

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 Á.G. %					
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



María de Jesús Marichal

2012

Jabón Cálcico de ácidos grasos de aceite de palma.

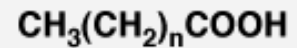
	EE	Grasa Verdadera/ Grasa total
	%, BS	%
Maíz , grano	4.2	90.0
Arroz, afrech integral	19.0	86.0
Soja, semilla	21.4	95.0
Soja, aceite	100.0	99.0
Soja, harina	2.2	70.0
Soja, cascarilla	2.8	90.0
Carne, harina	16.5	90.0
Pescado, harina	9.8	80.0
Sangre, harina	0.9	0.0
Sebo	100.0	98.0
Suero de queso	0.9	95.0

¡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

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

- AG saturados o insaturados (MUFA, PUFA)

- Dobles enlaces definen:

- Reactividad
- Puntos de fusión
- Esencialidad

Reactividad

- Oxidación ----> Enranciamiento
- Autoxidación ----- > Peróxidos.....
- Compuestos: - imprimen sabor
 - tóxicos
 - reaccionan con ε amino de la lisina
- Cambio deteriorativo durante el almacenamiento de alimentos
- Afrechillo de arroz integral, harinas de pescado, expellers

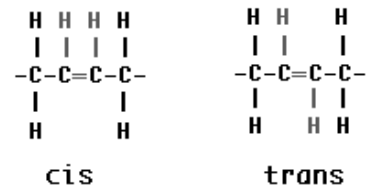
Más insaturación, más reactivos

Punto de Fusión : No. de dobles enlace

	Acido Graso	Punto de Fusión (° C)
C 18:0	ácido esteárico	70
C 18:1	ácido oleico	13
C 18:2	ácido linoleico	-5
C 18:3	ácido α - linolénico	-11

A igual largo de cadena:
más insaturación, menor PF

Punto de Fusión : Isómeros cis - trans



A igual largo de cadena:

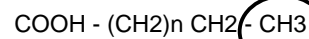
PF cis < PF trans < PF saturado

Esencialidad

- AG de cadena larga con carácter de “ Esencialidad” para los animales
- AG que el organismo no puede sintetizar y por tanto tienen que ser ingeridos a través de los alimentos.
- Imposibilidad de introducir dobles enlaces entre átomos del C 10 (desde el COOH) y el grupo metilo
- Pertenecen a la familia de los AG **OMEGA (ω)**

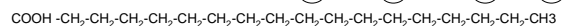
Familias omegas (ω)

- Nomenclatura:
 - C 1 ----> C del grupo metilo terminal



- Agrupa ácidos grasos en familias según su precursor de síntesis

- Familias : ω-9, ω-6 y ω-3 ^⑨ ^⑥ ^③ ^①



El nº indica la posición de doble enlace más cercano al átomo de carbono del grupo metilo.

Familias

- Familia ω -9 : oleico 18:1 Δ^9 o 18:1 ω^9
- Familia ω -6 : linoleico 18:2 $\Delta^9, 12$ o 18:2 $\omega^{6,9}$
- Familia ω -3 : α -linolénico 18:3 $\Delta^9, 12, 15$ o 18:3 $\omega^{3,6,9}$

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

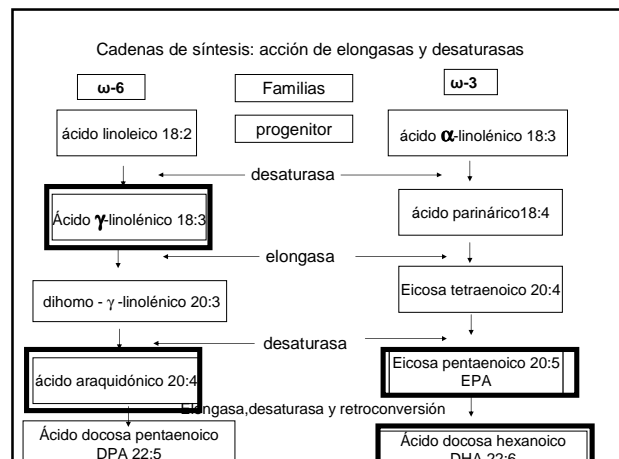
- Forman parte de las membranas celulares
- Producción de mediadores lipídicos

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



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	Sebo	Mezcla	Extractos	Sales
	amarilla ¹	de res ²	animal-vegetal ¹	de jabón ⁴	de calcio ²
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 yodo	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,

² diferentes proporciones de grasas de origen animal, aceites vegetales, aceites acidulados y subproductos de refinería

³punto de fusión (>40°C)

Lípidos: Digestión y Absorción

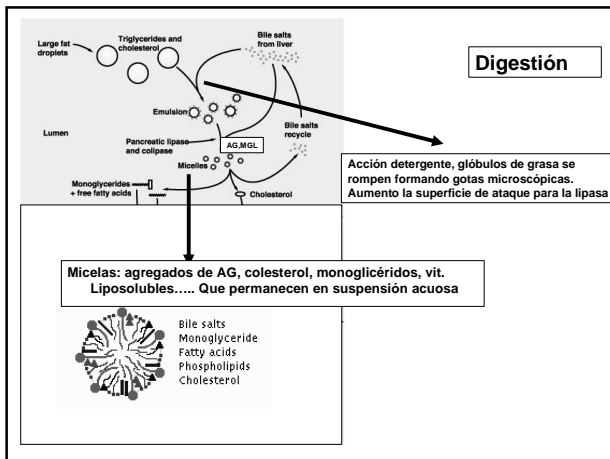
Monogástricos (Fermentadores posgástricos)

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

Triglyceride

Lipase

Monoglyceride and fatty acids

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

Características de los AG

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

La presencia de AGNS facilita la digestión de los AGS

Factores que inciden en la digestibilidad de lípidos

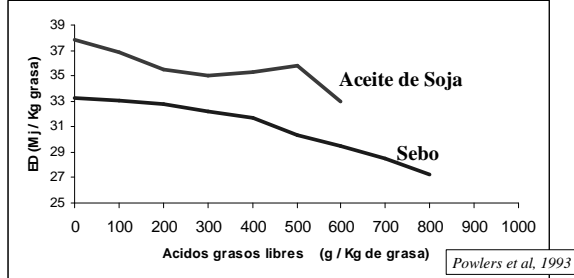
1. Largo de cadena: <14 C Dig = 80-95%
independiente la relación AGS:AGNS
2. Ácidos grasos: > 14 C
Largo de cadena y No. de dobles enlaces

No Saturados > Dig que saturados
Menor dig a mayor largo de cadena

NRC, 1998

AG libres

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



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

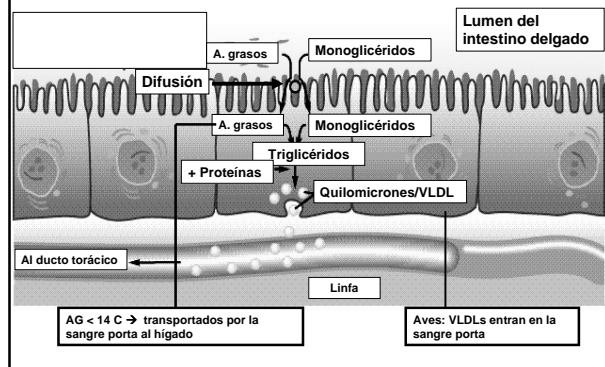
Fibra

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

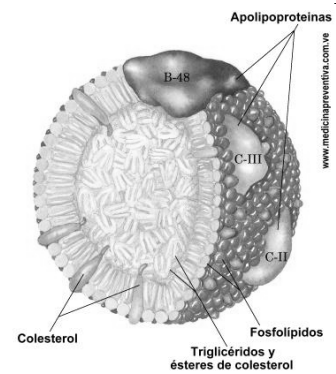
- AG y 2-monoglicéridos entran al enterocito por difusión

Independiente de energía - gradiente de concentración

- Proteína Transportadora de AG Específica : Importancia?

Lípidos : Transporte

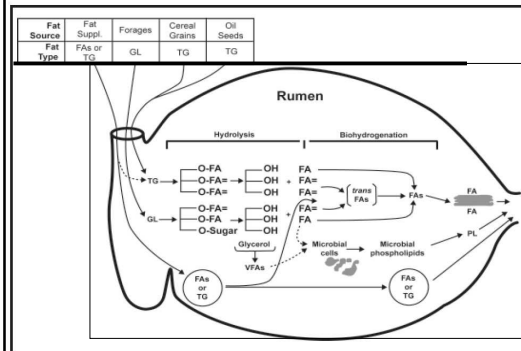
Quilomicrón



Lípidos: Digestión y Absorción

Rumiantes (Fermentadores pregástricos)

METABOLISMO EN EL RUMEN



GL= glicolípidos, TG= triglicéridos, FA= ácido graso

Adaptado de Davis, 1990

METABOLISMO RUMINAL

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

METABOLISMO EN EL RUMEN

1. La degradación de los AG de cadena larga (AGCL) es mínima. Los **NO** emplean los AG como fuente de energía.
2. Hidrogenación de los AGNS
3. Los **no** sintetizan AGCL(15g / kg de MO no lipídica fermentada)
4. 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.estérico C18:0
- > C18:0 en duodeno que ingresando al rumen
- Dietas con alto C18:2 ----> ↑ C18:2 al duodeno

Mayoritariamente dejan el rumen AGS

BIOHIDROGENACION

AG poliinsaturados (todos cis)



Hidrogenación

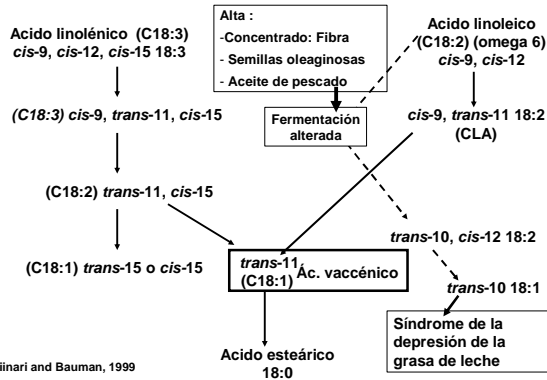
Isomerización de dobles enlaces

cis-12 en trans-11

Conversion de enlaces insaturados en saturados

AG saturados
(estearato y palmitato)

Biohidrogenación



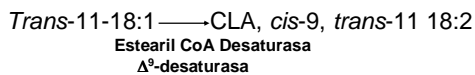
CLA (ácido linoleico conjugado):

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

Efectos beneficiosos potenciales en la salud humana

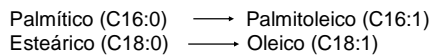
- Reducen la arterioesclerosis : ↓ colesterol
- Efectos anticarcinogénicos
- Efectos en el sistema inmune
- ↓ Acumulación de grasa en el organismo (↑ activación de la lipólisis)

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

Neutralización

- 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

	21% FDA		28% FDA	
% grasa adicionada	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. Lípidos recubren las partículas de alimento

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

2. Efectos antimicrobianos directos

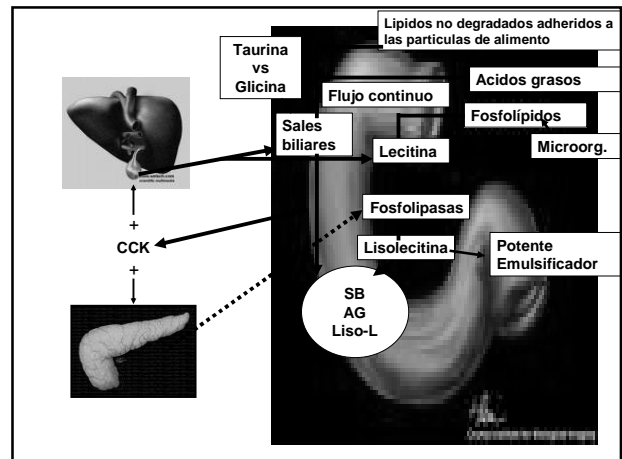
- Efectos tóxicos en las membranas celulares - interferencia con transporte de nutrientes
 - Bacterias gram +
- Interfieren con el metabolismo energético
- Triglicéridos menos tóxicos que AGL
- Sales de AG-Ca menos tóxicas que AGL

METABOLISMO RUMINAL

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

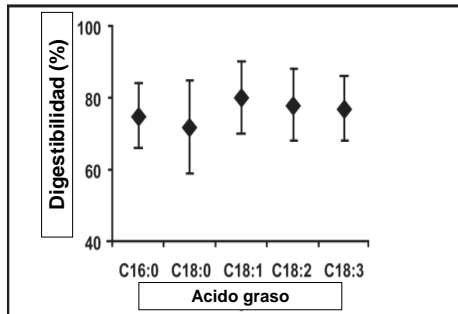
Ingresan al duodeno

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



Resumen 14 estudios en rumiantes

Lock et al, 2006

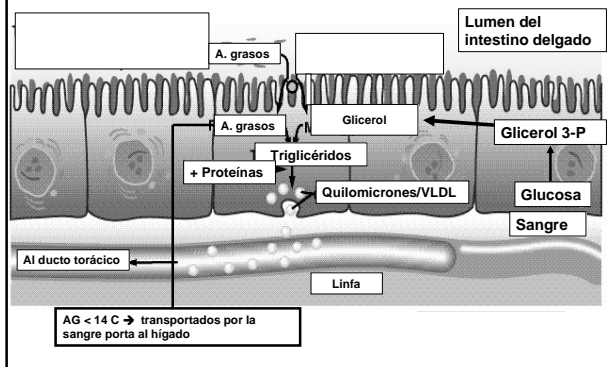


¿Igual que en monogástricos?

ABSORCIÓN

Rumiantes

ABSORCIÓN



Productos finales de la digestión de los TAG que se absorben

	Monogástricos	Rumiantes
TAG	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