



## UNIDAD II

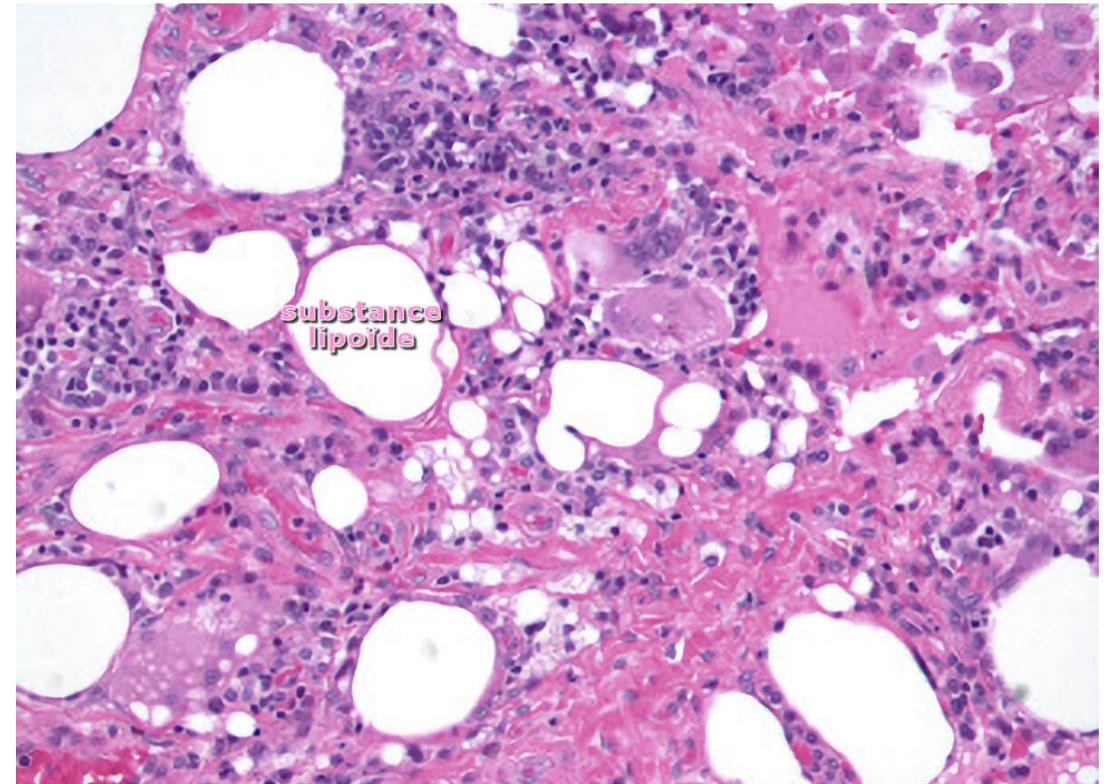
### Lípidos y proteínas

- I. Ácidos grasos: propiedades, isomerización, hidrogenación de aceites, funciones
- II. Sustancias lipoides. Alteraciones químicas de los lípidos. Efectos del calentamiento sobre alimentos
- III. Proteínas: clasificación, propiedades fisicoquímicas. Tratamientos que afectan a las proteínas
- IV. Propiedades funcionales de proteínas: propiedades de hidratación, propiedades emulsificantes, propiedades espumantes



# Sustancias lipoides

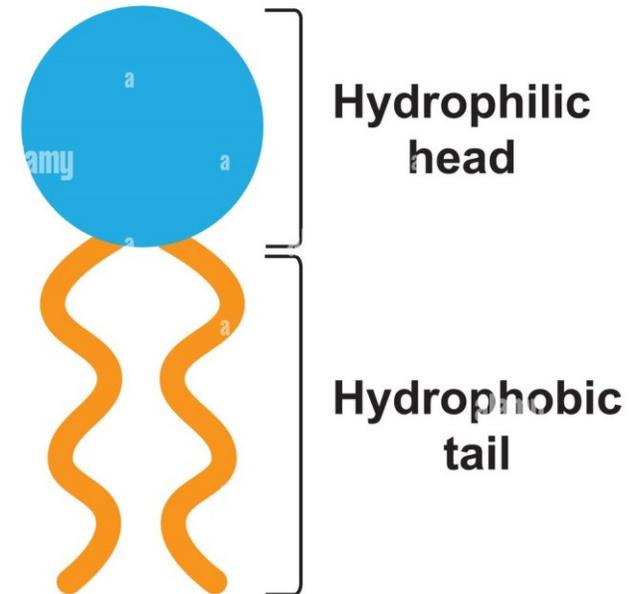
- Fosfolípidos, esfingolípidos, cerebrósidos y gangliósidos.
- Presentan igual solubilidad que las grasas.
- Forman parte de la estructura de las capas hidrófobas de las células (membranas y tejidos).



# Fosfolípidos

- Presente en las células de las membranas.
- Ácido fosfatídico: constituido de glicerina, ácidos grasos y ácido fosfórico.
- Ácido aminofosfatídico: constituido de glicerina, ácidos grasos, ácido fosfórico y una base nitrogenada (lecitina o cefalina).

## Phospholipid Structure



# Fosfolípidos

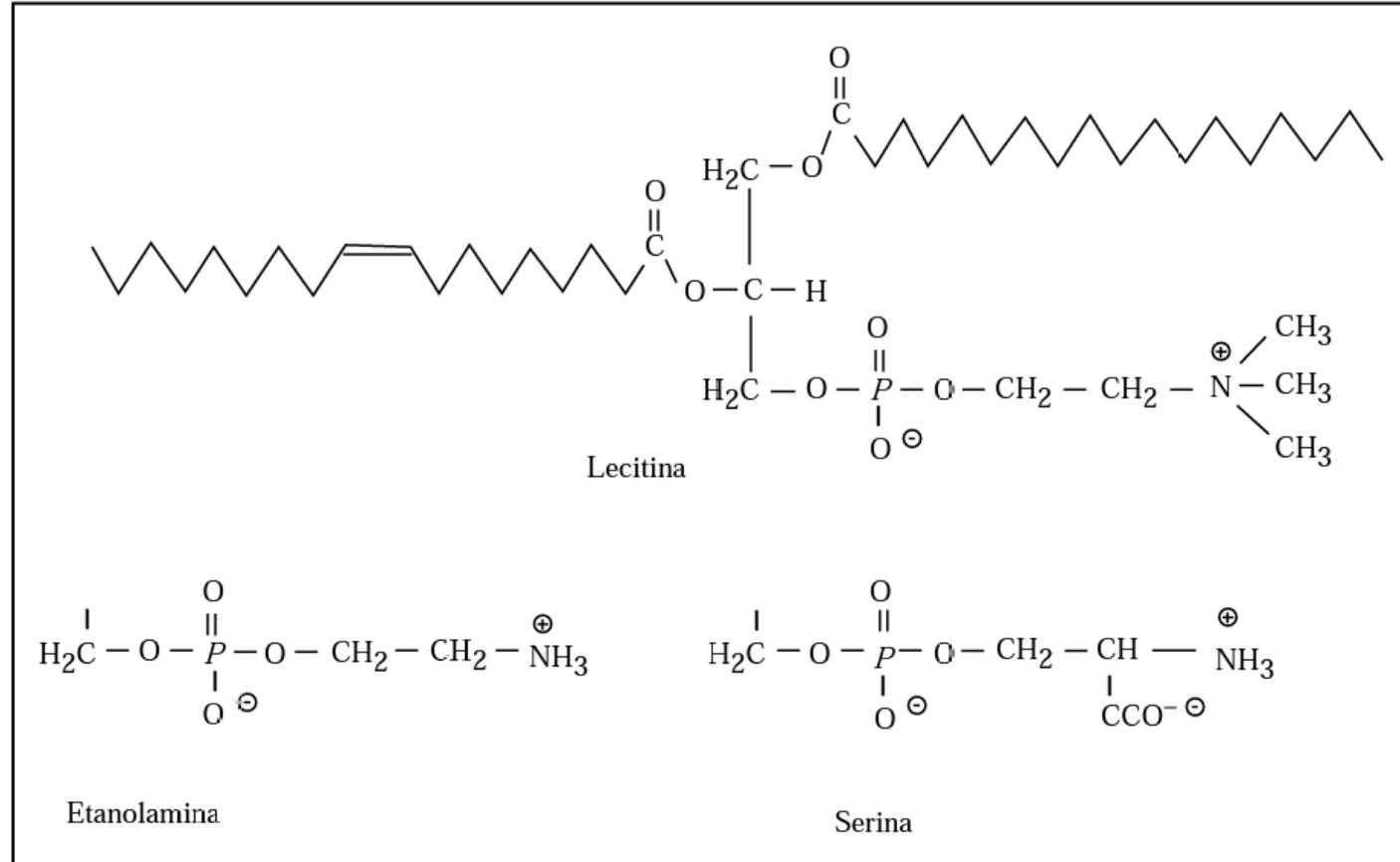


Fig. 3.10. Estructura de los fosfolípidos y bases nitrogenadas.

# Esfingolípidos

- No contiene glicerina.
- Contiene esfingosina (compuesto de 18C con 1 grupo  $\text{NH}_2$  y dos grupos  $\text{OH}$  en los C1 y C3).
- Contiene ácidos grasos, ácido fosfórico y base nitrogenada (colina).

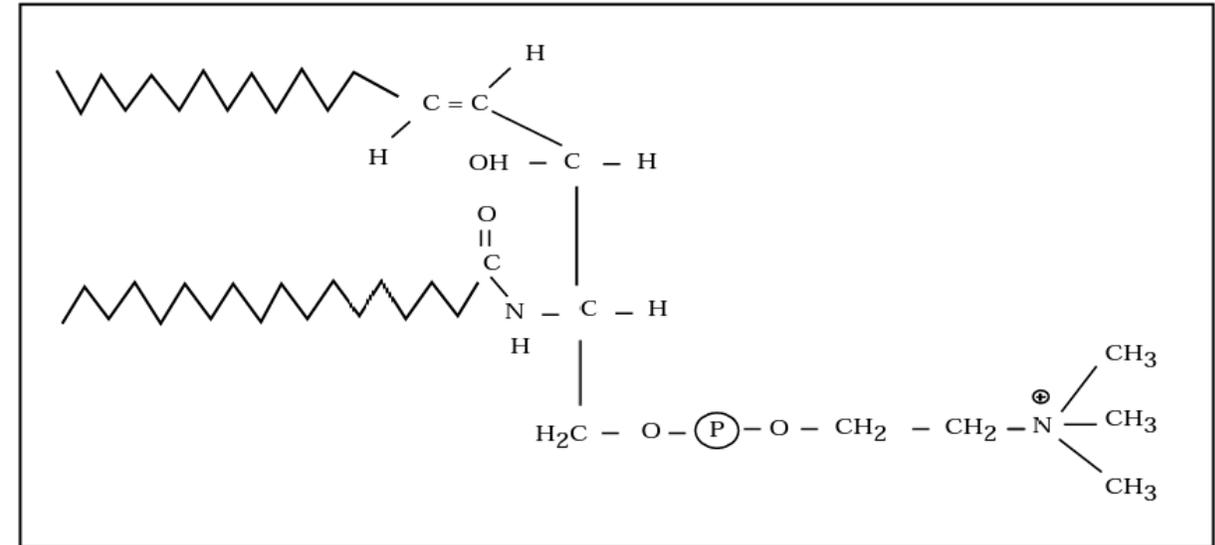


Fig. 3.11. Estructura de los esfingolípidos unido a la colina.

# Cerebrósidos

- Semejantes a los esfingolípidos.
- Reemplazo de la fosforilcolina por la galactosa

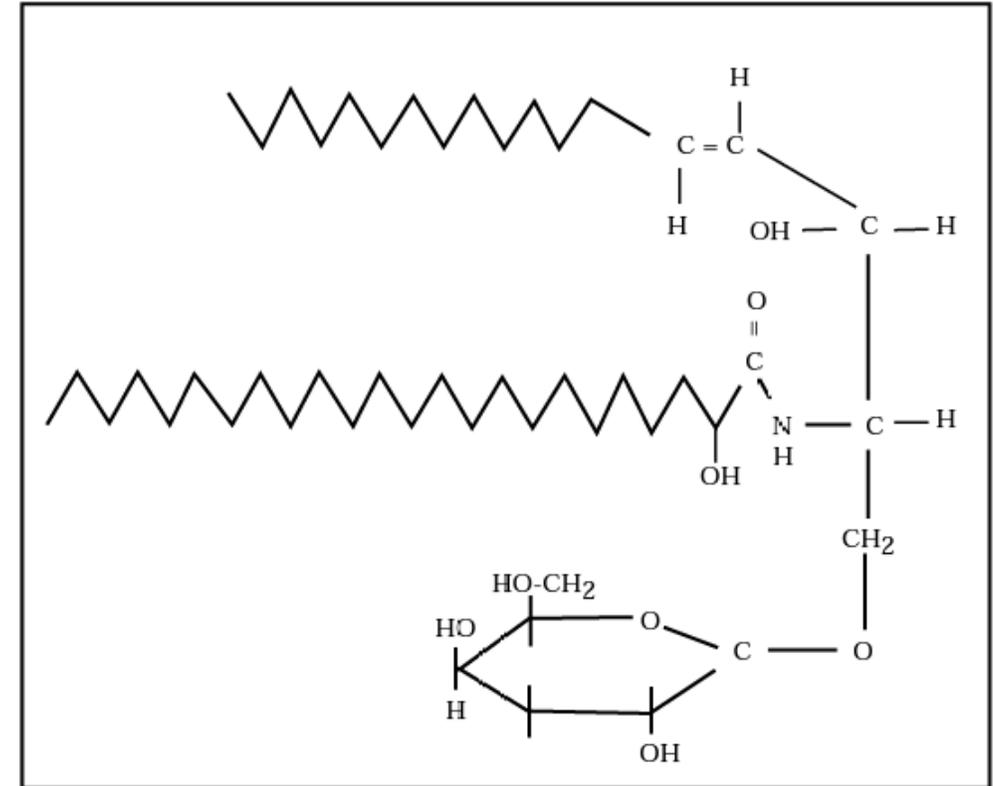


Fig. 3.12. Estructura de los cerebrósidos.

# Gangliósidos

- Similares a los cerebrósidos.
- Ricos en disacáridos.
- Molécula grande y compleja.
- Contiene ácido N-acetilneuroamínico.

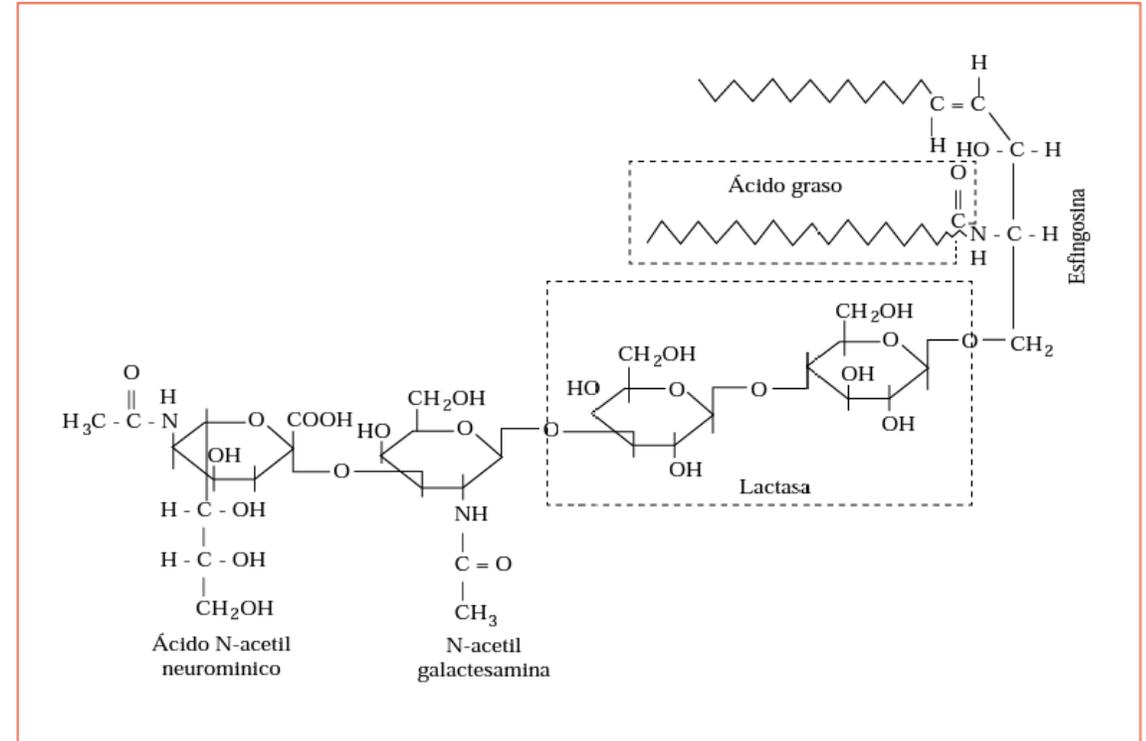


Fig. 3.13. Estructura de los gangliósidos.



# Lípidos isoprenoides

- Sustancia base el isopreno (hidrocarburo no saturado de 5C).
- Isopreno presente en productos vegetales y animales (terpenos, carotenoides y esteroides).
- Esteroides: derivados del ciclo-pentano-perhidro-fenantreno. Algunos esteroides importantes son: ácidos biliares, hormonas sexuales masculinas y femeninas, esteroles.
- Esteroles: contienen un grupo OH en el C3 y una cadena alifática ramificada de 8C o más en el C17 de la molécula. Se presentan como alcoholes libres o como ésteres de ácidos grasos de cadena larga.

# Esteroides de origen animal

Colesterol: más abundante en el tejido animal y puede estar libre o combinado con glicéridos y fosfolípidos. El exceso de colesterol produce la arteriosclerosis (acumulación de la molécula en paredes vasculares).

Lanosterol: presente en la lanolina (sustancia extraída de la lana de oveja).

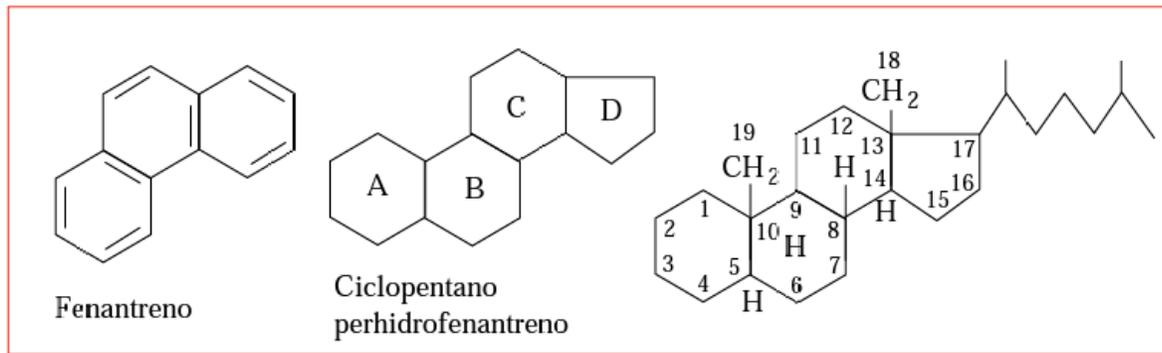


Fig. 3.14. Estructura de los esteroides.

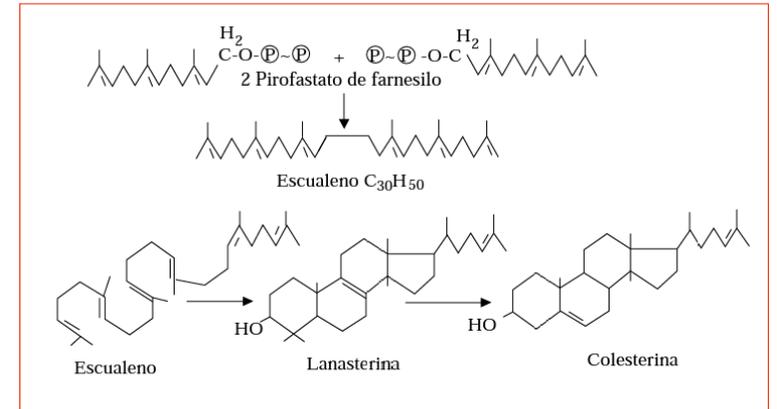


Fig. 3.15. Biosíntesis del lanosterol y colesterol



# Esteroles de origen vegetal

## Estigmasterol

- Fitoesterol que se encuentra en el aceite de soja.
- Compuesto básico de las hormonas sexuales.
- Es base de la progesterona.
- Parte de las glándulas suprarrenales que generan adrenalina y cortisona.



# Esteroles de microorganismos

- Denominados micosteroles.
- Se encuentran en mohos y levaduras.
- Principales esteroides: ergosterol y zimosterol.

Ergosterol: a partir de este se derivan las vitaminas D2 y D4.



# Alteraciones químicas de los lípidos

1. Lipólisis.
2. Rancidez hidrolítica y enzimática.
3. Rancidez oxidativa o peroxidación.



# Lipólisis

Hidrólisis de los enlaces éster de los lípidos que resulta en la separación de la glicerina y ácidos grasos.

Ocurre por acción enzimática o por calentamiento en presencia de agua.

Promueve la rancidez hidrolítica: liberación de ácidos grasos de cadena corta (aroma rancio).

La lipólisis controlada y selectiva se utiliza en la elaboración de alimentos como el yogurt y el pan.



# Lipólisis

Principal reacción que ocurre durante la fritura de alimentos (alta cantidad de agua y altas temperaturas).

Principal causante de deterioro de alimentos (rancidez).

Disminución de la calidad nutritiva de los alimentos grasos (productos de la oxidación con una alta toxicidad)





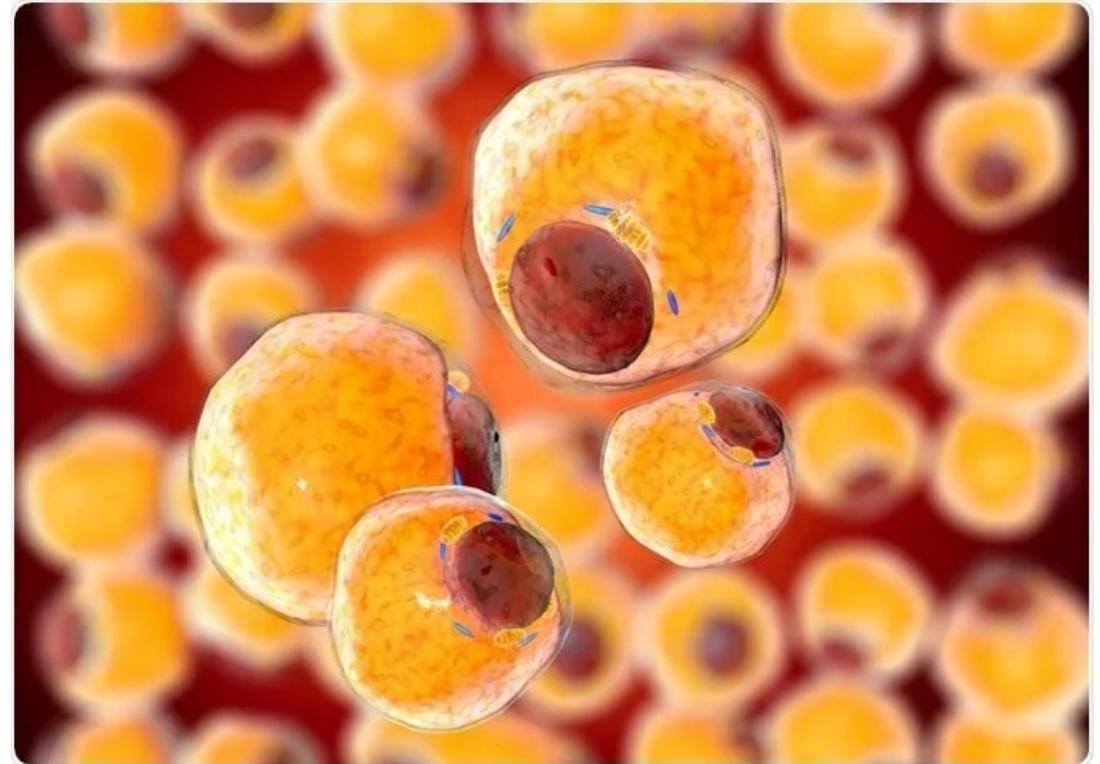
# Rancidez hidrolítica y enzimática

- En presencia de agua la hidrólisis es lenta, mientras que con vapor se acelera (temperatura).
- Saponificación: hidrólisis con NaOH que genera sales sódicas de los ácidos grasos (jabones) y glicerina.
- La hidrólisis de triglicéridos es catalizada por lipasas (enzimas vegetales).



# Rancidez oxidativa o peroxidación

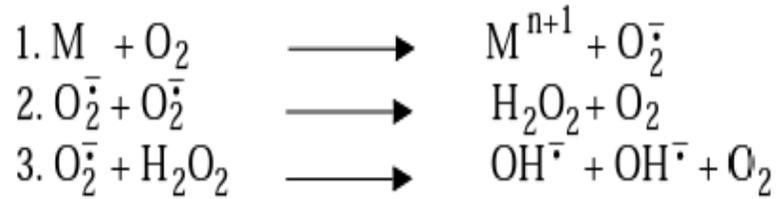
- Ocorre por presencia de ácidos grasos insaturados.
- Reacción catalizada por enzima lipoxidasa originando aldehídos, cetonas, ácidos e hidrocarburos de cadena corta.
- Ocorre en 4 etapas: i) precursora, ii) iniciación, iii) propagación y iv) término



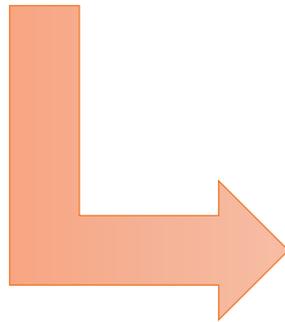


# Etapas del enranciamiento oxidativo

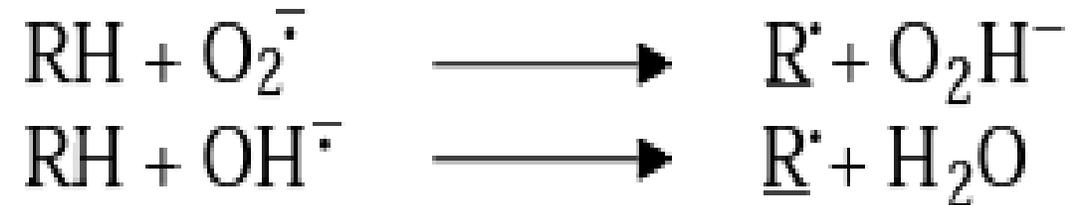
**Fase precursora:** Formación de radicales libres activos.



$O_2^-$  : Radical superóxido  
 $OH^-$  : Radical libre hidrófilo  
 $M^{n+}$  : ión metálico



## Iniciación





# Etapas del enranciamiento oxidativo

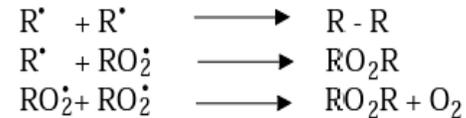
## Propagación



$\text{R}^\bullet$  = Radical libre de ácido graso insaturado propagador inicial.

$\underline{\text{R}}^\bullet$  = Radical libre de ácido graso insaturado. Radical propagador de la etapa autocatalítica.

## Término



RH: Ácido graso insaturado.  
 $\text{O}_2\text{H}^-$ : Ión hidroperóxido.  
 $\text{RO}_2^\bullet$ : Radical libre peróxido.  
 $\text{RO}_2\text{H}$ : Hidroperóxido.  
 R-R: Ácido graso insaturado estabilizado.  
 $\text{RO}_2\text{R}$ : Peróxido de ácido graso insaturado.



# Fenómenos degradativos de los lípidos por tratamiento térmico

- Cambios en índice de refracción, peso molecular, color, viscosidad, y transformación de los dobles enlaces de cis a trans.
- Formación de dímeros, dímeros ciclados, monómeros ciclados y polímeros.





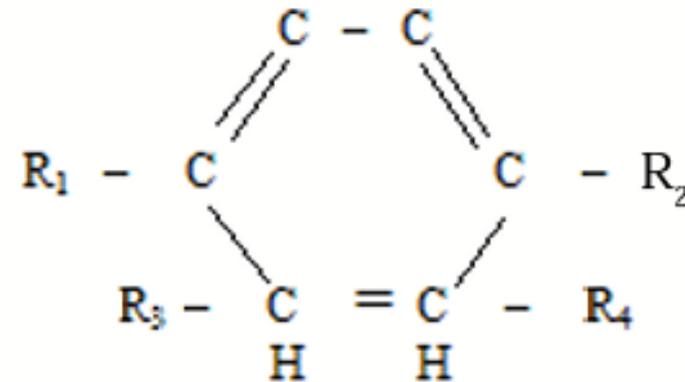
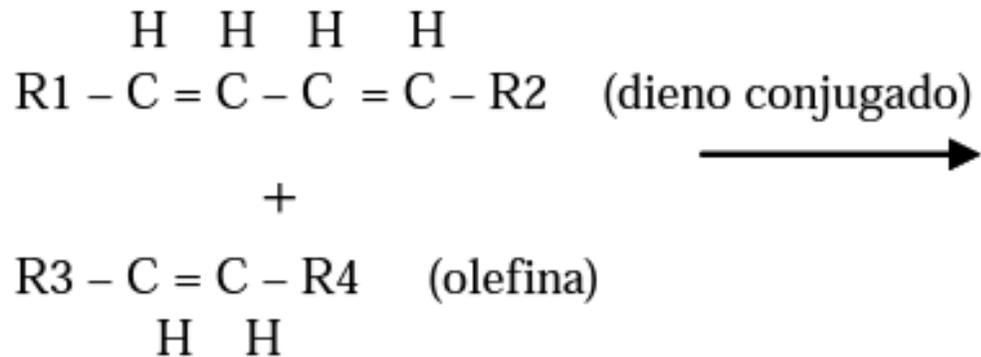
# Formación de dímeros

- Resultado de la reacción de los ácidos grasos de un mismo glicérido (reacción intramolecular) que puede ser liberado por hidrólisis.
- La reacción no produce un aumento en el peso molecular del glicérido.
- El aumento del peso molecular del glicérido ocurre cuando la reacción se produce entre ácidos grasos de distintos glicéridos.



# Formación de dímeros cíclicos

- Resultado de la reacción de grupos olefínicos y dienos conjugados (trans-trans) que producen dímeros cíclicos del tipo ciclohexano (sustancia potencialmente cancerígena).

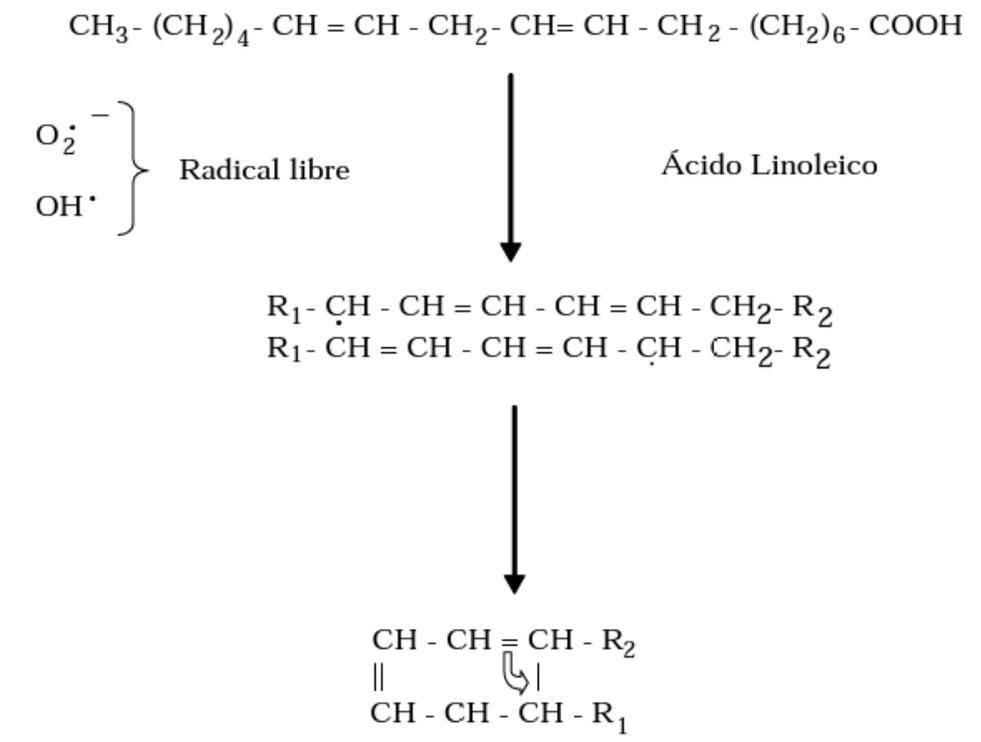


Dímero tipo ciclohexan



# Formación de monómeros cíclicos

- Resultado de la reacción secuencial entre un radical libre y un doble enlace de la misma molécula (reacción intramolecular).





# Formación de polímeros

- Resultado de las reacciones de oxidación en que intervienen radicales oxi-peroxi con dímeros o moléculas mayores, estableciéndose uniones C-C o C-O las que también se presentan con moléculas cicladas.



# Efectos del calentamiento sobre los alimentos grasos y el aceite utilizado

- Las frituras intermitentes favorecen en gran medida la oxidación del aceite ya que el oxígeno es absorbido durante el enfriamiento.
- Las reacciones de lípidos y proteínas causan pérdida del valor nutritivo ya que los aldehídos generados en la peroxidación reaccionan con los grupos aminos libres en las proteínas.
- Las vitaminas sensibles a la oxidación son oxidadas por los productos generados en la peroxidación.



# Productos secundarios de la oxidación

- Aldehídos aislados de grasas o aceites oxidados, principalmente de la descomposición de los ácidos oleico y linoleico.
- Alcoholes primarios se transforman a los ácidos correspondientes.
- Alcoholes secundarios se transforman a cetonas



# Antioxidantes

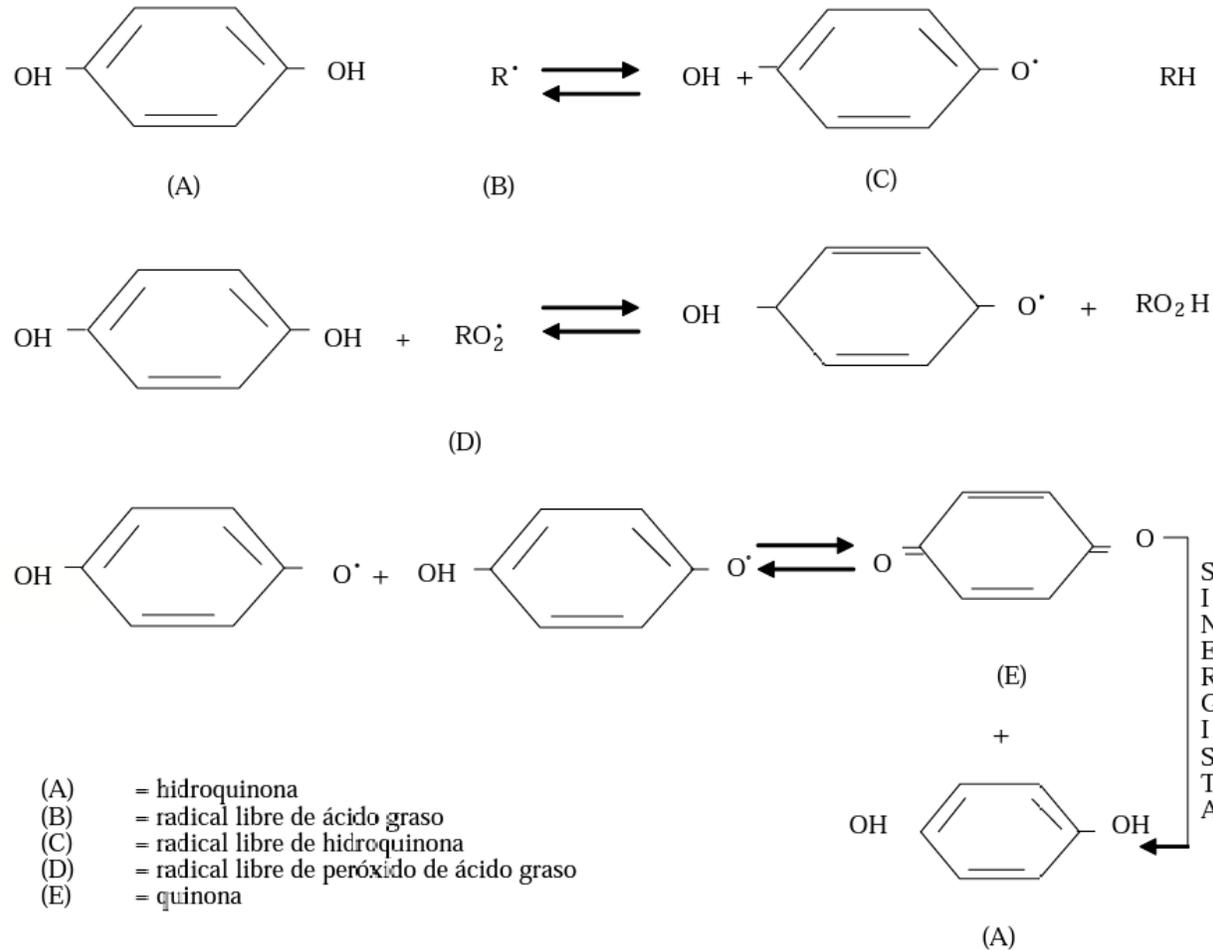
Los procesos de oxidación requieren: enzima, oxígeno y sustrato. Inactivando la enzima o eliminando el oxígeno se puede controlar dicho proceso.

En sustancias lipídicas no es posible aplicar ninguna de las técnicas anteriores, por lo que, lo más factible es utilizar antioxidantes.

Los antioxidantes son sustancias sensibles a la oxidación, lo cual evita el enranciamiento de los lípidos.



# Mecanismo de acción de antioxidantes





# Antioxidantes naturales y químicos

## Naturales

- Vitaminas A, C, E.
- Aminoácidos cistina y cisteína.

## Químicos

- Butilhidroxianisol (BHA).
- Butilhidroxitolueno (BHT).
- Butilhidroxiquinona (TBHQ).
- Propil galato.
- Resina de guayacol.



# Aplicación de los antioxidantes químicos

- Resina de guayacol: impregnación de papel y cartón destinado al envasado de sustancias lipídicas.
- BHA y BHT: conservación de esencias, ceras y vitamina A.
- BHA y propil galato: aceite de oliva, aceite maravilla y pimentón.

