

Lípidos : Digestión y Absorción

Concepto	Grasa amarilla ¹	Sebo de res ²	Mezcla animal-vegetal ³	Extractos de jabón ⁴	Sales de calcio ⁵
Humedad	0.40	0.12	0.88	1.4	
Impurezas	0.22	0.08	0.56	4.9	
Materia insaponificable	0.71	0.31	3.88	3.46	
Valor de iodo	82.06	54.04	67.16	102.6	
Ácidos grasos totales	92.6	92.48	92.9	85.7	81.3
Ácidos grasos libres	13.95	7.8	51.0	54.8	
Perfil de AG, %					
C16:0	18.03	25.23	22.3	21.5	49.8
C18:0	10.32	15.73	13.7	6.0	4.03
C18:1	46.88	42.18	35.5	26.5	36.3
C18:2	17.16	5.26	18.7	40.2	7.46
C18:3	1.42	0.47	1.55	3.1	0.30



Ácido graso

Ca²⁺

María de Jesús Marichal

2011

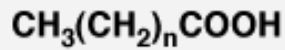
Jabón Cálculo de ácidos grasos de aceite de palma.

¡REPASAMOS!

Ácidos grasos

Ácidos Grasos

- Cadenas lineales de C
- N° par de carbonos
- Un grupo carboxilo



Nomenclatura

- IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry
- C 1 ----> C del grupo carboxilo $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$
- largo de la cadena hidrocarbonada + oico
- AG de 18C : ácido octadecanoico
- Forma abreviada 18:0
- insaturaciones: Δ
18:1 Δ^9 , 18:3 $\Delta^{9,12,15}$
- nombre común

Ácidos grasos más comunes en di y triglicéridos

Ácido Graso	C: dobles enlaces	Posición del doble enlace
Mirístico	14:0	
Palmítico	16:0	
Palmitoleico	16:1	Cis Δ^9
Esteárico	18:0	
Oleico	18:1	Cis Δ^9
Linoleico	18:2	Cis $\Delta^9,12$
Linolénico	18:3	Cis $\Delta^9,12,15$
Araquidónico	20:4	Cis $\Delta^5,9,12,15$
Eicosapentaenoico	20:5	Cis $\Delta^5,9,12,15,17$
Docosahexaenoico	22:6	Cis $\Delta^4,7,10,13,16,19$

- AG saturados o insaturados (MUFA, PUFA)

- Dobles enlaces definen:

- Reactividad
- Puntos de fusión
- Esencialidad

Síntomas asociados a consumos inadecuados de AGE

ω 6

- Cese de Crecimiento
- Dermatitis y dificultad de cicatrización
- Pérdida de agua a través de la piel
- Pérdida de sangre en la orina
- Hígado graso
- Pérdida de capacidad reproductiva

ω 3

- Desarrollo del SNC
- Disminución de Visión

Importancia de los AGE

- Forman parte de las membranas celulares
- Producción de mediadores lipídicos

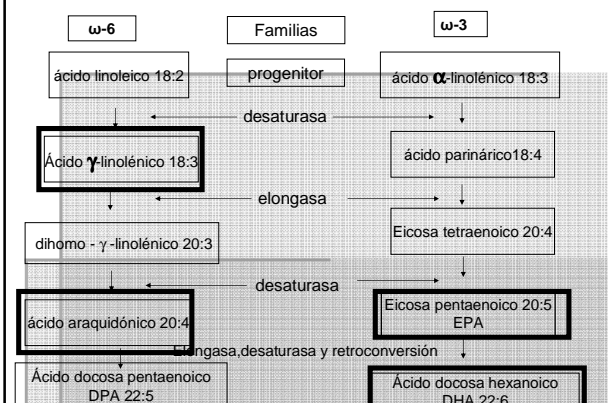
Membranas celulares

- Fosfolípidos
- Definen estructura y funcionalidad óptima
- Almacenan AGNS o PUFA

Síntesis de mediadores lipídicos (hormonas)

- eicosanoides (20 C)
- prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos
- γ Linolénico C18:3 (ω 6)
- Araquidónico C 20:4 (ω 6)
- Eicosa pentaenoico (EPA) C 20:5 (ω 3)
- no estrictamente esenciales
- se sintetizan a partir del linoleico y α-linolénico
- En monogástricos se recomienda su aporte exógeno ---> acción de desaturasas puede ser lenta

Cadenas de síntesis: acción de elongasas y desaturasas



Repasamos!

Lípidos en los alimentos

AG en lípidos de alimentos de origen vegetal

AG	Maíz		Soja		Pastura	
	Grano	Poroto	Leguminosa	Gramínea		
Saturados						
C14:0	-	-	-	1.1		
C16:0	7.0	8.5	8.9	15.9		
C18:0	2.4	3.5	2.8	2.0		
Total	9.4	12.0	15.6	19.5		
No saturados						
C16:1	-	-	7.9	2.5		
C18:1	30.1	27.3	9.5	3.4		
C18:2 (ω 6)	54.7	49.7	8.1	13.2		
C18:3 (ω 3)	1.4	6.9	58.9	61.3		
Total	86.2	83.9	84.4	80.4		
EE % BS	4	21	3	3		

AG en lípidos de alimentos de origen animal

A G	Pescado		Grasa	
	Harina	Vacuna	Cerdo	
Saturados				
C14:0	11.9	3.3	1.5	
C16:0	23.2	26.2	25.7	
C18:0	5.6	22.4	12.1	
Total	40.7	51.9	39.3	
No saturados				
C16:1	16.4	3.0	4.6	
C18:1	15.3	34.8	42.0	
C18:2 (ω 6)	2.7	1.8	12.5	
C18:3 (ω 3)	1.9	0.5	1.1	
Total	36.3	40.1	60.2	
EE % BS	11	99	99	

Composición química promedio de grasas comerciales

Concepto	Grasa amarilla ¹	Sebo de res ²	Mezcla animal-vegetal ³	Oleínas	Sales de calcio ³
Humedad	0.40	0.12	0.88	1.4	
Impurezas	0.22	0.08	0.56	4.9	
Materia insaponificable	0.71	0.31	3.88	3.46	
Valor de iodo	82.06	54.04	67.16	102.6	
Ácidos grasos totales	92.6	92.48	92.9	85.7	81.3
Ácidos grasos libres	13.95	7.8	51.0	54.8	
Perfil de AG, %					
C16:0	18.03	25.23	22.3	21.5	49.8
C18:0	10.32	15.73	13.7	6.0	4.03
C18:1	46.88	42.18	35.5	26.5	36.3
C18:2	17.16	5.26	18.7	40.2	7.46
C18:3	1.42	0.47	1.55	3.1	0.30

¹grasa de restaurante o grasa de cocina.

³ diferentes proporciones de grasas de origen animal, aceites vegetales, aceites acidulados y subproductos de refinería

²punto de fusión (>40°C)

Lípidos: Digestión y Absorción

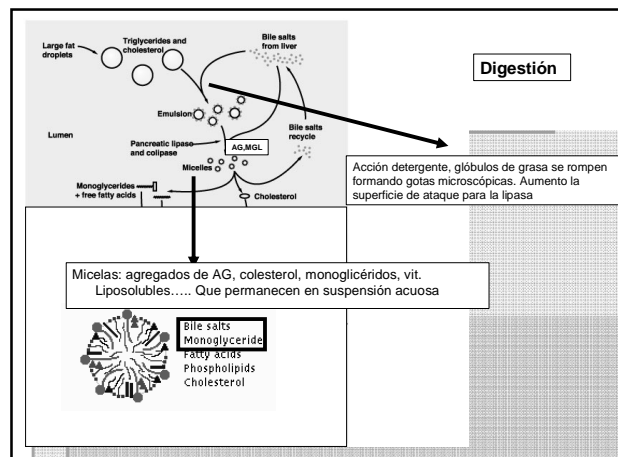
Monogástricos (Fermentadores posgástricos)

Digestión de los Lípidos

Lugar: Intestino Delgado

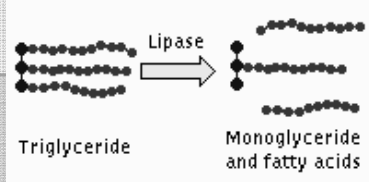
Involucra:

- Sales biliares
- Secreciones pancreáticas



Lipasa pancreática

- Actúa a pH neutro
- Hidrofóbicas: actúan en la interfase
- Específicas en posiciones sn-1 y sn-3



Productos de la digestión:

- AG
- MAG
- poco glicerol libre.
- Se forman **micelas mixtas** de AG y 2-MAG

Monogástricos

Factores que inciden en la digestibilidad de los ácidos grasos

Cerdos : Efecto de la inclusión de aceite de soja en la digestibilidad de los lípidos alimentarios

Lípidos alimentarios en la dieta basal : Grasa vacuna

Aceite de Soja (%)	Grasa vacuna	
	Digestibilidad (%)	Energía Metabolizable (Mcal/kg)
0	0.75	7.01
5	0.86	8.07
10	0.93	8.49

Digestibilidad AGS aumenta al aumentar AGNS

Factores que inciden en la digestibilidad de lípidos

1. Largo de cadena: <14 C dig.

Dig = 80-95%

independientemente de la relación AGS:AGNS

2. Ácidos grasos: > 14 C

Largo de cadena y No. de dobles enlaces

Menor digestibilidad a

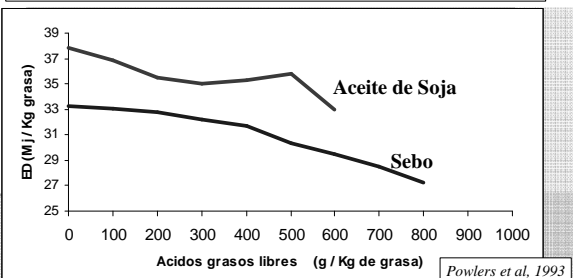
- Mayor grado de saturación
Saturados < No Saturados

- Mayor largo de cadena

NRC, 1998

3. AG libres

Cerdos : CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS LIBRES Y ENERGIA DISPONIBLE DE LA GRASA



La digestibilidad de los lípidos disminuye linealmente cuando AGLibres aumentan de 100 a 800 g/ kg de grasa (NRC, 1998)

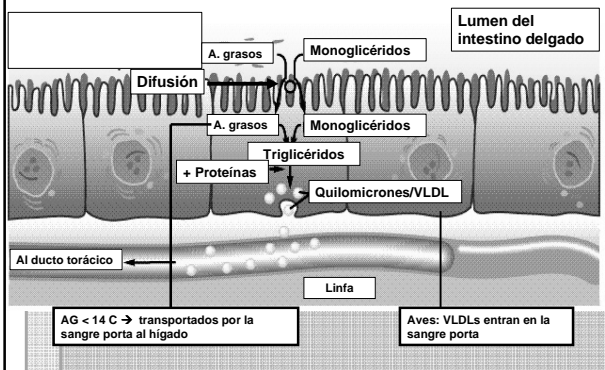
4. Cantidad de fibra

Digestibilidad aparente de la grasa disminuye 1.3 a 1.5 unidades cada 1% de incremento en FC en la dieta (NRC, 1998)

ABSORCIÓN

Monogástricos

ABSORCION



ABSORCION

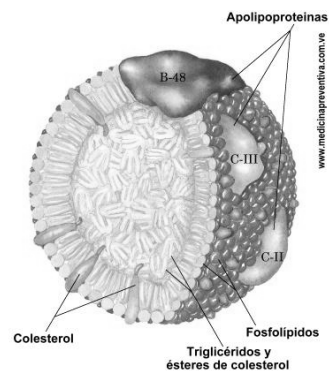
- AG y 2-monoglicéridos entran al enterocito por difusión

Independiente de energía - gradiente de concentración

- Proteína Transportadora de AG Específica : Importancia?

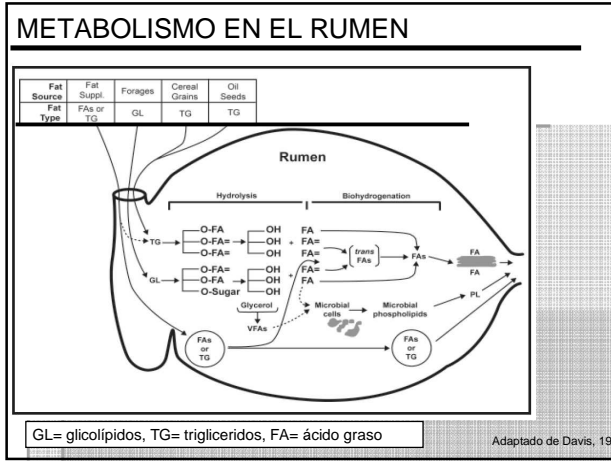
Lípidos : Transporte

Quilomicrón



Lípidos: Digestión y Absorción

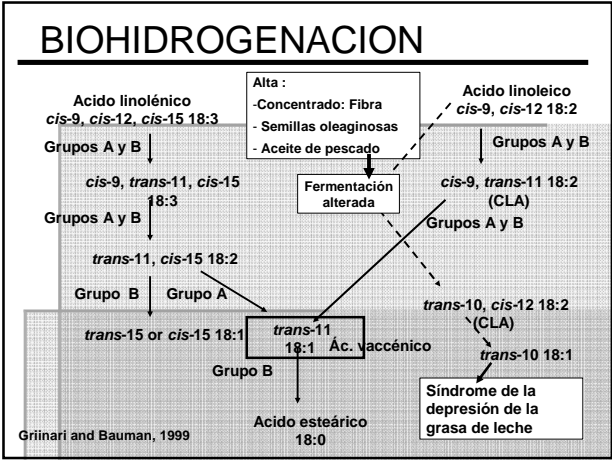
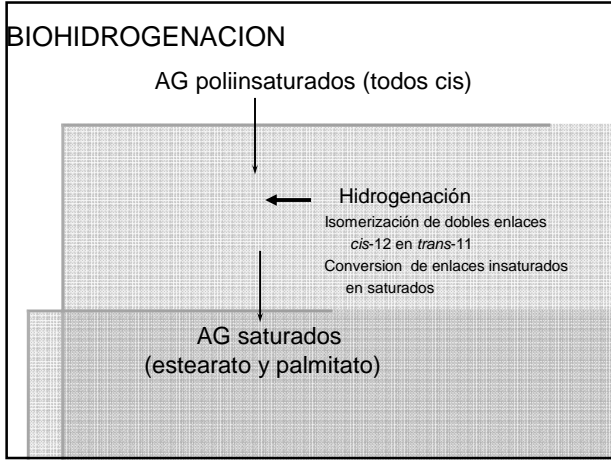
Rumiantes
(Fermentadores pregástricos)



- ### METABOLISMO RUMINAL
- Hidrólisis
 - Biohidrogenación**
 - Neutralización
 - Síntesis de ácidos grassos microbianos

- ### METABOLISMO EN EL RUMEN
- La degradación de los AG de cadena larga (AGCL) es mínima. Los mo **NO** emplean los AG como fuente de energía.
 - Hidrogenación de los AGNS
 - Los mo sintetizan AGCL (15g / kg de MO no lipídica fermentada)
 - No se absorben AGCL en el rumen.

- ### BIOHIDROGENACION DE LOS AG
- Todos los AGNS pueden ser hidrogenados
AG monoinsaturados menos que los poliinsaturados
 - Hidrogenación : 70 a 95% del C18:2
85 a 100% del C18:3
 - Metab. De los AGNS ----> Ac. estárico C18:0
 - > C18:0 en duodeno que ingresando al rumen
 - Diets con alto C18:2 ----> ↑ C18:2 al duodeno
- Mayoritariamente dejan el rumen AGS**



CLA (ácido linoleico conjugado):

AG intermediarios (cis-trans) de la biohidrogenación del C18:2

Efectos beneficiosos potenciales en la salud humana

- Reducen la arterioesclerosis : ↓ colesterol
- Efectos anticarcinogénicos
- Efectos en el sistema inmune
- ↓ Acumulación de grasa en el organismo (↑ activación de la lipólisis)

El ác. vaccénico se convierte en CLA en la glándula mamaria y en el tejido adiposo



Esta reacción es la mayor fuente de CLA en la leche y los tejidos de los rumiantes.

La Δ^9 -desaturasa también es responsable de la hidrogenación de :



METABOLISMO RUMINAL

- Hidrólisis
- Biohidrogenación
- **Neutralización**
- Síntesis de ácidos grasos microbianos

NEUTRALIZACION

- **Formación de sales de ácidos grasos de Na, K y Ca**
 - Debido al pH cercano a la neutralidad (pH =6.0-6.8)
- **Disociación : Abomaso (pH ~ 2.0)**

METABOLISMO RUMINAL

- Hidrólisis
- Biohidrogenación
- Neutralización
- **Síntesis de ácidos grasos microbianos**

SINTESIS DE LIPIDOS MICROBIANOS

- Fosfolípidos en la membrana celular
 - Sintetizados de novo
 - De cadena impar
 - Ramificados
 - Muchos con configuración *trans*-
 - Preformados (obtenidos de los alimentos)
- Las bacterias NO acumulan triglicéridos

AG microbianos

15 a 20% de los AG microbianos son monoinsaturados.

No se sintetizan AG poliinsaturados.

- Se incorpora algo de C 18:2.

Efectos de adicionar grasas en las dietas de los rumiantes

Reducción :

- Consumo
- Digestión de la fibra
- Grasa de la leche

Alteración de la fermentación ruminal:

- Aumenta relación C3:C2
- Disminución de la producción de CH₄

La presencia de AG poliinsaturados producen efectos más drásticos que AGS

Suplementar hasta 3% de grasas no produce efectos mayores (Total 7% de EE)

EFFECTOS DE LOS LIPIDOS EN LA FERMENTACION RUMINAL

% grasa adicionada	21% FDA		28% FDA	
	0	6	0	6
AGV, mM	90.1	84.2	89.8	80.8
Acetato, %	61.8	58.2	66.3	64.0
Propionato, %	21.3	25.4	17.7	20.2
Butirato, %	11.8	10.0	11.4	10.2

MECANISMOS DE INHIBICION

1. Lipidos recubren las partículas de alimento

- Interfieren con la adherencia de los microorganismos
- Interfieren con la acción enzimática

2. Efectos antimicrobianos directos

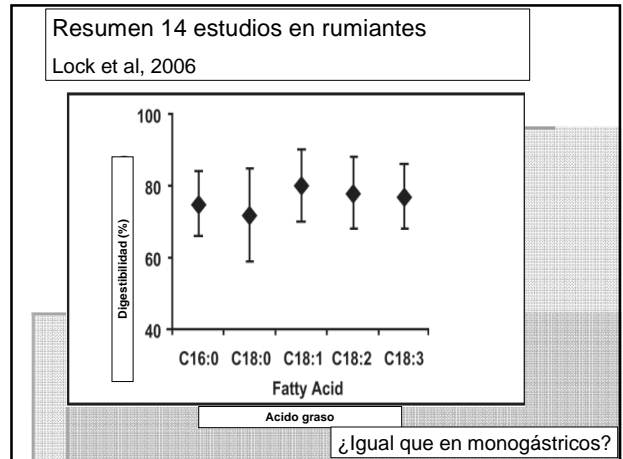
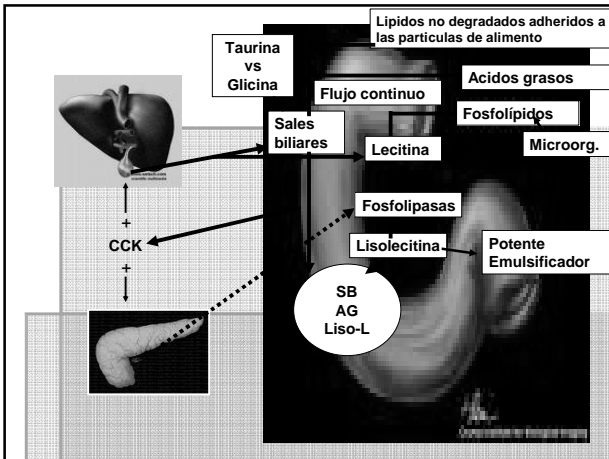
- Efectos tóxicos en las membranas celulares - interferencia con transporte de nutrientes
 - Bacterias gram +
- Interfieren con el metabolismo energético
- Triglicéridos menos tóxicos que AGL
- Sales de AG-Ca menos tóxicas que AGL

METABOLISMO RUMINAL

- Hidrólisis
- Biohidrogenación - *trans*
- Neutralización
- Síntesis de ácidos grasos microbianos

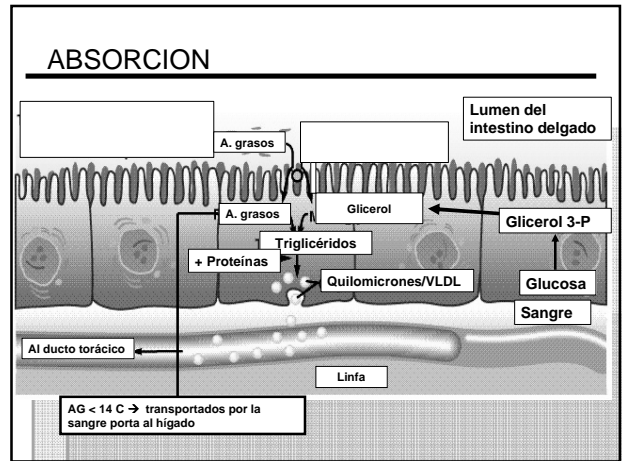
↳ Ingresan al duodeno

- Ácidos grasos libres, principalmente saturados (80-90%)
- Fosfolípidos microbianos (10-20%)
- Cantidades pequeñas de lípidos en los residuos alimenticios no degradados



ABSORCIÓN

Rumiantes



Productos finales de la digestión de los TAG que se absorben

TAG	Monogástricos	Rumiantes
	AG MAG	AG

¿Compuestos lipídicos que dejan el enterocito?

¿Comentarios?

¡MUCHAS GRACIAS!

Resumen: Productos finales de la digestión que se absorben

	Monogástricos	Rumiantes
Proteínas	aa	NH ₃ aa
CHO	Monosacáridos	AGV Monosacáridos
TAG	AG MAG	AG