

ACEITES Y GRASAS ALIMENTARIAS

**GINNA ALEJANDRA ORDÓÑEZ
NARVÁEZ**

INTRODUCCIÓN

Los aceites y grasas conforman un grupo de compuestos de interés nutricional que, junto con proteínas y carbohidratos, hacen parte de la estructura de las células vegetales y animales. Por su naturaleza química, estos compuestos no son solubles en agua, sino en algunos solventes orgánicos, lo cual determina sus propiedades de extracción, procesamiento y utilización para la industria alimentaria (Albisu Aguado y Fernández Gil, 2008).

Cerca del 71 % de los aceites y grasas derivan de fuentes vegetales, de ahí la importancia de las semillas oleaginosas como materia prima alimentaria (Valdés et al., 2013). Como elementos nutricionales, los aceites y las grasas son una fuente de energía que se componen esencialmente para el desarrollo de las funciones fisiológicas (Ordóñez et al., 2014), tales como la absorción de vitaminas liposolubles, el transporte de hormonas y la conformación de la estructura celular (Albisu Aguado y Fernández Gil, 2008).

La distinción física entre una grasa y un aceite se basa en el estado de su estructura a temperatura ambiente; una grasa generalmente se comporta

como un sólido, mientras que un aceite se comporta como líquido, en cuanto a sus características químicas no es estándar, corresponde al aporte de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados que varía según la fuente de origen, sea animal o vegetal, y de esta última, según la especie y el órgano donde se origina; semilla, planta o fruto cada uno con su particularidad funcional (Agro-Processing and Food Engineering, 2022). Algunas semillas no convencionales, como las de zapallo, se destacan por su alto contenido de ácidos grasos insaturados, alrededor de un 80 %, destacándose el ácido oleico y linoleico (Valdés et al., 2017).

5.1. ESTRUCTURA FISICOQUÍMICA

Los aceites y las grasas presentan como estructura básica los ácidos grasos (AG). Estos son un conjunto de moléculas que presentan diferentes características estructurales conformados por un grupo carboxilo (-COOH) en un extremo y un grupo metilo (-CH3) en el otro, la cadena hidrocarbonada identifica al ácido en particular, lo que hace que sea muy variable, de allí que su denominación puede surgir del hidrocarburo de igual número de átomos de carbono, como se presenta en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Denominación de un ácido graso con el mismo nombre de los hidrocarburos de igual número de átomos de carbono, sustituyendo la terminación oico e ico

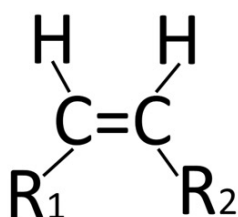
Hidrocarburo	Ácido graso
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ Hexano	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2 - COOH$ Hexanoico
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2 - H$ Pentano	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2 - COOH$ Pentano 1- carboxílico

Fuente: elaboración propia.

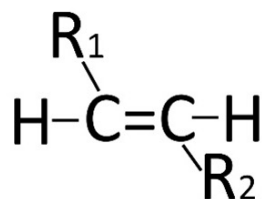
Esta cadena de carbono puede presentar enlaces simples o enlaces dobles, tener número par de carbonos y tener una configuración geométrica tipo *cis* y *trans* (figura 5.1) que indican que sus grupos alquilo están o no, al otro lado de la molécula.



Figura 5.1. Configuración cis y trans de los dobles enlaces del grupo carboxilos y los extremos metilos



Cis

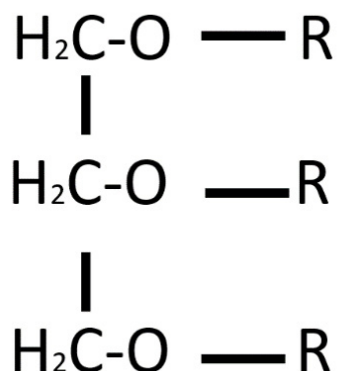


Trans

Fuente: elaboración propia.

Los ácidos grasos se encuentran en los alimentos generalmente esterificados, integrando los triglicéridos, muy baja proporción de forma libre. Los triglicéridos (TGA) son moléculas de glicerol unidas a tres ácidos grasos (figura 5.2). Los aceites y las grasas naturalmente se componen de una mezcla compleja de triglicéridos individuales, estas conformaciones pueden ser homotriglicéridos, donde los tres ácidos agrupados son iguales, o pueden ser quirales, donde la primera y tercera cadena de ácidos son diferentes (Fennema et al., 2019).

Figura 5.2. Estructura simple de la conformación de un homotriglicérido. La molécula de glicerol tiene tres grupos hidroxilo (HO-) y R corresponde al ácido graso unido a través de un enlace tipo éster



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la estructura química de los ácidos grasos, son de interés en la industria alimentaria, principalmente los lípidos simples, los cuales están conformados por triglicéridos de ácidos grasos saturados o insaturados que provienen de las grasas animales, como el huevo, el sebo, la manteca de cerdo y la grasa de la leche, también de los aceites extraídos de la pesca. Así mismo se obtienen de las grasas vegetales, extraídas de las semillas de girasol, soya y algodón, los frutos secos como las almendras y el olivo, y de otras pulpas de frutos como el aguacate y el coco.

5.2. NOMENCLATURA Y CLASIFICACIÓN

La nomenclatura de los ácidos grasos puede variar de acuerdo con el sistema de identificación: nombre común, nombre sistemático o científico, notación simplificada o notación ω . El nombre químico debe describir claramente la estructura química, por lo tanto, se sigue una nomenclatura sistemática o científica recomendada por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC-IUB Comisión sobre la Nomenclatura, 1978). A continuación, se describen las denominaciones existentes para los ácidos grasos.

- **Nombre común:** con este se conoce habitualmente el ácido graso de manera simple (oleico, palmítico, esteárico), no todos tienen esta nominación.
- **Nombre sistemático o científico (IUPAC):** ácido + nombre común + sufijo *oico*. Ya que el ácido graso puede ser saturado o insaturado, se denomina de acuerdo con su estructura; así entonces, el sufijo para un ácido graso saturado es *anoico* (hexanoico). Si el ácido graso es insaturado, el nombre, además, tiene en cuenta el número de enlaces (mono, di, tri) + *enoico*, se le coloca la posición de los dobles enlaces y se indica si su isomería geométrica es *cis* o *trans* (ácido *cis*-9, *cis*-12- octadecadienoico).
- **Notación simplificada y notación ω :** en la notación simple se indica el número de carbonos, dobles enlaces y posiciones de los mismos en la estructura general 16:0; 18:1 (9); 18:2 (9,12), mientras en la notación ω se utiliza cuando existen dobles enlaces en la molécula, ya que indica la posición del primer doble enlace, considerando desde el carbono más alejado del extremo carboxi terminal 18: ω 19, 18:3 ω 3.

Existe una clasificación simple para los aceites y las grasas alimentarias que depende de la fuente de la cual se extrae; sin embargo, en función de su actividad metabó-

lica o estructural se clasifican de acuerdo con el número de enlaces tipo éster que presenta una configuración: saturadas o insaturadas. Según lo anterior, los ácidos grasos saturados son los que no poseen dobles enlaces, los ácidos grasos monoin-saturados son los que poseen un doble enlace y los ácidos grasos poliinsaturados, los que poseen dos o más dobles enlaces.

5.2.1. Ácidos grasos saturados

Los ácidos grasos saturados pueden provenir de fuentes alimentarias animales o vegetales, en su estructura tienen una variación en el número de átomos de carbono, los cuales se encuentran unidos a través de enlaces simples; de esta manera, podemos encontrar ácidos grasos saturados de cadena corta (3 a 7), de cadena media (8 a 13) y de cadena larga (14 o más átomos de carbono). En la tabla 5.2 se presentan los ácidos grasos saturados que se encuentran comúnmente en algunos alimentos (Waehler, 2023).

Tabla 5.2. Nombre común, número de átomos y fórmula general de los principales ácidos grasos saturados en algunos alimentos

Nombre común	Número de átomos carbonos	Fórmula general	Alimentos
Butírico	C4:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	Grasa de la leche
Láurico	C12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Aceite de coco y palmiste
Mirístico	C14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Lácteos, aceite de palma
Palmítico	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Aceites de palma, girasol, la mayoría de las semillas y grasas animales
Esteárico	C18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	
Araquídico	C20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Nueces y maní
Behénico	C22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	Semillas de moringa
Lignocérico	C24:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	Cacahuates

Fuente: adaptado de Fennema et al. (2019).

5.2.2. Ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados provienen principalmente de fuentes vegetales y especies marinas, son compuestos que tienen una alta reactividad química debida a los dobles enlaces que conforman la cadena de átomos de carbono, los que presentan un solo enlace doble se denominan monoinsaturados, mientras que los que poseen dos o más se conocen como poliinsaturados.

Los enlaces insaturados en los ácidos grasos presentan dos tipos de isomerismo: *cis-trans* y posicional, según sea la localización de la doble ligadura en la cadena de átomos de carbono. Aunque naturalmente la mayoría de ellos son *cis*, para la industria alimentaria y el uso en procesos de transformación como la hidrogenación, los *trans* son termodinámicamente más estables y su comportamiento es semejante a un ácido graso saturado (Waehler, 2023).

Por otro lado, el isomerismo posicional se relaciona con la localización de las dobles ligaduras en la cadena hidrocarbonada, generalmente se indica con la letra griega omega y un número; a este grupo pertenecen los omega-3, omega-6 y omega-9, designando en qué enlace se encuentra la insaturación. El ácido oleico (tabla 5.3), por ejemplo, se denomina omega-9 o *cis*-9-octadecenoico, es conocido como el ácido graso más común en los alimentos, componente principal de la trioleína y que se encuentra en el aceite de oliva (Casale et al., 2023). El ácido oleico también se encuentra en semillas oleaginosas como el zapallo, representado en un 60,15 % (Valdés et al., 2024).

Tabla 5.3. Nombre común, número de átomos y fórmula general de los principales ácidos grasos insaturados y poliinsaturados en algunos alimentos

Nombre común	Número de átomos carbonos	Fórmula general	Alimentos
Palmitoleico	9C-16:1	$C_{15}H_{29}COOH$	Aceites marinos, aceite de semillas de macadamia y otras semillas
Oleico*	9C-18:1	$C_{17}H_{33}COOH$	Aceite de oliva y en menos porcentaje en aceites de girasol, canola y cártamo



Nombre común	Número de átomos carbonos	Fórmula general	Alimentos
Erúcico	13C-22:1	C ₂₁ H ₃₉ COOH	Aceite de semillas de colza
Linoleico*	18:2 n- 6	C ₁₇ H ₃₁ COOH	Aceites de semillas de linaza
Araquidónico	20:4n-6	C ₁₉ H ₃₁ COOH	Grasas de huevo y pescado
α-linolénico*	18:3n-3	C ₁₇ H ₂₉ COOH	Aceites de semillas de canola
Docosahexaenoico* (DHA)	22:6n-3	C ₂₁ H ₃₁ COOH	Pescados de mar y salmón
* Ácidos grasos esenciales de la serie omega 3, 6 y 9			

Fuente: adaptado de Fennema et al. (2019).

Es importante indicar que existen los ácidos grasos esenciales, los cuales el organismo no puede sintetizar, debido a que no presenta las enzimas necesarias para los dobles enlaces después del carbono nueve (C9), y debido a que estos son indispensables para las funciones adecuadas deben formar parte de la dieta humana; allí se encuentran los ácidos linoleico, alfa-linolénico y el DHA (Pakiet et al., 2022).

Durante los últimos años, las plantas con semillas oleaginosas han sido objeto de mejoramiento genético vegetal, lo que ha permitido modificar los perfiles de ácidos grasos contenidos en estas; por ejemplo, semillas de soya que presentan mayor porcentaje de oleico y bajo linolénico, así mismo en el aceite de palma se encuentran variedades o híbridos con alto contenido de ácido oleico y menos contenido de palmítico y esteárico (ácidos grasos saturados) (Kaur et al., 2022; Waehler, 2023).

5.3. ACEITES Y GRASAS EN LOS PRINCIPALES ALIMENTOS

La ingesta de aceites y grasas alimentarias es importante desde el punto de vista calórico y del desarrollo de las funciones biológicas (Ortiz-Grisales y Valdés-Restrepo, 2019). Cada gramo de lípido genera aproximadamente 9 kilocalorías en la ingesta de una persona, mucho mayor al que aportan carbohidratos y proteínas; en cuanto a sus funciones biológicas y nutricionales, son esenciales en los mecanismos de absorción de las vitaminas liposolubles, son cofactores, pigmentos, transportadores,

hormonas y mensajeros en los procesos fisiológicos celulares (colesterol y fosfolípidos) (Lorenzo et al., 2022).

Por otra parte, conocer el perfil de los aceites y grasas contenidos en un alimento, permite expresar la calidad de los lípidos que contiene, en función de la proporción de ácidos grasos, de acuerdo con las características de saturación o insaturación, lo cual permite la mezcla de diferentes materias primas o la determinación de una dieta a partir de su cuantificación (Grundy y Wilde, 2021).

5.3.1. Grasas de la leche

En la leche de vacuno, los triacilglicerol esteres están presentes como glóbulos de grasa que tienen un tamaño de 2 a 6 micras de diámetro; en su composición, estos contienen tres ácidos grasos diferentes, con un átomo de carbono asimétrico en la posición *sn*-2 del esqueleto del glicerol. Adicionalmente, se han identificado cerca de 400 ácidos grasos diferentes, no obstante, los principales son el ácido palmítico (43,7 %), el ácido esteárico (18 %), el ácido oleico (5 %) y el ácido butírico (4 %) y al menos diez ácidos grasos más que se concentran en una composición del 1 % (Lorenzo et al., 2022).

Aunque los principales ácidos grasos de la grasa de la leche son el palmítico, el oleico y el esteárico, esta grasa es la única de origen animal que contiene cantidades significativas de los ácidos grasos de cadena corta; la relación de saturados en insaturados no varía mucho, debido a que estos se sintetizan en el rumen del ganado, se convierten en ácidos grasos trans naturales, como producto de la biohidrogenación, no obstante, esta composición depende también de factores como la dieta (Argüeso Armesto et al., 2011).

En tecnología de alimentos, la grasa de la leche se trata para homogeneizar el glóbulo de grasa en la obtención de leche entera, esto se realiza debido a las reacciones químicas o cambios físicos indeseables que pueden surgir en almacenamiento, también se concentra por separación centrífuga para obtener la crema de leche y se aísla para obtener la mantequilla: una emulsión de agua en aceite, obtenida por la inversión de las fases de la leche, la cual se estabiliza por las proteínas lácteas, su característica física principal es la dureza y solidez a temperatura de refrigeración (4 °C).

La grasa láctea, en general, aporta propiedades físicas como el aspecto, la textura, el aroma y la estabilidad de los productos derivados lácteos, los cuales, por nor-

mativa presentan un perfil lipídico estandarizado, dado que los diferentes procesos solo modifican la concentración, manteniendo la proporción de las diferentes fracciones; esto garantiza que sus propiedades fisicoquímicas sean poco variables, especialmente el pH, la acidez, el aroma y la estabilidad microbiológica deseable (Álvarez Ramírez et al., 2021).

El contenido de la grasa de la leche se puede determinar a través de diferentes ensayos químicos, se realiza a la materia prima y a los productos derivados de su procesamiento para el control de calidad de la industria láctea. Algunos ensayos comunes se basan en medir la grasa separada, después de destruir su estado globular, o mediante la extracción de la grasa por medio de un disolvente, un clásico análisis de grasa de leche se conoce como el método del butirométrico de Gerber.

Este método se aplica de manera rutinaria para la leche y sus derivados, con un contenido en materia grasa de entre 0 % y 16 %. Para realizar el ensayo se requiere de un medidor llamado butirómetro (figura 5.3), el cual mide el volumen e indica el porcentaje másico. La muestra se trata con ácido sulfúrico concentrado entre el 90 % y el 91 % de masa y densidad (20 °C) $1,818 + 0,003 \text{ g/mL}$ y alcohol amílico (2-metilbutanol), estos permiten romper la membrana de fosfolípidos y proteína de la envoltura del glóbulo de grasa, al final resulta una línea divisoria clara entre la grasa y la solución ácida que se separa a través de centrifugación, en el butirómetro se lee directamente el contenido en grasa expresado en gramos/100 g de muestra (Durán, 1999).

Figura 5.3. Medidor butirométrico de Gerber



Fuente: Ermatinger (2023).

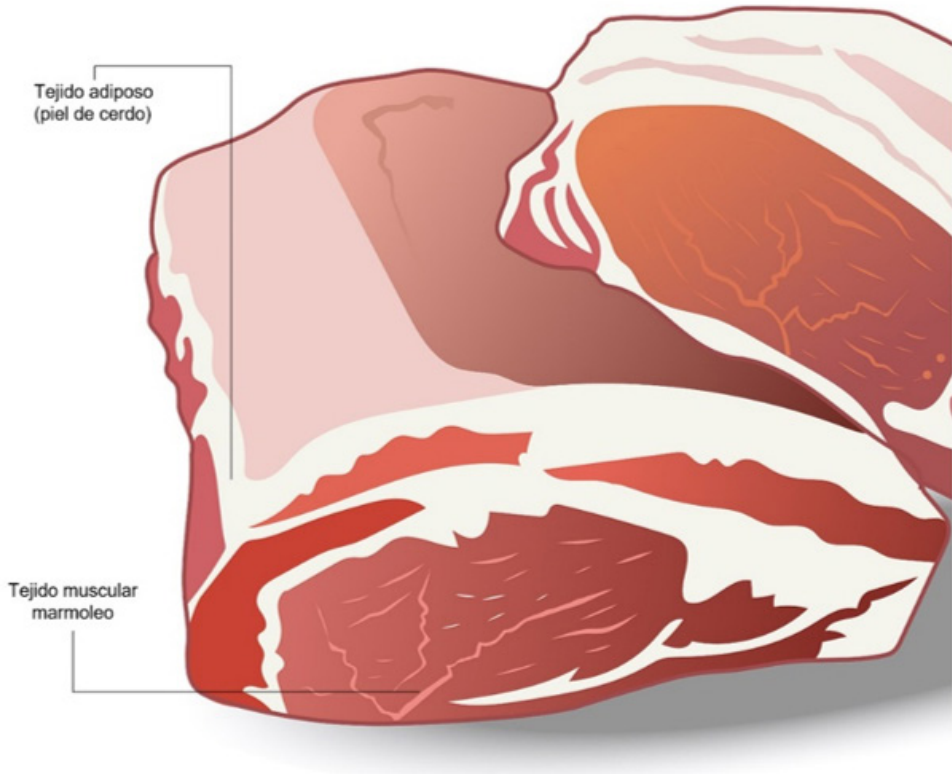
5.3.2. Grasa de las carnes y aceites marinos

La grasa presente en el tejido muscular o tejido adiposo de origen animal se clasifica de acuerdo con la distribución en el sistema muscular, esta es una variación que genera una composición lipídica diferente en cada corte de carne roja proveniente de los mamíferos o blanca proveniente de aves, peces y mariscos. Así por ejemplo la grasa presente en el músculo tiene mayor contenido de fosfolípidos (grasa estructural de la membrana celular), mientras que los lípidos del tejido adiposo contienen más triglicéridos de grasas saturadas (Angelovičová et al., 2021).

El contenido de grasa en el músculo es alrededor del 4 % del peso total de la célula de los mamíferos y menor al 1 % en el tejido muscular de los pescados que se clasifican como magros, los lípidos más importantes son los triacilgliceroles, el colesterol y los fosfolípidos, principalmente la fosfatidilcolina (lecitina). Por su parte, en el tejido adiposo, la cantidad de grasa acumulada depende de diferentes factores, especialmente el tipo de nutrición del animal, la actividad física y factores fisiológicos que funcionan en los músculos específicos, la grasa generalmente se encuentra en el abdomen (panceta) y debajo de la piel (tocino), en las carnes que no son magras y finalmente también se encuentra en menor proporción alrededor del músculo, esto se conoce como carne marmoleada (grasa entreverada). En la figura 5.4 se presenta un esquema de corte de cerdo donde se señala la ubicación de cada uno de los tejidos adiposo y muscular (Kaur et al., 2022).

La grasa presente en el tejido muscular o tejido adiposo de origen animal se clasifica de acuerdo con la distribución en el sistema muscular, esta es una variación que genera una composición lipídica diferente en cada corte de carne roja proveniente de los mamíferos o blanca proveniente de aves, peces y mariscos.

Figura 5.4. Corte de lomo de cerdo en el que se muestra el tejido adiposo (piel de cerdo) y tejido muscular con lo que se denomina marmoleo (grasa entreverada)



Fuente: Pixabay, 2022.

El tipo de ácidos grasos presente en este tejido muscular o adiposo también depende de la especie (tabla 5.4), en el pescado se encuentra mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, por esto generalmente se habla de aceites marinos, mientras que en la carne vacuna se presenta mayor contenido de ácidos grasos saturados (Lorenzo et al., 2022; Argüeso Armesto et al., 2011).

Tabla 5.4. *Contenido de grasa y composición para diferentes tipos de carne*

Especie	Músculo	Contenido de grasa	Ácidos grasos	Tipo de grasas
Vaca	Rojo magro	4-8 %	Saturados 40-71 %	Fosfolípidos 22 % Colesterol 78 %
	Tejido adiposo	30-40 %	Insaturados 1-6 %	
Cerdo	Blanco magro (lomo)	8-11 %	Saturados 39-49 %	Fosfolípidos 21 % Colesterol 79 % Triglicéridos 4,6 %
	Adiposo (tocino)	71-85 %	Insaturados 3-18 %	
Pollo	Blanco	4,7 %	Saturados 28-33 % Insaturados 14-23 %	Fosfolípidos 48 % Colesterol 52 % Triglicéridos 2 %
Pescado	Rojo (salmón)	13-15 %	Saturados 30 % Insaturados 26-40 %	Fosfolípidos 7 % Colesterol 71 % Triglicéridos 6,2 %

Fuente: adaptado de Fennema et al. (2019).

En los pescados se encuentra una importante proporción de ácidos grasos de la serie omega-3 en una cantidad variable, que depende de la especie, tipo de producción y origen. Especialmente se considera la pesca de mar la de mayor proporción de los ácidos grasos poliinsaturados de este grupo; el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), los cuales constituyen alrededor del 25 % de los ácidos grasos presentes en los aceites marinos (García-Moreno et al., 2021).

Los aceites marinos tradicionalmente los ha utilizado la industria de nutrición animal por ser fuente de energía y la industria de alimentación humana en la preparación de productos hidrogenados, tanto para uso doméstico como industrial, no obstante, son importantes por sus propiedades nutricionales, particularmente el



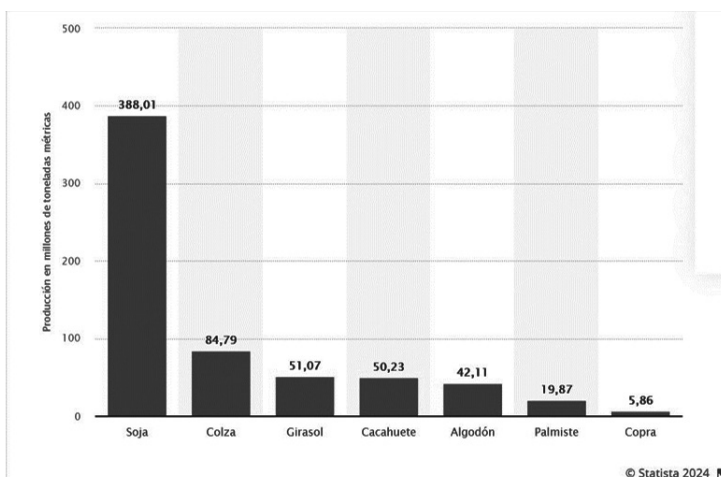
ácido docosahexaenoico (DHA), el cual se extrae para incorporarlo como suplemento alimentario por sus amplios efectos en la función celular y orgánica en los humanos (García-Moreno et al., 2021).

La obtención de aceites marinos no solo proviene de los peces, actualmente son numerosas las fuentes con alto potencial de desarrollo; comercialmente, es posible obtener aceites a partir de crustáceos como el krill (*Euphasia superba*), el cual se puede cosechar, someter a una prensa y obtener su aceite (Torzillo et al., 2021). Este es un aceite con alto contenido de fosfolípidos, alrededor del 40 % con una alta proporción de ácido docosahexaenoico. Otra fuente de aceites marinos con estas características son las microalgas, se cultivan especies como *Cryptocodinium*, *Mortierella* y *Schizochytrium*, las cuales producen alta concentración de fosfolípidos con mayor estabilidad a la oxidación y “sin olor a pescado”, por lo cual facilita su manejo tecnológico (Tommonaro y Tramice, 2023; Fleurence, 2021).

5.3.3. Aceites vegetales

Existen alrededor de cuarenta especies de semillas oleaginosas distintas, que pueden ser usadas para consumo humano y animal, sin embargo, un pequeño número de cultivos suplen la demanda de aceites vegetales. En la figura 5.5 se presentan las principales fuentes actuales de obtención de aceites comestibles.

Figura 5.5. Volumen de producción mundial de las principales semillas oleaginosas



Fuente: Statista (2024).

La soya (*Glicine max*) es el cultivo oleaginoso alimenticio más importante, contiene alrededor del 30 % de aceite, localizado en una pequeña estructura llamada esferosoma. Los esferosomas están dispersos entre las proteínas y tienen un tamaño de 0,2 a 0,5 micras de diámetro, el aceite se distribuye en la semilla con un 8 % en la testa, 90 % en los cotiledones y 2 % en los hipocótilos y la plúmula. El contenido de aceite y la composición de ácidos grasos en la soya tienen una mayor proporción de ácido palmítico, oleico, linoleico y linolénico (Lorenzo et al., 2022).

La colza (*Brassica napus L.*) es una planta que produce una semilla pequeña y redonda, generalmente de color negro, marrón o amarillo, con un contenido de aceite del 45 %, el cual se conoce como aceite de canola. Su contenido en ácidos grasos es: oleico (55 %), linolénico (20 %), palmítico (10 %) y esteárico (15 %), también se encuentran en menor proporción los ácidos gadoleico y erúxico (So y Duncan, 2021).

El girasol (*Helianthus annuus*) es un cultivo oleaginoso anual de gran importancia en la producción mundial de aceites de calidad. Esta planta originaria de América presenta una estructura conocida como aquenios, semillas de forma comprimida de base truncada en forma de diamante, que está conformada por una almendra que contiene entre el 50 % y el 60 % de aceite. El aceite de girasol contiene principalmente ácido oleico y ácido linoleico con un contenido porcentual hasta del 70 % (García, 2019).

La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es uno de los más importantes recursos vegetales en producción de palmiste, un aceite de uso alimentario e industrial, sus frutos presentan forma y tamaño variables alrededor de 2,5 cm de diámetro y peso entre 20 y 30 g que contienen en el mesocarpio entre el 45 % y el 55 % de aceite. La composición de ácidos grasos es principalmente: saturados, representado en ácido palmítico y esteárico, los insaturados son el oleico y linoleico, en menores cantidades (Agro-Processing and Food Engineering, 2022).

Otras fuentes vegetales de interés para obtención de aceites son el coco, el maíz, el zapallo y las oleínas de algodón, en estas especies la composición de ácidos grasos principalmente es de insaturados, resultantes de la digestión enzimática de los triglicéridos que son más polares y, por tanto, facilitan los ácidos grasos libres que generalmente son más inestables en el procesamiento, lo cual permite su consumo culinario y directo, tal como el aceite de oliva, una fuente importante desde el punto de vista nutricional, este se obtiene de las aceitunas, que mediante procesos de refinado fisicomecánicos: como el prensado y la destilación, extrae el aceite sin alterar la composición de los ácidos grasos presentes. El aceite se caracteriza por su alto contenido en oleico y un valioso contenido de ácido linoleico. En la tabla 5.5

se presentan los principales ácidos grasos y su composición en diferentes fuentes vegetales (Lorenzo et al., 2022).

Tabla 5.5. Principales ácidos grasos y su composición en diferentes fuentes vegetales

Fuente	Saturados			Insaturados		
	Láurico (C:12)	Mirístico (C:14)	Palmítico (C:16)	Oleico (9C-18:1)	Linoleico (9C-18:2)	Linolénico (9C-18:3)
Soya	-	-	15 %	20 %	64 %	3 %
Oliva	-	-	10 %	75 %	10 %	-
Algodón	-	-	23 %	32 %	45 %	-
Maní	-	-	9 %	51 %	26 %	-
Coco ^a	45 %	20 %	5 %	3 %	6 %	-
Palma	8 %	50 %	15 %	8 %	15 %	1 %
^a Grasa sólida a temperatura ambiente						

Fuente: adaptado de Fennema et al (2019).

5.4. REACCIONES QUÍMICAS

Los aceites y grasas en los alimentos presentan propiedades físicas y químicas que permiten variar su composición, propiedades de fusión y su capacidad de asociación con el agua y otras moléculas no lipídicas. Durante el procesado, el almacenamiento y la manipulación de los alimentos con alto contenido de grasas, se pueden presentar reacciones con otros componentes, factores internos o externos, que pueden ser favorables y otros desfavorables para la calidad final del producto alimentario.



5.4.1. Lipólisis

Se conoce como lipólisis a la reacción que ocasiona el rompimiento o hidrólisis del enlace éster del triglicérido y sus ácidos grasos. De forma natural puede ser ocasionado por enzimas lipolíticas presentes en la matriz alimentaria o por la acción de las enzimas de microorganismos contaminantes. Durante el procesamiento, ocurre por la acción de altas temperaturas, la molienda y el agua, generando con mayor facilidad la autooxidación por los ácidos grasos liberados (Enríquez Meza, 2023).

La liberación por hidrólisis de ácidos grasos de cadena corta es la responsable de la aparición de rancidez hidrolítica en leche. En los aceites de semillas es más fácil encontrar ácidos grasos libres, debido a la lipólisis, por lo que se deben someter a la neutralización (Enríquez Meza, 2023).

5.4.2. Oxidación

La oxidación se produce cuando un átomo cede un electrón a otro átomo distinto mediante el proceso de reducción. En los aceites y grasas alimentarios se oxidan principalmente los ácidos grasos insaturados, los cuales sintetizan sustancias de bajo peso molecular que confieren el olor típico de grasa oxidada (Suaterna Hurtado, 2011).

Existen factores que promueven o inhiben la oxidación: entre los promotores de esta reacción están las altas temperaturas, la presión del oxígeno, la poliinsaturación y las enzimas lipolíticas; otros factores, como la refrigeración, los antioxidantes, el escaldado y la hidrogenación, son inhibidores de la reacción. No obstante, estos factores actúan dependiendo de la distribución de los lípidos en el alimento y su área de exposición. Por ejemplo, en una margarina, la fase continua está en contacto con el aire, por lo tanto, es más propensa a la oxidación (Ahmed et al., 2016).

Como consecuencia de la oxidación de los aceites se forman los hidroperóxidos, los cuales son productos primarios inestables, que participan en numerosas y complejas reacciones, que producen nuevos compuestos y radicales libre, estos se polimerizan e incrementan la viscosidad y su ruptura genera aldehídos, cetonas, ácidos y otros compuestos de bajo peso molecular. Es común que estas reacciones ocurran durante la fritura, varios estudios han demostrado que los productos secundarios de la oxidación de la grasa durante la fritura tienen efectos adversos resultantes de sustancias altamente reactivas y tóxicas que pueden modificar proteínas, ácidos nucleicos y otras biomoléculas (Suaterna Hurtado, 2011).

5.4.3. Polimerización

Es una reacción en la que una grasa forma moléculas de mayor tamaño y peso molecular, ocurre en los puntos de insaturación de las cadenas de los ácidos grasos o en el enlace éster con la molécula de glicerol, se presenta durante procesos de fritura generalmente a temperaturas mayores a los 190 °C. La polimerización se observa con la aparición de gomas y espuma sobre la superficie del aceite (Casale et al., 2023).

5.4.4. Esterificación e interesterificación

Esta reacción se puede considerar inversa a la lipólisis, forma enlaces éster entre los ácidos grasos libres y el glicerol, se expresa como un intercambio o migración de radicales de ácidos grasos de una grasa a otra. Mediante esta reacción se pueden eliminar glicéridos trisaturados por cristalización, lo que permite la producción de aceites artificiales a partir de grasas sólidas. La interesterificación se puede llevar a cabo calentando la grasa a temperaturas relativamente altas (mayores a 200 °C) durante un largo tiempo. Sin embargo, en general, se utilizan catalizadores que permiten completar la reacción en poco tiempo a una menor temperatura, se requiere que el aceite que se va a esterificar no tenga agua y no presente ácidos grasos libres, peróxidos y otras sustancias que puedan reaccionar con el catalizador (Badui Dergal, 2016).

5.4.5. Isomerización e hidrogenación

Debido a que los ácidos grasos insaturados pueden existir en la configuración cis o trans, dependiendo de la posición de los átomos de hidrógeno y unión a los átomos de carbono, están sujetos a tres transformaciones que, en orden de importancia, son: saturación de las dobles ligaduras, isomerización geométrica cis-trans e isomerización posicional, esta última se conoce como hidrogenación (Badui Dergal, 2016).

La hidrogenación es un proceso que inyecta hidrógeno gaseoso a una presión máxima de cuatro atmósferas, en presencia de un catalizador y con agitación constante se solubiliza la mayor cantidad posible del gas en la grasa. Al finalizar el proceso, la grasa hidrogenada se obtiene al enfriarla por encima del punto de fusión, esta es la base para la elaboración de margarinas, mantecas y demás productos grasos semisólidos (Badui Dergal, 2016).

5.5. PROCESAMIENTO

La extracción de aceite de semillas oleaginosas comienza con la reducción de tamaño a través de la molienda, una operación unitaria que permite aumentar la superficie de extracción y facilitar la siguiente fase que consiste en extracción química, utilizando generalmente hexano comercial. El fluido que sale de la fase de extracción es una mezcla de aceite y solvente, que se denomina micela, el 90 % del solvente contenido en la micela se recircula para recuperación, el excedente se remueve por separación a temperaturas superiores al punto de ebullición del hexano.

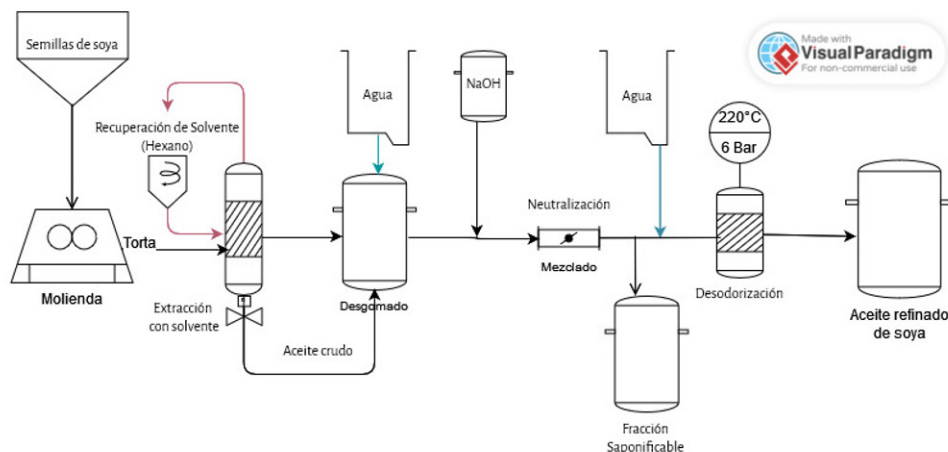
A continuación, el aceite que sale de la columna es aceite crudo, el cual se somete a refinado para diferentes aplicaciones; durante el refinado se remueven fosfolípidos y los ácidos grasos libres en el aceite crudo. Este proceso se realiza en dos etapas:

Desgomado: este proceso libera el aceite de materiales proteicos, fosfolípidos e hidratos de carbono, consiste en adicionar 2 % de agua, con agitación de la mezcla a 50 °C.

Neutralización cáustica: es una reacción alcalina utilizada durante el procesamiento de grasa y aceites, se realiza para eliminar los ácidos grasos libres, mezclando el aceite caliente con soda cáustica, luego se deja hasta que sedimente; los residuos de sales sódicas de los ácidos grasos que permanecen después de retirar la fase acuosa se eliminan, y el aceite queda neutralizado por lavado con agua caliente, seguido de una centrifugación. La fase acuosa resultante generalmente se utiliza para elaborar jabones.

Durante el proceso de refinación se adiciona al aceite una solución alcalina de hidróxido de sodio (NaOH), esta solución reacciona con los ácidos grasos libres para producir jabón (fracción saponificable). Muchos aceites por su contenido de pigmentos en ocasiones no deseables en el proceso se someten a blanqueo, utilizando minerales naturales o activados con ácido, que absorbe estos compuestos y descompone los hidroperóxidos formados (Lorenzo et al., 2022).

Finalmente, se realiza una desodorización que elimina los compuestos volátiles como aldehídos y cetonas, este es un proceso unitario de destilación con arrastre de vapor que se lleva a cabo a bajas presiones (2-6 mbares) y altas temperaturas (180-220 °C). En la figura 5.6 se presenta el flujograma de extracción y refinamiento para la obtención de aceite de soya.

Figura 5.6. Flujoograma de extracción y refinamiento de aceite de soja

Fuente: elaboración propia.

Durante el procesamiento, las grasas y los aceites se emplean ampliamente para elaborar diversos alimentos, son parte principal de la matriz alimentaria o conforman un sistema, desarrollando aromas, sabores y funciones nutritivas. La mantequilla, por ejemplo, se obtiene de la grasa o crema de la leche, con la cual se forma una emulsión de agua en aceite y se obtiene por la inversión de fases de la crema estabilizada por las proteínas lácteas, como resultado del batido (malaxado), allí se rompen los glóbulos de grasa y se produce la unión y la formación de una fase continua de grasa en la que se dispersa el agua en pequeñas gotas. La característica principal de la mantequilla es que es un alimento duro y poco unttable a temperaturas de refrigeración (Albisu Aguado y Fernández Gil, 2008).

Por su parte, las margarinas obtenidas de aceites vegetales son una emulsión de agua en aceite que se obtiene por cristalización, en la que la fase dispersa de agua queda contenida en una matriz cristalina de triacilglicéridos a manera de red; para la fase grasa se emplean mezclas de aceites, tanto hidrogenados como sin hidrogenar. Durante la hidrogenación industrial de los aceites se produce algo de isomerización de los dobles enlaces, los ácidos grasos trans representan el 20 %- 40 % de los ácidos grasos totales en la margarina y otras grasas plastificantes; sin embargo, estos no tienen una función biológica equivalente a sus isómeros cis, por lo cual su consumo afecta de manera variable el metabolismo de las grasas en el organismo humano.

Otro producto alimentario de alto contenido graso es la mayonesa, una emulsión de aceite (80 %) en agua. Para la formación de una emulsión se requiere un emulsificante, generalmente se utiliza la yema de huevo, debido a su contenido de lecitina, una mezcla de glicerofosfolípidos. Adicionalmente, se requiere la energía mecánica, suministrada para formar y romper glóbulos; mediante agitación constante se pueden generar fuerzas de cizalla suficientes para generar gotas con menor diámetro que permiten formar una película interfase para estabilizar la emulsión.

En los helados y cremas de repostería, las grasas desempeñan una función estructural que otorga textura, cremosidad y sabor. En el helado, la estructura es una espuma sólida de células de aire cubiertas por una grasa emulsificada en una red de cristales de hielo. Para su fabricación se utiliza la grasa de la leche o de aceites vegetales hidrogenados en un porcentaje de hasta el 14 %. Por su parte, las grasas que se utilizan en repostería son semisólidas, también proporcionan textura, debido a que favorecen la aireación de los productos, cubriendo las proteínas del gluten de la harina que impiden el endurecimiento (Shahidi y Hossain, 2022).

Un uso importante de los aceites y grasas en la industria es en la deshidratación de alimentos por fritura, este tipo de alimentos tienen alta demanda de consumo, por su aroma y textura crujiente. Existen muchas variables que afectan el proceso, entre ellas la aparición de compuestos indeseables (aldehídos, cetonas, ácidos, gomas, etcétera) por el exceso de temperatura.

En la fritura, el alimento entra en contacto con el aceite precalentado entre 150 y ± 180 °C y se exponen al aire durante tiempos variados, el agua contenida en el alimento se remueve parcial o casi totalmente, por lo cual el alimento absorbe entre el 5 % y el 40 % de grasa en función de su peso, un factor importante que se debe considerar en los procesos de fritura son las características fisicoquímicas del aceite, tales como el índice de yodo, punto de ebullición, punto de humo, entre otros. En la tabla 5.6 se presentan la temperatura de fusión y punto de humo de diferentes grasas y aceites utilizados para fritura (Suaterna Hurtado, 2011).

En los helados y cremas de repostería, las grasas desempeñan una función estructural que otorga textura, cremosidad y sabor. En el helado, la estructura es una espuma sólida de células de aire cubiertas por una grasa emulsificada en una red de cristales de hielo.

Tabla 5.6. *Temperatura de fusión y punto de humo de diferentes grasas y aceites utilizados para fritura*

Tipo de aceite	Temperatura de fusión (°C)	Punto de humo (°C)	Estabilidad
Aceite de palma	10	215	Alta
Manteca de cerdo	33	185-205	Moderado
Aceite de girasol	-18	225-245	Alta
Aceite de coco	25	175	Moderado
Aceite de soya	-16	257	Alta

Fuente: adaptado de Badui Dergal (2016).

5.6. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE ACEITES Y GRASAS ALIMENTARIAS

Los aceites y grasas alimentarias cumplen con parámetros de calidad de acuerdo con la norma alimentaria relacionada, la cual señala los estándares para características como el contenido de humedad, presencia de impurezas y composición de ácidos grasos libres; igualmente los valores de índice de yodo (I) o índice de acidez, por ejemplo, permiten determinar si el aceite es crudo, semirrefinado o refinado, otros indicadores importantes señalan si existe adulteración en el aceite alimentario.

Los métodos químicos de detección más utilizados en la industria incluyen la determinación de:

- El índice de acidez y de hidroxilo: para la acidez se cuantifican los mg de KOH necesarios para saponificar los ácidos grasos libres, calculados en términos del ácido oleico. Para el contenido de hidroxilo se cuantifican los mg de KOH necesarios para neutralizar el ácido acético combinable por acetilación con 1 g de muestra.

- El índice de yodo: cuantifica los mg de yodo que reaccionan y que reflejan el promedio de insaturaciones, un alto índice de yodo señala una baja estabilidad y bajo punto de fusión de la grasa.
- El índice de saponificación: cuantifica los mg de KOH para saponificar 1 g de grasa; es inversamente proporcional al peso molecular promedio de los ácidos grasos.
- El índice de solidificación de ácidos grasos: determina la temperatura a la que los ácidos grasos cristalizan al enfriarse lentamente, esta información es importante para el proceso de hidrogenación.
- El índice de peróxido: es una medida del contenido de oxígeno reactivo, expresada en términos de miliequivalentes (mEq) de oxígeno por kg de grasa, por lo tanto, es un indicador significativo del grado de oxidación del aceite, ocasionado por factores que hayan empezado a afectar su estabilidad.

Las características organolépticas y los siguientes métodos físicos son requeridos para determinar aspectos de calidad en aceites y grasas:

- Aspecto, color, olor y sabor: busca principalmente determinar en la muestra homogeneidad, limpieza y transparencia de manera perceptible a los sentidos. Por colorimetría se puede determinar además la presencia de pigmentos o resinas indeseables.
- Peso específico: se determina la masa de la unidad de volumen en g/cc a una temperatura dada por picnometría a 25 °C para aceites y a 60 °C para grasas.
- Temperatura de fusión: *slip point* es un método común que utiliza tres capilares de vidrio que se llenan con la grasa, se calientan en baño maría a razón de 1 °C por minuto, hasta que esta se desplaza hacia arriba; se calcula el valor con el promedio de las tres temperaturas.
- Punto de humo: se determina a partir de los compuestos volátiles que se desprenden de la fritura del aceite, al empieza a humear. La acroleína es el primer compuesto que empieza la combustión y sus humos indican que se ha alcanzado el punto de humo del aceite.

- Prueba de frío: determina la eficiencia de la grasa para la estabilidad a 0 °C, a esta temperatura un contenido de triglicéridos con alto punto de fusión genera turbidez, por lo tanto, si un aceite se mantiene transparente por alimentos cinco horas y media, se considera de mayor calidad.
- El índice de refracción: en los aceites este valor se encuentra entre $1,46 \pm 1,5$ alrededor de los 15 o 20 °C. Es un indicador rápido del grado de insaturación, útil para el proceso de hidrogenación y la determinación del índice de yodo.

5.6.1. Normativa para aceites y grasas comestibles en Colombia

El Comité Técnico 49 - de aceites y grasas vegetales y animales comestibles, del Icontec en Colombia, desarrolla las normas de productos grasos de origen animal y vegetal destinados al consumo humano, incluyendo el muestreo, limpieza, higiene y métodos de ensayo. En la tabla 5.7 se presentan las principales normas técnicas colombianas ratificadas para esta industria.

Tabla 5.7. Principales normas técnicas colombianas ratificadas para la industria de aceites y grasas alimentarias

Código NTC	Nombre	Contenido
NTC 217:2009	Muestreo	Describe los métodos de muestreo para grasas y aceites animales y vegetales, crudos o procesados.
NTC 5658:2009	Determinación de la estabilidad a la oxidación (ensayo de oxidación acelerado)	Especifica un método para determinar la estabilidad a la oxidación de grasas y aceites en condiciones extremas que inducen una oxidación rápida: alta temperatura y flujo de aire elevado. No permite la determinación de la estabilidad de grasas y aceites a temperatura ambiente, pero sí la comparación de la eficacia de los antioxidantes agregados a las grasas y aceites.

Código NTC	Nombre	Contenido
NTC 431:2009	Aceite crudo de palma africana (<i>E. guineensis</i>).	Establece los requisitos fisicoquímicos que debe cumplir y los métodos de ensayo a los cuales debe someterse el aceite crudo de palma africana (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)
NTC 198:2009	Manteca	La manteca se define como toda grasa, simple o compuesta, sólida o semisólida a la temperatura ambiente, de origen animal, vegetal o mezcla de ambas, que cumple los requisitos de esta norma.
NTC 250:2009	Margarina industrial	Establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que debe cumplir y los métodos de análisis a los cuales debe someterse la margarina industrial.
NTC 241:2009	Margarinas y esparcibles para uso en mesa y cocina	Establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para las margarinas para uso en mesa y cocina.
NTC 400:2010	Mezcla de aceites vegetales comestibles	Establece los requisitos y los ensayos que deben cumplir las mezclas de aceites vegetales comestibles.
NTC 4380:2009	Aceites comestibles saborizados	Aplica a las mezclas de aceites vegetales comestibles saborizados y a los aceites vegetales comestibles puros saborizados.

Fuente: adaptado de Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Icontec (2024).

