

LIPIDI

- Gruppo eterogeneo di sostanze
- Insolubili in acqua ma solubili in solventi organici
- Possiedono almeno un acido grasso

Funzioni:

- di riserva (tessuti adiposi, semi oleosi)
- metaboliche (componenti delle membrane cellulari (trasporto elettroni e substrati))
- di protezione nei vegetali

LIPIDI

Uso dei lipidi
nell'alimentazione animale:

- Aumentare la densità energetica della razione
- Migliorare l'assorbimento di alcune sostanze liposolubili (es. vitamine)
- Ridurre la polverosità della razione
- Aumentare l'appetibilità dei pet-food (grassatura)



CROCCHETTA
prima del
rivestimento

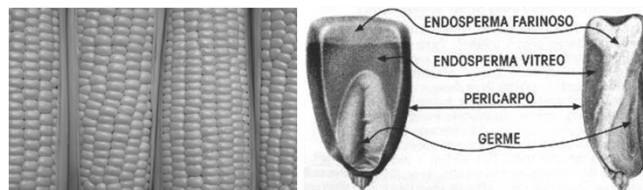
CROCCHETTA **dopo**
il rivestimento

LIPIDI: contenuto energetico

Alimenti	Energia lorda	
	Kcal/g	KJ/g
Glucosio	3.7	15.6
Amido	4.2	17.7
Cellulosa	4.2	17.5
Burro	9.2	38.5
Sego bovino	9.4	39.2
Semi oleosi	9.3	39.0
Caseina	5.4	24.5

LIPIDI: fonti vegetali

Alimenti	Lipidi grezzi (% ss)
Cereali	
-mais	4.8
-avena	4.8
-frumento	2.0
-orzo	2.1
Sottoprodotti molitura:	
-germe di mais	15.5
-germe di frumento	10.1
-germe di riso	20.4
-crusca di frumento	4.6
-cruschello di frumento	5.0

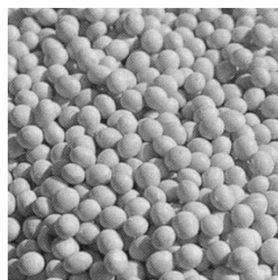


**LIPIDI:
fonti
vegetali**

Alimenti	Lipidi grezzi (%)
Semi (integrali) oleaginose	
-soia	19.6
-colza	45.7
-cotone	26.1
-girasole	48.5
-lino	38.4
Legumi secchi	
-ceci	4.9
-fagioli	2.5
-fave	1.5
-lenticchie	2.5

LIPIDI: residui estrazione dell'olio

Alimenti	Lipidi grezzi (% ss)	
	Farine di estrazione	Panelli
Girasole	0.6 - 1.7	10.5
Soia	1.2 - 3.7	4.4 - 4.8
Lino	2.1	6.9
Cotone	0.8	9.3
Arachide	0.8	8.6



**LIPIDI:
fonti
animali**



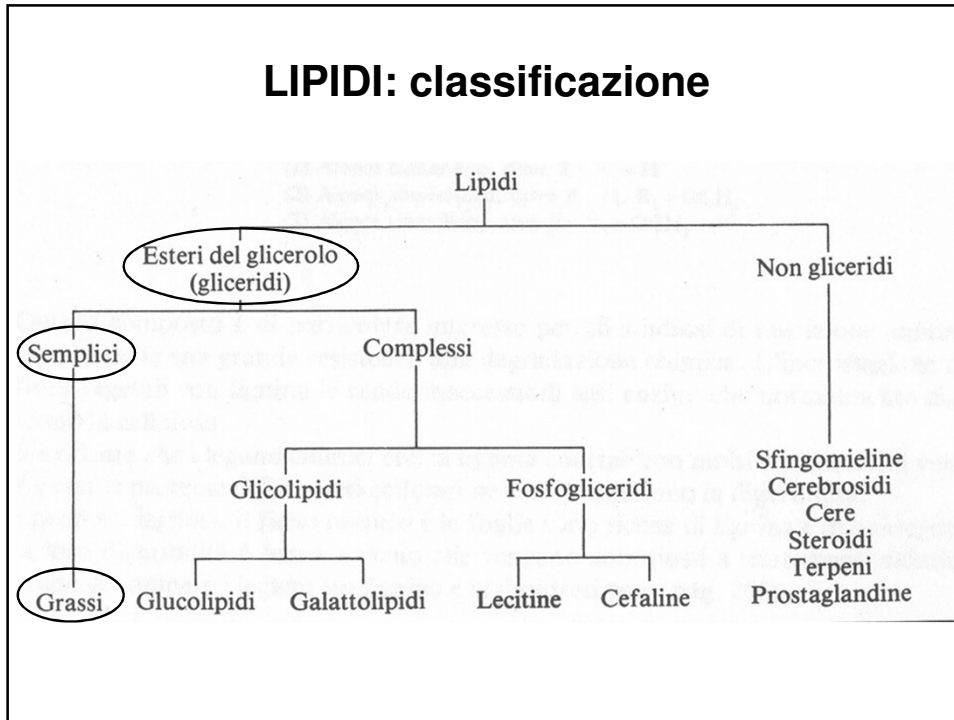
Alimenti	Lipidi grezzi (g/100 g)
Carne	
-agnello	30.5*
-bovino adulto	15.4
-coniglio	5.3
-maiale (coscia)	4.2
-strutto	99.0
-pancetta	69.3
-pollo	17.7*
-tacchino	6.9*
Pesci e molluschi	
-aringa	16.7
-merluzzo	0.7
-sgombro	11.1
-sogliola	1.4
-trota	3.0
-cozza	1.5

**LIPIDI:
fonti
animali**

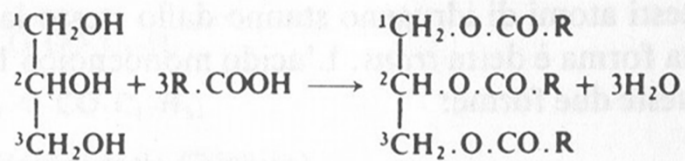


Alimenti	Lipidi grezzi (g/100 g)
Latte	
-intero	3.4
-parz. scremato	1.8
-scremato	0.2
-yoghurt (latte intero)	3.9
-yoghurt (latte scremato)	1.7
-burro	83.4
-margarina	81.0
Formaggi	
-Bel Paese	30.2
-Fontina	26.9
-Gorgonzola	31.2
-Parmigiano	24.9
Uova	
-intero	11.1
-tuorlo	31.9

LIPIDI: classificazione

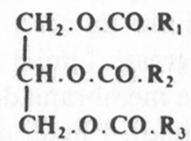


TRIGLICERIDI: struttura



Glicerolo + acidi grassi \longrightarrow trigliceride

Trigliceridi semplici e misti



ACIDI GRASSI: saturi a catena corta

A catena corta

1:0	Formico	Metanoico	HCOOH	Prende parte al metabolismo dell'unità monocarboniosa
2:0	Acetico	Etanoico	CH ₃ COOH	Principale prodotto catabolico di glicidi, lipidi e protidi (sotto forma di acetilCoA). Prodotto nella fermentazione intestinale
3:0	Propionico	Propanoico	CH ₃ (CH ₂)COOH	Prodotto della fermentazione dei carboidrati nei ruminanti e nel crasso dell'uomo
4:0	Butirrico	Butanoico	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	Presente in piccole quantità in certi grassi (specialmente burro). Prodotto dalla fermentazione intestinale di carboidrati

ACIDI GRASSI: saturi a media catena

A catena media

6:0	Caproico	Esanoico	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	Come il butirrico
8:0	Caprilico	Ottanoico	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH	Presente in piccole quantità in molti grassi (compreso il burro) e in grassi di origine vegetale
10:0	Caprico	Decanoico	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH	Come il caprilico
12:0	Laurico	Dodecanoico	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	Cannella, semi di palma, olio di cocco, mirtilli, burro

ACIDI GRASSI: saturi a catena lunga

A catena lunga

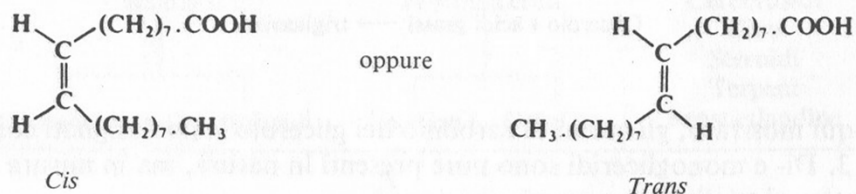
14:0	Miristico	Tetradecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Noce moscata, semi di palma, olio di cocco, mirtilli, burro
16:0	Palmitico	Esadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Comune in tutti i grassi animali e vegetali
18:0	Stearico	Ottadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Comune in tutti i grassi animali e vegetali

A catena molto lunga

20:0	Arachidico	Eicosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Olio di arachidi
22:0	Beenico	Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	Semi
24:0	Lignocerico	Tetracosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	Cerebrosidi, olio di arachidi

Nell'uomo la quota di acidi grassi saturi non dovrebbe superare il 10% dell'energia della dieta (WHO, 1990). In Italia è pari al 12% (36 g/d di cui 7 g/d di acido stearico) (Pizzoferrato e Nicoli, 1994)

ACIDI GRASSI: forme isomeriche



Fonti naturali: forme cis

Acidi grassi prodotti dai m.o. : anche forme trans

Acidi grassi idrogenati: forme trans

ACIDI GRASSI: mono- e poli-insaturi

16:1, ω -7	Palmitoleico	In quasi tutti i grassi
18:1, ω -9	Oleico	Forse, l'acido grasso più comune nei grassi naturali
22:1, ω -9	Erucico	Nelle rape e negli oli di senape
24:1, ω -9	Nervonico	Nei cerebrosidi
18:2, ω -6,9	Linoleico	In grano, arachidi, semi di cotone, semi di soia e molti vegetali
18:3, ω -3,6,9	α -linolenico	Si trova spesso con l'acido linoleico, e in particolare nell'olio di semi di lino
18:3, ω -6,9,12	γ -linolenico	In alcuni vegetali
20:4, ω -6,9,12,15	Arachidonico	Si trova nei grassi animali e nell'olio di arachide; importante componente dei fosfolipidi degli animali
20:5, ω -3,6,9,12,15	Timnodonico	Importante componente degli oli di pesce (olio di fegato di merluzzo, sgombro...)
22:5, ω -3,6,9,12,15	Clupanodonico	Oli di pesce, fosfolipidi del cervello
22:6, ω -3,6,9,12,15,18	Cervonico	Oli di pesce, fosfolipidi del cervello

Profilo acidico (mmol/mol) dei grassi alimentari

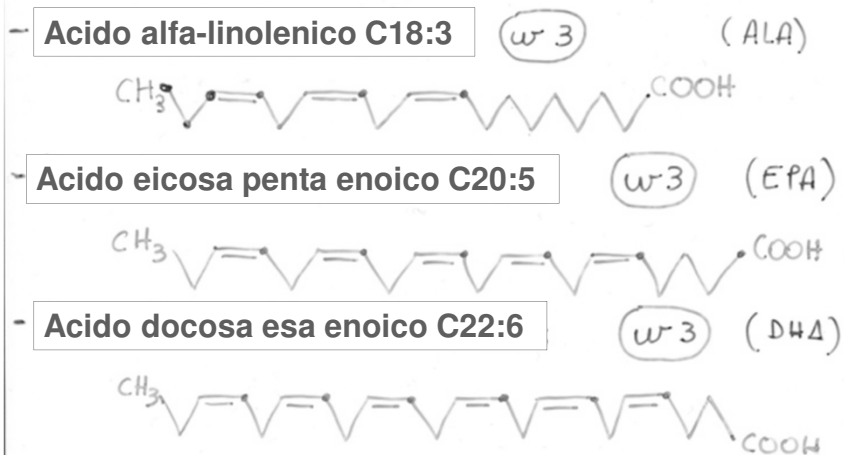
Acidi grassi	Burro	Lardo	Sego	Olio arachidi	Olio soia
Saturi corti-medi	210	0	0	0	0
4:0	90	0	0	0	0
6:0	30	0	0	0	0
8:0	20	0	0	0	0
10:0	40	0	0	0	0
12:0	30	0	0	0	0
Saturi lunghi	430	404	570	197	132
14:0	110	10	70	0	0
16:0	230	314	290	100	95
18:0	90	80	210	97	37
Insaturi	360	596	430	803	868
18:1	327	480	410	528	217
18:2	30	110	20	274	586
18:3	3	6	0	1	65

Composizione in acidi grassi (AG) della frazione lipidica di carni di animali di specie diverse

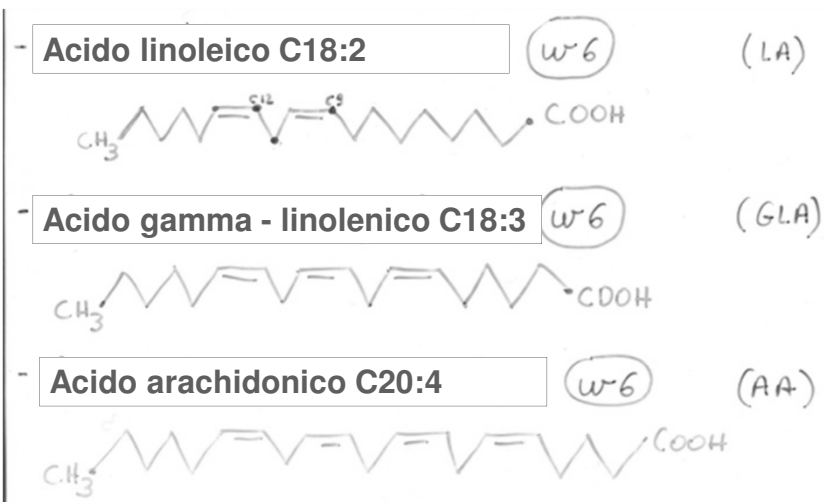
Specie	Bovino	Ovino	Suino	Coniglio	Pollo	Anatra	Tacchino	Struzzo
Grasso (%)	1.4	4.2	2.0	1.1	2.3	1.7	1.0	3.1
SFA (%)	41	46	36	37	33	35	37	33
MUFA (%)	43	44	43	25	47	30	28	35
PUFA (%)	16	10	21	38	20	35	35	32
PUFA/MUFA	0.4	0.2	0.6	1.0	0.6	1.0	0.9	1.0

SFA saturated fatty acids
 MUFA mono-unsaturated fatty acids
 PUFA poli-unsaturated fatty acids

ACIDI GRASSI: serie omega 3

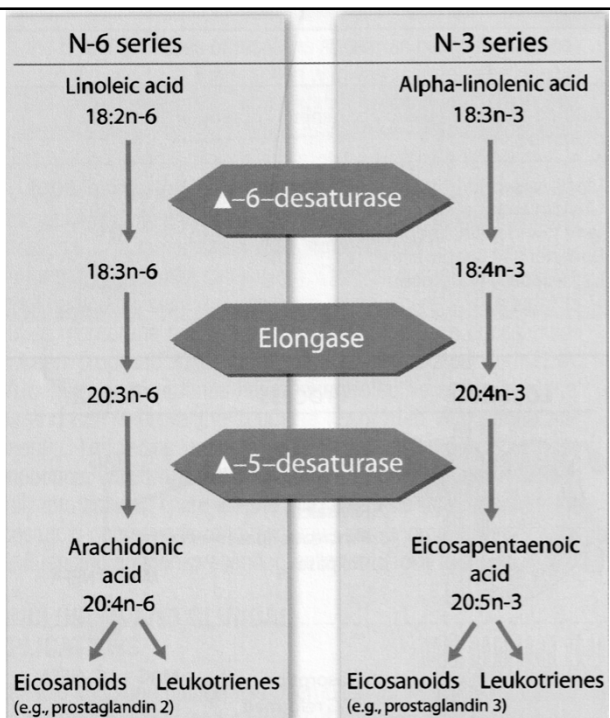


ACIDI GRASSI: serie omega 6



ACIDI GRASSI omega 6 e omega 3

Vie metaboliche (desaturasi ed elongasi)



ACIDI GRASSI omega 6 e omega 3: ruolo

Omega 6

- Aumento efficienza alimentare durante la crescita
- Miglioramento condizioni della pelle (riduzione disidratazione)
- Miglioramento efficienza riproduttiva (femmine e maschi → spermatogenesi)

Omega 3

- Sviluppo del tessuto nervoso, della retina, del cervello (neonati e giovani → aumento **capacità cognitive**)
- Riduzione della risposta infiammatoria (usati nelle fasi pre e post-operatorie, traumi, ferite, ustioni, cancro)
- Controllo delle artriti, **dermatiti**, malattie infiammatorie intestinali

ACIDI GRASSI: fonti e livelli di $\omega 6$ e $\omega 3$

fonti omega 3 : olio di lino, pesci
(legumi, prodotti della pesca, verdure a foglia verde)

fonti omega 6 : oli vegetali (mais, girasole, colza...)

rapporto ottimale $\omega 6/\omega 3$ 5:1-10:1
(FAO/WHO, 1994)

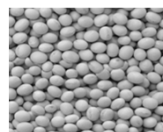
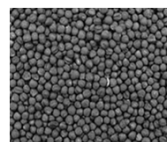
$\omega 6$ 17 g/d (maschi) 12 g/d (femmine)
 $\omega 3$ 1.6 g/d (maschi) 1.1 g/d (femmine)
(Food and Nutrition Board)

In Italia attualmente il rapporto $\omega 6/\omega 3$ è di circa 13:1



Fonti vegetali di omega 3

	Lipidi (%)	Rapporto	
		Omega 6 (LA)	Omega 3 (ALA)
lino	35.0	1	4
colza	30.0	4	1
soia	17.7	7	1
palma	35.3	2	0
cocco	35.3	3	0
arachide	47.5	29	0
cotone	40.0	50	0
mais	4.0	59	0
girasole	47.3	65	0



Profilo acido di semi di piante oleaginose (Case, 2000)

ACIDI GRASSI: L.A.R.N. di P.U.F.A.

Tabella 12.5. Livelli di assunzione raccomandata di acidi grassi polinsaturi (PUFA)

	Età (anni)	ω -6 (g.d ⁻¹)	ω -3 (g.d ⁻¹)
Lattanti	0.5-1	4	0.5
	1-3	4	0.7
Bambini	4-6	4	1
	7-10	4	1
Maschi	11-14	5	1
	15-17	6	1.5
	>18	6	1.5
Femmine	11-14	4	1
	15-17	5	1
	>18	4.5	1

Società Italiana di Nutrizione Umana, 1996

ACIDI GRASSI: carenze da $\omega 6$ e $\omega 3$

Manifestazioni di carenza correlate alla funzione strutturale
(DHA: componente del sistema nervoso e delle membrane eccitabili)

- ritardo crescita
- danni renali
- sterilità
- aumento suscettibilità alle infezioni
- fragilità capillare
- anomalie della pelle

Manifestazioni di carenza correlate alla funzione metabolica

- ipertensione arteriosa
- riduzione contrattilità miocardio
- alterazione funzione immunitaria

Manifestazioni di carenza correlate alla funzione di trasporto

- alterazioni trasporto lipidi e colesterolo
- rallentamento catabolismo epatico del colesterolo

Effetto dell'alimentazione sul profilo acido del latte



Acidi grassi	Unifeed Soia cruda	Unifeed Soia tostata	Pascolo
Grasso (%)	3.52	3.77	3.80
Acidi grassi saturi	64.1	63.5	57.7
Ac. grassi monoinsaturi	28.8	29.6	36.4
Ac. grassi polinsaturi	7.1	6.9	5.9
Saturi/insaturi	1.80	1.76	1.37
$\omega 6/\omega 3$	5.25	5.60	4.93
CLA	0.52	0.51	0.96

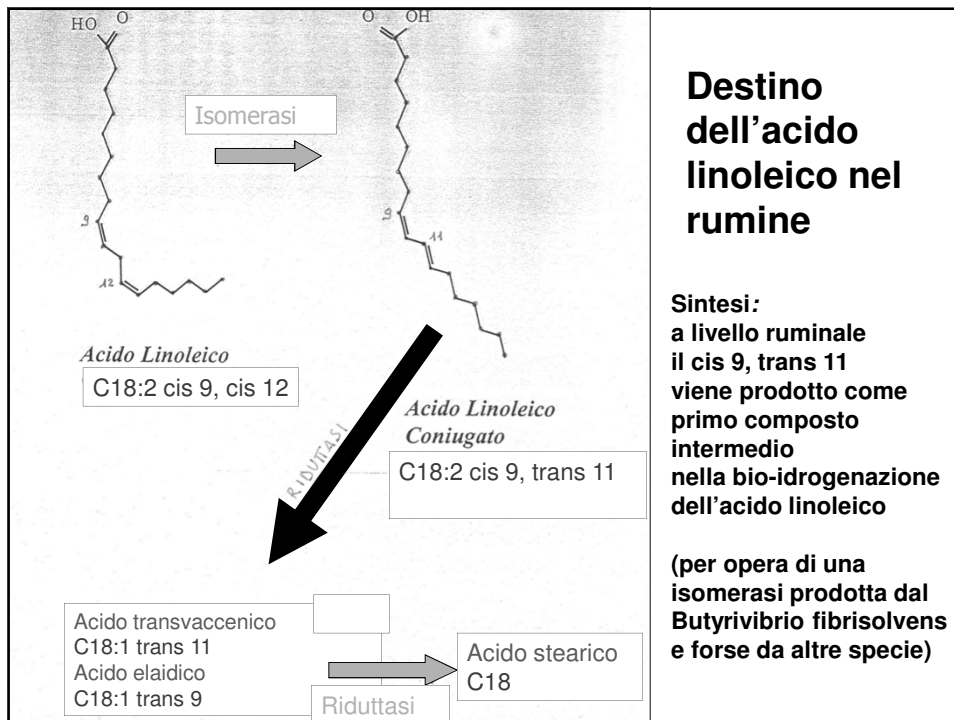
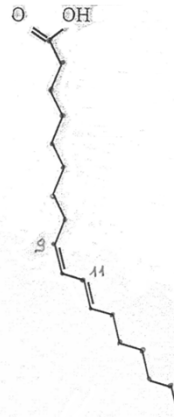
C.L.A. (Conjugated linoleic acid)

Definizione: miscela di isomeri (di posizione e geometrici) di acidi octadeca-di-enoici (C18:2) che contiene doppi legami coniugati

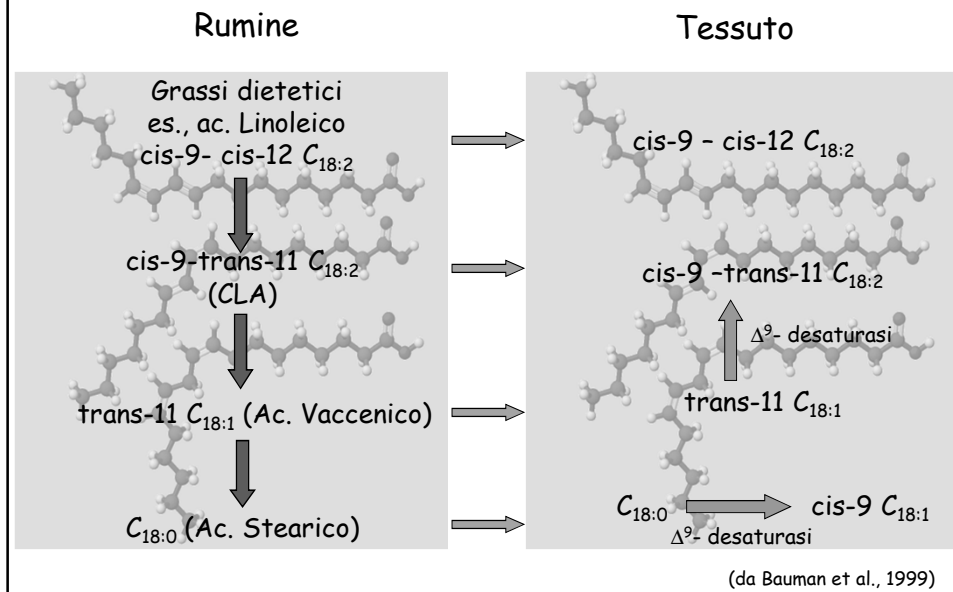
L'somero biologicamente più attivo è il cis 9, trans 11



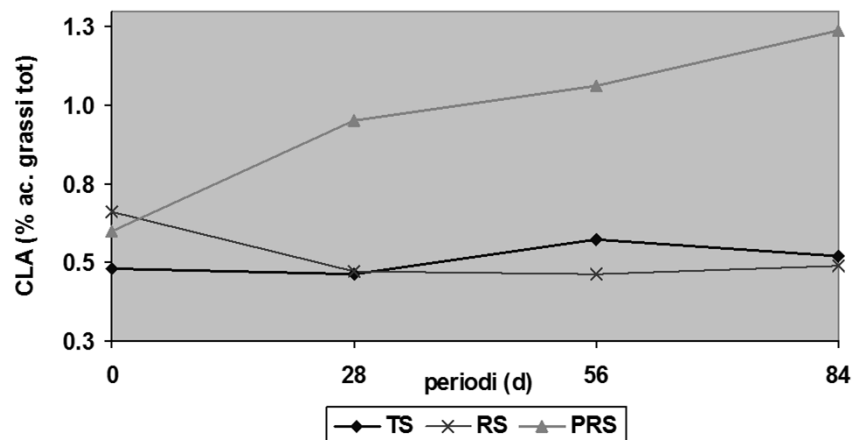
(82-90% del totale dei CLA nel latte e derivati)



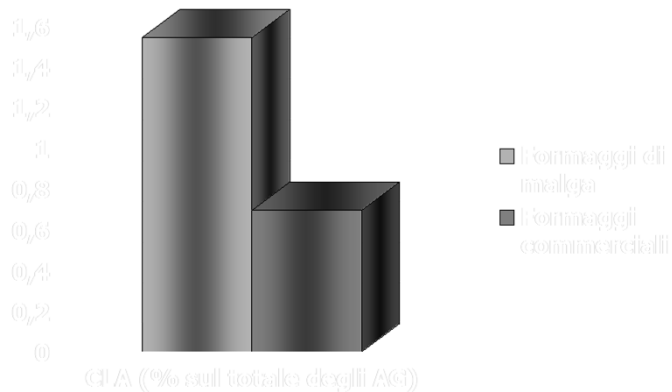
Isomeri coniugati dell'acido linoleico: sintesi



Contenuto di CLA nel latte prodotto con vacche al pascolo (PRS) o con diete unifeed con l'aggiunta di soia tostata (TS) o cruda (RS) (Bortolozzo et al., 2003)



Contenuto di CLA nei formaggi* (Giaccone, 2002)



**Analisi effettuata su 55 formaggi diversi*

C.L.A. (Conjugated linoleic acid): effetti sull'uomo e sugli animali

- Anti-cancerogenici
(da studi in vivo e in vitro)
- Anti-aterogenici
- Alterazione della distribuzione dei nutrienti
(modulazione del metabolismo lipidico)
- Anti-diabetici
- Stimolazione del sistema immunitario
- Stimolazione della mineralizzazione ossea

C.L.A. (Conjugated linoleic acid): effetto sull'incidenza dei tumori (Bauman et al., 2001)

Table 14.3. Incidence of mammary tumours in rats fed on diets containing differing concentrations and sources of CLA and treated with a chemical carcinogen^a.

<i>Treatment group</i>	<i>Dietary CLA g/100 g</i>	<i>Tumor incidence</i>	<i>Tumor numbers</i>
Control	0.1	28/30 (93%)	92
CLA-enriched butter	0.8	15/30 (50%)	43
CLA Supplement 1 ^b	0.8	16/30 (53%)	46
CLA Supplement 2 ^c	0.8	17/30 (57%)	48

^aRats were fed treatment diets for four weeks and then given a single dose of a carcinogen (methylnitrosourea). After carcinogen administration, rats were fed on a diet containing maize oil without CLA and were killed 24 weeks later. Adapted from Ip *et al.* (1999).

^b9,11 CLA.

^cMixture of CLA isomers (8-10, 9-11, 10-12 and 11-13).

C.E.A.S.A.

Comitato Etico di Ateneo per la Sperimentazione Animale (C.E.A.S.A.)

Il Comitato ha il compito di verificare che gli esperimenti sugli animali siano scientificamente corretti, metodologicamente appropriati e statisticamente congrui e che l'impegno degli animali sia insostituibile. Inoltre verifica che i protocolli siano necessari per ricerche mirate ai fini determinati dal d.l. 27 gennaio 1992, n. 116, che gli esperimenti siano inevitabili, e che siano assicurate le condizioni previste dalla legge: i progetti sono valutati in base alla rilevanza scientifica, all'adeguatezza del protocollo, all'obiettivo proposto in termini di modello animale, al numero di animali utilizzati, alle condizioni sperimentali.

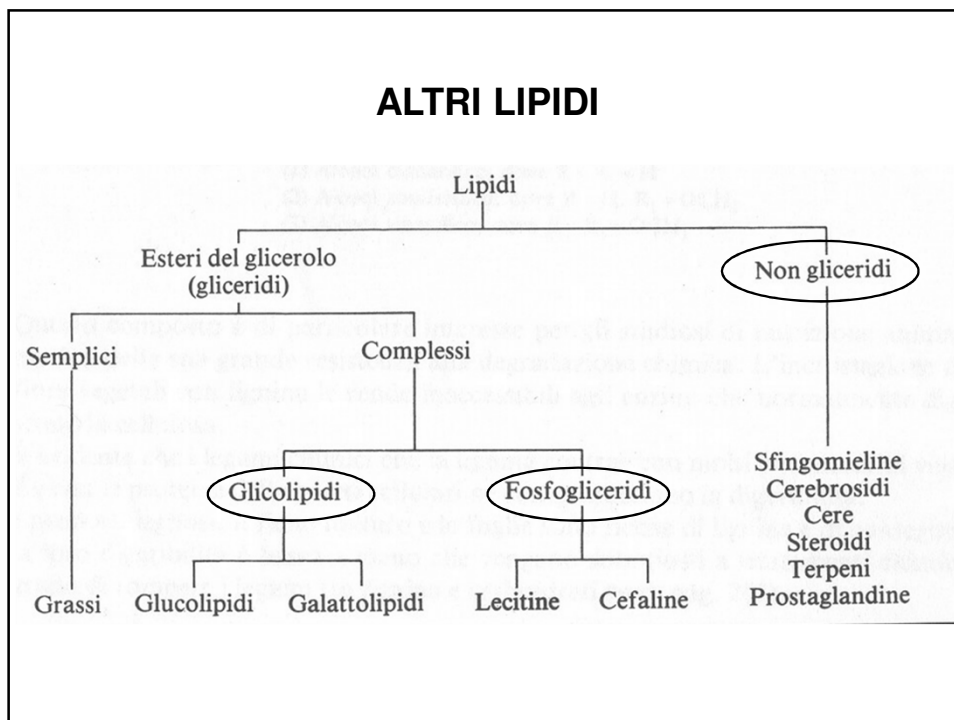
Il CEASA ha inoltre il compito di promuovere, nell'ambito della sperimentazione animale, interventi intesi a migliorare l'applicazione e la gestione dell'*animal care* e a favorire la formazione di ricreatori e personale.

MATERIALS AND METHODS

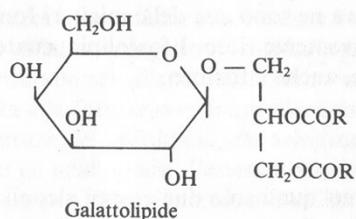
Animals, Experimental Design, and Diets

All experimental procedures were carried out according to Italian law on animal care (Legislative Decree No. 116 of January 27, 1992). Eighteen Holstein-Friesian dairy cows, housed at the Experimental Farm of the University of Padova (Legnaro, Italy), were assigned, 1

ALTRI LIPIDI



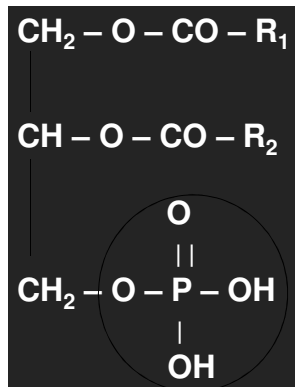
ALTRI LIPIDI: galatto-lipidi



Due dei gruppi alcolici del glicerolo sono esterificati con acidi grassi, il terzo è legato ad un residuo glucidico

Nei foraggi, circo il 60% dei lipidi sono galattolipidi

ALTRI LIPIDI: fosfo-gliceridi



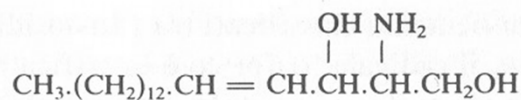
Due dei gruppi alcolici del glicerolo sono esterificati con acidi grassi, il terzo è legato ad acido fosforico

Appartengono a questo gruppo di sostanze le:

- Lecitine (fosfatidil-colina)
- Cefaline (fosfatidil-etanol-amina)

ALTRI LIPIDI: fosfolipidi non gliceridi

Il glicerolo è sostituito dalla sfingosina (amino-alcol insaturo).



Sfingosina

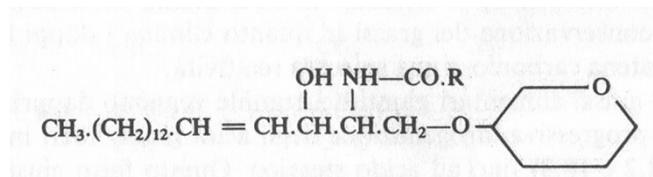
L'idrossile terminale è legato all'acido fosforico (a sua volta esterificato con colina o etanolamina) mentre il gruppo amminico è legato al gruppo carbossilico di un acido grasso a lunga catena.

Si trovano nelle membrane (sfingo-mieline)

ALTRI LIPIDI: glicolipidi non gliceridi

Il glicerolo è sostituito dalla sfingosina (amino-alcol insaturo).

L'idrossile terminale è legato ad un residuo glucidico (galattosio) mentre il gruppo amminico è legato al gruppo carbossilico di un acido grasso a lunga catena.



Si trovano nelle membrane (cerebrosidi)

ALTRI LIPIDI: cere

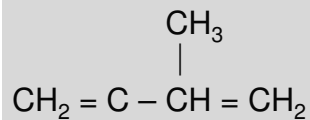
Miscele di esteri di acidi grassi con alcoli monovalenti di alto peso molecolare.

Funzione principalmente protettiva (poco digeribili)

Nelle piante riducono le perdite per evapotraspirazione
Negli animali possono trovarsi sulla superficie di peli, lana (lanolina) e piume fornendo un rivestimento ceroso a carattere idrofobico

ALTRI LIPIDI: terpeni

Sono composti da unità isopreniche unite fra loro per formare catene o strutture cicliche



Conferiscono agli alimenti odori e sapori caratteristici
Sono componenti di oli di varie essenze (limone, canfora)
Si trovano nei pigmenti (clorofilla, carotenoidi) e in alcune vitamine

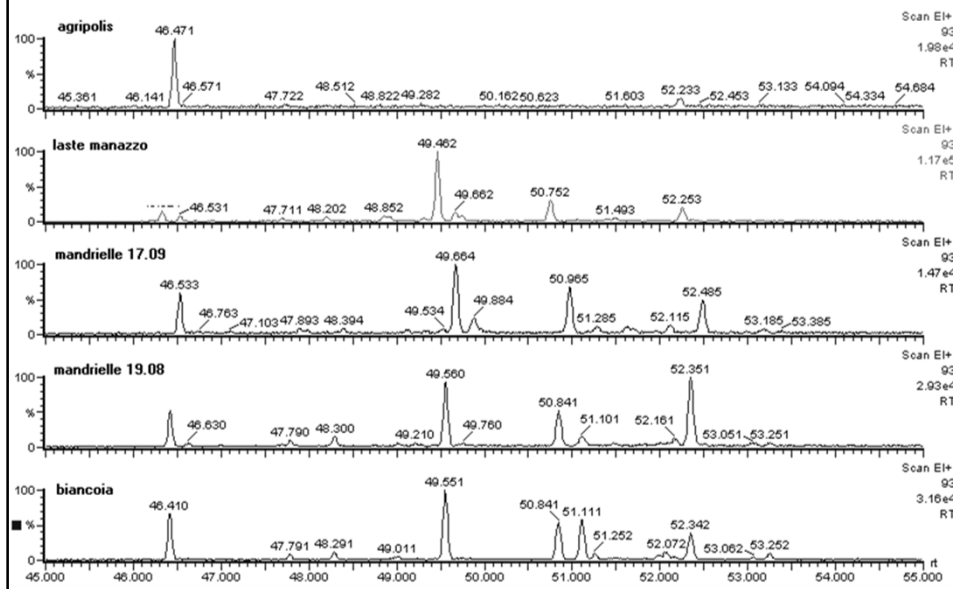
ALTRI LIPIDI: terpeni

Particolarmente ricche di terpeni alcune essenze vegetali presenti nei pascoli alpini (Bosset et al., 1994)



	Altitudine (metri slm)	
	1400-1850	<1000
Nerolo	1.99	0.37
Pinene	2.63	--
Limonene	0.75	0.31

Contenuto di terpeni nel latte di pianura e prodotto in malga



ALTRI LIPIDI: steroidi

La base è data da un'unità strutturale policiclica (il ciclo-pentan-peridrofenantrene: tre anelli di ciclo-esano e un anello di ciclopentano)

Differiscono a seconda della posizione del doppio legame e della natura della catena di acidi grassi

Appartengono a questa classe di sostanze:

- Steroli (colesterolo)
- Acidi biliari
- Ormoni sessuali
- Ormoni cortico-surrenali
- Vitamine D2 e D3

ALTRI LIPIDI: prostaglandine

Derivati di alcuni acidi grassi insaturi a 20 atomi di carbonio per ciclizzazione

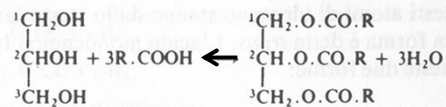
Precursori sono gli acidi grassi essenziali

Sono utilizzati come trattamento ormonale in preparati commerciali per la sincronizzazione degli estri e per indurre il parto

LIPIDI: proprietà

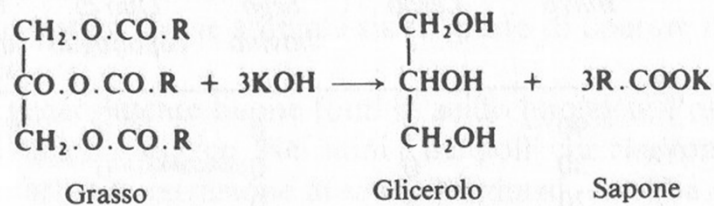
IDROLISI

Per opera delle **lipasi** durante il processo digestivo



Glicerolo + acidi grassi \rightarrow trigliceride

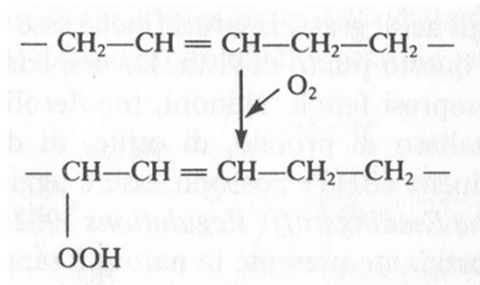
Trattamento con alcali (saponificazione) (Sali di Na, K, Ca)



LIPIDI: proprietà

OSSIDAZIONE

ACIDI GRASSI INSATURI



Formazione di idro-perossidi

Legami labili

Rottura della molecola → formazione dei radicali liberi

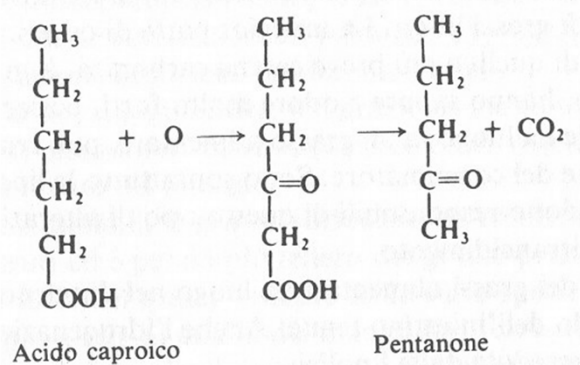
Processo a catena (aumenta la velocità di ossidazione)

Prodotti dell'ossidazione → aldeidi e chetoni

LIPIDI: proprietà

OSSIDAZIONE

ACIDI GRASSI SATURI

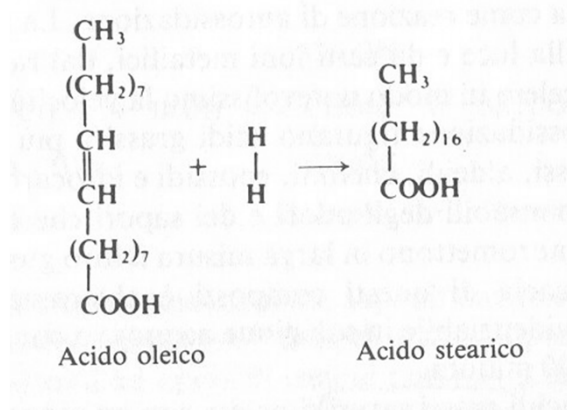


Irrancidimento chetonico (prodotti intermedi sono chetoni con il carbonile in posizione β)

Presenza di odori e sapori sgradevoli (metil-chetoni)

LIPIDI: proprietà

IDROGENAZIONE



A livello industriale si effettua per aumentare la consistenza e la conservabilità dei grassi
I batteri ruminanti idrolizzano i trigliceridi e idrogenano gli acidi grassi