos señalen en su etiqueta alguna declaración de propiedades nutricionales, es obligatorio incluir el etiquetado nutricional. Esta misma normativa rige para los productos extranjeros, donde si el etiquetado nutricional del producto viene en otro idioma, aunque no haya ninguna declaración nutricional, deberá traducirse, para que el consumidor lo comprenda fácilmente (MEIC, 2002).

Bajo esta premisa, se encontraron algunos incumplimientos a lo establecido en el decreto, ya que algunas muestras importadas como lo son el **EM2, EM3, E4, D8a y D8b**, presentaban una etiqueta en español solamente con los ingredientes y no presentaban el etiquetado nutricional traducido al español, cuando este sí estaba presente en otro idioma en la etiqueta.

Prácticamente todas las muestras que hicieron alguna declaración de una propiedad nutricional como **“libre de colesterol”**, presentaron el correspondiente etiquetado nutricional en su empaque menos la manteca **E1**. Todas las muestras que no presentaron ninguna declaración de propiedades relativas al contenido de nutrientes, no tenían que declarar el etiquetado nutricional, por lo que solamente la manteca **E1** no estaba cumpliendo este aspecto.

Es importante señalar que la mayoría de las muestras analizadas hacen alusión y en forma llamativa de la frase **“libre de colesterol”** o **“sin colesterol”**, haciendo una referencia en forma muy pequeña y en un área poco visible de que esta propiedad es debido a la naturaleza propia del producto. En la *Guía para el etiquetado de alimentos que incluyan etiquetado nutricional* (MEIC, 2002), se menciona que cuando se trata de un alimento que no ha sido modificado en su composición pero que por su naturaleza presenta un beneficio nutricional, se podrá indicar en la etiqueta la frase “este alimento por su naturaleza x” (x significa la característica distintiva esencial), con la condición de que dicha declaración no induzca a error al consumidor (MEIC, 2002). Debido a la forma en que se hace referencia al contenido de colesterol en la etiqueta de algunos productos, se podría cuestionar si para el consumidor está claro el hecho de que el aceite no contiene colesterol por su propia naturaleza o consideren que esta es una cualidad de una determinada marca o tipo de aceite.

Si se observa el Cuadro 11, las muestras **EV** y **EG2 (nacionales)** y las muestras **D8a, D8b** y **EG1 (importadas)** declararon en el etiquetado que su producto era **“libre de colesterol”**, pero en ninguna parte de la etiqueta se declaraba que esta es una característica propia del producto, es decir que puede de una u otra manera inducir a engaño al consumidor, ya que está bien claro que los aceites por su naturaleza no contienen colesterol y no se trata de una cualidad de una determinada marca o tipo de aceite.

Es importante regular el etiquetado de los productos importados, porque aunque se ha dicho que deben realizar las traducciones necesarias y colocarla en el producto, en la mayoría de los casos solamente se traducen los ingredientes. El no traducir la información que es de suma importancia para el consumidor se presta a confusiones, y por lo tanto incumple las regulaciones.

Al comparar la relación P/S de lo determinado en los análisis vrs lo reportado en la etiqueta de las muestras que especificaron el contenido de ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos saturados, se encontraron valores semejantes, lo que indica que lo reportado en las etiquetas de la mayoría de las muestras representa la composición real del producto.

Comparando los valores de la relación P/S de las margarinas (Cuadro 13), se observa que la misma marca de margarina presenta diferencias en este valor si la presentación es en barra o si es de untar. Lo anterior es explicado por el mayor proceso de hidrogenación que deben sufrir las margarinas en barra, para reducir el número de dobles enlaces y así obtener una consistencia más sólida. Como se ha mencionado anteriormente el proceso de hidrogenación al que son sometidas las margarinas para elevar considerablemente el punto de fusión y su estabilidad genera numerosos ácidos grasos *trans*. Las margarinas en barra contienen un 10-29% de ácidos grasos *trans*, mientras que las margarinas suaves tienen un 10-21% de ácidos grasos *trans* (FAO, 1997).

El incluir los ácidos grasos *trans* en la etiqueta es un tema que está en discusión y en los Estados Unidos se va a incorporar como parte del etiquetado a partir del 2005, para ello es importante informar y educar al consumidor sobre qué son los ácidos grasos *trans* y qué riesgos pueden traer a su salud. En Costa Rica debería aplicarse la misma normativa.

Cuadro 11 . Análisis del etiquetado de los diferentes aceites analizados

ACEITES	Aceite	Presencia de etiquetado nutricional	Declaración de ingredientes	Relación P/S con lo reportado	Uso de antioxidantes	Declaración de alguna propiedad nutricional
Aceite de soya	ES1	√	√	P/S= 2,8	T.B.H.Q (0,02%)	** Sin colesterol (por su naturaleza)
	ES2	√	√	P/S= 2,8	T.B.H.Q (0,02%)	** Sin colesterol (por su naturaleza)
	ES3	√	√	P/S= 4,5	T.B.H.Q (0,02%)	**Libre de colesterol (por su naturaleza)
Aceite de girasol	EG1	√	NR (100% puro)	P/S= 1,0	NR	**Sin colesterol (no aclara que por naturaleza)
	EG2	√	√	P/S= 6,5	T.B.H.Q (0,01%)	**Sin colesterol (no aclara que por naturaleza)
	EG3	√	√	P/S= 9,5	T.B.H.Q (0,02%)	** Sin colesterol (por su naturaleza)
Aceite de oliva	EO3	√	√	P/S= 1,0	NR	100% Virgen
	EO1	NR	NR	NR	NR	Virgen extra natural
	EO4	√	√	P/S= 0,75	NR	** Sin colesterol (por su naturaleza) 100% Virgen
	EO2	NR	NR	NR	NR	100% puro
Aceite de maíz	EM1	√	NR	NR	NR	**Poliinsaturado **Por nat no contiene colesterol
	EM2	√	√	P/S= 4,0	NR	** Sin colesterol (por su naturaleza)
	EM3	√	√	NR (poliinsaturados)	Lecitina de soya	Para cocinar sin calorías de la grasa.
Aceite vegetal	EV	√	√	NR (poliinsaturados)	T.B.H.Q (0,02%)	**Sin colesterol (no aclara que por naturaleza)

√ : Sí presentaba etiquetado nutricional

NR: No reportó etiquetado nutricional, ingredientes o bien ácidos grasos poliinsaturados

Cuadro 12. Análisis del etiquetado de las diferentes mantecas analizadas

Mantecas	Presencia de etiquetado nutricional	Declaración de ingredientes	Relación P/S con lo reportado	Uso de antioxidantes o preservantes	Declaración de alguna propiedad nutricional
E1	NR	√	NR	TBHQ 0,02% max	** Sin colesterol (por su naturaleza)
E2	√	√	P/S= 0,1	TBHQ 0,02% max	**Sin colesterol y con vitamina E (por su naturaleza)
E3	√	√	P/S= 0,1	TBHQ 0,02% max	** Con aceite 100% vegetal
E4	√	√	P/S= 1	Mono y diglicéridos como emulsionantes	50% menos grasa saturada que la mantquilla
E5	√	√	P/S= 0,2	TBHQ 0,02% max	**Libre de colesterol (por su naturaleza)
E6	NR	√	NR	TBHQ 0,02% max	NR

√ : Sí presentaba etiquetado nutricional

NR: No reportó etiquetado nutricional o bien ácidos grasos poliinsaturados

Al analizar los Cuadros 11, 12 y 13, se observa que prácticamente todas las mantecas declaran la adición del antioxidante T.B.H.Q (Terc-butyl-hidroquinona) al 0,02% máximo, en los aceites se declara la adición de T.B.H.Q principalmente a los aceites de soya y girasol exceptuando la muestra **EG1**, como también lo declara el aceite vegetal **EV**. Esto coincide con los valores de la relación de ácidos grasos polinsaturados vrs los ácidos grasos saturados encontrados, ya que estos aceites son los que presentan los valores más altos de la relación P/S, lo cual quiere decir que entre mayor número de dobles enlaces que presente el aceite éste va a ser más propenso a oxidarse y por ende requiere de la adición de agentes antioxidantes.

Los antioxidantes de uso alimentario deben reunir algunas propiedades: baja toxicidad, ser potentes en una gran variedad de grasas y no impartir olor o sabor a la grasa (Badui, 1999). Los sintéticos son los más utilizados debido a sus características de efectividad, bajo costo y alta estabilidad.

El T.B.H.Q es un antioxidante sintético mayormente utilizado en aceites vegetales. Su mayor estabilidad a las altas temperaturas y la menor volatilización hacen de él un antioxidante para aceites de fritura más adecuado que la asociación BHA (Butil-hidroxianisol) – BHT (Butil-hidroxitolueno) utilizado anteriormente y de ahí que prácticamente todas las muestras que tienen antioxidantes señalan al T.B.H.Q como el antioxidante utilizado (Badui, 1988).

No se puede dejar de lado que actualmente existe preocupación respecto a la seguridad de los antioxidantes para la salud tanto humana como animal. Lo cual ha estimulado la investigación sobre sustancias de origen natural con actividad antioxidante, pero pocas han probado ser tan efectivas, en prácticamente todas las muestras analizadas se declaró el uso de un antioxidante sintético. Algunos antioxidantes como el BHT y el BHA se han realizado estudios y se ha comprobado que pueden llegar a provocar hipertrofia hepática. En este caso se observa que ninguna muestra analizada declara el uso de estos antioxidantes solamente el T.B.H.Q. Actualmente el T.B.H.Q. se utiliza en Estados Unidos en una dosis máxima de 0,02%, pero no está contemplado en las listas de la Comunidad Económica Europea (FAO, 1997).

La mayoría de las margarinas contienen vitamina E (antioxidante) en forma natural o bien se les ha añadido intencionalmente por parte del productor. La desventaja de la vitamina E es que se oxida fácilmente produciendo tocoquinonas, que no tienen ninguna acción antioxidante.

Cuadro 13. Análisis del etiquetado de las diferentes margarinas analizadas

Margarinas	Presencia de etiquetado nutricional	Declaración de ingredientes	Relación P/S con lo reportado	Uso de antioxidantes o preservantes	Declaración de alguna propiedad nutricional
D1	√	√	P/S= 1,5	TBHQ Vitaminas A y D Monoglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	*** Alto contenido de aceites polinsat. ** Sin colesterol (por su naturaleza)
D2	√	√	P/S= 0,2	Vitaminas A y D Mono y diglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	* 0 mg de colesterol (por su naturaleza)
D3a*	√	√	P/S= 1,2	Vitaminas A y D Monoglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	**25% menos aceite que margarina regular
D3b*	√	√	P/S= 0,1	Vitaminas A y D Monoglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	**25% menos calorías que la margarina regular
D4	√	√	P/S=0,2	Vitaminas A y D Monoglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1% Con vitaminas A y D	**Con vitaminas A y D
D5	√	√	P/S= 0,3	Vitaminas A y D Monoglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	50% menos calorías ** Sin colesterol (por su naturaleza)
D6	√	√	P/S= 2,5	Vitaminas A y D Monoglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	** Sin colesterol (por su naturaleza)
D7	√	√	P/S= 2,5	Vitaminas A y D Monoglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	** Sin colesterol (por su naturaleza)
D8a*	√	√	P/S= 2,7	Vitamina A Mono y diglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio Ácido fosfórico	***Sin colesterol (no aclara que por su naturaleza)
D8b*	√	√	P/S= 1,5	Vitamina A Mono y diglicéridos Benzoato de sodio Ácido fosfórico	***Sin colesterol ** (no aclara que por su naturaleza) 100% menos colesterol que mantequilla
D9	√	√	P/S= 0,3	Vitaminas A y D Mono y diglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	+ **Reducida en calorías
D10	√	√	P/S= 0,2	Vitaminas A y D Mono y diglicéridos Benzoato de sodio y sorbato de potasio 0,1%	NR

√ : Sí presentaba etiquetado nutricional o ingredientes

NR: No reportó etiquetado nutricional o bien ácidos grasos poliinsaturados

Cuadro 14. Análisis del etiquetado de las diferentes mantequillas analizadas

Mantecas	Presencia de etiquetado nutricional	Declaración de ingredientes	Relación P/S con lo reportado	Uso de antioxidantes o preservantes	Declaración de alguna propiedad nutricional
A	NR	√	NR	Ninguno **Refrigeración	NR
B	NR	√	NR	Lecitina de soya **Refrigeración	NR

√ : Sí presentaba etiquetado nutricional

NR: No reportó etiquetado nutricional o bien ácidos grasos poliinsaturados

En general se encontró que se cumple con lo establecido por los decretos y reglamentos técnicos nacionales para el etiquetado de los alimentos preenvasados y para el etiquetado nutricional. Es importante establecer mayores controles a los productos importados, puesto que se encontraron algunos incumplimientos en su etiquetado, principalmente en cuanto a la traducción del mismo.

Si bien es cierto no se ha definido aún, o nuestros decretos no contemplan la declaración de los ácidos grasos *trans* en las etiquetas de los aceites o grasas que se comercializan en nuestro país, las tendencias mundiales y los posibles efectos de estos ácidos sobre la arterosclerosis, hace pensar que en un futuro se establecerá esta medida, por lo que es importante que los que elaboran y comercializan estos productos tomen las acciones del caso.

VI. CONCLUSIONES

- La mayoría de las muestras de aceites y grasas analizados presentaron composiciones de ácidos grasos según lo establecido por las Normas Codex y por la literatura para el tipo de aceite o grasa analizado, confirmándose la pureza de los mismos, con excepción de las mantequillas **A y B** y el aceite **EV**.
- Los índices de saponificación y de yodo de los aceites de girasol, maíz, oliva y soya no fueron significativamente diferentes de los valores reportados en la literatura (Belitz, 1997), al mismo tiempo cumplieron con lo establecido por la Norma Codex para este tipo de aceites, confirmándose la pureza de los mismos.
- El aceite de girasol presentó el índice de aterogenicidad más bajo de todas las muestras analizadas por lo que se recomienda su consumo para una sana alimentación.
- Por la composición de ácidos grasos e índice de aterogenicidad presentado, se recomienda el consumo moderado de aceites, en orden de preferencia, de girasol, maíz, oliva y soya.
- Las mantecas **E1, E2, E3, E5 y E6** presentaron la composición típica de la grasa extraída del fruto de la palma africana *Elaeis guineensis*. En estas grasas, la proporción de ácido palmítico (ácido graso aterogénico) fue muy elevada, presentando valores de 39,9%, 43,9%, 45,9%, 45,1% y 44,7% respectivamente por lo que no se recomienda su consumo para la elaboración de productos alimenticios saludables.

- Los productos más aterogénicos fueron los productos elaborados con aceite de coquito y con grasa láctea (**E7, A, B**), los cuales tienen valores del índice de aterogenicidad de 8,4; 1,7 y 1,5 respectivamente.
- Los aceites de girasol, maíz y soya fueron los productos más susceptibles a las reacciones de oxidación, la menor susceptibilidad a las reacciones de oxidación, la presentaron **A, B y E7** y con susceptibilidad intermedia, los productos restantes.
- Se encuentran deficiencias en cuanto al etiquetado de algunas muestras nacionales que no detallaban con claridad sus ingredientes y los productos importados no muestran etiquetas debidamente traducidas.

VII. RECOMENDACIONES

- Analizar el nivel de ácidos grasos *trans* en las diferentes muestras y establecer comparaciones en cuánto a su posible índice de aterogenicidad, considerando estos ácidos grasos como posibles contribuyentes al aumento de las lipoproteínas de baja densidad.
- Las margarinas en barras en comparación a las margarinas suaves de las mismas marcas presentaron diferencias en su relación P/S, lo cual es evidencia del proceso de hidrogenación al que han sido sometidas lo que hace pensar que es muy importante determinar la presencia de ácidos grasos *trans* en este tipo de productos.
- Analizar los niveles de antioxidantes presentes en los diferentes aceites y grasas comercializados en el país, para determinar si se está cumpliendo o

no con los niveles máximos permitidos, ya que pueden contribuir a la formación de cáncer de hígado.

- Que se estimule la investigación en cuanto al desarrollo de margarinas a partir de semillas modificadas para poder reducir la cantidad de ácidos grasos *trans* y estimular a que se cambien los procesos de hidrogenación por métodos que generen menos ácidos grasos *trans*.
- Que se le de mayor seguimiento al cumplimiento de los decretos establecidos para el etiquetado, principalmente a los aceites y grasas importados.
- Analizar los cambios que sufren las grasas con el freído en cuanto a sus índices de deterioro y determinar si aumenta considerablemente la cantidad de ácidos grasos *trans* en este proceso.
- Aunque sea un reto importante para los productores de alimentos se debería hacer un esfuerzo por buscar sustitutos para el aceite de coquito en la formulación de alimentos, ya que su potencial aterogénico es muy elevado.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA, M. 1995. Estudio del potencial aterogénico y el contenido de colesterol en productos grasos de consumo popular en Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Química. Universidad de Costa Rica. San José.
- AGUILAR, S. 2003. Análisis estadístico del proyecto de graduación Montserrat Castro. Paquete estadístico JMP4 (Help: Contents, Index, Search). Universidad de Costa Rica.
- AGUILERA, C. M, RAMÍREZ, M.C, MESA, M.D & GIL, A. Efectos protectores de los ácidos grasos monoinsaturados y polinsaturados sobre el desarrollo de la enfermedad cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*. Granada. España. XVI (3): 78-91.
- ALFARO, T. 1990. Composición de ácidos grasos y contenido de colesterol en aceites y grasas de consumo en Costa Rica. Trabajo Final de Graduación a la carrera interdisciplinaria en tecnología de alimentos. Universidad de Costa Rica. San José.
- BADUI, S. 1988. Diccionario de tecnología de los alimentos. Editorial Alambra Mexicana. México. D.F.
- BADUI, S. 1999. Química de los Alimentos. Cuarta Edición. Editorial Longman de México, S.A de C.V.. México. D.F.
- BAJARES, J.E., RIVERO, G., PAPARCURI, G.P. & VALBUENA, K. s.f. 2001. Dieta y Aterosclerosis. INTERNET. <http://www.geocities.com/Hotsprings/Falls/2467/Parilli.html>.
- BARRETO, J. 1999. Manipulación dietética, hemostasia y ateromatosis. *Revista Cubana Aliment Ntr.* 13(1):51-4.
- BELITZ, H.D & GROSCH, W. 1997. Química de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- BDN. 2004. BDN Alimentación Food Consulting. Aceites de fritura. INTERNET. <http://www.avhic.com/html/fritura.html>
- BUSTAMANTE, M., PINEDA, M.L. & WONG, E. 2001. Lineamientos generales para la elaboración del trabajo final de graduación. Universidad de Costa Rica. Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.
- CODEX. Norma del CODEX para aceites vegetales especificados. CODEX STAN 210-1999.
- CODEX. Código Internacional recomendado de prácticas para el almacenamiento y transporte de aceites y grasas comestibles a granel. CAC/RCP 36-1987 (Rev. 1-1999)

- CODEX. Norma del CODEX para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. CODEX STAN 19-1981 (Rev. 2-1999).
- CODEX. Norma del CODEX para la margarina. CODEX STAN 32-1981 (Rev. 1-1989).
- CODEX. Norma del CODEX para la mantequilla. CODEX STAN A-1-1971, (Rev 1-1999).
- CODEX. Norma del CODEX para los aceites de oliva virgen y refinados. CODEX STAN 33-1981 (Rev. 1-1989).
- CENTRO DE SERVICIO DE INTERPRETACIÓN DE ETIQUETADO PARA EL AGLOMERADO AGRO-ALIMENTARIO. Norma Oficial de calidad para los aceites vegetales comestibles. Costa Rica.
- CONARE & LA DEFENSORÍA DE LOS HABITANTES. 2000. Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible: Séptimo Informe. San José. Costa Rica.
- DEAN, J.A. 1985. Lange's Handbook of Chemistry. 13 ed. Mac Graw Hill. New York.
- EGAN, H., KIRK, R. & SAWYER, R. 1987. Análisis Químico de Alimentos de Pearson. Editorial Continental. México.
- FAO/OMS. 1997. Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de Expertos.(Estudio FAO Alimentación y Nutrición-57).
- FARQUHARSON, C & BENITEZ, L. 2004. Lipoproteínas. Cátedra N°1 de Fisiología Humana. Facultad de Medicina. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. INTERNET. <http://kinesio.med.unne.edu.ar/catedras/fisiologia1/lipoproteinas1.PDF>
- FERGENBAUM, J. 2001. Arteriosclerosis. INTERNET. [http:// www.science.mcmaster.ca/Biology/4S03/ART.HTM](http://www.science.mcmaster.ca/Biology/4S03/ART.HTM)
- GONZALEZ, M. 2000. Los Antioxidantes. INTERNET. <http://www.doschivos.com/new/antioxire.htm>
- HERNÁNDEZ, E. 2001. Consumidores y calidad nutricional. La República, San José. Octubre 22: Opinión.
- HERRERA, C. 1997. Manual de Laboratorio de Química de Alimentos. Universidad de Costa Rica. San José.

- JIMÉNEZ, J.G. 1990. Factores de Riesgo Coronario: Estrategias para la prevención de la Enfermedad Coronaria. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*. 11(1):31-40.
- KALYANA, S, AHISAH, I, HAYES, K.C, JEYAMALART, R & PATHMANATHANT, R. 1997. Trans (Elaidic) Fatty Acids Adversely Affect the Lipoprotein Profile Relative to Specific Saturated Fatty Acids in Humans. *The Journal of Nutrition*; Mar 1997: 127,3.
- LEWIS, M.J. 1993. *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Primera Edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. 2000. Arteriosclerosis. INTERNET. [http:// www.healthlinkusa.com/32_getpage.asp](http://www.healthlinkusa.com/32_getpage.asp), www.mayohealth.org/mayo/9806/htm/heart_hlth.htm
- MATISSEK, R. SCHNEPEL, F & STEINER, G. 1998. *Análisis de los alimentos*. (Fundamentos-Métodos-Aplicaciones). Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- METCALFE, L.D & WANG, C.N. 1981. Rapid preparation of Fatty Acid Methyl Esters Using Organic Base- Catalyzed Transesterification. *J. of Chromatographic Science*. 19:530-535.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA INDUSTRIA Y COMERCIO (MEIC). 1997. Reglamento técnico (RTCR 100: 1997). "Etiquetado de los alimentos preenvasados". Decreto Ejecutivo N° 26012-MEIC. San José. Costa Rica.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA INDUSTRIA Y COMERCIO (MEIC). 2002. Reglamento técnico (RTCR 135:2002). "Etiquetado nutricional de los alimentos preenvasados". Decreto Ejecutivo N° 30256-MEIC-S. San José. Costa Rica.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA INDUSTRIA Y COMERCIO (MEIC). 2002. Guía para el etiquetado de alimentos que incluyan etiquetado nutricional. San José. Costa Rica.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMERCIO. Protocolo de Muestreo del programa de protección al consumidor. Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida. San José.
- MINISTERIO DE SALUD. 1999. Memoria Anual. San José. Costa Rica
- MORA, A. 2001. Bajo ritmo en atención cardiaca. *La República*, San José. Diciembre 4: 4A.

- MORRIS, D. 2001. Trans Fatty Acids and Coronary Heart Disease. INTERNET.
http://www.canola_council.org/pubs/trans_fattyacid_spanish.pdf
- NANNE, C. 1998. Vitaminas un enfoque bioquímico básico. Universidad de Costa Rica.
Escuela de Medicina. Departamento de Bioquímica. San José. Costa Rica.
- PARTHASARATHY, S, KHOO, J.C, MILLER, E, BARNETT, J, WITZTUM, J.L &
STEINBERG, D. 1990. La lipoproteína de baja densidad rica en ácido oleico está
protegida contra la modificación oxidativa: implicaciones prevención dietética de la
aterosclerosis. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 54: 701-706.
- RANKEN, M.D. 1993. Manual de industrias de los alimentos. Segunda Edición. Editorial
Acribia. Zaragoza. España.
- RENGSTROM, J., NILSON, J., TORNVALL, P., LANDOU, C. & HAMSTEN, A.
1992. Susceptibility to Low-Density Lipoprotein Oxidation and Coronary
Atherosclerosis in Man. Lancet. 339: 1183-1186.
- RODRÍGUEZ, M. 2001. Corazones jóvenes en riesgo. Tiempos del Mundo. San
José. Octubre 11:A3.
- SAENZ, M. 2001. Diagnóstico general sobre la situación de inocuidad de alimentos en
Costa Rica. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica.
- STUNKARD, J.A. 1986. An Adoption Study of Human Obesity. N.Engl. J.Med.
314:193-197.
- ULBRICHT, T.L.V. & SUOTHGATE, D.A.T. 1991. Coronary Heart Disease: Seven
Dietary Factors. The Lancet. 338: 985-992.
- VON SALFELD, K. 2003. Las grasas trans. INTERNET.
<http://www.teletica.com/archivo/buendia/nutricion/grasas.htm>
- WOOLLETT, A.L., SPADY, K.D. & DIETSCHY, M.J. 1992. Saturated and
Unsaturated fatty Acids Independently regulate low-density lipoprotein Receptor
Activity and Production Rate. J. Lipid. Res. 33:77-88.

APÉNDICE A

Resultados obtenidos para las diferentes muestras

Cuadro 15. Número de dobles enlaces, índice de yodo, número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos de los ácidos grasos encontrados en las margarinas analizadas.

Margarinas	#Dobles enlaces	Ind yodo	H alílicos	H Doblemente alílicos
D1	2,9	83	8,3	1,6
D2	2,2	63	7,4	0,7
D3a*	3,6	102	9,1	2,5
D3b*	2,1	61	7,0	0,7
D4	2,3	67	7,6	0,8
D5	3,8	107	9,5	2,8
D6	3,8	108	9,5	2,8
D7	4,0	115	10,0	3,1
D8a*	4,0	114	9,8	3,1
D8b*	3,7	105	9,9	2,4
D9	2,3	66	7,6	0,7
D10	2,0	60	7,0	0,6
D12	4,0	112	10,5	2,7

* Incertidumbre combinada

- a= en caja b= en barra

Cuadro 16. Peso Molecular e Índice de Saponificación de los ácidos grasos presentes en las margarinas analizadas.

Margarinas	P.M.	I.S.
D3a*	884	190
D7	891	189
D3b*	876	192
D2	878	191
D9	878	191
D10	877	192
D6	890	189
D12	894	188
D8b*	893	188
D1	884	190
D4	879	191
D5	890	189
D8a*	891	189

* Incertidumbre combinada

- a= en caja b= en barra

Cuadro 17. Número de dobles enlaces, índice de yodo, número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos de los ácidos grasos presentes en las mantequillas analizadas.

Mantequillas	#Dobles enlaces	Ind yodo	H alílicos	H Doblemente alílicos
A	1,2	37	4,3	0,2
B	1,3	41	4,5	0,4

Cuadro 18. Peso Molecular e Índice de Saponificación de los ácidos grasos presentes en las mantequillas y lactocremas analizadas.

Mantequillas	P.M.	IS.
A	815,32 ±	206,06 ±
B	818,20 ±	205,34 ±

Cuadro 19. Índice de aterogenicidad y relación P/S encontradas en los ácidos grasos presentes en las margarinas analizadas en base seca como en base húmeda.

Margarinas	Relación P/S (base seca)	Relación P/S (base húmeda)	IA en muestra (base húmeda)	IA en muestra (base seca)
D3a	1,6	1,1	0,2	0,2
D7	2,7	2,2	0,1	0,1
D3b	0,3	0,2	0,4	0,6 ±
D2	0,3	0,2	0,4	0,5 ±
D9	0,3	0,2	0,3	0,5
D10	0,2	0,2	0,5	0,6
D6	2,0	1,7	0,1	0,2
D8b	2,1	1,6	0,09	0,1
D1	1,0	0,8	0,3	0,4
D4	0,4	0,3	0,4	0,5
D5	2,0	1,0	0,08	0,2
D8a	2,5	1,6	0,08	0,1

**** a= caja b= barra

Cuadro 20. Índice de aterogenicidad y relación P/S encontradas en los ácidos grasos presentes en las mantequillas analizadas en base seca como en base húmeda.

Mantequillas	Relación P/S (base seca)	Relación P/S(base húmeda)	IA e muestra (base seca)	IA en base húmeda
A	0,05	0,04	1,8	1,6
B	0,1	0,1	1,8	1,5

Cuadro 21. Índice de aterogenicidad y relación P/S encontradas en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados.

Aceites	Aceite	Relación P/S	IA
Aceite de soya	ES1	3,7	0,1
	ES2	3,5	0,1
	ES3	3,8	0,1
Aceite de girasol	EG1	7,0	0,06
	EG2	6,8	0,06
	EG3	5,4	0,08
Aceite de oliva	EO3	0,4	0,1
	EO1	0,4	0,1
	EO4	0,5	0,1
	EO2	0,4	0,1
Aceite de maíz	EM1	4,7	0,1
	EM2	4,2	0,1
	EM3	4,8	0,1
Aceite vegetal	EMV	1,3	0,4

Cuadro 22. Número de dobles enlaces, índice de yodo, índice de saponificación, número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos encontrados en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados.

Aceites	Aceite	# Dobles enlaces	Índice de yodo
Aceite de soya	ES1	4,4	126
	ES2	4,4	124
	ES3	4,5	128
Aceite de girasol	EG1	4,7	133
	EG2	4,7	134
	EG3	4,7	134
Aceite de oliva	EO3	2,8	79
	EO1	2,7	78
	EO4	2,8	80
	EO2	2,7	78
Aceite de maíz	EM1	4,4	126
	EM2	4,5	127
	EM3	4,4	127
Aceite vegetal	EMV	3,4	97

Cuadro 23. Peso Molecular e Índice de Saponificación encontrados en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados.

Aceites	Aceite	P.M.*	I.S.*
Aceite de soya	ES1	891	189
	ES2	892	188
	ES3	891	189
Aceite de girasol	EG1	893	188
	EG2	894	188
	EG3	893	188
Aceite de oliva	EO3	894	188
	EO1	893	188
	EO4	892	188
	EO2	894	188
Aceite de maíz	EM1	890	189
	EM2	890	189
	EM3	892	188
Aceite vegetal	EMV	880	191

*PM: Peso Molecular, IS: Índice de Saponificación

Cuadro 24. Número de dobles enlaces, índice de yodo, índice de saponificación, número de hidrógenos alílicos y doblemente alílicos encontrados en los ácidos grasos presentes en las mantecas vegetales analizadas.

Muestra mantecas	II Índice de yodo	Dobles enlaces	H alílicos	H doblemente alílicos
E1	57	2,0	6,2	0,8
E2	53	1,8	5,9	0,6
E3	53	1,8	6,0	0,6
E4	91	3,2	8,7	2,0
E6	51	1,7	5,9	0,6
E5	54	1,8	6,1	0,6
E7	15	0,4	1,6	0,07

Cuadro 25. Peso Molecular, Índice de Saponificación, Índice de aterogenicidad y relación P/S encontrados en los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales analizados.

Muestra mantecas	P.M. (Peso Molecular)	I.S. Índice Saponificación	I.A. (Índice Aterogenicidad)	P/S Polinsaturados /Saturados
E1	867	194	0,9	0,3
E2	865	194	1,0	0,3
E3	865	194	1,0	0,2
E4	890	189	0,2	1,1
E6	865	194	1,0	0,2
E5	866	194	0,9	0,2
E7	737	228	8,4	0,01

APÉNDICE B
EJEMPLO DE CROMATOGRAMAS DE ALGUNOS TIPOS
DE ACEITES O GRASAS ANALIZADOS

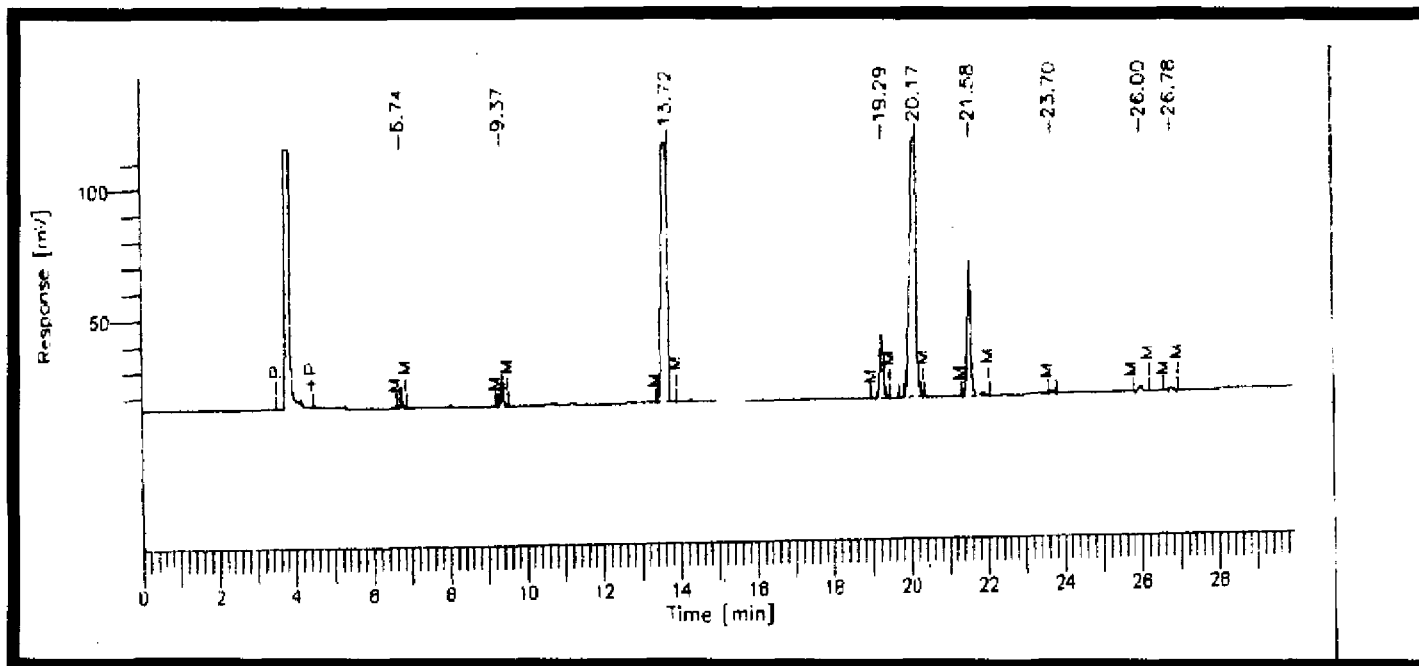


Figura 11. Cromatograma de los ácidos grasos de una manteca vegetal.

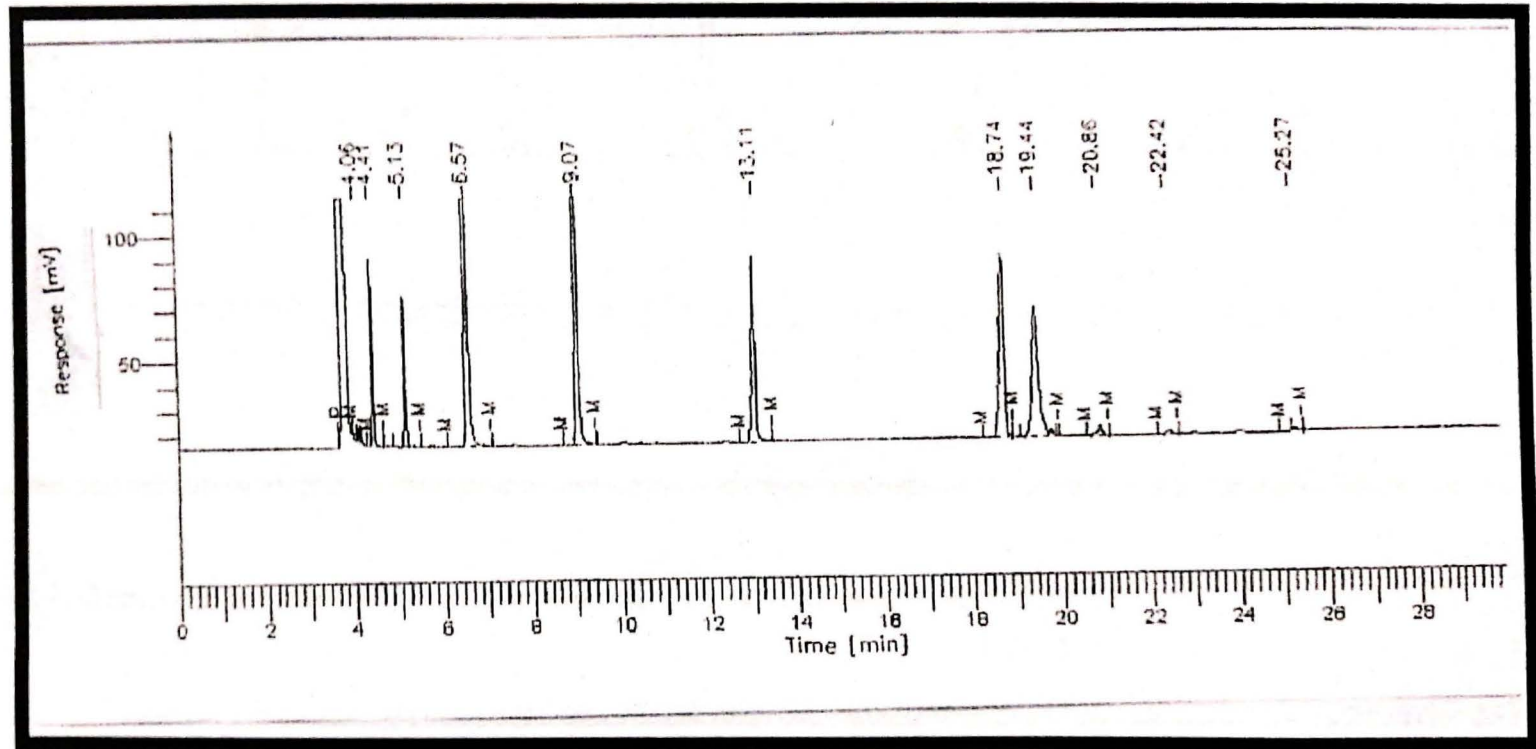


Figura 12. Cromatograma de los ácidos grasos de manteca de coquito.

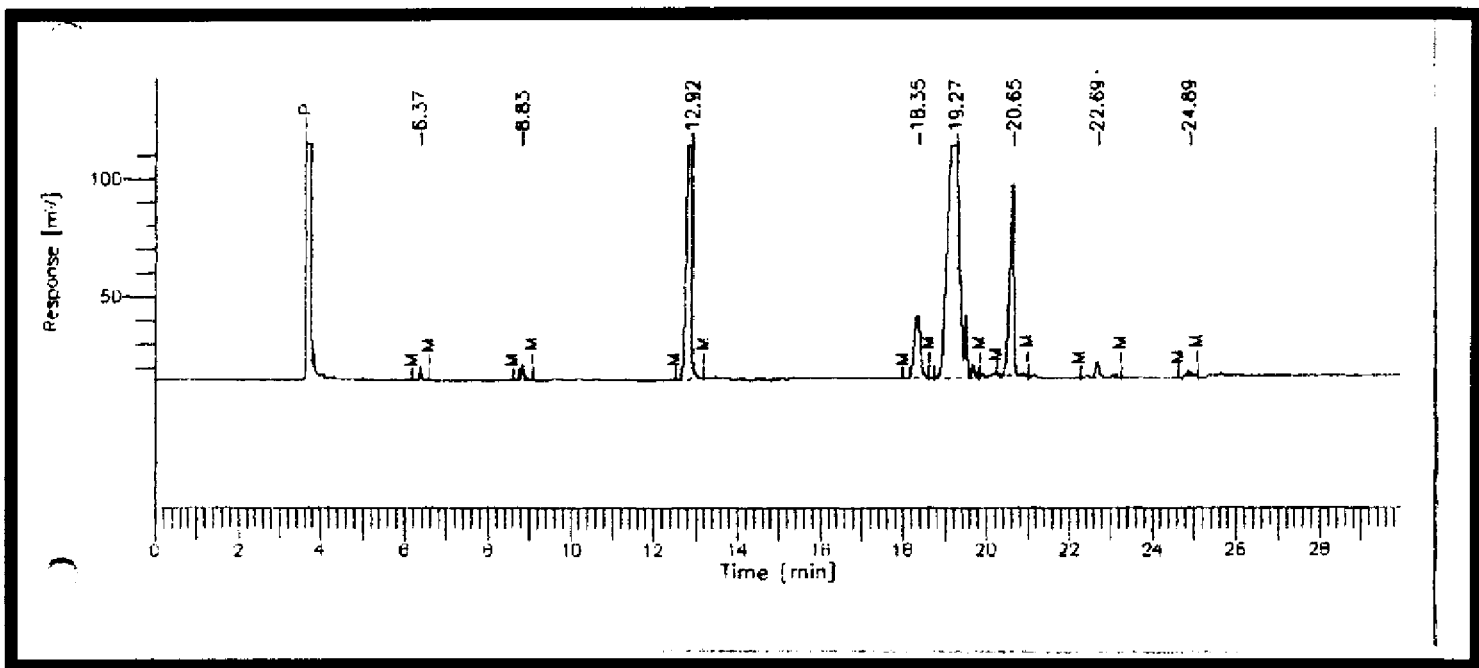


Figura 13. Cromatograma de los ácidos grasos de una margarina vegetal

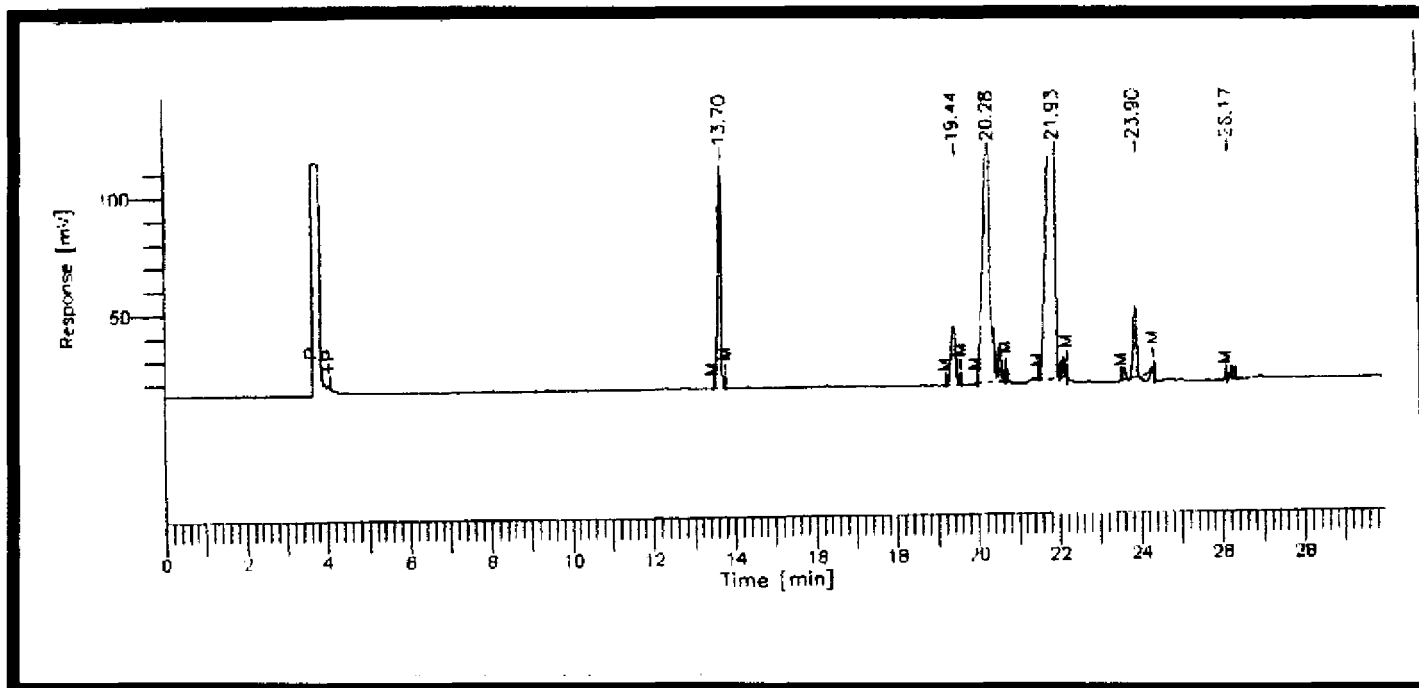


Figura 14. Cromatograma de los ácidos grasos de un aceite de soya

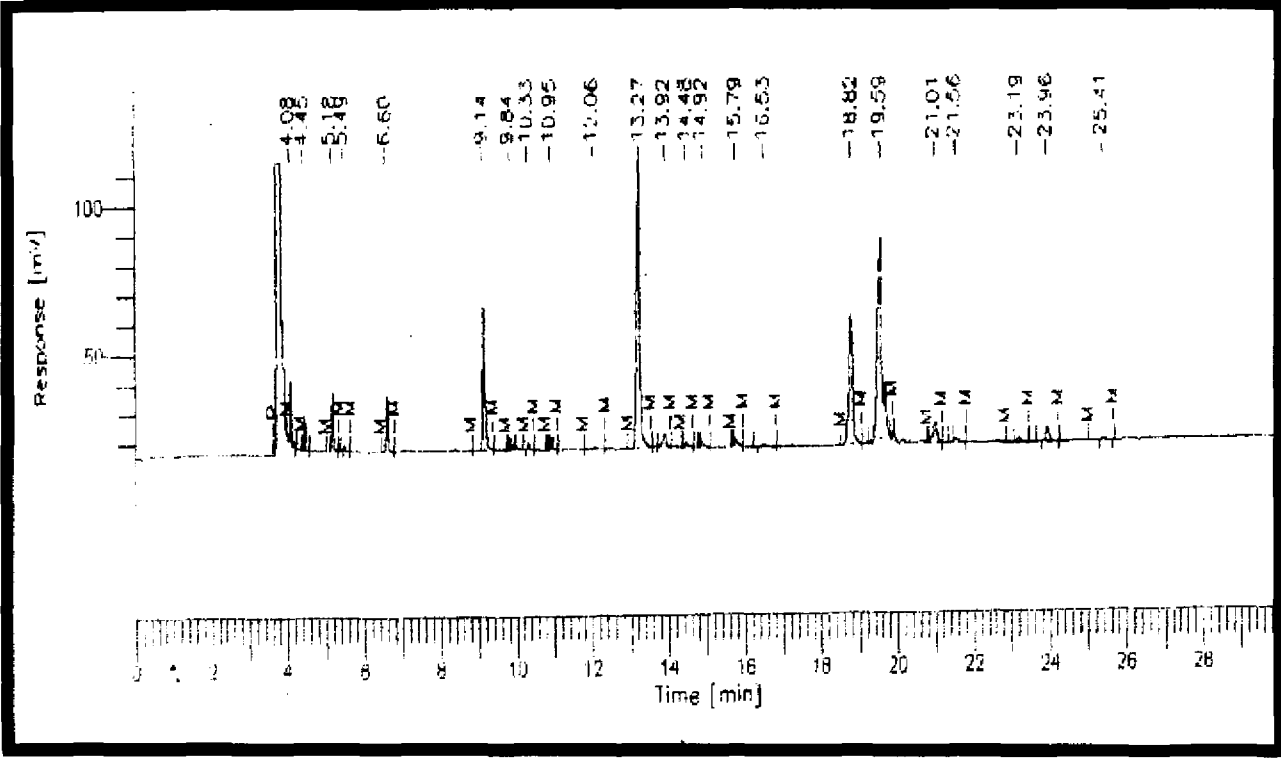


Figura 15. Cromatograma de los ácidos grasos de una mantequilla.