

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Especies reactivas de oxígeno y proceso de oxidación

Las especies reactivas de oxígeno (ROS, *Reactive Oxygen Species*) son compuestos que se derivan de la molécula de oxígeno (O_2) por reducción química parcial. En este grupo se incluyen a los peróxidos de hidrógeno (H_2O_2), producidos cuando el O_2 es reducido con dos electrones y las formas reactivas del oxígeno, que abarcan a los superóxidos (O_2^{\bullet}) y al radical hidroxilo (HO^{\bullet}) (Helaine y Hagerman., 2006). Sin embargo, en un sentido más amplio, existen otras especies como el radical alcoholilo, el radical peroxilo (LO_2^{\bullet}), el dióxido de nitrógeno (NO_2^{\bullet}), el hidroperóxido lípido (LOOH), el hidroperóxido proteína e hipoclorito. Algunas de ellas poseen electrones no apareados y radicales libres, aunque otras no; de ahí que se prefiera usar el término de ROS. En la Tabla I se muestran las ROS más importantes en la peroxidación de lípidos y que causan estrés oxidativo *in vivo* (Helaine y Hagerman, 2006).

Tabla I. ROS y especies relacionadas.

Radicales		No radicals	
$O_2^{\bullet-}$	Superóxido	H_2O_2	Peróxido de hidrógeno
HO^{\bullet}	Radical hidroxilo	LOOH	Hidroperóxido lípido
HO_2^{\bullet}	Radical hidroperoxilo	Fe=O	Complejos hierro-oxígeno
L^{\bullet}	Radical lípido	HOCl	Hipoclorito
LO_2^{\bullet}	Radical peroxilo lípido		
LO^{\bullet}	Radical alcohoxilo lípido		
NO_2^{\bullet}	Dióxido de nitrógeno		
$^{\bullet}NO$	Óxido de nitrógeno		
RS^{\bullet}	Radical tiíl		
P^{\bullet}	Radical proteína		

(Papas, 1999)

Las ROS juegan un rol fisiológicamente importante y, al mismo tiempo, pueden ejercer efectos tóxicos. Todas las ROS son producidas como consecuencia del metabolismo y son esenciales para la producción de energía, la síntesis de compuestos biológicamente esenciales y la fagocitosis, un proceso crítico para el sistema inmunológico. Éstas también juegan un papel vital en la transducción de señales, la cual es importante para la comunicación y función de las células (Papas, 1999).

Por otro lado, en los últimos veinte años se ha incrementado la evidencia que demuestra que las ROS pueden ser las causantes de distintos padecimientos, incluyendo las enfermedades coronarias, el cáncer y el envejecimiento. La reacción del

radical hidroxilo con lípidos insaturados es la cascada más familiar de daño inducido por radicales, aunque existen muchos ejemplos de daños a proteínas o al ADN. Por ejemplo, la reacción de radicales con proteínas puede llevar a la oxidación de cadenas laterales reactivas de aminoácidos, al entrecruzamiento de proteínas, a la desnaturalización, e incluso dañar a las proteínas cercanas. La oxidación de ADN conlleva a la ruptura de cadenas y a la liberación de bases oxidadas. Consecuentemente, el papel de los antioxidantes, los cuales suprimen dicho daño oxidativo, ha recibido gran atención (Helaine y Hagerman, 2006).

Los radicales libres y las ROS se forman por varias fuentes extrínsecas e intrínsecas como la presencia de luz, calor y metales. En la Tabla II se resumen los sitios de iniciación *in vivo* de algunas ROS.

Tabla II. Producción de ROS.

ROS	Formación
Superóxidos (radical hidroperoxilo) $O_2^{\bullet -}$ (HO_2^{\bullet})	Reducción enzimática y no-enzimática de un electrón de oxígeno $O_2 + e \rightarrow O_2^{\bullet -} \xrightleftharpoons{pK=4.8} HO_2^{\bullet}$
Radical hidroxilo, HO^{\bullet}	Radiólisis de agua, descomposición de peróxido de hidrógeno catalizada por metales, interacción de NO y superóxido $NO + O_2^{\bullet -} \rightarrow ONOO^- \xrightarrow{H^+} HO^{\bullet} + NO_2$
Complejos hierro-oxígeno, $Fe=O$, etc.	Hemoglobina, mioglobina, etc.
Hidroperóxidos lípidos y proteínas	Oxidación de lípidos y proteínas
Dióxido de nitrógeno, NO_2^{\bullet}	Reacción del radical peroxilo y NO, aire contaminado y humo
Óxido nítrico, $^{\bullet}NO$	Síntesis de óxido nítrico, tiol nitroso y aire contaminado
Radical tiil, RS^{\bullet}	Transferencia del átomo de hidrógeno de tioles
Radical protein	Transferencia del átomo de hidrógeno de proteínas

(Papas, 1999)

Las reacciones de los radicales libres y las ROS pueden comprenderse empleando la peroxidación de lípidos como modelo, la cual es importante en la deterioración de los alimentos y es causante de modificaciones oxidativas de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). La peroxidación de lípidos procede por tres

diferentes caminos: reacción en cadena mediante radicales libres del tipo no-enzimático o autooxidación, oxidación no-radical no-enzimática o fotooxidación y reacción enzimática (Papas, 1999).

La autooxidación se caracteriza por presentar una serie de reacciones en cadena, tal y como se ilustra en la Figura 1. En general, se habla de tres pasos: iniciación, propagación y terminación. Para que se inicie la autooxidación es necesario que se forme un radical libre, el cual ataca a los lípidos. Los radicales libres pueden ser formados por distintas fuentes como son la luz, el calor, los metales y algunas reacciones fisiológicas.

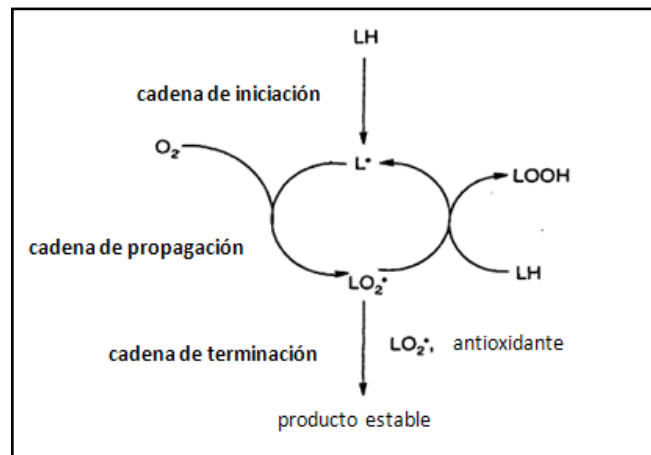


Fig. 1. Oxidación de lípidos por autooxidación en donde, LH: lípido; L^\bullet : radical lípido; LO_2^\bullet : radical peróxido lípido; LOOH: hidroperóxido lípido (Papas, 1999).

El proceso en cadena de la autooxidación, provocada por los radicales libres, puede ser retardada por dos tipos de inhibidores: inhibidores de la reacción en cadena (o antioxidantes) e inhibidores preventivos. Los antioxidantes pertenecientes al primer

grupo (AH), atrapan los radicales libres (LO_2^\bullet , LO^\bullet) interrumpiendo el paso de propagación y formando un radical antioxidante (A^\bullet) de reactividad tan baja que impide la reacción con los lípidos. Los secuestradores de radicales frecuentemente donan un electrón al electrón desapareado del radical libre, reduciéndolo. Por otro lado, los inhibidores preventivos desactivan las especies activas y los posibles precursores de los radicales libres, reduciendo su velocidad de formación. Las sustancias capaces de descomponer peróxidos, tales como los tioéteres y la metionina, previenen la formación de radicales libres para la iniciación de nuevas reacciones en cadena.

4.2. Antioxidantes

Los antioxidantes de los alimentos son definidos por Gordon (2001) como cualquier sustancia capaz de aplazar, retardar o prevenir el desarrollo de la ranciedad en el alimento u otro deterioro del “flavor” que se produzca como consecuencia de la oxidación.

Por otro lado, Papas (1999) define a los antioxidantes como cualquier sustancia que, cuando está presente a bajas concentraciones en comparación a las de un sustrato oxidable (por ejemplo, lípidos, proteínas y ADN), retrasa o previene significativamente la oxidación de dichos sustratos. Así, los antioxidantes minimizan el daño oxidativo en sistemas biológicos, previniendo la formación de ROS o por quelación de las ROS antes de que éstas puedan reaccionar con otras biomoléculas (Figura 2). Los antioxidantes

pueden ser compuestos endógenos producidos por el organismo como parte de su defensa de las ROS o compuestos exógenos adquiridos de la dieta (Helaine y Hagerman, 2006).

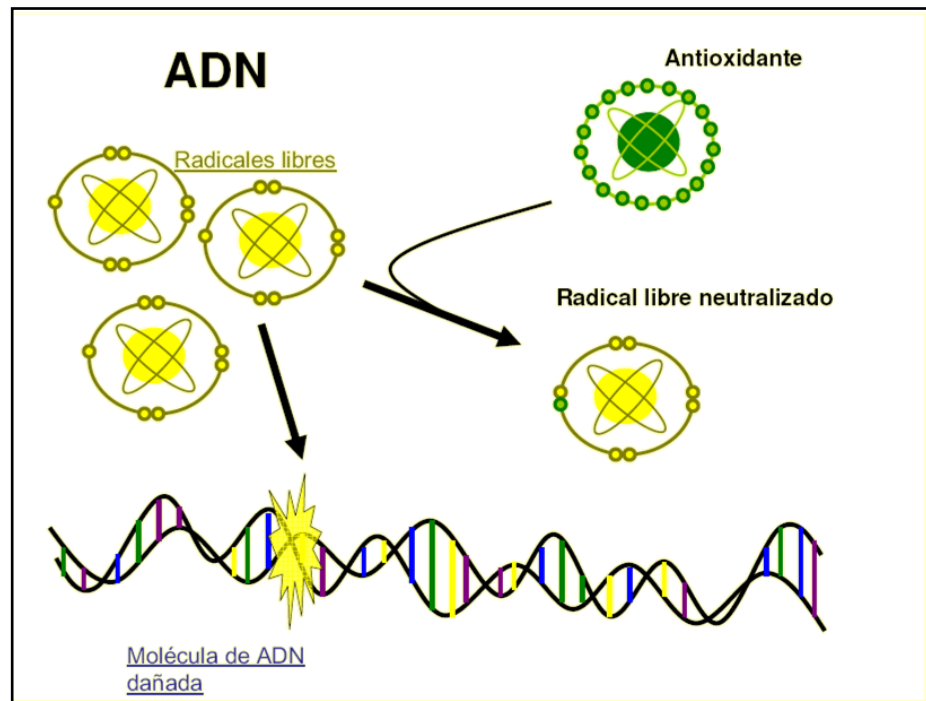


Fig. 2. Quelación de ROS por la acción de antioxidantes.

Los antioxidantes pueden inhibir o retardar la oxidación de dos formas: captando radicales libres, en cuyo caso se denominan *antioxidantes primarios* o por mecanismos que no estén relacionados con la captación de radicales libres (captación del oxígeno, unión a metales pesados, etc.), en cuyo caso se conocen como *antioxidantes secundarios*. Los antioxidantes primarios incluyen compuestos fenólicos tales como el α -tocoferol; mientras que los antioxidantes secundarios, normalmente,

solo poseen actividad antioxidante en presencia de un segundo componente minoritario como es el caso del ácido cítrico y el ácido ascórbico (Gordon, 2001).

En los alimentos procesados se pueden encontrar tanto antioxidantes sintéticos, como naturales. Sin embargo, en las últimas décadas se ha centrado la atención en la investigación de los antioxidantes naturales como conservadores de alimentos, pero también como reductores de riesgos en lo que concierne a enfermedades coronarias.

4.2.1. Antioxidantes naturales: beneficio a la salud

Yanishlieva-Maslarova y Henionen (2001) describen a los antioxidantes naturales como aquellas sustancias que se encuentran o pueden extraerse de los tejidos de las plantas y animales, y a aquellos que se forman durante el cocinado o procesado de compuestos alimenticios de origen vegetal o animal.

La relevancia de los antioxidantes presentes en los alimentos radica en su capacidad para preservar los alimentos que los contienen y en el aporte benéfico a la salud humana de antioxidantes esenciales (Shi *et al.*, 2001).

El oxígeno reactivo y las especies nitrogenadas son esenciales para el suministro de energía, desintoxicación, el señalamiento químico y las funciones inmunes en el cuerpo humano. Cuando hay una sobre producción de estas especies, una exposición a sustancias oxidantes externas o una falla en el mecanismo de defensa, pueden dañarse

valiosas biomoléculas. Este daño ha sido asociado con riesgos de enfermedades cardiovasculares, cáncer y estrés oxidativo. La hipótesis de los antioxidantes dice que dado que los antioxidantes previenen daños oxidativos, su incremento en el consumo diario también reduce el riesgo de estas enfermedades crónicas (Stanner *et al.*, 2004).

Así pues, el hombre se encuentra protegido del estrés oxidativo gracias a la acción de diferentes antioxidantes, como enzimas, proteínas y pequeñas moléculas antioxidantes. Las frutas, vegetales, semillas, cereales, bayas, vinos, té y plantas aromáticas, entre otros, son una fuente importante de dichos antioxidantes. Además, se han desarrollado una gran cantidad de antioxidantes sintéticos como, por ejemplo, ciertos aditivos alimentarios, suplementos y fármacos. Sin embargo, suele asumirse que los antioxidantes naturales son más potentes, eficaces y seguros que los sintéticos (Shi *et al.*, 2001).

En años recientes, los consumidores y productores de alimentos ha optado por productos con etiquetas “todo natural”. En consecuencia, se ha prestado mucha atención a la identificación e incorporación de antioxidantes naturales en los alimentos. El área de antioxidantes naturales se ha desarrollado enormemente en la última década, debido al incremento en las limitaciones en el uso de antioxidantes sintéticos y a una mayor conciencia pública en cuestiones de salud. En general, los consumidores prefieren los antioxidantes naturales ya que son considerados como seguros.

Algunos ingredientes comunes en los alimentos contienen compuestos antioxidantes (Tabla III) sin embargo, dichos ingredientes pueden ser usados solamente

en productos en los que sean compatibles en textura, color y sabor con el producto final. Es por ello que la identificación y purificación de los compuestos antioxidantes se vuelve esencial para el uso efectivo de los antioxidantes naturales en una base comercial (Madhavi *et al.*, 1996).

Tabla III. Antioxidantes naturales en algunos ingredientes de los alimentos.

Fuente	Antioxidante
Aceites y semillas de aceites	Tocoferoles y tocotrienoles; sesamol y sustancias relacionadas; resinas de aceite de olivo; fosfolípidos
Avena y salvado de arroz	Varios compuestos derivados de la lignina
Frutas y vegetales	Ácido ascórbico; ácidos hidroxicarboxílicos; flavonoides; carotenoides
Espes, hierbas, té, cacao	Compuestos fenólicos
Proteínas e hidrolizados de proteínas	Aminoácidos; dihidropiridinas; productos de la reacción de Maillard

(Madhavi *et al.*, 1996)

Extensos estudios han demostrado que los radicales libres reactivos son capaces de producir perturbaciones metabólicas y daños a membranas estructurales en distintas maneras. Los radicales libres buscan sitios insaturados en biomoléculas para un ataque rápido. Dichos ataques aleatorios pueden producir modificaciones químicas indeseables y dañar macromoléculas orgánicas como proteínas, carbohidratos, lípidos y

nucleótidos. Por lo que, si los radicales libres son producidos durante el metabolismo normal de la célula en cantidades suficientes para superar el mecanismo protector normalmente eficiente, ocurrirán cambios metabólicos y celulares (Madhavi *et al.*, 1996).

La teoría que se basa en que los radicales libres son la principal causa del cáncer en la especie humana y en que el riesgo de enfermedad se reduce con un aumento en el consumo de antioxidantes transportados por alimentos ha provocado un enorme interés por los antioxidantes nutricionales y otras sustancias antioxidantes presentes en los alimentos. Es necesario señalar que el papel de la mutagénesis debida a los radicales libres de oxígeno en la patogénesis de los cánceres humanos continúa siendo hipotético (Johnson, 2001).

En las últimas décadas, varios estudios epidemiológicos han mostrado que la ingesta diaria de alimentos ricos en antioxidantes naturales se correlaciona con una reducción del riesgo de padecer enfermedades coronarias. Por ejemplo, se ha observado una correlación negativa entre el consumo de alimentos ricos en polifenoles y enfermedades cardiovasculares. Esta correlación se explica en parte sobre la base de que los polifenoles interrumpen la peroxidación lipídica inducida por las ROS. Un gran número de trabajos han demostrado que la modificación de la fracción lipoproteica de baja densidad (LDL) está implicada en el inicio de la arterioesclerosis (Virgili *et al.*, 2001).

4.2.2. Grupos de antioxidantes naturales

Los antioxidantes naturales se encuentran presentes en prácticamente todas las plantas, microorganismos, hongos e incluso en los tejidos animales. La mayoría son compuestos fenólicos, de los cuales los grupos principales son los tocoferoles, los flavonoides y los ácidos fenólicos (Yanishlieva-Maslarova y Henionen, 2001).

4.2.2.1. *Tocoferoles*

Los tocoferoles son el grupo de sustancias mejor conocidas y más ampliamente utilizadas, siendo el representante principal de este grupo el α -tocoferol (Figura 3). Estos compuestos actúan como antioxidantes donando un hidroxilo al radical peroxilo. El nuevo radical formado a partir del α -tocoferol se estabiliza por deslocalización del electrón solitario sobre la estructura del anillo aromático. Finalmente, se forman productos no radicales, que incluyen peróxidos estables, los cuales se reducen para dar tocoquinonas y dímeros de tocoferol.

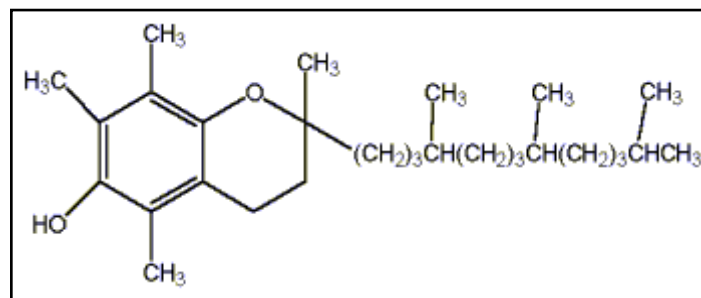


Fig. 3. Estructura molecular del α -tocoferol.

La capacidad antioxidante de los tocoferoles depende en gran medida de la concentración: a bajas concentraciones ($\leq 50 \mu\text{g g}^{-1}$) el α -tocoferol tiene mayor efectividad que el γ -tocoferol; sin embargo, a altas concentraciones ($> 100 \mu\text{g g}^{-1}$) es más efectivo el γ -tocoferol.

En los alimentos los tocoferoles actúan como antioxidantes relativamente débiles; cuando reaccionan con radicales libres se convierten en quinonas, espirodímeros y otros compuestos diferentes, así como en copolímeros de los lípidos oxidados (Yanishlieva-Maslarova y Henionen, 2001).

4.2.2.2. *Flavonoides*

Los flavonoides son un grupo de compuestos caracterizados por poseer una configuración $C_6-C_3-C_6$, que frecuentemente forman parte de las plantas, y por tanto, de la dieta de los humanos. Así mismo, estos compuestos pueden ejercer una capacidad antioxidante debido a la inhibición de la actividad de algunas enzimas, como la xantina oxidasa, mieloperoxidasa, lipooxigenasa y ciclooxigenasa, quelando iones metálicos, por interacción con otros antioxidantes como el ascorbato y, lo que es más importante, captando radicales libres (Shi *et al.*, 2001). Como en el caso de otros antioxidantes fenólicos, la posición y el número de grupos hidroxilo determina la actividad antioxidante de los flavonoides (Hall, 2001).

Los flavonoides se encuentran en todos los tejidos de las plantas superiores e incluyen a las flavonas, los flavonoles, las isoflavonas, las flavononas y las chalconas (Yanishlieva- Maslarova, 2001).

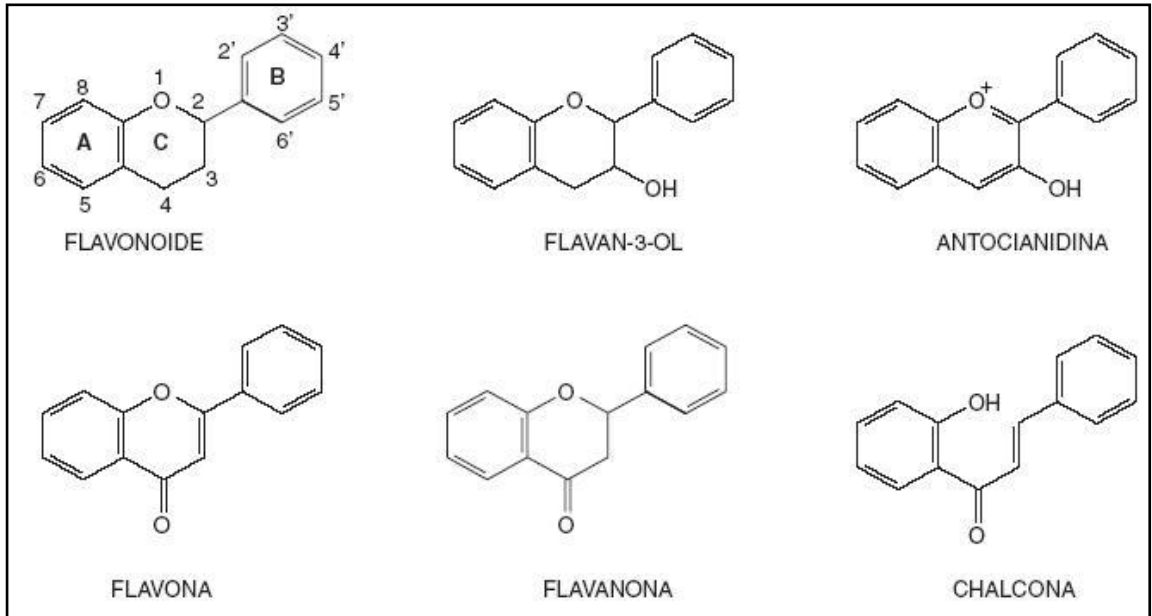


Fig. 4. Estructura química de las subclases de flavonoides más usuales.

4.2.2.3. Ácidos fenólicos

Los ácidos fenólicos, tales como el *p*-hidroxibenzoico, vanílico (Figura 5), siríngico, *p*-cumárico, cafeico (Figura 6), felúrico y rosmarínico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Habitualmente se encuentran en forma de ésteres de ácidos orgánicos o glucósidos.

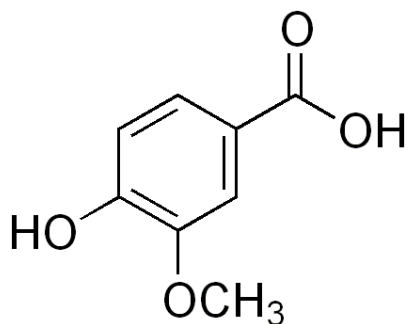


Fig. 5. Estructura molecular del ácido vanílico.

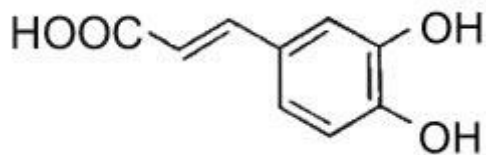


Fig. 6. Estructura molecular del ácido cafeico.

La posición de los grupos hidroxilos y el grado de hidroxilación determinan en gran medida la actividad antioxidante de los ácidos fenólicos. De la misma manera, la combinación de dos ácidos fenólicos incrementa su eficacia; por ejemplo, el ácido rosmarínico es mejor antioxidante que el ácido cafeico (Yanishlieva-Maslarova y Henionen, 2001).

4.2.3. Antioxidantes en las plantas

El uso de hierbas y especias como antioxidantes en alimentos procesados resulta una alternativa prometedora para el uso de antioxidantes sintéticos. Las investigaciones sobre las propiedades antioxidantes de las especias se remonta a hace varios años. Las primeras y más profundas corrieron a cargo de Chipault *et al.*, en 1952. Resultado de las mismas fue comprobar que el romero, entre otras especias, mostraba efectos antioxidantes manifiestos (Tainter y Grenis, 1993).

Los compuestos fenólicos, ampliamente distribuidos en el reino vegetal y, abundantes en nuestra dieta, se encuentran, hoy en día, entre la clase de fitoquímicos más estudiados. Las fuentes más importantes de antioxidantes en los frutos y vegetales, así como las clases de fenoles contenidos se presentan a continuación (Dimitrios, 2006).

Tabla IV. Fuentes más importantes de fenoles.

Antioxidantes	
Frutas	
Cerezas	Hidroxicinamicácidos, antocianinas
Frutas cítricas	Flavonas, flavonoles, ácidos fenólicos
Ciruelas, manzanas, peras, kiwi	Ácido hidroxinámico, catequinas
Vegetales	
Perejil	Flavonas
Hojas de camote	Flavonoles, flavones
Frijoles	Flavonoles
Espinacas	Flavonoides, ácido <i>p</i> -cumárico
Harinas	
Avena, trigo, arroz	Ácido ferúlico y cafeico
Tés	
Negro, verde	Flavo-3-oles, flavonoles
Bebidas	
Vino rojo	Flavo-3-oles, flavonoles, antocianinas
Sidra	Ácidos hidroxinámicos
Café	Ácidos hidroxinámicos
Hierbas y especias	
Romero	Ácido carnósico, carnosol, rosmasol, ácido rosmarínico
Salvia	Carnosol, ácido carnósico, lateolina, rosmanol, ácido rosmarínico
Orégano	Ácido rosmarínico, ácidos fenólicos, flavonoides
Tomillo	Timol, carvacrol, flavonoides, lubeolina

(Dimitrios, 2006)

4.3. Romero

El romero (*Rosmarinus officinalis*), Figura 7, es una planta autóctona de la región del Mediterráneo y se cultiva en casi todos los países de su cuenca, así como en Inglaterra, Estados Unidos y México. Se trata de un matorral leñoso perenne de porte rastrero ascendente, bastante desordenado, con hojas lineares, coriáceas, verdes en la cara superior y blancas en la inferior, opuestas o bien en haces (Simonetti, 1991).



Fig. 7. Romero (*Rosmarinus officinalis*).

La planta entera, excluyendo las porciones leñosas, puede ser usada pero normalmente solo las hojas son consideradas útiles como especias. Cuando es seco, las hojas se vuelven de verde oscuro a color café y tienen una fragancia especial.

El romero contiene alrededor de 0,5-2,0% de aceite volátil incoloro. Químicamente, la constitución del aceite es 16-20% borneol, 27-30% cineol, 10% alcanfor, 2-7% acetato de bornil y pequeños porcentajes de α -pineno, canfeno, terpinol y verbenone (Farrell, 1985).

El borneol es responsable del aroma pungente y alcanforado; el cineol da un aroma fresco, parecido al del eucalipto; el α -pineno es responsable de las notas cálidas de pino; el alcanfor contribuye a las notas de menta, frescas y penetrantes; y el acetato de bornil acentúa las características balsámicas y herbáceas del romero. Respecto a la composición nutritiva del romero, ésta se señala en la Tabla V.

Tabla V. Composición proximal de hojas de romero secas por 100g.

Agua	9,3 g	Magnesio	220 mg
Contenido energético	331 Kcal	Fósforo	70 mg
Proteínas	4,9 g	Potasio	955 mg
Grasas	15,2 g	Sodio	50 mg
Carbohidratos totales	64,1 g	Zinc	3 mg
Fibra	17,7 g	Ácido ascórbico	61 mg
Cenizas	6,5 g	Niacina	1 mg
Calcio	1280 mg	Vitamina A	3128 UI
Hierro	29 mg	Otras vitaminas	insignificante

(Farrell, 1985)

4.3.1. Propiedades del romero

Las propiedades antioxidantes del romero han sido ampliamente descritas. Se considera que el romero es un antioxidante lipídico y un quelante de metales. Los extractos de romero también tiene la capacidad de absorción de radicales superóxido. Debido a estas y otras propiedades, han aparecido publicados muchos datos sobre la adición de extractos de romero a los alimentos (Farrell, 1985).

Ya en estudios de Chipault *et al.* (1955), se ha citado la importancia del romero como una agente antioxidante de alta actividad en manteca de cerdo. Así mismo, se ha reportado que el extracto de romero es efectivo en el retardamiento del desarrollo de rancidez en papas fritas (Chang *et al.*, 1977).

Conjuntamente con la evaluación de la capacidad de los extractos de romero para inhibir la oxidación de los lípidos en los alimentos, las investigaciones también se han centrado en el aislamiento, investigación y comprobación de los componentes activos contenidos en los extractos. En un estudio realizado sobre 16 compuestos aislados del romero, Bracco *et al.* (1981) concluyen que la actividad antioxidante es principalmente debida a dos diterpenos fenólicos, el carnosol y la carnosina. Esta conclusión ha sido confirmada por diferentes autores. Nakatani e Inatani (1983) han identificado el rosmanol y el carnosol, encontrando que eran tan efectivos como el α -tocoferol, el BHT (hidroxitolueno butilado) y el BHA (hidroxianisol butilado). Estos mismos autores aislaron el rosmadinal a partir del romero.

Existen muchos otros diterpenos antioxidantes, tales como el epirosmanol, el isorosmanol, el rosmarindifenol y la rosmarinquinona que contribuyen a la actividad antioxidante de los extractos de romero. Durante el almacenamiento y la extracción de romero, el ácido carnósico es parcialmente convertido en carnosol o en otros diterpenos como el rosmanol.

Algunos autores señalan que la efectividad del ácido carnósico y del carnosol es dependiente de la concentración. Así mismo, se ha determinado que el rosmanol tiene una mayor actividad antioxidante que el carnosol, siendo el ácido carnósico más potente que el carnosol (Yanishlieva-Maslarova y Henionen, 2001).

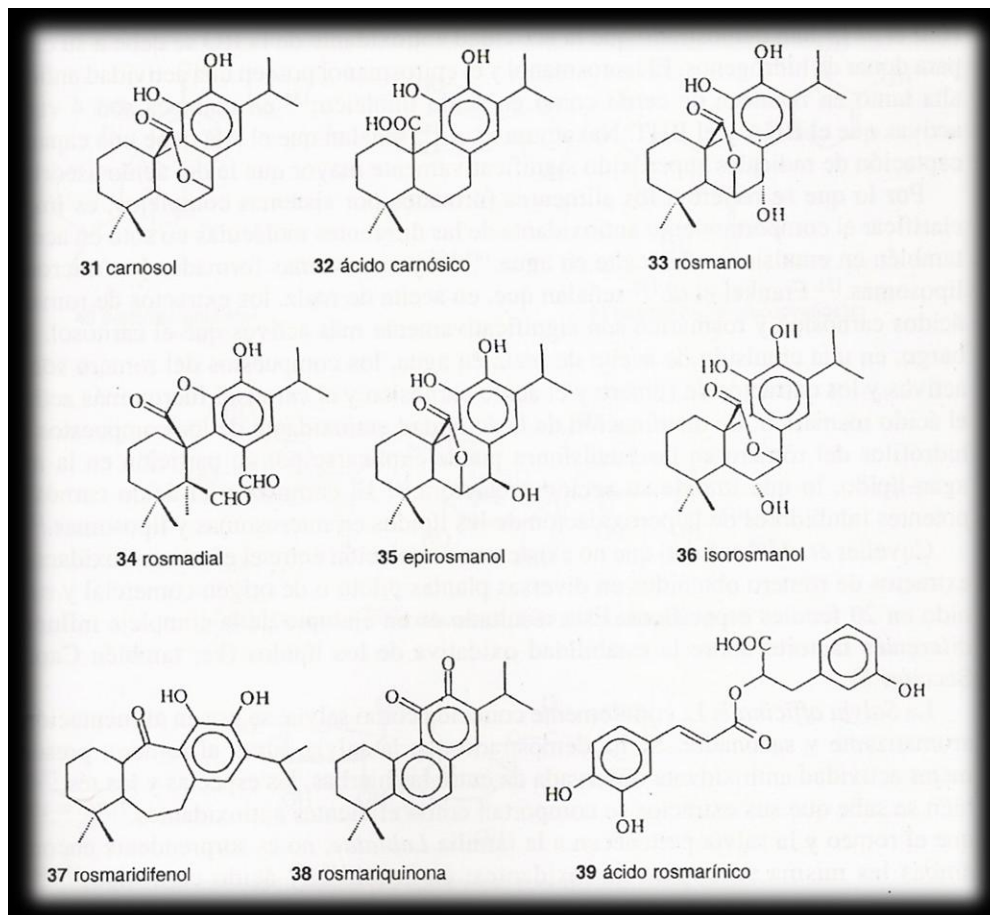


Fig. 8. Compuestos antioxidantes del romero (Yanishlieva-Maslarova y Henionen, 2001).

Aunque en menor medida, se ha comprobado que el aceite de romero es un agente antifúngico efectivo. Ya anteriormente se habían ensayado frente a *Aspergillus*

parasiticus las siguientes especias: tomillo, comino, clavo, alcaravea, romero y salvia. La eficacia de sus aceites frente a este hongo siguió el orden en que han sido citadas.

Tradicionalmente, el romero no se emplea como especia en cantidades industriales. Su principal uso es como aromatizante en forma molida en las salsas, mesclado con otras hierbas en quesos y otros productos. El aceite de romero se utiliza como aromatizante en carnes procesadas. Sin embargo, en los últimos años la industria alimentaria emplea un extracto de romero desaromatizado como antioxidante natural, en lugar de los antioxidantes fenólicos sintéticos (Tainter y Grenis, 1993).

4.3.2. Producción en México

El romero se puede cultivar en todo tipo de suelos, preferiblemente en suelos áridos, secos y algo arenosos y permeables, adaptándose muy bien a los suelos pobres. Éste planta crece en zonas litorales y de montaña baja (laderas y collados), desde la costa hasta 1.500 msnm. A más altura, da menor rendimiento en la producción de aceite esencial. Forma parte de los matorrales que se desarrollan en los sitios secos y soleados en las zonas de encinar, zonas degradadas por la tala o quema y laderas pedregosas y erosionadas. Florece dos veces al año, en primavera y en otoño.

Anualmente, en México se producen más de 450 toneladas de albahaca, romero y menta que se exportan a países como Estados Unidos, Canadá y Europa, ya que poseen una gran demanda por su sabor característico.

Los grandes productores de hierbas aromáticas se encuentran principalmente en los estados de Morelos, Baja California Sur y Estado de México. Los empresarios de dichos estados obtuvieron más de 135 millones de pesos por la venta de tres mil 245 toneladas de especias en el 2006 (SAGARPA, 2006).

4.4. Extracción por arrastre de vapor de aceites esenciales

Uno de los métodos más utilizados para la extracción de aceites esenciales es la destilación por arrastre de vapor. En este método se aprovecha la cualidad de asociación de las moléculas de vapor de agua con moléculas de aceite. El procedimiento necesita de un recipiente con agua en ebullición, donde se genera el vapor; un recipiente hermético con entrada y salida de vapor para depositar las especias; un condensador, que se puede tratar de un sistema de enfriamiento típico de una destilación simple; y un recipiente que recolecte el destilado y que facilite la separación del agua y del aceite (Olaya y Méndez, 2003).

4.5. Queso fresco

El Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios (2006), de la Ley General de Salud (México), define el queso como el “producto elaborado con la cuajada de leche estandarizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema,

obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles, con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales. Puede ser fresco, madurado o procesado”.

Debido al amplio rango de variedades de queso, su definición y clasificación se vuelve extremadamente difícil. No obstante, una clasificación muy general se muestra en la Tabla VI y, aunque está limitada en su aplicación, las categorías son ampliamente aceptadas (Scott, 1998).

Tabla VI. Clasificación simple de los quesos, basada en su composición.

Tipo de queso	Porcentaje en base seca (%)	Porcentaje en base húmeda (%)
Extra duro	< 51	< 60
Duro	49 – 55	40 – 60
Semi-duro	53 – 63	25 – 50
Semi-suave	61 – 68	10 – 50
Suave	> 61	10 – 50

(Scott, 1998)

En México, de acuerdo a la “Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Quesos: Frescos, Madurados y Procesados. Especificaciones Sanitarias” (Secretaría de Economía, 1994), los quesos están clasificados como sigue:

- a) *Quesos frescos*: productos que cumplen, en lo general, con lo señalado en la definición de queso (de acuerdo a esta norma) y se caracterizan por ser

productos de alto contenido de humedad, sabor suave y no tener corteza, pudiendo o no adicionarle ingredientes opcionales y tener un periodo de vida de anaquel corto, requiriendo condiciones de refrigeración.

- b) *Quesos madurados*: alimentos que, en lo general, cumplen con lo señalado en la definición de queso (de acuerdo a esta norma) y se caracterizan por ser de pasta dura, semidura o blanda, con o sin corteza; sometidos a un proceso de maduración mediante la adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar en ellos cambios bioquímicos y físicos característicos del producto de que se trate, lo que le permite prolongar su vida de anaquel, los cuales pueden o no requerir condiciones de refrigeración.
- c) *Quesos procesados*: productos que cumplen en lo general con lo establecido en la definición de queso (de acuerdo a esta norma) y se caracterizan por ser elaborados con mezclas de quesos, fusión y emulsión con sales fundentes, aditivos para alimentos permitidos e ingredientes opcionales, sometidos a proceso térmico de 70 °C durante 30 segundos o sometidos a cualquier otra combinación equivalente o mayor de tiempo y temperatura, lo que le permite prolongar su vida de anaquel.

El queso fresco blanco es un queso originario de América Latina. Normalmente, el proceso combina calor y ácido. El queso blanco posee la característica de freírse sin

derretirse, lo que lo hace ideal para botanear, también se como queso al gratín o mezclado con ingredientes como tomate, especias y chiles (Fox, 1987).

Los quesos frescos se comercializan y se consumen sin que hayan experimentado un proceso de maduración, de ahí su nombre. Estos quesos poseen un elevado contenido acuoso, entre 50% y 80%, que causa una reducción en su vida de anaquel. Además, debido a la falta de maduración, es importante pasteurizar la materia prima para evitar el desarrollo de gérmenes patógenos (Meyer, 1987).

Varios estudios sobre las bacterias en quesos muestran la contaminación de los mismos durante la manipulación en el procesamiento e incluso en durante el almacenamiento del producto y se requieren temperaturas elevadas para lograr una adecuada pasterización. Además, el gran contenido de humedad y el pH (aproximadamente 5,2) del queso blanco puede favorecer el crecimiento o la sobrevivencia de los microorganismos (Glass *et al.*, 1995).

Por lo anterior, la Norma Oficial Mexicana establece límites superiores para el contenido microbiano en queso fresco (Tabla VII) con el fin de prevenir y reducir los riesgos causados por alimentos, así como de elaborar quesos de calidad que garanticen la salud de los consumidores.

Tabla VII. Límites microbiológicos máximos para el queso fresco.

Límite Máximo	
Coliformes fecales	100 NMP/g
Staphylococcus aureus	1000 UFC/g
Mohos y levaduras	500 UFC/g
Salmonella	Ausente, en 25 g
Listeria monocytogenes	Negativo, en 25 g

(Secretaría de Economía, 1994)

4.5.1. Beneficios del queso fresco

En el pasado, los aspectos nutrimentales del queso eran raramente considerados y, dado que este es hecho a partir de la leche, eran dados por sentado. En la actualidad, el consumidor se ha hecho más consiente de la composición de los alimentos y de los riesgos que pueden estar asociados con el consumo en exceso de ciertos componentes de los alimentos. No obstante, no existe controversia asociada a la realidad de que además de agua, el hombre requiere de cinco grupos mayoritarios de nutrientes, llamados grasas, proteínas, carbohidratos, vitaminas y sales minerales; y resulta valido considerar el grado en el cual el queso puede contribuir a esta demanda (Scott, 1998).

4.5.1.1. *Grasa de la leche*

El queso hecho de leche entera contiene muchos de los ácidos grasos esenciales. La mayoría de los ácidos grasos están presentes en forma de triglicéridos, pero más de 5 g/kg de queso pueden estar en forma de ácidos grasos libres. Algunos de estos ácidos grasos son volátiles e intervienen en la formación del aroma. Los lípidos de la leche (triglicéridos, fosfoglicéridos, esfingósidos) se encuentran en el queso en forma emulsionada, lo cual los hace más digestibles (Dillon, 1990).

4.5.1.2. *Proteínas*

Según el método de elaboración, los quesos contienen entre el 10% y el 30% de proteínas. A consecuencia de distintas enzimas que degradan y solubilizan las proteínas en péptidos y aminoácidos, dichas proteínas son más fácilmente digeribles. De hecho la digestibilidad de las proteínas del queso es mayor que la de la leche entera y el grado principal de utilización de los aminoácidos esenciales es 89,1%, comparado con el valor de las proteínas del huevo –a menudo consideradas como el ideal- de 89,6% (Scott, 1998). Asimismo, cada porción de 100 gramos de queso fresco proporciona el 30-40% de los requerimientos diarios de proteína para un adulto.

Además de su elevado contenido en proteínas, el valor biológico del queso le viene conferido por su composición de aminoácidos que incluye todos los aminoácidos

esenciales. Es por ello que están indicados especialmente en dietas de crecimiento cuyas necesidades en aminoácidos son más elevadas que en las dietas para adultos (Dillon, 1990).

Para un buen funcionamiento cerebral en la vejez, las proteínas (aminoácidos) son especialmente importantes junto con la glucosa y el oxígeno. De este modo, con el suficiente aporte de aminoácidos, pueden asegurarse los procesos de formación de moléculas de memoria y el metabolismo de las aminas biógenas. Los quesos frescos con menos grasa, incluso cuando su contenido de proteínas y minerales es reducido en comparación con otros tipos de queso, son de gran importancia para la alimentación de enfermos y ancianos por su bajo contenido graso y fácil digestión (Teubner, 2002).

4.5.1.3. Vitaminas y minerales

El queso contiene niveles apreciables de minerales, de los cuales el calcio, sodio y fósforo son los más importantes. Al igual que el calcio en la leche, el calcio en los quesos es bien asimilado por el organismo humano debido a las proporciones relativas de calcio y fósforo que aporta y a la presencia concomitante de proteínas que favorecen la absorción intestinal. Sin embargo, el nivel de calcio varía en función del contenido en agua y del tipo de fabricación (Scott, 1998).

Los niveles de vitaminas liposolubles (vitaminas A y D), en el queso, dependen del contenido lipídico. Además, la microflora bacteriana tiene la habilidad de sintetizar

vitaminas del grupo B; por ejemplo, riboflavina, ácido pantoténico, piridoxina y ácido fólico (Dillon, 1990).

4.5.1.4. *Efectos anticancerígenos*

Es ampliamente creído que la leche puede tener efectos protectores contra varios tipos de cáncer. Los mecanismos envueltos en la protección son desconocidos, pero en el caso del cáncer de colon se sugiere que los ácidos vílicos pueden ser un factor importante. Si esta asociación es crucial, entonces la acción de la microflora en las leches fermentadas puede suponer una ruptura de los ácidos antes de que puedan tener un efecto adverso, mientras que el fosfato de calcio de la leche o quesos puede actuar para neutralizar los ácidos (Scott, 1998).