



# Temas Selectos en Aceites y Grasas

**Volumen 1 - Procesamiento**

Jane Mara Block  
Daniel Barrera-Arellano  
Editores



# **Temas Selectos en Aceites y Grasas**

Volumen 1 – Procesamiento



Jane Mara Block  
Daniel Barrera-Arellano  
Editores

# **Temas Selectos en Aceites y Grasas**

Volumen 1 – Procesamiento

copyright © Jane Mara Block  
Daniel Barrera-Arellano

direitos reservados  
para a língua espanhola pela  
Editora Edgard Blücher Ltda.  
2009

É proibida a reprodução total ou  
parcial por quaisquer meios sem  
autorização escrita da editora

EDITORA EDGARD BLÜCHER LTDA.  
Rua Pedroso Alvarenga, 1245 – 4º andar  
04531-012 – São Paulo, SP – Brasil  
Fax: (55\_11) 3079-2707  
Tel.: (55\_11) 3078-5366  
e-mail: editora@blucher.com.br  
Site: www.blucher.com.br

*Impresso no Brasil*      *Printed in Brazil*

ISBN 978-85-212-0489-3

A mis queridos hijos Vitor y Bruno

*Jane Mara Block*

A Paulina Arellano (*in memoriam*)

*Daniel Barrera-Arellano*



# Prefacio

Aceites y grasas de origen vegetal y animal son constituyentes indispensables en nuestra alimentación por su relación estrecha con nuestra salud. Son fuentes de vitaminas lipo-solubles y de otros compuestos funcionales, de ácidos grasos esenciales y de energía para las funciones orgánicas. En los alimentos, están relacionadas con la textura, el sabor y color, mejorando su apariencia y palatabilidad. Además, están presentes en cosméticos, en productos farmacéuticos, en la industria química y de biocombustibles.

Por la importancia de los aceites y grasas en las áreas de ciencia y tecnología de alimentos, en nutrición y en varios otros segmentos industriales, la edición de esta serie de libros “Temas Selectos en Aceites y Grasas” tiene como objetivo ofrecer una visión amplia de estos asuntos para los profesionales de los medios académicos y de la industria, estudiantes y otros interesados en esta área del conocimiento. La serie consta de 3 volúmenes, en los cuales, cada tema es expuesto de manera didáctica y detallada por especialistas de reconocido prestigio internacional.

En el libro 1 son abordados los temas relacionados con el procesamiento de los aceites para la producción de los diversos tipos de productos utilizados en alimentos, incluyendo la descripción detallada de las fuentes de aceites y grasas, preparación de materias-primas, de las etapas del procesamiento, de los distintos métodos de modificación y el análisis y control de calidad, además de los aspectos ambientales relacionados con la producción de grasas y aceites.

El libro 2 está dedicado a la química de los lípidos, donde componentes como los ácidos grasos trans, ácidos grasos omega-3 y 6, ácido gamma-linolénico, ácidos grasos conjugados y otros componentes menores presentes en las grasas y aceites, como mono y diglicéridos, fosfolípidos, ceras, esteroides, tocoferoles y carotenoides son descritos y tratados desde varios puntos de vista, desde el puramente químico hasta el de su relación con la salud y nutrición.

Por último, el libro 3 comprende las diversas aplicaciones de los aceites y grasas, como en la fritura, en biodiesel, en biotecnología y en la producción de

derivados, además de presentar una descripción completa de la producción y utilización de las margarina y “*shortenings*”, los aceites microencapsulados y los lípidos estructurados.

La edición de esta serie fue posible gracias a la valiosa contribución de muchas personas y como editores agradecemos de forma especial a los autores, que nos presentan el estado del arte del tema en cada capítulo. Agradecemos también a la Dra. Caroline Steel y al Ing. Luis Follegatti Romero por el valioso auxilio en la traducción de los capítulos cuyo idioma original no era el español.

No podemos dejar de mencionar el apoyo decisivo de la Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras (SBOG) y de la Sección Latinoamericana de la AOCS (American Oil Chemists Society), así como el soporte técnico de la Editora Blücher.

*Jane Mara Block / Daniel Barrera-Arellano*

Editores

# Prólogo

Las Grasas y los Aceites alimentarios constituyen una fuente más que importante para la alimentación de los seres humanos a lo largo y ancho del universo, su crecimiento a través del tiempo ha sido y lo seguirá siendo incesante, lo cual no es un hecho menor ya que el crecimiento de la población mundial trae aparejado este tipo de necesidades y nos depara un desafío permanente el cual se pretende asumir entregando este libro sobre las modernas Tecnologías para la Producción y Procesamiento de las Grasas y los Aceites alimenticios con el propósito de contribuir y acrecentar el conocimiento de Técnicos, Profesionales e Idóneos que se desempeñan en nuestra Industria.

El conocimiento acerca de nuevas tecnologías es de tal variedad y complejidad de temas que comprende un más que importante número de investigaciones, datos e interpretaciones, realizaciones técnicas, hipótesis y discusiones, así como también un importante cúmulo de libros especializados y comunicaciones personales (publicadas por cientos de revistas especializadas y compilaciones de trabajos presentados en congresos y simposios) que ya resulta difícil dominar un tema en particular y por lo tanto es imposible para una persona por más que se esfuerce, abarcar todos los conocimientos que se requieren para alcanzar un objetivo superador.

En consecuencia de lo expuesto con precedencia, vale decir que una sola persona pueda desarrollar con suficiencia un tratado integral sobre Tecnología aplicada al procesamiento de las Grasas y Aceites, es que los editores, con muy buen criterio, decidieron recurrir a la colaboración de numerosos especialistas en cada uno de los temas particulares que dicho tratado abarca.

Así, surgió esta obra que pretende abarcar una amplia gama de temas tratados con profundidad y seriedad de forma tal de introducir a lector desde la iniciación al tema tecnológico, hasta la profundización del mismo, con el propósito de constituirse, a través de la utilización de un léxico simple y entendible, en una herramienta y fuente de consulta de indudable valor para todos aquellos que de una u otra manera requieren reforzar conceptos y conocimientos sobre el tema que nos ocupa.

Finalizaré este prólogo expresando, una vez más, mi gratitud a los editores por haberme convocado a ser parte de esta obra, lo cual al igual que al resto de los autores que han participado, nos halaga y enorgullece, por su parte deseo agradecer muy especialmente a las distintas empresas que han prestado toda su colaboración para complementar y enriquecer nuestras presentaciones. Por último, espero fervientemente que esta obra signifique otro pequeño aporte para la sociedad en la cual convivimos y que por su parte tenga un efecto motivador para que juntos podamos conseguir un futuro mejor.

*Héctor Autino*

ASAGA/BUNGE ARGENTINA S.A.

# Sobre los autores

‡ **Afaf Kamal-Eldin**

Swedish University of Agricultural Sciences (SUAS), Uppsala, Suecia.

‡ **Alfonso Valenzuela Bonomo**

INTA, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

‡ **Angela Orlando**

GreenLab – ASAGA, Buenos Aires, Argentina.

‡ **Aníbal Demarco**

Desmet Ballestra Sudamérica, Buenos Aires, Argentina.

‡ **Apostolos (Paul) Kiritsakis y colaboradores**

Alexander Technological Education Institute (ATEI), Tesalónica, Grécia.

‡ **Ariel Fernández**

Desmet Ballestra Sudamérica, Buenos Aires, Argentina.

‡ **Arturo Cert**

Instituto de la Grasa (CSIC), Sevilla, España.

‡ **Byung Hee Kim**

The University of Georgia, Athens, GA, EUA.

‡ **Carlos A. Bravo**

W.R. Grace, Buenos Aires, Argentina.

‡ **Carmen Dobarganes**

Instituto de la Grasa (CSIC), Sevilla, España.

| **Caroline Joy Steel**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

| **Casimir C. Akoh**

The University of Georgia, Athens, GA, EUA.

| **Cecília Nogueira**

Chemyunion Química Ltda., Sorocaba, SP, Brasil.

| **Daniel Barrera-Arellano**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

| **Denise D'Agostini**

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

| **Eduardo Dubinsky**

Consultor Técnico en Grasas y Aceites Comestibles, Buenos Aires, Argentina.

| **Etienee Deffense**

Crystallisation & Degumming Spri, Charleroi, Bélgica.

| **Fereidoon Shahidi**

Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland & Labrador, Canadá.

| **Francisca Holgado**

Instituto del Frío (CSIC), Madrid, España.

| **Giovanni Castagna**

Consultora Ambiental Holistek Ltda., Santiago, Chile.

| **Gloria Márquez-Ruiz**

Instituto del Frío (CSIC), Madrid, España.

| **Héctor Carlos Autino**

Bunge S.A., Buenos Aires, Argentina.

| **Hernán Paredes**

Crown Iron Works Company, Roseville, Mn., EUA.

| **Jane Mara Block**

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

‡ **Jean Louis Sebedio**

UMR-INRA Université d'Auvergne, St Genes Champanelle, Francia.

‡ **Joaquín Velasco**

Instituto de la Grasa (CSIC), Sevilla, España.

‡ **Jorge Mancini Filho**

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

‡ **Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

‡ **Luiz Antonio Gioielli**

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

‡ **Mabel Tomás**

CIDCA, Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina.

‡ **María Antonia Grompone**

Universidad de la República (UDELAR), Montevideo, Uruguay.

‡ **María Cristina Añón**

CIDCA – CONICET, Universidad de la Plata, La Plata, Argentina.

‡ **Marisa Aparecida Bismara Regitano-d'Arce**

Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP, Brasil.

‡ **María del Carmen Pérez-Camino**

Instituto de la Grasa (CSIC), Sevilla, España.

‡ **Maria Uvarova**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

‡ **Nalda Romero Palacios**

Universidad de Chile, Santiago, Chile.

‡ **Paz Soledad Robert Canales**

Universidad de Chile, Santiago, Chile.

‡ **Pernille Gerstenberg Kirkeby**

Gerstenberg Schröder A/S, Broendby, Dinamarca.

| **Raquel Costales Rodríguez**

Desmet Ballestra, Bélgica.

| **Renato Dorsa**

Westfalia Separator do Brasil, Campinas, SP, Brasil.

| **Renato Grimaldi**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

| **Ricardo R. Pollak**

CALSA, AB Mauri, Buenos Aires, Argentina.

| **Rui Curi y colaboradores**

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

| **S. P. J. Namal Senanayake**

Martek Biosciences Corporation, Winchester, Ky, EUA.

| **Susana Marmesat**

Instituto de la Grasa (CSIC), Sevilla, España.

| **Thais Maria Ferreira de Souza Vieira**

Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP, Brasil.

| **Victor Manuel Villa Salinas**

Sud-Chemie, Ciudad de México, México.

| **Wenceslao Moreda**

Instituto de la Grasa (CSIC), Sevilla, España.

| **Willem van Nieuwenhuyzen**

Lecipro Consulting, Limmen, Holanda.

**TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL**| **Caroline Joy Steel**

Capítulos 1, 5, 8, 9 y 11.

| **Luis Follegatti Romero**

Capítulo 12.

# Contenido

volumen 1 – procesamiento

- I FUENTES DE ACEITES Y GRASAS 1**  
Marisa A. B. Regitano-d'Arce y Thais M. Ferreira de Souza Vieira
- II PREPARACIÓN DE SEMILLAS OLEAGINOSAS 31**  
Héctor Carlos Autino
- III EXTRACCIÓN POR SOLVENTE 67**  
Aníbal Demarco
- IV DESGOMADO 97**  
Héctor Carlos Autino
- V NEUTRALIZACIÓN 143**  
Renato Dorsa
- VI CLARIFICACIÓN DE ACEITES Y GRASAS 161**  
Víctor Manuel Villa Salinas
- VII SÍLICA GEL 211**  
Carlos A. Bravo
- VIII DESODORIZACIÓN 231**  
Renato Dorsa
- IX MODIFICACIÓN DE LÍPIDOS 265**  
Fereidoon Shahidi y S.P.J. Namal Senanayake

**X    HIDROGENACIÓN E INTERESTERIFICACIÓN    299**

Raquel Costales y Ariel Fernández

**XI    FRACCIONAMIENTO    345**

Etienne Deffense

**XII    ANÁLISIS DE LÍPIDOS    365**

Lireny Aparecida Guaraldo Gonçaves

**XIII    CONTROL DE CALIDAD    401**

Angela Orlando

**XIV    ASPECTOS AMBIENTALES    435**

Giovanni Castagna

**ÍNDICE REMISIVO    465**

# Contenido

volumen 2 – química

## **I INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA DE LÍPIDOS**

Jane Mara Block y Daniel Barrera-Arellano

## **II OXIDACIÓN DE LÍPIDOS**

Caroline Joy Steel, Jane Mara Block y Daniel Barrera-Arellano

## **III ÁCIDOS GRASOS TRANS**

Denise D'Agostini, Jane Mara Block, Daniel Barrera-Arellano y Jorge Mancini Filho

## **IV ÁCIDOS GRASOS TRANS**

Denise D'Agostini y Jorge Mancini Filho

## **V ÁCIDOS GRASOS OMEGA-6 Y OMEGA-3**

Alfonso Valenzuela

## **VI ÁCIDO GAMMA LINOLÉNICO**

Renato Grimaldi

## **VII ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA)**

Jean Louis Sebedio

## **VIII ÁCIDOS GRASOS Y SALUD**

Thais M. de Lima, Maria Fernanda Cury-Boaventura, Elaine Hatanaka, Renata Gorjão, Jarlei Fiamoncini, Sandro M. Hirabara, Aurélio Pimenta, Hilton K. Takahashi y Rui Curi.

**IX MONO Y DIGLICÉRIDOS**

María Antonia Grompone

**X FOSFOLÍPIDOS**

Willem van Nieuwenhuyzen y Mabel Tomás

**XI CERAS DE GIRASOL**

María Cristina Añón

**XII ESTEROIDES**

Arturo Cert, María del Carmen Pérez-Camino y Wenceslao Moreda

**XIII TOCOFEROLES Y TOCOTRIENOLES**

Afaf Kamal-Eldin

**XIV CAROTENOIDES**

Paz Soledad Robert Canales y Nalda Romero

**ÍNDICE REMISIVO**

# Contenido

volumen 3 – aplicaciones

- I EL PROCESO DE FRITURA**  
Carmen Dobarganes y Susana Marmesat
- II ACEITES MICROENCAPSULADOS**  
Gloria Márquez-Ruiz, Joaquín Velasco y Francisca Holgado
- III BIODIESEL**  
Hernán D. Paredes
- IV “SHORTENINGS”**  
Ricardo Pollack
- V PRODUCCIÓN DE MARGARINAS**  
Pernille Gerstenberg Kirkeby
- VI PRODUCTOS BAJOS EN TRANS**  
Eduardo Dubinsky
- VII ACEITE DE OLIVA**  
A. Kiritsakis, Al. Brintaki, K. Kiritsakis y A. Moustakas
- VIII GRASAS Y ACEITES DEL AMAZONAS**  
Cecília Nogueira y Daniel Barrera-Arellano
- IX LÍPIDOS ESTRUCTURADOS**  
Luiz A. Gioieli

**X BIOTECNOLOGÍA DE LIPASAS**

Byung Hee Kim y Casimir C. Akoh

**XI LIPOFILIZACIÓN DE PROTEÍNAS**

Maria Uvarova, Jane Mara Block y Daniel Barrera-Arellano

**ÍNDICE REMISIVO**

# Fuentes de Aceites y Grasas:

materias primas industriales

*Marisa A. B. Regitano-d'Arce*  
*Thais M. Ferreira de Souza Vieira*

## 1 INTRODUCCIÓN

Los aceites y grasas son sustancias untuosas al tacto, de naturaleza triglicéridica o no. Los aceites y grasas de origen vegetal están presentes en organelas celulares de frutos o granos oleaginosos, llamados cuerpos lipídicos o esferosomas. Sea a escala comercial o a escala artesanal, estas vacuolas de aceite deben romperse para su liberación. Normalmente, el aceite se extrae de frutos como la palma y la oliva (aceituna) por prensado mecánico en frío o en caliente, dependiendo de las características del aceite que se busque producir o de la calidad inicial de la materia prima. Cuando se obtiene por prensado en frío, no se refina, pues, en detrimento del rendimiento del proceso de extracción, el aceite será bastante apreciado por el aroma y sabor del fruto original. Algunos granos con contenido de aceite superior a 30%, como maní y algodón, también pueden ser procesados para la producción de aceite a través del prensado a escala comercial. Con la evolución de los procesos, sin embargo, la extracción por solvente hexano, volátil y derivado del petróleo, mucho más eficiente en el agotamiento del aceite, se incorporó al proceso antiguo o lo substituyó, produciendo tortas, esto es, harinas con menos de 1% de aceite, que se conservan por más tiempo que las tortas, generadas por prensado (Regitano-d'Arce, 2006a).

El interés industrial por una materia prima es siempre orientado por el valor comercial del aceite, o grasa o por el subproducto, harina, cáscaras y otros, que, en el caso de las materias primas de origen vegetal, representan más de 50% del peso del grano o fruto, alcanzando un 80% en el caso de la soja (**Tablas I y II**). En ese caso, las harinas normalmente son fuentes de proteínas, que, en ausencia de compuestos antinutricionales, irán directamente a componer raciones para animales, práctica adoptada desde el siglo XVIII, o dietas humanas. La digestibilidad es el criterio establecido para el uso de estos residuos de la extracción de aceite en las dietas (Bockisch, 1998a).

**TABLA I** | Composición de algunas oleaginosas

Componente (%)	Soja	Canola	Algodón	Girasol	Maní
Proteína	40.3	25.6	24.8	20.8	28.5
Lípidos	21.0	42.0	19.6	54.8	47.5
Fibra	5.5	7.3	-	14.7	2.8
Aminoácidos g/16g N					
Lisina	6.4	6.2	3.5	3.8	3.6
Metionina	1.1	2.0	1.5	1.9	1.0
Cistina	1.4	0.9	2.0	1.8	2.6

Fuente: Salunkhe et al. (1992a).

**TABLA II** | Composición centesimal de harinas oleaginosas (%)

	Proteína	Aceite	Carbohidratos	Fibras	Ceniza
Soja	52.4	1.2	33.8	5.9	6.6
Maní	51.8	1.2	27.7	14.3	4.9
Girasol	50.3	3.1	26.7	11.6	8.3
Algodón	46	2.3	34.9	12.5	6.8
Canola	44	1.1	36.8		7.8

Fuente: Salunkhe et al. (1992a).

Los granos son clasificados en cereales, oleaginosas y leguminosas. Las materias primas vegetales para la industria de aceites se pueden insertar en esas tres categorías, a saber, maíz, arroz y trigo, fuentes de salvados ricos en aceites, cultivados por el interés en su fracción amilácea y proteica del endosperma; el maní y la soja son leguminosas, cuyo elevado contenido de aceite o alta calidad proteica y versatilidad de uso los tornaron importantes fuentes de aceite. Dentro de la categoría de las oleaginosas, podemos incluir tanto las cultivadas anualmente para la extracción de aceite como canola, girasol (maravilla), lino, ajonjolí, maní. Los cultivos perennes, como palma, coco, oliva, igual a las que llegan a la industria del aceite como subproducto de la industria textil, como el caso de las semillas del algodón (Gunstone, 2002; Regitano-d'Arce, 2006a).

Cuando un aceite se presenta pastoso o sólido a temperatura ambiente, el término grasa es el más apropiado. Su composición puede ser eminentemente triglicéridica como la de un aceite, sin embargo, tanto la concentración como la posición de los ácidos grasos saturados puede afectar su punto de fusión, determinando su apariencia (Regitano-d'Arce, 2006c).

Las grasas de origen animal de mayor importancia industrial son el sebo, la manteca (grasa de cerdo), además de la grasa de la leche. Las dos primeras se obtienen a partir de tejidos animales a través de extracción acuosa bajo presión, extracción con la utilización de vapor o aún extracción por solventes. Son grasas saturadas y su composición depende del tipo y manejo de los animales. La manteca de cerdo presenta como particularidad la presencia de ácidos grasos con número impar de carbonos y de isómeros *trans* (Padley et al., 1994).

Las industrias producen las grasas hidrogenadas o interesterificadas a partir del aceite de soja y mezclas con otros aceites para los más variados fines alimenticios. El objetivo es producir grasas plásticas con efecto “*shortening*” y curva de sólidos de interés conforme la aplicación. Esas grasas son usadas en productos de panificación (panes, galletas y tortas), pues incorporan aire y actúan sobre el gluten, tornándolos más suaves. También son usadas en helados, tornándolos leves y en chocolates, como substitutos de manteca de cacao, además de sustituir el aceite en procesos, como la fritura, pues son más resistentes al proceso de rancificación y pueden utilizarse por más tiempo, produciendo alimentos fritos con mejores propiedades organolépticas y nutricionales (Regitano-d’Arce, 2006c).

Todo aceite vegetal es compuesto, mayoritariamente, por triglicéridos, o sea, glicerol esterificado a tres moléculas de ácidos grasos. Además de estos, pequeñas cantidades de componentes no triglicéricos, como los fosfolípidos, esteroides, tocoferoles, carotenoides, clorofilas, mono y diglicéridos y ácidos grasos libres pueden estar presentes en cantidades mayores o menores conforme las características y calidad de la materia prima de origen. Los fosfolípidos son ésteres de ácido fosfórico con mono o diglicéridos asociados a la etanolamina, colina, inositol o serina, separados durante la refinación y empleados en la industria de alimentos como emulsificantes.

Los esteroides son encontrados tanto en aceites y grasas animales (zooesteroides) y vegetales (fitoesteroides). Los tocoferoles se encuentran naturalmente en la mayor parte de los aceites vegetales y no son característicos de las grasas animales. Tienen acción antioxidante creciente en los isómeros  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - y  $\delta$ -tocoferol. El isómero  $\alpha$  presenta la mayor actividad de vitamina E. Los carotenoides confieren coloración amarilla intensa que enmascara la tonalidad verde causada por la presencia indeseada de las clorofilas en los aceites vegetales, las cuales deben removerse, tanto por razones estéticas como por afectar negativamente la estabilidad oxidativa. Los ácidos grasos libres, en conjunto con los mono y diglicéridos, son resultantes de la hidrólisis parcial o total de los triglicéridos, que puede haber ocurrido tanto durante el almacenamiento del grano como de las grasas y de los aceites (Regitano-d’Arce, 2006a,b,c).

La refinación de los aceites crudos y grasas tiene la finalidad principal de retirar los componentes no triglicéricos indeseables del aceite crudo, tanto para garantizar

su aceptación en el mercado, alcanzando los patrones de calidad y clasificación, como para garantizar una buena estabilidad oxidativa, aumentando su *shelf-life*. La refinación clásica esta compuesta por tres etapas, que deben, obligatoriamente, ser conducidas en secuencia: neutralización, clarificación y desodorización. Cuando se trata de aceites con cantidades de fosfolípidos superiores a 1%, se hace necesaria una etapa inicial, que debe ser realizada todavía en la unidad de extracción, luego después de la evaporación del solvente, que es el desgomado. En el caso de aceites con altos contenidos de ceras o de triglicéridos saturados, que normalmente se solidifican con la reducción de la temperatura ambiente, la invernación “*winterización*” debe ser incluida en la secuencia del proceso después de la clarificación e inmediatamente antes de la desodorización (Regitano-d’Arce, 2006b).

Actualmente, se viene recomendando la reducción de la ingesta de aceites y grasas, en general, dentro de una campaña mundial de prevención de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades degenerativas. Al mismo tiempo, más y más compuestos fitoactivos liposolubles han sido identificados como funcionales dentro de la nutraceutica, nueva ciencia de las carreras de nutrición y medicina preventiva. Además de proveer de ácidos grasos esenciales a nuestro metabolismo, como los ácidos linoleico y linolénico, otros compuestos, como fitoesteroles, tocoferoles, alcoholes alifáticos de cadena larga, ácido linoleico conjugado, ácido gama-linolénico, son aportados a la dieta a través del consumo de aceites vegetales y pescados, de granos, de algunas hortalizas y su consumo es ampliamente recomendado (Dunford, 2004).

Además del uso alimentar, los aceites vegetales encuentran usos en las industrias farmacéutica, química, cosmética, como tal o como materia prima para la obtención de compuestos químicos de interés oleoquímico, como puede ser visto en la **Tabla III**.

**TABLA III** | Áreas de aplicación de los productos oleoquímicos y derivados

<b>Ácidos grasos y derivados</b>	Plásticos, jabones metálicos, agentes de limpieza y enjuague, jabones de tocador, cosméticos, resinas, colorantes, textiles, industrias de papel y cuero, gomas y lubricantes
<b>Ésteres metílicos de ácidos grasos</b>	Cosméticos, agentes de limpieza y enjuague
<b>Glicerol y derivados</b>	Cosméticos, pastas de dientes, industrias farmacéutica y alimenticia, resinas sintéticas, tabaco, explosivos, procesamiento de celulosa
<b>Alcoholes grasos y derivados</b>	Agentes de limpieza y enjuague, cosméticos, textiles, industrias de papel y cuero, aditivos para aceites minerales
<b>Aminas grasas y derivados</b>	Acondicionadores de tejidos, biocidas, minería, aditivos para aceites minerales, industrias de tejidos y de fibras

Fuente: Vignolo & Naughton (1991).

La lubricación involucrando fricción y desgaste es probablemente la ciencia más antigua conocida del hombre. Las grandes piedras usadas en la construcción de las pirámides eran movidas sobre una película de aceite de oliva. Aunque ese aceite no sea recomendado como agente de alta presión en los días actuales, fue así que el empleo del aceite vegetal como lubricante y hoy, como componente de formulaciones lubricantes, tuvo inicio. Existen datos de jabones de calcio usados en ruedas de carruajes con fecha de 1400 a.C. Los aceites vegetales pueden ser usados como aceites de base, entre ellos, colza, palma, lino, jojoba, coco, sebo, manteca y aceites marinos (Friedrich, 1979). Además de eso, desde 1900, ya se sabe que el aceite vegetal puede ser utilizado en motores como combustible. Su uso energético fue propuesto por Rudolph Diesel, a pedido del gobierno francés durante la Exposición Mundial de París, utilizando aceite de maní “*in natura*” (Knothe & Dunn, 2005). Al inicio de la década de 1980, con el alza de los precios del petróleo, se comenzó a discutir la viabilidad de encontrarse un sustituto renovable para el diesel. La palma de aceite fue el cultivo propuesto en Brasil para proveer la materia prima debido al alto rendimiento en aceite por área de plantío (Tabla IV).

**TABLA IV** | Rendimiento anual en aceite crudo de cultivos oleaginosos

Cultivo	Rendimiento kg/ha
Palma	4,000-5,000
Palmiste	400-500
Coco	710
Soja	389
Maní	875

**Fuente:** Alves Filho (2003); Holanda (2004).

Oscilaciones en la distribución de la producción mundial de los aceites de importancia comercial son continuas. Aunque la soja se mantenga como el principal grano oleaginoso cultivado, en términos de volumen de aceite producido divide el liderazgo del mercado con el aceite de palma, un fruto oleaginoso. La canola ha presentado un crecimiento, principalmente en Europa. La producción de algunos aceites, como el de coco y de oliva, se presenta en un nivel estancado o hasta en declinación (Tablas V y VI). Datos analíticos recientes sobre la composición de algunos aceites pueden ser limitados, como en el caso de los aceites de algodón, lino y hasta de ricino, a pesar de su importancia económica. Sin embargo, aceites con baja producción pueden atraer el interés científico, dadas sus propiedades específicas, como

en el caso de la manteca de cacao (Padley et al., 1995). A seguir, son presentadas algunas características de aceites y grasas de importancia comercial actual.

**TABLA V** | Producción mundial de oleaginosas 2001/02-2005/06 (millones de toneladas métricas)

	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05 <sup>1</sup>	2005/06 <sup>2</sup>
<b>Soja</b>	185.09	197.03	186.75	215.33	224.12
<b>Algodón</b>	36.38	32.72	35.57	45.23	42.31
<b>Maní</b>	33.81	30.82	32.49	33.12	33.09
<b>Girasol</b>	21.39	23.94	26.71	25.69	29.98
<b>Colza/Canola</b>	36.03	32.90	39.42	46.06	46.42
<b>Copra</b>	5.21	5.11	5.37	5.39	5.38
<b>Palmiste</b>	7.20	7.78	8.45	9.53	9.71
<b>Total</b>	325.12	330.30	334.89	380.33	390.99

<sup>1</sup>Datos preliminares; <sup>2</sup> Previsión.

Fuente: ERS/USDA (2006).

**TABLA VI** | Producción mundial de aceites vegetales 2000/01-2005/06 (millones de toneladas métricas)

	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05 <sup>1</sup>	2005/06 <sup>2</sup>
<b>Soja</b>	26.72	28.84	30.31	30.02	32.17	33.87
<b>Palma</b>	24.30	25.44	27.28	29.17	31.08	34.80
<b>Girasol</b>	8.46	7.48	8.17	9.17	8.86	10.46
<b>Colza/Canola</b>	13.33	12.92	12.03	14.12	15.20	16.59
<b>Algodón</b>	3.54	3.85	3.52	3.84	4.59	4.67
<b>Maní</b>	4.53	5.12	4.52	4.94	5.12	4.93
<b>Coco</b>	3.63	3.23	3.22	3.31	3.40	3.27
<b>Oliva</b>	2.49	2.74	2.39	2.82	2.61	2.28
<b>Palmiste</b>	3.06	3.12	3.30	3.60	3.79	4.20
<b>Total</b>	90.04	92.75	94.74	100.98	106.82	115.06

<sup>1</sup>Datos preliminares; <sup>2</sup> Previsión.

Fuente: ERS/USDA (2006).

## 2 MATERIAS PRIMAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

### 2.1 Soja

La soja (*Glycine max* L. Merr.) es uno de los cultivos más antiguos y se cree que se originó en el noreste de China o en Australia, con opiniones divergentes (Salunkhe & Desai, 1984; Bockisch, 1998a). Existen relatos de su cultivo en la historia

del imperador Chennung (2800 a.C.) (Bockisch, 1998a). En 1740, fue llevada a Europa por misioneros, para el Jardín Botánico de París (Bockisch, 1998a). En Brasil, la primera referencia es de 1882, D'Utra (Jornal da Agricultura). En la década de 1960, fue introducida en el estado de Río Grande do Sul, en sucesión al trigo. Los principales productores mundiales son los Estados Unidos, China, Brasil y Argentina. Es la principal oleaginosa en volumen de producción y el aceite más producido en todo el mundo, dividiendo mercado con el de palma (Tablas V y VI).

En China, la soja era conocida como shu, y hoy como ta tou, que significa, grande grano. Su importancia en la dieta de los chinos siempre fue reconocida como fuente de diferentes alimentos, desde el extracto soluble, o leche de soja, a las preparaciones con el grano, cocido o triturado y tratado térmicamente, o aún fermentado, ofreciendo una rica diversidad de productos dichos tradicionales de la soja (Salunkhe & Desai, 1984).

La soja tolera climas moderados, pero es sensible a noches frías. Las condiciones óptimas de cultivo son 12 a 16 horas de sol y temperaturas entre 30 y 32 °C. Crece a altitudes de hasta 3,000 m (Salunkhe & Desai, 1984).

El grano presenta 7.3% de cáscara, 90.3% de cotiledón y 2.4% de hipocótilo, cuyas composiciones pueden ser vistas en la **Tabla VII** (Perkins, 1995). El grano posee muy poco almidón y muchos azúcares: 5% de sacarosa, 1.1% de rafinosa y 3.8% de estaquiosa, además de 4% de celulosa y 15% de hemicelulosa. La rafinosa y la estaquiosa son conocidos factores de flatulencia, responsables en gran parte por la intolerancia a la soja exhibida por ciertos individuos. Estos son galactosídeos de sacarosa con una y dos moléculas de galactosa, respectivamente. Como el sistema digestivo humano no contiene la enzima  $\alpha$ -galactosidasa, esos compuestos no son digeridos y pueden sufrir fermentación microbiana anaeróbica, que resulta en producción de gas, o sea, flatulencia (Belitz & Grosch, 1999).

**TABLA VII** | Composición centesimal del grano de soja y sus partes

Composición	Proteína %	Aceite %	Ceniza %	Carbohidratos %
Semilla	40.3	21.0	4.9	33.9
Cotiledón	42.8	22.8	5.0	29.4
Cáscara	8.8	1.0	4.3	85.9
Hipocótilo	40.8	11.4	4.4	43.4

**Fuente:** Perkins (1995).

La soja también presenta algunos compuestos antinutricionales, característicos de las leguminosas, como inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina),

fitohemaglutininas (lectinas), ácido fítico (hexafosfato éster de inositol o un ciclitol) que cuando hidrolizado por la  $\alpha$ -galactosidasa produce galactosa y puede provocar flatulencia (Augustin & Klein, in Mathews, 1989), saponinas, compuestos fenólicos, factor bociogénico, isoflavonóides (factor estrogénico) y antivitaminas. Los inhibidores de proteasas encontrados en la soja son el de Kunitz y el de Bowman-Birk, los cuales representan 6% de las proteínas totales del grano de esta leguminosa. Esos inhibidores, cuando activos, reducen la digestibilidad y la biodisponibilidad de la proteína de la soja. En ensayos con ratones, provocan retardo en el crecimiento, reducción de peso, hiperplasia e hipertrofia pancreática (Barbosa, 1997), al mismo tiempo en que otros estudios han indicado propiedades anticarcinogénicas (Burns, 1987; Hawrylewicz et al., 1995). Las hemaglutininas son glicoproteínas ampliamente distribuidas en el reino vegetal, principalmente entre las especies de la familia de las leguminosas, y promueven la aglutinación de los glóbulos rojos de la sangre de animales, inclusive del hombre (Liu, 1999). Ya las saponinas, vistas como responsables por la ruptura de eritrocitos “*in vitro*”, corresponden a 0.5% de la soja (Fenwick & Oakenfull, 1981), y en dosis reducidas están siendo asociadas a la reducción del crecimiento de células cancerígenas de colon (Jeon et al., 1999).

Aproximadamente 70% de las proteínas de la soja son globulinas, proteínas de reserva del grano. Las demás proteínas son las hemaglutininas, los inhibidores de tripsina, las lipoproteínas. La fracción 2S, constituida por los inhibidores de tripsina, es prácticamente destruida por el tratamiento térmico de la harina de soja, así como las hemaglutininas. Así, 90% de las proteínas en las harinas comerciales son globulinas 7S y 11S (Clarke & Wiseman, 1999; Sgarbieri, 1996). La digestibilidad de la harina, por lo tanto, puede ser elevada a través del tratamiento térmico que provoca una desnaturalización o inactivación de los principales factores antinutricionales de naturaleza proteica, permitiendo su incorporación a raciones para animales como ingrediente proteico (Bockisch, 1998a). La eficiencia del tostado es dada a través del análisis de la actividad de la enzima ureasa que, por presentar la misma resistencia térmica que los inhibidores de proteasas y lectinas de la soja y ser de determinación analítica mucho más sencilla que las determinaciones de actividades enzimáticas comunes, es adoptado como procedimiento de control de calidad industrial. Normalmente, harinas tostadas aptas para raciones presentan menos de 0.5 mg nitrógeno/g. min y una solubilidad proteica de 20 a 40% (Lennerts, 1984, apud Bockisch, 1998).

La soja es cultivada como materia prima oleaginosa y su aceite hoy mueve todo el parque industrial de los procesos a base del empleo del hexano. El subproducto, harina, asume gran importancia, dada la enorme demanda por la proteína, que hoy es considerada completa conforme el método de clasificación adoptado por la

*Food and Drug Administration* (FDA) y por la Organización Mundial de Salud (OMS) para la evaluación de la calidad de proteínas, a través de la puntuación de aminoácidos corregida por la digestibilidad de proteínas (*Protein Digestibility – Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS)). El método PDCAAS se basa en la digestibilidad de la proteína alimentar y en su capacidad de proveer aminoácidos esenciales en las cantidades adecuadas a las necesidades humanas (FAO, 1991).

Algunos péptidos bioactivos están presentes en la proteína de la soja. Las secuencias de aminoácidos de los principales componentes de la proteína de la soja, incluyendo la  $\beta$ -conglucina, glicina, inhibidores de tripsina – Kunitz e inhibidor Bowman-Birk –, pueden obtenerse a partir de bases de datos y están siendo utilizadas para investigaciones sobre potenciales péptidos bioactivos en soja. La literatura científica apunta para actividad antitrombosis, antioxidante y antihipertensiva de péptidos de soja (Wang & Gonzalez de Mejia, 2005).

En 1999, la FDA aprobó la alegación de salud de la proteína de soja, reconociendo que su consumo auxilia en la reducción del LDL-colesterol y del colesterol total, actuando en la prevención de enfermedades cardiovasculares (FDA, 1999).

Del procesamiento industrial del aceite, la desodorización produce un residuo de altísimo valor comercial para industrias de suplementos nutricionales y farmacéuticas, el Destilado de la Desodorización del Aceite de Soja (DDAS), comercializado como fuente de fitoesteroles para la producción de esteroides y de tocoferoles para vitamina E. El aceite crudo de soja también es la fuente universal de fosfolípidos (comercialmente conocidos como lecitina de soja), dada la alta concentración de gomas (1.1 a 3.2%), para uso como emulsificante, estabilizante, agente dispersante o humectante en alimentos, raciones, cosméticos y fármacos a través de la purificación del residuo del desgomado (Wang, 2002).

La composición triglicéridica y en ácidos grasos del aceite de soja presentan grandes diferencias en función del genotipo y del manejo del cultivo (Regitano-d'Arce et al., 1995; Maestri et al., 1998). Dada la presencia de ácido linolénico en el aceite en cantidades que pueden llegar de 7 a 11% (**Tabla VIII**), de un total de 61% de ácidos grasos poliinsaturados se perciben ventajas y desventajas. El atractivo nutricional de la presencia de ácido graso omega-3 y la consecuente menor estabilidad oxidativa, lo que no lo recomienda para procedimientos a altas temperaturas y por tiempo prolongado y aún para usos a temperaturas ambientes es recomendable el empleo de antioxidantes, sean sintéticos o naturales (Wang, 2002; Almeida-Doria & Regitano-d'Arce, 2000; Cella & Regitano-d'Arce, 2002).

**TABLA VIII** | Composición en ácidos grasos de algunos aceites vegetales (expresa como porcentaje del total de ácidos grasos)

Ácido graso	Maní	Algodón	Maíz	Palma	Palmiste	Oleína de palma	Estearina de palma	Colza	Canola	Soja	Girasol	Girasol alto en ácido oleico
C10:0	ND	ND	ND	ND	2.6-5.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	ND-0.1	ND-0.2	ND-0.3	ND-0.5	45.0-55.0	0.1-0.5	0.1-0.5	ND	ND	ND-0.1	ND-0.1	ND
C14:0	ND-0.1	0.6-1.0	ND-0.3	0.5-2.0	14.0-18.0	0.5-1.5	1.0-2.0	ND-0.2	ND-0.2	ND-0.2	ND-0.2	ND-0.1
C16:0	8.0-14.0	21.4-26.4	8.6-16.5	39.3-47.5	6.5-10.0	38.0-43.5	48.0-74.0	1.5-6.0	2.5-7.0	8.0-13.5	5.0-7.6	2.6-5.0
C16:1	ND-0.2	ND-1.2	ND-0.5	ND-0.6	ND-0.2	ND-0.6	ND-0.2	ND-3.0	ND-0.6	ND-0.2	ND-0.3	ND-0.1
C17:0	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.2	ND	ND-0.2	ND-0.2	ND-0.1	ND-0.3	ND-0.1	ND-0.2	ND-0.1
C17:1	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.1	ND	ND	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.3	ND-0.1	ND-0.1	ND-0.1
C18:0	1.0-4.5	2.1-3.3	ND-3.3	3.5-6.0	1.0-3.0	3.5-5.0	3.9-6.0	0.5-3.1	0.8-3.0	2.0-5.4	2.7-6.5	2.9-6.2
C18:1	35.0-69.0	14.7-21.7	20.0-42.2	36.0-44.0	12.0-19.0	39.8-46.0	15.5-36.0	8.0-60.0	51.0-70.0	17.0-30.0	14.0-39.4	75.0-90.7
C18:2	12.0-43.0	46.7-58.2	34.0-65.6	9.0-12.0	1.0-3.5	10.0-13.5	3.0-10.0	11.0-23.0	15.0-30.0	48.0-59.0	48.3-74.0	2.1-17.0
C18:3	ND-0.3	ND-0.4	ND-2.0	ND-0.5	ND-0.2	ND-0.6	ND-0.5	5.0-13.0	5.0-14.0	4.5-11.0	ND-0.3	ND-0.3
C20:0	1.0-2.0	0.2-0.5	0.3-1.0	ND-1.0	ND-0.2	ND-0.6	ND-1.0	ND-3.0	0.2-1.2	0.1-0.6	0.1-0.5	0.2-0.5
C20:1	0.7-1.7	ND-0.1	0.2-0.6	ND-0.4	ND-0.2	ND-0.4	ND-0.4	3.0-15.0	0.1-4.3	ND-0.5	ND-0.3	0.1-0.5
C20:2	ND	ND-0.1	ND-0.1	ND	ND	ND	ND	ND-1.0	ND-0.1	ND-0.1	ND	ND
C22:0	1.5-4.5	ND-0.6	ND-0.5	ND-0.2	ND-0.2	ND-0.2	ND-0.2	ND-2.0	ND-0.6	ND-0.7	0.3-1.5	0.5-1.6
C22:1	ND-0.3	ND-0.3	ND-0.3	ND	ND	ND	ND	2.0-60.0	ND-2.0	ND-0.3	ND-0.3	ND-0.3
C22:2	ND	ND-0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND-2.0	ND-0.1	ND	ND-0.3	ND
C24:0	0.5-2.5	ND-0.1	ND-0.5	ND	ND	ND	ND	ND-2.0	ND-0.3	ND-0.5	ND-0.5	ND-0.5
C24:1	ND-0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND-3.0	ND-0.4	ND	ND	ND

ND: No Detectado, definido como 0.05%.

Fuente: Codex (2005).

## 2.2 Algodón

El algodón pertenece a la familia de las Malváceas y es representado por cuatro especies, *Gossypium arboreum*, *G. herbaceum*, *G. hirsutum* y *G. barbadense* (Salunkhe & Desai, 1984), siendo la tercera la predominante y las dos últimas las cultivadas actualmente. En los Estados Unidos, es la oleaginosa pionera, que permitió todo el desarrollo del parque industrial de aceites vegetales y grasas hidrogenadas. Hace 4000 años es utilizado como fuente de fibra. El aceite es un subproducto (O'Brien, 1998 y 2002). Es la segunda oleaginosa en volumen cosechado procesada en Brasil (CONAB, 2006). Entre las harinas proteicas, la de algodón es la tercera más producida en el mundo, perdiendo apenas para las harinas de soja y de canola (USDA, 2006).

Es cultivado principalmente por su fibra. Las fibras están en una proporción de 1:2 con respecto a las semillas. Una vez beneficiado el capullo, sobra la materia prima oleaginosa industrial, la semilla, que comprende la pepita y las cáscaras. En ella, quedan, todavía, fibras cortas bastante adheridas, denominadas línteres, en porcentuales de 4% a 8% en la semilla, que también sirven como fuente de fibra dietética (90 a 95% de celulosa, además de ceras, pectinas, ácidos orgánicos y minerales). Tortas y harinas de algodón no deslintado tienen baja digestibilidad, visto que los límites de fibra en raciones deben ser bien controlados (Jones & King, 1996; Bockisch, 1998).

La semilla de algodón contiene en media (en base seca): 12.71% línteres (12.13% fibra, 0.11% aceite, 0.47% proteína); 31.76% cáscaras (0.27% aceite, 1.19% proteína, 30.3% carbohidratos) y 55.53% pepita (19.23% aceite, 14.78% proteína, 14.78% carbohidratos). La semilla deslintada y descortezada presenta 31.5% aceite, 7.3% humedad, 16.4% carbohidratos solubles, 7.3% ceniza, 5.1% fibra, 32.3% proteína (Salunkhe & Desai, 1984).

Cuando la semilla de algodón es quebrada para liberar la pepita que será triturada, sobran las cáscaras, excelente fuente de fibra efectiva (1% aceite, 3% proteína, celulosa y lignina) para los rumiantes. Las cáscaras pueden ser mezcladas con la torta o harina para la alimentación del ganado, de forma que el contenido de fibra bruta no pase del 25%, diluyendo el contenido proteico. Las cáscaras también son usadas como material de relleno para plásticos o para la producción de furfural y taninos. La proteína es compuesta por globulinas, fosfoproteínas, glutelina y pentosaproteína; es deficiente en lisina, metionina, treonina y leucina (Salunkhe & Desai, 1984).

La semilla no descortezada tiene de 15 a 25% de aceite (Salunkhe & Desai, 1984). El gosispol ( $C_{30}H_{50}O_8$ ) es un terpenoide (triterpeno aromático) biológica-

mente activo, liposoluble, presente en discretas cápsulas (glándulas) en la planta de algodón, y en las semillas en porcentajes variables de 0.4 a 2% (Salunkhe & Desai, 1984; Soulier & Farines, 1996). Durante el procesamiento, esas glándulas son rotas y el gosispol se mezcla con la proteína y el aceite. El tratamiento térmico puede promover su enlace a las proteínas, reteniéndolo y reduciendo su toxicidad. Es un pigmento de coloración oscura y fuerte, lo que determina un cuidado especial durante la refinación del aceite, especialmente en las etapas de neutralización y clarificación, para su casi completa remoción (niveles de 1  $\mu\text{g}$  (ppm) en el aceite refinado (Jones & King, 1996).

Tortas obtenidas con prensas continuas (*"expeller"*) contienen 0.5 a 0.95% de gosispol, del cual 10 a 13% es gosispol libre que es tóxico para animales, principalmente los monogástricos. La torta es usada principalmente en la alimentación de rumiantes, con excepción de animales de reproducción (Bockisch, 1998). Se sugiere el límite máximo de 15 mg de gosispol libre para alimentación de ganado lechero (Sudweeks, 2002). El gosispol se presenta en la forma de dos isómeros, siendo uno de ellos más tóxico que el otro (Bailey et al., 2000). Sin embargo, el gosispol extraído puede ser utilizado como antioxidante para productos no alimenticios (Salunkhe & Desai, 1984; Bockisch, 1998) e investigadores han estudiado el gosispol para uso como droga antiviral y anticarcinogénica (Reidenberg, 2003).

Una tonelada de semilla de algodón provee 86 kg de línteres, después del deslintado y 251 kg de cáscaras después del descascarado. Se prosigue con la quiebra o la laminación que reducirá los pedazos de algodón a láminas de 0.127 a 0.254 mm (cuando se trate de extracción por solvente) y un cocimiento (en cocedores de hasta cinco compartimientos) que puede alcanzar temperaturas de 132 °C, promoviendo la inactivación de enzimas, la muerte de microorganismos, la unión del gosispol a la proteína y la fijación de ciertos fosfatidos, reduciendo las pérdidas de la refinación y facilitando el proceso de extracción por la alteración de la permeabilidad de las paredes celulares y reducción de la viscosidad del aceite (Bockisch, 1998).

El proceso de prensado, cuando se combina con el de solvente, alcanza los más elevados rendimientos en aceite crudo. Tanto tortas como harinas deben pasar por cocimiento antes o después del proceso de extracción para reducir el contenido de gosispol libre a niveles que permitan su utilización en la ración de animales monogástricos (Salunkhe & Desai, 1984).

El aceite crudo presenta coloración rojiza y olor fuerte, debiendo, obligatoriamente, pasar por la refinación para que pueda ser consumido, independientemente del

proceso de extracción. La neutralización reduce los niveles de ácidos grasos libres y promueve una preclarificación, retirando buena parte del gosipol, que es completada por la clarificación. Una característica que distingue el aceite de algodón de otros aceites comerciales es la presencia de los ácidos grasos saturados de cadena normal (C16) y también de cadena larga (C20, C22 y C24) (Tabla VIII), que demanda una “winterización” para su retirada cuando el aceite se destina como aceite para ensalada y, por último, ocurre la desodorización (O’Brien, 2002; Padley et al., 1994).

El aceite presenta, en su composición, los ácidos grasos linoleico y palmítico, cuyas cantidades pueden ser afectadas por condiciones climáticas de temperatura y pluviométricas durante el cultivo (Abrahão, 1982).

El aroma del aceite de algodón refinado es descrito como de nueces, lo que lo torna aceptable hasta niveles altos de oxidación. Llega a enmascarar “flavors” de aceites menos aceptables, a través de mezclas. Esta característica lo torna fuertemente recomendado para la fritura. El aceite de algodón hidrogenado es estable, con cristales en la forma beta prima y, cuando utilizado en mezclas, atribuye esa propiedad a partir de porcentajes de 10%. Solamente los aceites de algodón, de palma y el sebo tienen el mismo desempeño. Como consecuencia, hay una mejoría en las propiedades de formación de crema, textura y consistencia en grasas plásticas para masas, productos de confitería, pastelería y postres congelados. Cuando sometido a la interesterificación, el aceite de algodón produce un sustituto para la manteca de cerdo. Todavía se utiliza en margarinas, hidrogenado o no, y en mayonesas, cuando winterizado (O’Brien, 1998; O’Brien, 2002).

### 2.3 Girasol (Maravilla)

El girasol (*Helianthus annuus* L.) se originó en el Sudoeste de México, donde crecía como planta nativa. Fue llevado a Europa por los colonizadores españoles y utilizado como planta ornamental hasta 1716. En el siglo XIX, Rusia y los países de los Balcanes produjeron las variedades más oleíferas, en los años 1830 y 1840. Pertenece a la familia de las Compositae (Salunkhe & Desai, 1984).

Presenta como composición media del grano 2.9 a 6.2% de humedad, 21.4 a 28.2% de proteína cruda (N x 5.7%), 38.0 a 60.5% de lípidos, 2.3 a 3.0% de fibras, 2.7 a 3.9% de ceniza y 12.4 a 28.9% de carbohidratos (Canella et al., 1976). La almendra ocupa 70% del grano. Un contenido de aceite de 55% representa 40% de aceite en el grano entero (Bockisch, 1998).

Existen numerosas variedades de girasol con diferencias en la composición en ácidos grasos. En Europa se cultivan variedades con elevado contenido de ácido

oleico (Padley et al., 1994). La composición en ácidos grasos del aceite de las variedades de girasol es afectada por la temperatura media durante el cultivo, o sea, cuanto mayores son las diferencias entre las temperaturas del día y de la noche durante la época de maduración del grano en el campo, mayor será la formación de ácido linoleico en el aceite. Los contenidos de ácido linoléico son siempre inferiores a 0.1% (Tabla VIII) (Bockisch, 1998). El contenido de aceite también se reduce como consecuencia del descenso de la temperatura media diaria (Cholaky et al., 1985). Sin embargo, algunos genotipos mantienen un elevado contenido de ácido linoleico en diferentes condiciones de temperatura, que pueden ser interesantes para regiones cálidas y áridas, donde las condiciones son menos favorables a la acumulación del ácido linoleico (Filipescu & Stoescu, 1979). La Tabla IX presenta la composición centesimal de cáscara y almendra.

**TABLA IX** | Composición centesimal de cáscara y almendra del girasol

	<b>Cáscara</b>	<b>Almendra</b>
<b>Lípidos %</b>	1-5*	45-65
<b>Proteína %</b>	2-6	20-30
<b>Carbohidrato %</b>	85-95	10-25
<b>Minerales %</b>	2-4	3-5

\* De los cuales 3% son ceras.

**Fuente:** Galoppini & Fiorentini (1981).

El aceite puede ser extraído por prensado en frío o en caliente, seguido de la extracción por solvente. Las cáscaras deben ser retiradas antes del procesamiento por contener ceras que son arrastradas por el aceite durante la extracción y se solidifican para formar depósitos a baja temperatura (Gupta, 2002). Como algunos procesos exigen la mantención de parte de las cáscaras, puede ser necesaria la “*winterización*” del aceite durante la refinación (Padley et al. 1994; Bockisch, 1998). El aceite es recomendado para frituras por presentar alto punto de humo, o sea, resiste a altas temperaturas sin hacer humo (Gupta, 2002).

Las almendras contienen entre 40 y 45% de proteína empleada en ración animal, a pesar de que la deficiencia de lisina restrinja su empleo para aves y porcinos. Las harinas también pueden ser empleadas en la producción de alimentos para nutrición humana (Bockisch, 1998). Junto con los componentes proteicos está presente un ácido fenólico, el ácido clorogénico, que se concentra en la harina.

Cuando se producen aislados proteicos, el ácido se oscurece en medios alcalinos, tornando la proteína separada de color marrón verdosa o grisácea, además de reaccionar con algunos aminoácidos, reduciendo su biodisponibilidad (Robertson, 1975). Normalmente, es necesario un pretratamiento para la separación de esos componentes fenólicos, lo que puede ser realizado a través de extracciones con soluciones etanólicas hidratadas (Regitano-d'Arce et al., 1994a,b,c).

## 2.4 Maní

El maní (*Arachis hypogaea*) también pertenece a la familia Leguminosae y probablemente se originó en el lado este de América del Sur, esto es, en Brasil. Su cultivo es conocido de las sociedades nativas precolombinas, los Incas en Perú entre 3,000 y 2,000 a.C. (Salunkhe & Desai, 1984; Bockisch, 1998). Es un cultivo de países tropicales, pues no tolera heladas (Bockisch, 1998). En Brasil, se estableció como cultivo comercial en el comienzo de los años 50, tanto por ser un cultivo altamente oleífero como por producir un aceite de aroma suave muy atractivo para la culinaria, y fue la oleaginosa de mayor importancia hasta el final de la década de 60. La torta de maní comercializada como ingrediente proteico para raciones provocó la muerte de cerca de 100,000 pavitos en Inglaterra por contener aflatoxina, debida al desarrollo de hongos *Aspergillus flavus*, presentes por contaminación o facilidad de desarrollo durante la cosecha. Este incidente disminuyó el interés en el cultivo como materia prima oleaginosa, visto que, para la industria, el precio de la torta o harina es tan o hasta más importante que el precio del aceite. Las aflatoxinas son termoresistentes, lo que impide la destoxificación de tortas y harinas de maní contaminados, con todo, la refinación de los aceites garantiza su remoción total (Scussel, 1998; Bockisch, 1998; Regitano-d'Arce, 2006a).

Hoy, el consumo del grano de maní está restringido a confitería y botanas (“snacks”), aperitivos (pralinés, mazapanes, palanquetas, maní tostado, maní japonés) y en rellenos de bombones de chocolate, si los granos provienen de campos en que los cuidados post cosecha son aplicados. La almendra representa 76% del maní y contiene, en media, 46% de aceite, 30% de proteína cruda, 3% de fibras, 2% de ceniza, 13% de carbohidratos y 6% de humedad.

El aceite contiene ácidos grasos de cadena larga: araquídico (C20), behénico (C22) y lignocérico (C24) (Tabla VIII). Es más resistente a las altas temperaturas empleadas en el procesamiento de alimentos que los aceites de soja y de girasol. Presenta elevado punto de humo (229.4 °C), lo que lo torna recomendado para frituras de inmersión (Sanders, 2002).

## 2.5 Canola

El aceite de canola es obtenido de granos del género *Brassica* de la familia de las Crucíferas, de las especies *Brassica napus* y *Brassica campestris*. Pertenecen a esta familia, con el mismo origen, los géneros de las mostazas salvajes *Sinapis* (de las mostazas), *Raphanus* y *Eruca*. Es la segunda oleaginosa en volumen de producción mundial. Es una oleaginosa de clima frío, con plantío en mayo y cosecha en agosto/septiembre en el hemisferio sur. Existen registros de cultivo en Europa desde el siglo XII. Es originaria de la India o China durante la Era Cristiana (Bockisch, 1998; Przybylski & Mag, 2002).

La colza, planta de donde se originó la canola, presenta en su composición el ácido erúxico y glucosinolatos, presentes en el aceite y en la harina, respectivamente, que siempre impidieron su consumo animal y humano. El ácido erúxico provoca cardiopatías (a través de depósitos de grasas y lesiones fibróticas en el músculo cardíaco, alteraciones degenerativas en el hígado y nefrosis en el riñón de ratones), además de reducción de aumento de peso y desempeño. Los glucosinolatos son compuestos tóxicos que contienen azufre que, hidrolizados por las enzimas mirosinasas, producen isotiocianatos que interfieren con la absorción de yodo por la tiroides, pueden provocar enfermedades en el hígado, ambos afectando el aumento de peso y el desempeño, pudiendo llevar a la muerte, más observada en ensayos con ratones (Salunkhe & Desai, 1984; Morice, 1996; Przybylski & Mag, 2002).

Dado su buen rendimiento como cultivo agrícola, Canadá y otros países europeos trabajaron en programas de mejoramiento genético para reducir la concentración de esos compuestos y ampliar las posibilidades de uso de esa crucífera. En 1959, fue producida, a través de mejoramiento genético, el primer linaje (Liho) de contenido más bajos de ácido erúxico. En 1977, fue lanzada una variedad denominada **Canadian Brassica** (Canbra) (Salunkhe & Desai, 1984; Bockisch, 1998) y, en 1978, fue registrada la **CANadian Oil Low Acid** (Canola), por el Western Canadian Oilseed Crushers (hoy Canola Council of Canadá). En 1986, fueron definidos los niveles de menos de 2% ácido erúxico y menos de 30  $\mu$ moles de glucosinolatos para las variedades de canola seguras para consumo humano y animal (Przybylski & Mag, 2002). Actualmente, la canola ocupa 80% del mercado de aceites para ensaladas en Canadá y provee 25% del mercado mundial.

Los granos de canola son pequeños y redondos (0.1-0.2 cm de diámetro), de color amarillo, marrón o negro. Presentan en media 40-45% de aceite, 20-25% de proteína y 25% de carbohidratos. El aceite puede ser obtenido por prensado, extracción por solvente o una combinación de las dos formas. Las varias etapas del

procesamiento que contribuyen para la buena calidad del aceite fueron revisadas por Ohlson (1992). El aceite es compuesto predominantemente por ácido oleico (C18:1), con contenido de 58%, comparable al aceite de oliva, y 10% de ácido linolénico (C18:3), comparable al encontrado en el aceite de soja. Su porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados es mayor que el de los aceites de maní y palma y menor que el de los aceites de soja, girasol, maíz y algodón. Presenta apenas 22% de ácido linoleico (C18:2) (Tabla VIII).

En la harina, el alto contenido de fibras (el grano tiene 11% de cáscaras) puede reducir la digestibilidad, a pesar de su elevado contenido de proteína (36-37%). Hoy se buscan variedades triple-cero, esto es, con bajos contenidos de ácido erúxico, de glucosinolatos y de fibras (Bockisch, 1998). También los fenoles, presentes en concentración hasta 30 veces mayor que en la soja, afectan la utilización de las harinas de canola, pues alteran color, sabor (a través de la astringencia), complejan aminoácidos esenciales, reducen la biodisponibilidad de minerales, causando daños al hígado (hemorragia), diarrea y constipación en rumiantes. Además de eso, las crucíferas contienen sustancias con azufre que tienen olor y sabor pronunciados y pueden ser tóxicas para algunos animales (Soulier & Farines, 1996).

Durante la II Guerra Mundial, la producción de aceite de colza fue fomentada por el ejército británico para uso como lubricante (Bockisch, 1998). El aceite de colza es usado como lubricante de moldes en fundición de acero, como aditivo aumenta la oleosidad de aceites minerales y mejora el desempeño en alta velocidad y presión (Adhvaryu et al., 2005). Puede ser vulcanizado como goma elástica y utilizado en gomas sintéticas. Un derivado del ácido erúxico, la erucamida, es aditivo, agente antibloqueante y de deslizamiento en la confección de películas de polietileno y polipropileno extrusados. La quiebra oxidativa produce ácidos brasílico y pelargónico, este último es el ácido preferido para ésteres lubricantes (Salunkhe & Desai, 1984; Friedrich, 1979).

## 2.6 Palma

La palmera *Elaeis guineensis* L., conocida en Brasil como “dendezeiro”, originaria de África, llegó al Brasil por los esclavos en el siglo XVII y se adaptó bien al clima tropical húmedo del litoral de Bahía. Los mayores productores mundiales son Malasia, Indonesia y Nigeria. Brasil ocupa el 11° lugar. El estado de Pará provee 70% de la producción brasileña, con un parque industrial compuesto por 10 empresas y es el mayor productor seguido, en orden decreciente, por Amapá, Bahía y Amazonas.

La palmera alcanza hasta 20 m de altura. Sus frutos, cocos no muy grandes, nacen en racimos donde, por abundancia, acaban comprimiéndose y deformándose, y no tienen, por esa razón, un formato bien definido o uniforme. Cuando maduros, los frutos presentan una coloración que varía del amarillo fuerte al rojo-rosado, pasando por matices de color anaranjado y marrón. Un cultivo bien conducido comienza a producir a partir del final del tercer año post plantío, con rendimiento de 6 a 8 toneladas de racimos/hectárea. Su máximo de productividad comienza a ser alcanzado con 12 años de campo y el plantel comienza a ser substituido a partir del 25° año, pudiendo producir hasta los 35 a 40 años (Bockisch, 1998). El rendimiento del aceite de palma es de 22% del peso de los racimos y el rendimiento del aceite de palmiste es de 3% del peso de los mismos. La palma produce un rendimiento anual en aceite de aproximadamente 3,700 kg/ha, cerca de diez veces más que el aceite de soja (Tabla IV). Una hectárea puede producir de 20 a 30 toneladas de racimos, cada tonelada de racimos rindiendo 220 kg de aceite, 30 kg de palmiste, 30 kg de torta (19% proteína), 65 kg de cáscaras y 460 kg de effluente.

El procesamiento se inicia con la extracción por prensado del mesocarpio del fruto después de la esterilización o autoclavado de los racimos para inactivación de las lipasas de los frutos, separación de los frutos del racimo y maceración con cocimiento del fruto para exposición del aceite de la pulpa. Este puede ser refinado o también fraccionado, a través de la cristalización gradual a temperaturas controladas para separación de las fracciones sólidas (estearina) y líquidas (oleína) (Tabla VIII). Las tortas contienen las semillas, que pueden ser secadas y almacenadas hasta el procesamiento posterior de extracción del aceite de palmiste. Las almendras, provenientes de las semillas descascaradas, son quebradas y laminadas antes del cocimiento y prensado. El aceite crudo es filtrado y transferido para los tanques de almacenamiento (Bockisch, 1998).

El aceite de palma contiene proporciones iguales de ácidos grasos saturados (44% de palmítico y 4% de esteárico) y no saturados (40% de oleico y 10% de linoleico) (Tabla VIII). Es una fuente natural de vitamina E, tocoferoles y tocotrienoles, que actúan como antioxidantes. Es rico también en beta-caroteno, fuente importante de vitamina A. Una de sus fracciones encuentra uso en mezclas con manteca de cacao en diferentes proporciones, siendo considerado el mejor “*Cocoa Butter Equivalent*” (CBE) (Lin, 2002).

La gran variedad de fracciones obtenidas a partir del aceite de palma amplía su utilización en diversos alimentos, como: margarinas, helados, achocolatados, extrusados, aceite para frituras, panificación, galletas, etc. Es el aceite más apropiado

para la fabricación de margarina, por inducir la formación de cristales de conformación  $\beta$ , que contribuyen para una buena consistencia, y por tener buena estabilidad oxidativa, es excelente como aceite de cocina y frituras. Es también utilizado en la producción de “*shortenings*”, apropiados para fabricación de panes, tortas, pasteles, galletas finas, cremas etc. (Lin, 2002).

El principal uso no alimenticio del aceite de palma es en la fabricación de jabones para lavar, jabones de tocador, jabón en polvo, detergentes y suavizantes de ropas biodegradables, pudiendo todavía ser utilizado como combustible en motores diesel. Dada su buena estabilidad, no se inflama a 400 °C, puede ser usado en la laminación de placas de acero (hojas de Flandres), en la fabricación de placas plomadas por inmersión caliente y en la protección oxidante de placas estañadas.

Las grasas láuricas son derivadas de frutos de algunas palmeras, siendo el coco y el palmiste las fuentes comercialmente más importantes. Estas grasas se diferencian de las otras, por su alto contenido de ácidos grasos saturados (cerca de 90%), siendo 40 a 50% de ácido láurico. Son sólidas a temperatura ambiente, pero se funden completamente a temperaturas levemente abajo de la corporal, dejando una sensación de frescor, no grasosa, impregnando totalmente el velo del paladar con el aroma del alimento, como solamente la manteca de cacao suele hacerlo. Su composición corresponde a 41-55% de ácido láurico, 14-18% de mirístico, 6.5 a 10% de palmítico, 12 a 19% de oleico, 1 a 3.5% linoleico, además de cantidades semejantes de ácidos de cadena corta. Su color varía del amarillo-claro al amarillo-pardo (Orthofer, 1996; Panzaris & Basiron, 2002).

A través del fraccionamiento se pueden obtener fracciones con diferentes comportamientos térmicos con aplicación en productos de confitería, actuando como *shortening*. También pueden participar de rellenos substituyendo parcial o completamente la manteca de cacao. Tanto el aceite de coco como el de palmiste son excelentes substitutos de la grasa de la leche por proveer alto contenido de sólidos a 0 °C, bajo punto de fusión y sabor neutro a los helados. Las mezclas con aceite de palma o grasa hidrogenada encarecen menos el producto final y también substituyen a la manteca de cacao en coberturas de chocolate de helados. El producto debe tener baja viscosidad, bajo punto de fusión y, además, solidificarse rápidamente de forma que el helado no se derrita y se mezcle con la cobertura. Como las cremas de leche tienen “*shelf life*” bastante corto y no se mezclan bien con el café, el aceite de palmiste totalmente hidrogenado es considerado un excelente substituto en formulaciones líquidas o en polvo. Cremas tipo “*chantilly*” no lácteas emplean una mezcla de grasas que incluye aceite de palma, palmiste y otras grasas que son

usadas para substituir la grasa de la leche. Además de la estabilidad, no contienen lactosa y garantizan una buena incorporación de aire, dando volumen, ligereza y estabilidad, importantes características para el producto final. Los triglicéridos de cadena media o MCT han sido cada vez más adoptados en la nutrición hospitalaria, pues son fácilmente absorbidos por el sistema digestivo y empleados como fuente de energía en pacientes en convalecencia (Panzaris & Basiron, 2002).

## 2.7 Maíz

El maíz (*Zea mays* L.; gramínea) es uno de los principales cereales producidos en el mundo, después del trigo y del arroz, cultivado desde hace miles de años. Polen de maíz fosilizado, de 80,000 años, fue encontrando en la Ciudad de México, pero el origen del maíz todavía no ha sido totalmente esclarecido, si América Central o América del Sur. Es un cultivo anual y, en el Occidente, cerca de 90% de su producción se destina a la alimentación animal. En los países asiáticos y en África, se destina principalmente al consumo humano (Brockway, 2001; Salunkhe et al., 1992a). El grano de maíz contiene aproximadamente 5% de aceite, siendo que 80% están concentrados en el germen (Padley et al., 1994). Considerando el gran volumen producido anualmente y la proporción de germen en el grano (11.5 a 24.7% del peso del grano), el maíz puede ser considerado una importante fuente de aceite, a pesar de no ser un cultivo oleaginoso. El aceite crudo, de coloración acentuadamente roja oscura, se obtiene del germen a través de la combinación de extracción por prensado y solvente. El aceite crudo normalmente contiene 1-3% de fosfolípidos y ácidos grasos libres. Estos componentes son removidos en la refinación convencional. Trazos de cera (0.05%) pueden ser removidos por “winterización” (Padley et al., 1994).

El aceite refinado es muy apreciado como aceite comestible, debido a su olor y sabor suave y a su buena estabilidad oxidativa, a pesar del alto grado de insaturación. El genotipo influencia tanto el rendimiento en aceite encuan to a la composición en ácidos grasos. Existe una correlación positiva entre el contenido de aceite y la proporción de ácido oleico, siendo que ambos son negativamente correlacionados con el contenido de ácido linoleico. El aceite de maíz presenta niveles significativos de tocoferoles, siendo el principal el alfa-tocoferol (400-900 mg/kg) (Padley et al., 1994).

## 2.8 Arroz

El arroz (*Oryza sativa* L.), perteneciente a la familia de las gramíneas, es originario de Asia, más precisamente del sur de China, donde es cultivado hace por

lo menos 7,000 años. Es el segundo cereal más producido en el mundo, siendo que la mayor parte de la producción se da en países emergentes de Asia. Es la base de la dieta de más de la mitad de la población mundial (Padley et al., 1994; Salunkhe et al., 1992b).

En el beneficiamiento, el endosperma amiláceo, parte más consumida del cereal, es separado de las demás partes. El grano sin la cáscara se llama arroz integral. El endosperma representa cerca de 70% del grano. La cáscara representa el mayor volumen entre los subproductos obtenidos durante el procesamiento del arroz, llegando, en media, a 20% (Orthoffer, 1996; Luh, 1991).

El contenido de aceite del grano sin cáscara puede variar de 1 a 4%, dependiendo de la variedad y del manejo del cultivo. La mayor parte de los lípidos está concentrada en el pericarpio, en la capa de aleurona y en el germen del arroz. Durante el beneficiamiento para producción de arroz pulido, fragmentos de esos tejidos son combinados para formar el subproducto llamado salvado, que representa 6-8% del grano y contiene de 15 a 20% de aceite, 0.4-1.5% de ceras, 5-8% de proteínas, 40-50% de carbohidratos y 5-8% de fibras (Kao & Luh, 1991; Padley et al., 1994).

El procesamiento del salvado de arroz para la producción de aceite presenta problemas técnicos y de logística que deben ser considerados. Después del beneficiamiento, el aceite presente en el salvado es hidrolizado muy rápidamente debido a la actividad enzimática. Antes del proceso de molido, las lipasas presentes en el grano se mantienen físicamente aisladas del aceite. Cuando se rompen los tejidos, entran en contacto con el aceite, dando inicio a la reacción de hidrólisis con consecuente producción de ácidos grasos libres. Un aceite de buena calidad debe ser producido inmediatamente después de la molienda. El aumento en el contenido de ácidos grasos libres del aceite también es evitado por medio de la utilización de extrusión para la estabilización del salvado, lo que permite aumentar su vida útil (Padley et al., 1994; Luh et al., 1991).

El proceso de extracción del aceite de salvado de arroz se inicia con la etapa de limpieza, seguida por la aplicación de un tratamiento térmico, con la finalidad de inactivar las enzimas lipolíticas que comprometerían el rendimiento del proceso. A seguir, se realiza la extracción por solvente. El aceite crudo de arroz de buena calidad presenta una excelente estabilidad oxidativa, dado el gran número de compuestos antioxidantes presentes, incluyendo los tocoferoles y los ésteres del ácido ferúlico (Padley et al., 1994). El contenido de materia insaponificable varía de 3 a 8%, siendo los esteroides su componente predominante (43%) (Itoh

et al., 1973). El aceite crudo contiene niveles variables de cera (2-5%) y 4-5% de fosfolípidos (Kao & Luh, 1991).

La refinación del aceite crudo de salvado de arroz se inicia con el desgomado para la remoción de los fosfolípidos, seguida de la neutralización, etapa de mayor dificultad debido al alto contenido de ácidos grasos libres que el aceite puede presentar. Cuanto mayor es el contenido de ácidos grasos libres, mayor será la pérdida de aceite neutro en la borra de neutralización. Para aceites crudos con alto contenido de ácidos grasos libres (más que 10%), se recomienda la neutralización con álcali. Aceites con menor acidez pueden ser sometidos a la desacidificación por destilación (Orthoefer, 1996).

El aceite neutralizado sigue para las etapas de clarificación, “*winterización*” para la remoción de ceras y desodorización. Para evitar pérdidas en la refinación, se recomienda la “*winterización*” como etapa anterior a la neutralización. Sin embargo, cuando el aceite crudo presenta alta acidez, se realiza después de la clarificación (Kao & Luh, 1991).

El aceite de arroz contiene aproximadamente 80% de ácidos grasos insaturados y 20% de ácidos grasos saturados. Los ácidos oleico, linoleico y palmítico son los principales componentes triglicéridicos del aceite. Es utilizado como aceite para ensalada y fritura. Su utilización en margarinas es favorecida por la tendencia a formar cristales tipo beta prima, dado el contenido de ácido palmítico que presenta (Kao & Luh, 1991).

Entre los componentes presentes en la materia insaponificable del aceite de salvado de arroz, el orizanol y los tocotrienoles son dos grupos que han sido bastante investigados debido a los efectos benéficos que promueven a la salud humana (Rogers et al., 1993). El aceite crudo de salvado de arroz contiene cerca de 1.5% de gama-orizanol, una mezcla de ésteres del ácido ferúlico con esteroides o alcoholes triterpénicos. La actividad hipocolesterolemica de la materia insaponificable del aceite de salvado de arroz es atribuida al gama-orizanol y su poder antioxidante es ampliamente reconocido (Rong et al., 1997; Kahlon et al., 1996).

## 2.9 Ricino

El ricino (*Ricinus comunis*) pertenece a la familia Euphorbiaceae, nativa de África Oriental. Fue encontrada en tumbas egipcias de 4,000 años. En Egipto, el aceite de ricino era usado en lamparillas. En Estados Unidos, existe producción comercial desde 1860, con producción de aceite para fines medicinales y lubricantes. El aceite de ricino es también conocido como aceite de palma cristi, aceite

tangantangan y neolóide (Salunkhe & Desai, 1984). El grano contiene en media 50% de aceite en base seca y 25% de cáscara. El aceite no es comestible. La semilla, hojas y ramas son venenosas. Se encuentran en el ricino tres compuestos que justifican la impropiedad de su consumo: la ricina, una proteína letal, termolábil; la ricinina, un alcaloide venenoso levemente tóxico y el CB-1A, un potente alérgeno (polisacárido proteico), termoestable, presente en porcentajes de hasta 12% en el grano que difícilmente es totalmente inactivado (Salunkhe & Desai, 1984).

El aceite de ricino consiste de triglicéridos con predominancia de ácido ricinoleico (ácido 12-hidroxi, 9-octadecenoico). Es un aceite no secante con alta viscosidad y bastante adecuado para aplicación como lubricante. Puede ser mezclado a otros aceites para aplicaciones en que viscosidades variadas sean necesarias. El ácido forónico, de cadena más corta que un ácido 12-hidroxiesteárico y derivado del aceite de ricino, es un ingrediente de grasas muy superior debido a su alto contenido de metales, confiriendo buena estabilidad a altas temperaturas por resistir a la acción de fricción. Alcoholes derivados de aceite de ricino también producen lubricantes de altas viscosidades, dado el alto número de carbonos y peso molecular. Grasas a base de aceite de ricino son más resistentes a situaciones de presiones altas debido a las características de adherencia a superficies de metal atribuidas por el grupo hidroxilo del ácido ricinoleico (Adhvaryu et al., 2005).

Durante la 1ª y 2ª Guerras Mundiales, el valor estratégico del aceite fue reafirmado, pues sus derivados eran ingredientes-clave para la producción de fluidos hidráulicos, grasas y lubricantes de equipos militares. Los puntos que favorecen el uso en motores de alta velocidad son: punto de congelamiento bajo, alta adhesividad, resistencia a altas temperaturas y manutención de la viscosidad en amplio rango de temperatura, especialmente baja.

Del aceite de ricino se producen: 1) Nylon 11 – obtenido a partir del metil ricinoleato (Rilsan®), mayor resistencia al agua, buen desempeño a bajas y altas temperaturas, buena fuerza de tensión y resistencia a productos químicos. Usado en transmisiones o donde quiera que fricción y calentamiento exagerados estén involucrados; 2) aceite hidrogenado – coadyuvante del proceso de producción de gomas y plásticos, lápices, “*crayones*”, cosméticos y productos de tocador; substituye la cera de carnaúba; 3) aceite deshidratado – substituye aceite de tung, usado en “*primers*”, ligantes y sellantes; 4) aceite sulfonado – la adición de ácido sulfúrico produce un aceite “*Turkey Red*”, hidrosoluble, empleado en la tintura y estampado de telas; 5) ácido sebácico – obtenido por fusión alcalina, empleado en la

manufactura de nylon-610 y lubricantes de motores de aviones; 6) aceite etoxilado – aditivo para solubilización de productos químicos no hidrosolubles, ingredientes para cosméticos, detergentes, lubricantes, aceites de corte, fluidos hidráulicos, productos de estampado y agentes antiestáticos; 7) poliuretanos – empleados en materiales de telecomunicación, revestimiento y eléctrico, filtros de uso biomédico e industriales; 8) aceite oxidado o soplado – plastificante en resinas, revestimientos plásticos, pinturas, adhesivos etc.; 9) ácidos grasos – usados en aceites de corte, lubricantes industriales, jabones transparentes, detergentes para limpieza pesada, pinturas, plásticos, fungicidas y bactericidas industriales, embalajes para bebidas y tintas para impresoras de alta velocidad (Salunkhe & Desai, 1984).

El aceite presenta excelentes propiedades emolientes y no comedogénico. Usado en jabones de tocador transparentes neutros, rouges para labios, cremas suaves para la piel. El aceite de grado alimenticio es lubricante estándar en industrias de alimentos y agente desmoldante o antiadherente en moldes de dulces, en carritos transportadores de alimentos, lubricante de motores de dos tiempos y agente desmoldante de hormas de aluminio a alta temperatura (Vignolo & Naughton, 1991).

### 3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, J.T.M. Tecnologia da produção. In: ABRAHÃO, J.T.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; FONSECA, H. *Algodão: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial*. Série Extensão Agroindustrial v. 2. Secr. Ind. Com. Ciência e Tecnol., 1982. p. 2.
- ADHVARYU, A.; SHARMA, B.K.; ERHAN, S.Z. Current developments of biodegradable grease. In: EHRAN, S.Z. *Industrial uses of vegetable oils*. Champaign: AOCS, 2005, p. 18.
- ALMEIDA-DORIA, R.F.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Antioxidant activity of Rosemary and oregano ethanol extracts in soybean oil under thermal oxidation. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n. 2, p. 197-203, 2000.
- ALVES FILHO, J. *Matriz energética brasileira*. Da crise à grande esperança. Rio de Janeiro: Mauad, 2003. p. 188.
- BAILEY, C.A.; STIPANOVIC, R.D.; ZIEHR, M.S.; HAQ, A.U.; SATTAR, M.; KUBENA, L.F.; KIM, H.L.; VIEIRA, R.M. Cottonseed with a high (+)- to (-)-gossypol enantiomer ratio favorable to broiler production. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. v. 48, p. 5.692-5.696, 2000.
- BARBOSA, M.C. de A. *Determinação de inibidores de proteases em soja e em seus derivados*. Tese de mestrado, Viçosa, p. 61, 1997.

- BELITZ, H.D.; GROSCH, W. *Food chemistry*. 2. ed. Berlin, Springer Verlag, 1999, p. 215-23.
- BOCKISCH, M. Vegetable fats and oils. In: *Fats and oils handbook*. Champaign, IL.: AOCS Press, 1998a. p. 174-344.
- BOCKISCH, M. Animal fats and oils. In: *Fats and oils handbook*. Champaign, IL: AOCS Press, 1998b. p. 121-173.
- BROCKWAY, B.E. Maize. In: DENDY, D.A.V.; DOBRASZCZYK, B.J. *Cereals and cereal products: chemistry and technology*. Gaithersburg: Aspen Publishers, 2001. p. 315-324.
- BURNS, R.A. Protease inhibitors in processed plant foods. *Journal of Food Protection*, v. 2, n. 50, p. 161-166, 1987.
- CANELLA, M.; GASTRIOTTA, G.; MIGNINI, V.; SODINI, G. Composition and biological value of the kernels of Italian sunflower cultivars. *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*. v. 53, p. 156-160, 1976.
- CELLA, R.C.F. & REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Comportamento do óleo de soja refinado em fritura de imersão com alimentos de origem vegetal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2002.
- CHOLAKY, L.; GIAYETTO, O.; NEUMANN, E.C. Épocas de siembra: efectos sobre el desarrollo, morfología, componentes del rendimiento y producción de girasoles de ciclos diferenciados. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11, 1985, Mar del Plata. *Proceedings*. Mar del Plata: Asociación Argentina de Girasol, 1985. v. 1, p. 155-160.
- CLARKE, J.H.; WISEMAN, J. *Nutritional value of soya products for non ruminant farm animals*. Singapura: American Soybean Association – ASA, n. 060/10/98, p. 183, 1999.
- CODEX STANDARD FOR NAMED VEGETABLE OILS – CODEX-STAN 210 (Amended 2003, 2005), 2005.
- CONAB. 2º Levantamento de grãos Safra 2006/07 nov. 2006. Disponible en: <http://www.conab.gov.br/conabweb>. Acceso en: 20 nov. 2006.
- DUNFORD, N.T. Oil and oilseed based bioactive compounds and their health effects. In: DUNFORD, N.T.; DUNFORD, H.B. (Ed.). *Nutritionally enhanced edible oil and oilseed processing*. Champaign: AOCS, 2004. p. 1-24.
- FENWICK, D.E.; OAKENFULL, D. Saponins content of soybeans and some commercial soybean products. *Journal of the Science of Food Agriculture*, v. 32, p. 273, 1981.
- FILIPESCU, H.; STOENESCU, F.M. Variability of linoleic acid content in sunflower oil depending on genotype and environment. *Sunflower Newsletter*, v. 3, n. 4, p. 23-28, 1979.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation*. Rome. Protein quality evaluation, 1991. (FAO Food and Nutrition Paper, 51).
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. *Food labeling, health claims, soy protein, and coronary heart disease*. Fed Reg. n. 57. p. 699-733, 1999.

- FRIEDRICH, J.P. Lubricants. In: PRYDE, E. *Fatty acids*. Champaign: AOCS, 1979. p. 591-592.
- GALOPPINI, C.; FIORENTINI, R. Composizione del seme di girasole con particolare riferimento ai costituenti proteici. In: *Il Girasole: una fonte di proteine alimentari*. Milano: CNR, 1981. p. 37-50.
- GUNSTONE, F.D. *Vegetable oils in food technology – composition, properties and uses*. London: Blackwell Publishing: CRC Press, 2002. 337p.
- GUPTA, M.K. Sunflower oil. In: GUNSTONE, F.D. *Vegetable oils in food technology – composition, properties and uses*. London: Blackwell Publishing: CRC Press, 2002. p. 128-156.
- HAWRYLEWICZ, E.J.; ZAPATA, J.J.; BLAIR, W.H. Soybean and experimental cancer: animal studies. *Journal of Nutrition*, v. 3, n. 125, p. 698-708, 1995.
- HOLANDA, A. Biodiesel e Inclusão Social. *Cadernos de altos estudos*. Conselho de altos estudos e avaliação tecnológica. n. 1. Brasília, 2004. 200p.
- ITOH, T.; TAMURA, T.; MATSUMOTO, T. Sterol composition of 19 vegetable oils. *Journal of the american oil chemists society*. v. 50, p. 122-125, 1973.
- JEON, H.S.; SUNG, M.K. *Soybeans saponins inhibit the formation of DNA adducts in human colon and liver cells*. Disponible en: [http://www.soybean.com.br/congressos\\_simposios.htm#](http://www.soybean.com.br/congressos_simposios.htm#). Acceso en: 17 feb. 2005.
- JONES, L.A.; KING, C.C. Cottonseed. In: HUI, Y.H. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. v. 2. New York: John Wiley & Sons, 1996. p. 166-209.
- KAHLON, T.S.; CHOW, F.I.; CHIU, M.M.; HUDSON, H.A.; SAYRE, R.N. Cholesterol-lowering by rice bran and rice bran oil unsaponifiable matter in hamsters. *Cereal chemistry*. v. 73, n. 1, p. 69-74, 1996.
- KAO, C.; LUH, B.S. Rice oil. In: LUH, B.S. *Rice utilization* (vol. 2). 2. ed. : New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 295-312.
- KARLESKIND, A.; WOLFF, J.P. *Oils & Fats Manual – a comprehensive treatise*. v. 1. Paris: Lavoisier, 1996.
- KNOTHE, G.; DUNN, R.O. Biodiesel: an alternative diesel fuel from vegetable oils or animal fats. In: ERHAN, S.Z. (ed) *Industrial uses of vegetable oils*. Champaign: AOCS, 2005. p. 42-43.
- LIN, S.W. Palm oil. In: GUNSTONE, F.D. *Vegetable oils in food technology – Composition, properties and uses*. London: Blackwell Publishing: CRC Press, 2002. p. 59-97.
- LIU, K. *Soybeans – chemistry, technology and utilization*. Gaithersburg, Maryland: Chapman & Hall, 1999. p. 25-113.
- LUH, B.S. Introduction. In: LUH, B.S. *Rice utilization* (vol. 2). 2. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 1-8.
- LUH, B.S.; BARBER, S.; BENEDITO de BARBER, C. Rice bran: chemistry and technology. In: LUH, B.S. *Rice utilization* (vol. 2). 2. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 313-362.

- MAESTRI, D.M.; LABUCKAS, D.O.; MERILES, J.M.; LAMARQUE, A.L.; ZYGADLO, J.A.; GUZMAN, C.A. Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. *Journal of the Science of Food Agriculture*. v. 77, p. 494-498, 1998.
- MORICE, J. Rapeseed and mustard. In: KARLESKIND, A.; WOLFF, J.P. *Oils & Fats Manual – a comprehensive treatise*. v. 1. Paris: Lavoisier, 1996. p. 125-133.
- O'BRIEN, R.D. Cottonseed oil. In: GUNSTONE, F.D. *Vegetable oils in food technology – composition, properties and uses*. London: Blackwell Publishing: CRC Press, 2002. p. 203-230.
- O'BRIEN, R.D. *Fats and oils – formulating and processing for applications*. Lancaster: Technomic Publ. Co., 1998. 525p.
- OHLSON, R. Modern processing of rapeseed. *Journal of the American Oil Chemists society*, v. 69, n. 3, p. 195-198. 1992.
- ORTHOEFER, F.T. Vegetable oils. In: HUI, Y.H. *Bailey's industrial Oil and Fat Products*. 5. ed. New York: Wiley, v. 1, 1996, p. 19-44.
- PADLEY, F.B.; GUNSTONE, F.D.; HARWOOD, J.L. Occurrence and characteristics of oils and fats. In: GUNSTONE, F.D.; HARWOOD, J.L.; PADLEY, F.B. *The lipid handbook*. 2. ed. London: Chapman & Hall, 1994. p. 47-223.
- PANTZARIS, T.P.; BASIRON, Y. The lauric (coconut and palmkernel) oils. In: GUNSTONE, F.D. *Vegetable oils in food technology – composition, properties and uses*. London: Blackwell Publishing: CRC Press, 2002. p. 173-202.
- PERKINS, E.G. Composition of soybeans and soybean products. In: ERICKSON, D.R. (ed.). *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*. Champaign: AOCS Press, 1995. p. 9-28.
- PRZYBYLSKI, R.; MAG, T. Canola/rapeseed oil. In: GUNSTONE, F.D. *Vegetable oils in food technology – composition, properties and uses*. London: Blackwell Publishing: CRC Press, p. 98-127, 2002.
- REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Extração e refino de óleos vegetais. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. São Paulo: Manole, 2006a. p. 300-354.
- REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Processamento industrial da soja a óleo e farelo. *Visão Agrícola*, ESALQ USP. v. 5, p. 140-141, 2006c.
- REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Química básica de lipídeos. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. São Paulo: Manole, 2006b. p. 196-242.
- REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; ASSIS, R.P.; LIMA, U.A. Functional properties of sunflower seed meal obtained by ethanol extraction. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. v. 44, n. 1, p. 29-32, 1994a.

- REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; CARPI, S.M.F.; CAMARA, G.M.S.; BAGGIO, C.E. & MARCOS, E.A. Effects of nitrogen sources on soybean (*Glycine max* [L.] Merrill). II Oil characteristics and seed storability. *Tropical Science*. v. 35, n. 2, p. 135-140, 1995.
- REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; GUTIERREZ, E.M.R.; GUNTHER, P.A.S.; LIMA, U.A. Estudo da cinética de extração do ácido clorogênico de tortas de girassol com etanol. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 14, n. 2, p. 149-159, 1994b.
- REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; GUTIERREZ, E.M.R.; LIMA, U.A. Sunflower seed protein concentrate and isolate obtention from ethanol oil extraction meals. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. v. 44, n. 1, p. 33-35, 1994c.
- REIDENBERG, M. *Clinical pharmacology and pharmacology of gossypol*, N.Y. Weith Cornell Med. Center. 2003. Disponible en: [http://www.nycornell.org/dept/medical\\_pharmacology/highlights.html](http://www.nycornell.org/dept/medical_pharmacology/highlights.html).
- RÖBBELEN, G.; DOWNEY, R.K.; ASHRI, A. *Oil Crops of the World: Their Breeding and utilization*. New York: Mc Graw Hill Publ. Co., p. 315-317.
- ROBERTSON, J.A. The use of sunflower in food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 6, p. 201-240, 1975.
- ROGERS, E.J.; RICE, S.M.; NICOLOSI, R.J.; CARPENTER, D.R.; MCCLELLAND, C.A.; ROMANCZYK, L.J. Identification and quantitation of  $\gamma$ -oryzanol components and simultaneous assessment of tocopherols in rice bran oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*. v. 70, n. 3, p. 301-307, 1993.
- SALUNKHE, D.K.; CHAVAN, J.K.; ADSULE, R.N.; KADAM, S.S. Corn (Maize). In: *World oilseeds: chemistry, technology, and utilization*. 1. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992a. p. 403-423.
- SALUNKHE, D.K.; CHAVAN, J.K.; ADSULE, R.N.; KADAM, S.S. Rice. In: *World oilseeds: chemistry, technology, and utilization*. 1. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992b. p. 424-448.
- SALUNKHE, D.K.; DESAI, B.B. *Postharvest biotechnology of oilseeds*. Boca Raton: CRC Press, FA, 1984. 264p.
- SANDERS, T.H. Groundnut (peanut) oil. In: GUNSTONE, F.D. *Vegetable oils in food technology – composition, properties and uses*. London: Blackwell Publishing: CRC Press, 2002. p. 231-243.
- SCUSSEL, V.M. *Microtoxinas em alimentos*. Florianópolis: Insular, 1998. p. 19.
- SGARBIERI, V.C. Fontes de proteínas na alimentação. In: *Proteínas em alimentos protéicos – propriedades, degradações e modificações*. São Paulo: Livraria Varela, 1996. p. 227-230.
- SOULIER, J.; FARINES, M. Unsaponifiable matter. In: KARLESKIND, A.; WOLFF, J.P. *Oils & fats manual – a comprehensive treatise*. Paris: Lavoisier, 1996. p. 98-114
- SUDWEEKS, E.M. *Feeding whole cottonseed to dairy cows and replacements*. Texas A&M University, College Station, TX, USA. Disponible en: <http://agnews.tamu.edu/drought/drghtpak98/drght34.html>.

- USDA – Electronic outlook report from economic research service. ASH, M.; DOHLMAN, E. *Oil crops situation and outlook yearbook*. Dec. 2006. Disponible en: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/OCS/OCS-12-12-2006.pdf>. Acceso en: 22 dec. 2006.
- VIGNOLO, R.; NAUGHTON, F. Castor: a new sense of direction. *Inform*, v. 2, n. 8, p. 692-703.
- WANG, T. Soybean oil. In: GUNSTONE, F.D. *Vegetable oils in food technology – composition, properties and uses*. London: Blackwell Publishing: CRC Press, 2002. p. 18-58.
- WANG, W.; GONZALEZ DE MEJIA, E. A new frontier in soy bioactive peptides that may prevent age-related chronic diseases. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. v. 4. p. 63-78, 2005.

