

Nutrición y Dietética

# Tema 4

## Lípidos

Dr. Alfredo Fernández Quintela  
Dpto. Farmacia y Ciencias de los Alimentos  
Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Lípidos

- ▶ Introducción
- ▶ Clasificación y propiedades
- ▶ Funciones en el ser humano
- ▶ Digestión, absorción y metabolismo
- ▶ Regulación del metabolismo
- ▶ Fuentes y requerimientos
- ▶ Bibliografía

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Introducción

- ▶ Sustancias insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos
- ▶ Estructura química con pocos átomos de oxígeno (enlace tipo éster)
- ▶ Al ser más reducidos rinden más energía: 9 kcal/g
- ▶ Los más conocidos: colesterol y triglicéridos

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Clasificación

- ▶ Tipos de lípidos
  - Glicéridos: monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos (95–98 % de la grasa de la dieta)
  - Lípidos complejos
    - Fosfolípidos
    - Esfingolípidos
  - Esteroles
  - Lipoproteínas

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Clasificación . Ácidos grasos

- ▶ Ácidos grasos
  - Ácidos carboxílicos de cadena par de átomos de carbono (2–26)
  - Clasificación
    - Longitud de la cadena
      - Cadena corta: 2–6 átomos de carbono
      - Cadena media: 8–12 átomos de carbono
      - Cadena larga: >14 átomos de carbono
    - Grado de insaturación
      - Saturados
      - Insaturados: monoinsaturados, poliinsaturados (*cis* y *trans*)
    - Localización del primer doble enlace
      - n–3 (ácido linolénico; C18:3)
      - n–6 (ácido linoleico; C18:2)
      - n–9 (ácido oleico; C18:1)

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Clasificación. Ácidos grasos

- ▶ Ácidos grasos esenciales
  - Desaturasas ( $\Delta 4$ ),  $\Delta 5$ ,  $\Delta 6$  y  $\Delta 9$
  - El ser humano sólo puede introducir dobles enlaces a partir del carbono n–9 (hacia el grupo carboxilo)
  - Ácido linoleico y ácido linolénico son los ácidos grasos esenciales

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Clasificación. Lípidos complejos

### ▶ Fosfolípidos

- Posiciones 1 y 2 del glicerol: ácidos grasos
- Posición 3: ácido fosfórico + aminoalcohol o polialcohol
- Constituyentes de membrana celular y lipoproteínas
- Ejemplos
  - Fosfatidil colina “lecitina” (LCAT)
  - Fosfatidil etanolamina “cefalina” (coagulación)
  - Fosfatidil inositol (papel regulador)

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Clasificación. Lípidos complejos

### ▶ Esfingolípidos

- No contienen glicerol
- Contienen un aminoalcohol: esfingosina
- Subclases
  - Esfingomielinas
    - Presente en las membranas celulares y vainas de mielina
  - Cerebrósidos
    - Galactocerebrósidos: membranas celulares del encéfalo
    - Glucocerebrósidos: membranas de tejidos no neuronales
  - Gangliósidos
    - Lípidos de membrana de la sustancia gris cerebral

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Clasificación. Esteroles

- ▶ Anfipáticos: se sitúan en las membranas afectando a la fluidez
- ▶ Colesterol
  - Estructura de anillos alifáticos
  - Células animales
  - Base de otras moléculas: hormonas esteroideas, vitamina D, ácidos biliares
- ▶ Fitosteroles
  - Derivados vegetales, estructuralmente similares al colesterol
  - No absorbibles
  - Competencia con el colesterol por su absorción
  - Ejemplos:
    - Sitosterol
    - Campesterol
    - Estigmasterol

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Clasificación. Lipoproteínas

- ▶ Síntesis hepática e intestinal
- ▶ Apoproteína + moléculas grasas
- ▶ Solubilizan los lípidos en el plasma
- ▶ Tipos:
  - Quilomicrones
  - Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)
  - Lipoproteínas de baja densidad (LDL)
  - Lipoproteínas de densidad intermedia (IDL)
  - Lipoproteínas de alta densidad (HDL)

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Propiedades

### ► Consistencia

- Depende de su composición en ácidos grasos
  - Líquida
    - Ácidos grasos saturados  $\leq 10$  átomos de carbono
    - Insaturados
  - Semilíquida
    - Ácidos grasos saturados 10–12 átomos de carbono
  - Sólida
    - Ácidos grasos saturados  $> 12$  átomos de carbono

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Propiedades

- Consistencia
  - Depende de su composición en ácidos grasos
- Hidrogenación
  - Grasas insaturadas  $\rightarrow$  grasas saturadas
- Formación de emulsiones
  - Aumento de la superficie de contacto
- Saponificación
  - Ácido graso + catión = jabón (medio alcalino)
- Enranciamiento
  - Ácidos grasos poliinsaturados
- Efecto del calor
  - Glicerol  $\rightarrow$  acroleína (irritante de la mucosa)

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Funciones en el ser humano. Nivel metabólico

- ▶ Combustible energético
  - Los triglicéridos son las mejores formas de reserva energética
    - Elevada capacidad calórica (9 kcal/g)
    - Liposolubilidad: se almacenan sin agua (mínimo espacio)
  - Tejido adiposo: reserva de grasa exógena y endógena
  - Depósitos de triglicéridos: músculo, hepatocitos → fuente de energía

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Funciones en el ser humano

- ▶ Combustible energético
- ▶ Depósito de nutrientes esenciales
- ▶ Vehículo para la absorción de vitaminas liposolubles
- ▶ Biosíntesis de otras moléculas
- ▶ Transporte de lípidos
- ▶ Función protectora
- ▶ Sensación de saciedad

Palatabilidad

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Digestión de las grasas

- ▶ Lipasa pancreática
  - Inhibida por los ácidos biliares
  - Unida a colipasa → actividad
  - Ácidos grasos + 2-monoglicéridos
- ▶ Fosfolipasa A<sub>2</sub>
  - Proenzima: activada por tripsina
  - Ácido graso en posición 2: ácido araquidónico
- ▶ Colesterol esterasa
  - Lipasa no específica
  - Ésteres de colesterol + ésteres de vitaminas A, D y E + triglicéridos (glicerol + ácidos grasos)

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Absorción de las grasas

- ▶ Ácidos grasos, 2-monoglicéridos, lisofosfolípidos, colesterol y vitaminas liposolubles
- ▶ Formación de micelas
  - Ácidos biliares (concentración micelar crítica)
- ▶ Proceso muy eficaz: digestibilidad ~ 95 %
- ▶ Ácidos grasos de cadena corta y media
- ▶ Resíntesis de triglicéridos
  - A partir de monoglicéridos
  - A partir de glicerol y/o glicerol-P (glicerol quinasa)
- ▶ Quilomicrones

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Absorción de las grasas. Circulación enterohepática de ácidos biliares

- ▶ Necesaria para permitir la digestión total de la grasa
- Pool ácidos biliares resulta no suficiente (2-3 g) ⇒ Recirculación (4-12 veces/día)
- ▶ Reposición de las pérdidas por síntesis hepática

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Transporte de las grasas. Generalidades

- ▶ La sangre es el medio de transporte de los lípidos
- ▶ Naturaleza insoluble en agua ⇒ no presencia de lípidos circulantes libres (TG cadena corta y media)
- ▶ Sistema de transporte fundamental: lipoproteínas (albúmina)
- ▶ Relación entre dieta y metabolismo de las lipoproteínas
- ▶ Implicaciones clínicas del metabolismo de las lipoproteínas

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013



## Transporte de las grasas

### ▶ Lipoproteínas. Características

- Estructurales
    - Carácter anfipático
    - La densidad está en función de la relación entre proteínas y lípidos que las constituyen
      - Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)
      - Lipoproteínas de baja densidad (LDL)
      - Lipoproteínas de densidad intermedia (IDL)
      - Lipoproteínas de alta densidad (HDL)
- Muy ricas en lípidos
- Muy ricas en proteínas

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Metabolismo de las lipoproteínas. Resumen

- ▶ Quilomicrones
  - TG, FL y colesterol de la dieta → tejidos
    - QM remanentes
- ▶ VLDL
  - TG endógenos desde el hígado → tejidos
    - 70% retorna al hígado
    - IDL
- ▶ LDL
  - Colesterol hígado → tejidos
- ▶ HDL
  - Colesterol tejidos → hígado

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Metabolismo de las lipoproteínas

### ▶ Enzimas involucradas

- Lipoproteína lipasa (LPL)
  - Acción lipolítica (lipoproteínas + triglicéridos)
- Lecitin colesterol acil transferasa (LCAT)
  - Cataliza la transferencia de un ácido graso desde un fosfolípido (lecitina) al colesterol (apo A-I)
  - Colesterol esterificado internalización en la lipoproteína

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Metabolismo de las grasas. Papel del tejido adiposo

- ▶ Tejido metabólicamente activo
- ▶ Especializado en el metabolismo de la grasa
- ▶ Reserva energética
  - Acúmulo: lipogénesis
    - Hipertrofia
    - Hiperplasia
  - Movilización: lipolisis

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Tipos de tejido adiposo

- ▶ Tejido adiposo blanco
  - Distribución extensa
  - Ubicación
    - Subcutáneo
    - Perigonadal (epididimal/periovárico)
    - Perirrenal
    - Retroperitoneal
    - ...
  - Función
    - Reserva energética
    - Protección mecánica
    - Aislamiento térmico
    - Función secretora
- ▶ Tejido adiposo marrón
  - Distribución menos extensa
    - Importante en el recién nacido
  - Ubicación
    - Cervical
    - Interescapular
    - Abdominal
  - Función
    - Regulación térmica

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Metabolismo lipídico. Papel del hígado

- ▶ Clave en la regulación del metabolismo de los lípidos
  - Utiliza los ácidos grasos como fuente de energía: oxidación de ácidos grasos
  - Resíntesis de triglicéridos (reserva)
    - Ácidos grasos sintetizados "de novo" (glucosa)
    - Glicerol y/o glicerol-P → glicerol quinasa
  - Síntetiza
    - Ácidos grasos (glucosa) → tejidos periféricos
    - Fosfolípidos y colesterol
    - Lipoproteínas
    - Cuerpos cetónicos (exclusiva)
  - Desaturación
  - Elongación y acortamiento

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Regulación hormonal del metabolismo lipídico

### ▶ Lipolíticas

- Tiroxina
- Glucocorticoides (localización anatómica)
- Adrenalina
- Glucagón
- Hormona de crecimiento

### ▶ Lipogénica

- Insulina (+ antilipolítica)
- Glucocorticoides (localización anatómica)

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Fuentes

### ▶ Carnes y aves

- Ácidos grasos saturados y de cadena larga

### ▶ Vísceras: hígado

### ▶ Pescados y mariscos

- Pescado blanco (1-5 %)
- Pescado azul (9-13 %)

### ▶ Lácteos

- Ácidos grasos de cadena corta y media (saturados)

### ▶ Huevos

### ▶ Frutos secos

- Ácidos grasos mono y poliinsaturados
- Fitosteroles

### ▶ Legumbres

- 1-5% grasa; soja 40%

### ▶ Fruta

- 0,4 % grasa

### ▶ Cereales

- 0,2-5% grasa

### ▶ Aceite

- Ácidos grasos poliinsaturados: excepto palma, palmiste y coco

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Recomendaciones

- ▶ 30–33 % de la energía de la dieta
- ▶ Tipo de grasa
  - Ácidos grasos saturados: 7–8 %
  - Ácidos grasos monoinsaturados: 10–15 %
  - Ácidos grasos poliinsaturados: 7–10 %
- ▶ Ingesta de colesterol <300 mg/d
- ▶ Ácidos grasos esenciales:
  - Niños: 3–6 % de las calorías
  - Adultos: 1–2 %
- ▶ Relación n-6/n-3 = 4/1 (dieta occidental ~ 10/1)

Aporte  
correcto de  
vitaminas  
liposolubles

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013

## Bibliografía

- ▶ Gil A (2010). Tratado de Nutrición. Tomo I: Bases fisiológicas y bioquímicas de la Nutrición. Editorial médica Panamericana, Madrid
- ▶ Guyton AC, Hall JE (2006). Tratado de fisiología médica. Elsevier, 13ª edición, Madrid
- ▶ Mozaffarian D, Aro A, Willett WC (2009). Health effects of trans-fatty acids: experimental and observational evidence. Eur J Clin Nutr, 63 (supl 2): S5–S21
- ▶ Okuyama H, Yamada K, Miyazawa D, Yasui Y, Ohara N (2007). Dietary lipids impacts on healthy ageing. Lipids, 42: 821–82
- ▶ Ostlund RE Jr (2007). Phytosterols, cholesterol absorption and healthy diets. Lipids, 42: 41–45

Alfredo Fernández (UPV/EHU)  
OCW 2013