

G. LERCKER, M. COCCHI

Il grasso del latte: membrane, composizione e struttura

PROGRESS IN NUTRITION
VOL. 12, N. 2, 183-194, 2010

TITLE

The milk fat: membranes,
composition and structure

KEY WORDS

Milk Fat, *cis* Fatty Acids, *trans*
Fatty Acids, CLA, Cell Membrane

PAROLE CHIAVE

Grasso del latte, Acidi Grassi *cis*,
Acidi grassi *trans*, CLA,
Membrana Cellulare

Dip. di Scienze degli Alimenti,
Dip. Morfofisiologia Veterinaria e
Produzioni Animali
Alma Mater Studiorum – Università
di Bologna

Indirizzo per la corrispondenza:
Prof. Giovanni Lercker
E-mail: giovanni.lercker@unibo.it

Summary

The milk fat composition is characterized by a predominance of triacylglycerols (TG), very numerous and widely varying dimensions, aspects due to a variety of over 400 different fatty acids already identified. The characteristics of chemical, physical and rheological properties of the fat in milk are linked to the size and to the unsaturation of fatty acids hydrocarbon chains, ranging from 4 to 20 total carbon atoms and 0 to 3 double bonds present. The fatty acid composition of milk fat was considered too rich in saturated fatty acids and therefore is not considered as optimal lipid food source for health protection with regard to cardiovascular disease. In addition to triglycerides and fatty acids, milk fat contains small amounts of substances, so-called “minor”, such as diglycerides, monoglycerides, and unsaponifiable components. Among them are: squalene, carotenoid pigments, tocopherols, sterols and other fat-soluble vitamins. Among the sterols dominates over 99.7% cholesterol.

Riassunto

La composizione del grasso del latte è caratterizzata da una prevalenza di triacilgliceroli (trigliceridi), molto numerosi e di dimensioni ampiamente variabili, aspetti dovuti a una varietà di oltre 400 acidi grassi differenti già identificati. Le caratteristiche chimiche, chimico-fisiche e reologiche del grasso del latte sono legate alla dimensione e all'insaturazione delle catene idrocarburiche degli acidi grassi, che spaziano da 4 a 20 atomi di carbonio totale e da 0 a 3 doppi legami presenti. La composizione in acidi grassi del grasso del latte è stata considerata troppo ricca di acidi grassi saturi e per questo non è ritenuta ottimale come fonte lipidica alimentare per la protezione della salute in relazione alle malattie cardiovascolari. Oltre ai trigliceridi e agli acidi grassi il grasso di latte contiene piccole quantità di sostanze, per questo denominate “minori”, quali digliceridi, monogliceridi e componenti dell'insaponificabile. Tra questi ultimi sono presenti: lo squalene, i pigmenti carotenoidi, i tocoferoli, altre vitamine liposolubili e gli steroli. Fra gli steroli domina con oltre il 99,7%, il colesterolo.

Introduzione

Il latte rappresenta per molti giovani consumatori un alimento prevalente nella dieta. La composizione del latte è caratteristica e i lattici di diverse specie animali hanno una serie di somiglianze nella composizione che fanno ritenere importante la presenza di nutrienti particolari: il lattosio, le proteine, il grasso. Ulteriormente, la forma nella quale queste sostanze sono contenute è molto particolare, cioè, come micelle disperse in forma colloidale ed emulsioni fini. Queste strutture sono utili all'omogeneità di composizione, ma presentano anche una più rapida disponibilità all'elaborazione delle sostanze in esse contenute, oltre alla conseguente maggiore assimilazione dei costituenti nutritivi. Accanto a queste certezze, rimangono una serie d'interrogativi:

la presenza di elevate quantità di acidi grassi saturi rende l'alimento un problema ed è quindi sbagliato

per la nostra alimentazione, o le quantità che corrispondono al consumo abituale non possono creare problemi? Possibile che la natura abbia fatto un errore così grossolano con la composizione del grasso del latte? Il ruolo alimentare del latte è identico nelle diverse fasi della crescita dell'essere umano?

Secondo i dati di letteratura, dal 1991 al 2004 la produzione mondiale di grassi animali è passata da 19,8 milioni di tonnellate a oltre 22,73 milioni di tonnellate con un aumento di circa il 15%, ad eccezione del burro che invece è aumentato solo del 10% passando da 5,84 a 6,44 milioni di tonnellate (Tab. 1) (1).

Nello stesso periodo la popolazione mondiale è, in concreto, diventata 1,5 volte maggiore.

Questi dati, se sono considerati congiuntamente, dimostrano che il consumo pro-capite di grassi animali non è cresciuto negli ultimi 10 anni.

Se poi si considerassero anche le sostanze grasse di origine vegetale, le produzioni dell'olio di soia e del grasso di palma, confrontando con tutti gli altri andamenti, hanno mostrato molto più una crescita. La spiegazione è abbastanza semplice: per l'olio di soia, che rappresenta un sottoprodotto della produzione delle farine proteiche che hanno soppiantato le "farine di pesce" e più recentemente anche quelle "di carne" per la destinazione a formulazione di mangimi per l'allevamento animale, l'andamento è legato al crescente impiego delle farine delipidizzate (di estrazione). Questo ha creato la necessità di produrre derivati dell'olio di soia, oltre a offrire in commercio tale olio miscelato con altri che lo possano stabilizzare un po' di più nei confronti dell'ossidazione, cui è particolarmente sensibile a causa della forte insaturazione.

Per il grasso di palma, il suo impiego è molto cresciuto in numerosi alimenti, soprattutto nei pro-

Tabella 1 - Produzione di grassi animali in milioni di tonnellate (metriche) degli ultimi anni

Grasso animale	Anni							Aumento nei 10 anni
	91-95	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	
Burro	5,84	5,87	5,94	6,00	6,22	6,29	6,44	10%
Lardo	5,39	6,59	6,68	6,69	6,88	7,09	7,28	35%
Sego	7,32	8,11	8,21	7,71	8,04	8,07	8,03	10%
Olio di pesce	1,25	1,28	1,54	1,22	0,93	0,97	0,98	-22%
Totale	19,80	21,85	33,37	21,62	22,07	22,42	22,73	15%

dotti da forno e dolciari, a causa delle sue caratteristiche di consistenza a temperature ambientali, perché molto versatile negli impieghi e anche delle sue possibili forme commerciali realizzabili, come ad esempio i vari frazionati.

Complessità della composizione

La composizione del latte di alcuni mammiferi mostra differenze nelle quantità relative di ogni nutriente (Tab. 2) (2).

La composizione del grasso del latte di diversi mammiferi (Tab. 3) è indice, salvo alcuni casi particolari, di una variabilità quantitativa abbastanza contenuta, soprattutto se si considerano i mammiferi ruminanti separati dagli altri.

La composizione dei trigliceridi del grasso del latte vaccino (3, 4) (Fig. 1), appare molto complessa quando confrontata con quella della frazione lipidica della maggior parte delle sostanze grasse alimentari, soprattutto quelle di provenienza vegetale. D'altra parte la presenza di oltre 400 acidi grassi differenti (5), che sono già stati identificati, fa comprendere le possibilità di moltiplicazione dovute alle possibili teoriche distribuzioni qualitative nella forma di trigliceridi.

Le quantità di proteine e grassi sono molto differenti nelle diverse specie considerate e sembrano

Tabella 2 - Composizione del latte umano e di alcuni ruminanti

Composizione (%)	Capra	Pecora	Vacca	Donna
Grasso	3,8	7,9	3,6	4,0
Solido secco magro	8,9	12,0	9,0	8,9
Lattosio	4,1	4,9	4,7	6,9
Proteine	3,4	6,2	3,2	1,2
Caseine	2,4	4,2	2,6	0,4
Albumine, globuline	0,6	10	0,6	0,7
Azoto non proteico	0,4	0,8	0,2	0,5
Ceneri	0,8	0,9	0,7	0,3
Calorie/100 mL	70	105	69	68

Tabella 3 - Composizione in nutrienti del latte di diverse specie animali

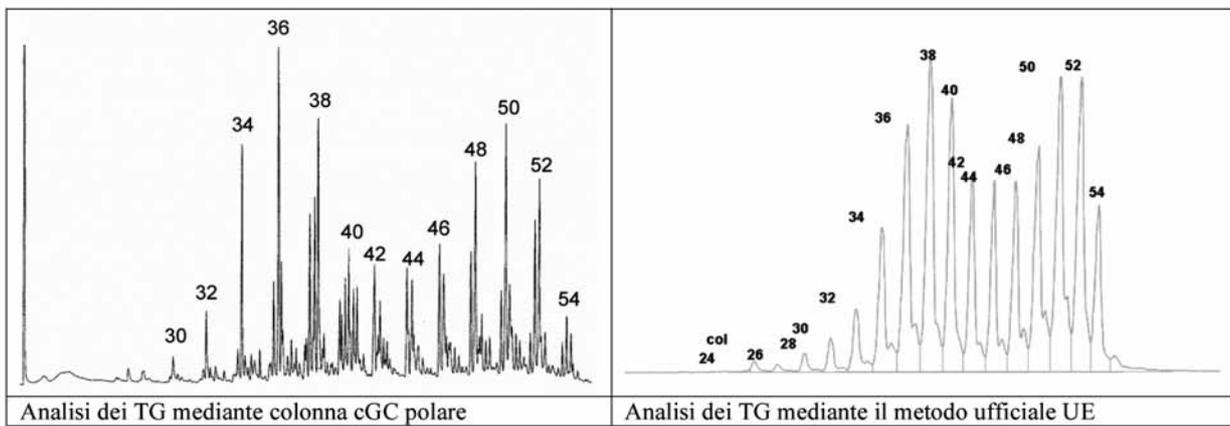
Specie	Acqua %	Residuo secco %	Proteine %	Grasso %	Lattosio %	Ceneri %
Donna	87,6	12,4	2,0	3,7	6,4	0,3
Vacca	87,3	12,7	3,4	3,7	4,9	0,7
Bufala	82,3	17,7	5,1	7,5	4,4	0,7
Pecora	83,6	16,4	5,1	6,2	4,2	0,9
Capra	86,8	13,2	3,8	4,0	4,6	0,8
Asina	90,1	9,9	1,8	1,4	6,2	0,5
Cavalla	90,6	9,4	2,0	1,1	5,9	0,4
Cagna	75,4	24,6	11,2	9,6	3,1	0,7
Coniglia	69,5	30,5	12,0	13,0	2,0	2,5
Scrofa	83,9	16,1	7,2	4,6	3,2	1,1
Renna	68,5	31,5	9,9	17,1	2,9	1,6
Elefante	79,3	20,7	2,5	9,1	8,6	0,5
Cammella	86,5	13,5	4,0	3,1	5,6	0,8

avere una relazione con le temperature dei luoghi dove vivono normalmente quegli animali e con la loro velocità di crescita. Il conte-

nuto di lattosio sembra mostrare una maggiore uniformità.

La tabella 4 riporta la composizione del grasso di latte vaccino (6),

Figura 1 - Tracciati gas cromatografici su colonna capillare (cGC) dei trigliceridi del grasso di latte



che appare molto complessa, come prevedibile dalla natura del grasso nel latte nella forma di globuli dotati di membrana, in sospensione acquosa (Fig. 2).

Il globulo di grasso

Le dimensioni dei globuli di grasso variano fra 0,1 e 10 μm , con prevalenza dei piccoli globuli (<3

μm) rispetto alla maggiore quantità di grasso (>90% del totale del grasso) nei globuli più grandi (7). Per effetto della dimensione, i globuli più piccoli possiedono un rap-

Figura 2 - Rappresentazione di sezioni di micelle, come si presentano in ambienti di polarità differente. Poly = acqua e tutte le sostanze relativamente polari (sali, carboidrati semplici, ecc.); PL = digliceridi e fosfolipidi

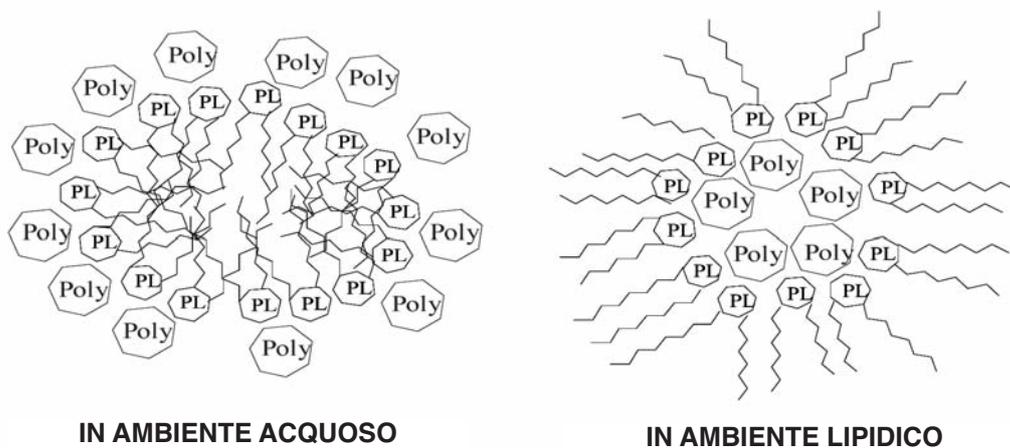


Tabella 4 - Composizione dei lipidi del latte vaccino

Classe lipidica	Mwt (medio)	x	y	nel grasso %	Nel cuore del globulo %	Membrana del globulo %	Plasma del latte %
Gliceridi neutri				98,7			
Trigliceridi	728	14,4	0,35	98,3	-100	+	
Digliceridi	536	14,9	0,36	0,3	90?	10?	?
Monogliceridi	314	15,0	0,36	0,03	+	+	30
Acidi grassi liberi	253	15,8	0,36	0,1	60	10?	35
Fosfolipidi ^a				0,6			
Ph. Colina	764	17,2	0,6	0,27			
Ph. Etanolamina ^b	742	17,9	1,0	0,25			
Ph. Serina ^b	784	17,8	0,8	0,03	0	65	
Ph. Inositolo ^c	855			0,04			
Sfingomielina ^d	770	19	0,2	0,20			
Cerebrosidi ^{c,d}	770	20	0,2	0,1	0	70	30
Gangliosidi ^{c,d,e}	-1600			0,01	0	70	30?
Steroli				0,32			
Colesterolo	386			0,30	80	10	10
Esteri del colesterolo	642	16	0,4	0,02?			
Carotenoidi + vitamina A				0,02	95?	5?	+

^a Approssimativamente l'1% è presente nella forma di lisofosfatidi; ^b Fosfatidiletanolamina + Ph. Serina = cefalina; ^c Glicolipidi;

^d Sfingolipidi; ^e contenenti anche acido neuramminico;

x = dimensione media degli acidi grassi (n. di atomi di carbonio); y = numero medio di doppi legami. Mwt = peso molecolare

porto elevato membrana/gliceridi e una maggiore presenza di acidi grassi insaturi (8).

Dopo il trattamento di omogeneizzazione, condotto sul latte e sui latticini per rallentare l'affioramento del grasso, i globuli assumono una dimensione mediamente

più piccola e più uniforme e la membrana, che avvolge i globuli neoformati per frammentazione di quelli grandi, è di natura proteica, con prevalenza di proteine caseiniche alle quali si possono associare quelle globulari soprattutto a valori di acidità crescenti (9).

La tabella 5 (10) mostra la composizione dei lipidi in alcuni prodotti lattieri, ottenuti da latte vaccino, con diverso contenuto di lipidi.

La quantità di acidi grassi liberi è molto contenuta perché se fosse un po' maggiore, i prodotti indica-

Tabella 5 - Contenuto approssimato di lipidi in alcuni prodotti del latte vaccino

Prodotto	Grasso totale %	Fosfolipidi %	Steroli %	Acidi grassi liberi %
Latte scremato	0,06	0,015	0,002	0,002
Latte	4	0,035	0,013	0,008
Crema di latte	10	0,065	0,03	0,017
Crema di latte	20	0,12	0,06	0,032
Crema di latte	40	0,21	0,11	0,06
Latticello da crema al 20%	0,4	0,07	0,005	0,002
Latticello da crema al 40%	0,6	0,13	0,011	0,002
Burro	82	0,35	0,21	0,12
Burro anidro	>99,8	0,00	0,25	0,15

Tabella 6 - Composizione degli acidi grassi del burro (NGD)

Acido grasso	%
1 Acido butirrico (C4:0)	3,0 – 3,5
2 Acido capronico (C6:0)	1,6 – 3,0
3 Acido caprilico (C8:0)	1,1 – 1,8
4 Acido caprico (C10:0)	1,8 – 3,7
5 Acido caproleico (C10:1)	0,2 – 0,4
6 Acido laurico (C12:0)	2,3 – 3,9
7 Acido miristico (C14:0)	8,0 – 12,0
8 Acido miristoleico (C14:1)	0,2 – 1,2
9 Acido pentadecanoico ramificato (C15 iso)	0,2 – 0,4
10 Acido pentadecanoico ramificato (C15 anteiso)	0,3 – 0,7
11 Acido pentadecanoico (C15:0)	0,2 – 1,3
12 Acido esadecanoico ramificato (C16 iso)	0,1 – 0,4
13 Acido palmitico (C16:0)	25,0 – 33,0
14 Acido palmitoleico ¹ (C16:1)	1,0 – 2,0
15 Acido eptadecanoico ramificato (C17 iso)	0,2 – 0,4
16 Acido eptadecanoico ramificato (C17 anteiso)	0,2 – 0,6
17 Acido eptadecanoico (C17:0)	0,3 – 0,7
18 Acido eptadecanoico (C17:1)	0,1 – 0,3
19 Acido stearico (C18:0)	9,0 – 13,0
20 Acido oleico ¹ (C18:0)	19,0 – 29,0
21 Acido linoleico (C18:2)	1,0 – 3,5
22 Acido linolenico (C18:3)	0,2 – 1,3
23 Acido ottadecadienoico coniugato (C18:2 coniugato)	0,3 – 1,5
24 Acido arachico (C20:0)	0,1 – 0,3
25 Acido eicosenoico (C20:1)	0,1 – 0,3

¹ Somma degli isomeri di posizione del doppio legame, che potrebbero non essere separati

ti in tabella 5 avrebbero già un odore di formaggio, non gradito al consumo.

I fosfolipidi del grasso del latte vaccino (Tab. 4) contengono una notevole quantità di fosfatidil serina rispetto ai fosfolipidi del latte di altre specie animali (11). In considerazione dell'importanza salutistica di tale fosfolipide, il latte è ancora una volta un alimento importante per la nostra nutrizione. La composizione degli acidi grassi del burro [NGD] è riportata nella tabella 6.

Relazione fra composizione e struttura

Il comportamento chimico-fisico dei lipidi del grasso del latte, ma anche di altra provenienza, è condizionato dal comportamento corrispondente degli acidi grassi. Il punto di fusione di ciascun acido grasso, ad esempio, dipende dalla lunghezza della catena idrocarburica e dalla sua insaturazione, come indicato nella tabella 7 (11).

Infatti, la possibilità di avvicinarsi delle catene più lineari, caratteristiche degli acidi grassi saturi, fino a generare forze di Van der Waals di una certa intensità, aumenterà, in proporzione, il punto di fusione. Con l'inserimento nella catena idrocarburica di un doppio legame la struttura molecolare appare più ricurva e meno capace

Tabella 7 - Acidi grassi che maggiormente influenzano il punto di fusione del grasso del latte

Sigla	Nome triviale Acido	Denominazione IUPAC Acido	Peso Molec.	Punto di fusione °C
C4:0	Butirrico	Butanoico	88,1	-7,9
C6:0	Capronico	Esanoico	116,1	-3,4
C8:0	Caprilico	Ottanoico	144,2	16,7
C10:0	Caprico (o Caprinico)	Decanoico	172,3	31,6
C10:1	Caproleico 9- <i>cis</i> -decenoico	5- <i>cis</i> -Decenoico	170,3	-
C12:0	Laurico	Dodecanoico	200,3	44,2
C14:0	Miristico	Tetradecanoico	228,4	53,9
C14:1	Miristoleico	9- <i>cis</i> Tetradecenoico	228,4	-
C15 iso	Pentadecanoico (ram.)	Pentadecanoico (ram.)	232,4	-
C15 anteiso	Pentadecanoico (ram.)	Pentadecanoico (ram.)	232,4	-
C15:0	Pentadecanoico	Pentadecanoico	232,4	-
C16 iso	Esadecanoico (ram.)	Esadecanoico (ram.)	256,4	-
C16	Palmitico	Esadecanoico	256,4	63,1
C16:1	Palmitoleico	9- <i>cis</i> -Esadecenoico	254,4	0,5
C18	Stearico	Ottadecanoico	284,4	69,6
C18:1 <i>cis</i>	Oleico	9- <i>cis</i> -Ottadecenoico	282,4	16,2
C18:1 <i>trans</i>	Elaidinico	9- <i>trans</i> -Ottadecenoico	282,4	43,7
C18:1 n-7	Asclepico	11- <i>cis</i> -Ottadecenoico	282,4	39
C18:2	Linoleico	9,12- <i>cis,cis</i> -Ottadecadienoico	280,4	- 5
C18:3 n-6	γ -Linolenico	6,9,12- <i>cis</i> -Ottadecatrienoico	278,4	-
C18:3 n-3	α -Linolenico	9,12,15- <i>cis</i> -Ottadecatrienoico	278,4	- 11
C18:4 n-3	Stearidonico	6,9,12,15- <i>cis</i> -Ottadecatetraenoico	276,4	- 57
C20	Arachico	Eicosanoico	312,5	75,3
C20:1 n-9	Gondoico	11- <i>cis</i> -Eicosenoico	310,5	-
C22	Beenico	Docosanoico	340,5	79,9
C22:1 n-9	Erucico	9- <i>cis</i> -Docosenoico	338,6	33,4
C20:4 n-6	Arachidonico (AA)	Eicosatetraenoico	304,5	- 50
C20:5 n-3	EPA	Eicosapentaenoico	302,5	- 54
C22:5 n-3	DPA	Docosapentaenoico	330,6	-
C22:6 n-3	DHA	4,7,10,13,16,19- <i>cis</i> -Docosaesaenoico	328,6	- 44

di instaurare forze d'interazione fra le catene di simile intensità. Per questo motivo l'insaturazione

“fluidizza” il lipide e, analogamente la catena idrocarburica, accorciandosi, riduce l'intensità del-

l'interazione, “fluidizzando” il lipide.

Complessità della composizione degli acidi grassi e ancora maggiore complessità di quella dei trigliceridi

Il latte umano contiene una quantità di acido palmitico, acido grasso saturo a 16 atomi di carbonio totali, nella parte grassa, della dimensione di quello del grasso del latte bovino (Tab. 8). Se si controlla la composizione degli acidi grassi nella posizione 2 dei trigliceridi, quella più importante dal punto di vista dell'assimilazione degli acidi grassi in essa attaccati, la quantità di acido palmitico supera il 58% nella posizione 2 (11, 12) e in letteratura è riportato an-

che il 72% (13), circa i due terzi o più di tutti gli acidi grassi presenti. Ci deve essere un buon motivo biologico-biochimico, poiché nei sistemi vegetali quello che è stato verificato è esattamente l'opposto e cioè che la posizione centrale porta un acido grasso insaturo quasi al 100%.

L'idrogenazione, da parte dei microrganismi del rumine, è particolarmente selettiva per gli acidi grassi polinsaturi dei lipidi introdotti dal bovino con il mangime o pascolando. Un incremento di alimenti ricchi di acidi grassi polinsaturi nella dieta dell'animale che provoca, quando è eccessivo, una riduzione della quantità di grasso nel latte

prodotto dall'animale (14) è segno di un'interazione fra acidi grassi polinsaturi e l'animale. Dato che è nota la risposta positiva sulla salute e sul benessere dell'animale a moderate quantità di fonti alimentari ricche di polinsaturi, come ad esempio con l'impiego di 0,5 kg/100 kg di mangime di lino integrale, allora l'interazione negativa sarà con i microrganismi del rumine. Infatti, quale motivo hanno i microrganismi del rumine di idrogenare gli acidi grassi insaturi, particolarmente quelli polinsaturi? Si può ipotizzare che, poiché un'idrogenazione come operazione dovrebbe essere energeticamente sfavorevole poiché rappresenta esattamente l'opposto

Tabella 8 - Composizione percentuale degli acidi grassi nelle tre posizioni dei trigliceridi del latte di donna e di alcuni ruminanti

	sn	4:0	6:0	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:1	20:4
Donna	1				0.2	1.3	3.2	16.1	3.6	15.0	46.1	11.0	0.4	1.5	
	2				0.2	2.1	7.3	58.2	4.7	3.3	12.7	7.3	0.6	0.7	0.9
	3				1.8	6.1	7.1	6.2	7.3	2.0	49.7	2.0	1.6	0.5	0.3
Pecora	1	1.9	0.3	0.9	3.1	2.8	8	35.5	0.9	17.3	25.7	2.6	1		
	2	0.3	2.6	0.2	2.7	3.9	11.6	27.2	1.3	14.6	30.9	4.0	0.9		
	3	31.7	8.4	7	14.2	3.2	3.4	2.6	0.4	7	18.8	2.4	0.8		
Capra	1	1.4	0.4	0.7	4.9	3.3	9	38.4	0.5	17.6	21.7	0.7	0.5		
	2	0.2	0.7	0.1	2.2	5.9	9	35.7	0.8	12	21.1	2.2	0.4		
	3	15.9	8.6	10.6	30.2	3.4	18.6	1.4	0.2	7.1	19.2	1.6	0.6		
Vacca	1	5.0	3.0	0.9	2.5	3.1	10.5	35.9	2.9	14.7	20.6	1.2			
	2	2.9	4.8	2.3	6.1	6.0	20.4	32.8	2.1	6.4	13.7	2.5			
	3	43.3	10.8	2.2	3.6	3.5	7.1	10.1	0.9	4.0	14.9	0.5			

di un'ossidazione, produttrice di energia, la necessità di investire in essa da parte del microrganismo, per realizzarla, deve avere una ragione superiore molto importante. La motivazione più plausibile è che gli acidi grassi polinsaturi rappresentino un "problema" per questi microrganismi, o più possibilmente un pericolo per la loro sopravvivenza. Questo, se vero, può essere dovuto alla maggiore fragilità a causa di eventuali ossidazioni, degli acidi grassi polinsaturi, che diventerebbero molto problematiche se accadesse a livello delle membrane delle cellule (con conseguente morte anticipata del microrganismo unicellulare). Tutto ciò, comunque, non spiega la diminuzione di grasso nel latte nella veste di grasso salvo che la distribuzione quali-quantitativa degli acidi grassi che l'animale deve introdurre nel latte nella veste di grasso non condizioni la quantità di grasso prodotto, come del resto è ben noto. In altri termini, i microrganismi non sviluppando in maniera normale, non possono disporre dei "mattoni" (l'acetato) che l'animale utilizza nella sintesi degli acidi grassi a corta e media catena, la cui quantità deve sempre bilanciare quelli provenienti dalla dieta, che conseguentemente sarebbero meno idrogenati.

Pertanto, la diminuzione di grasso nel latte è probabilmente legata all'eccessiva presenza di acidi grassi polinsaturi, per cui i microrganismi,

non riuscendo a idrogenarli, sono in parte eliminati e/o condizionati nel loro sviluppo, tanto da non riuscire a fornire all'animale la stessa intensità d'idrogenazione e, quindi, un'adeguata quantità di acidi grassi, poco o nulla insaturi. La vacca non produce latte perché non è in grado di produrre abbastanza grasso rispetto alla composizione degli acidi grassi, che non è la solita (che deve essere ricca di saturi o poco insaturi, da idrogenazione).

È lecito ritenere che questa composizione "selettiva" debba essere protettiva per il giovane animale in lattazione, perché la maggiore saturazione degli acidi grassi delle membrane consente una più elevata rigidità delle stesse e una minore fluidità, con conseguente minore esposizione all'ossidazione.

L'analogia con le membrane relativamente sature, e gli alimenti destinati ai bambini (o ai cuccioli animali) costituiti prevalentemente da latte, è molto elevata.

Nel meccanismo d'idrogenazione catalizzata, realizzabile in laboratorio (con Pd e H₂, ad es.) o quella industriale (con Ni e H₂) il primo step prevede l'isomerizzazione da *cis* a *trans* del doppio legame (con possibile formazione di coniugazione con altro doppio legame non isomerizzato) e, in seguito, la saturazione con idrogeno di quel doppio legame o di quell'altro (quando è presente). Questo meccanismo, che avviene in maniera simile

nel ruminante, porta alla formazione degli stessi prodotti e, inevitabilmente, alla presenza di diversi intermedi di sintesi, quali acidi grassi monoinsaturi *trans* e acidi grassi coniugati (con uno dei due doppi legami in configurazione *trans*).

La configurazione *trans* rispetto alla *cis*, con la medesima insaturazione, porta l'acido grasso ad aumentare la relativa rigidità (Tab. 7). Questo meccanismo, nel processo d'idrogenazione, assicurerebbe comunque al microrganismo una "fonte" e/o un ambiente, con acidi grassi a maggiore rigidità, a parità d'insaturazione, anche nelle fasi iniziali del processo (una sorta di rapida reazione "tamponante" la situazione per loro problematica) con conseguente maggiore rigidità e anche resistenza all'ossidazione, per realizzare la migliore compattezza della membrana.

Gli acidi coniugati dell'acido linoleico (CLA)

I CLA comprendono una ventina d'isomeri geometrici e posizionali a 18 atomi di carbonio con due doppi legami coniugati.

La posizione dei doppi legami si trova compresa tra Δ^7 e Δ^{14} e la diversa disposizione spaziale degli stessi gruppi funzionali (doppi legami) conferisce alla molecola una diversa configurazione *cis* o *trans* (15).

L'isomero più importante (dal 75 al 90%) di tutti i CLA è il *cis-9,trans-11* (acido rumenico), seguito dagli isomeri *trans-10,cis-12* (circa il 10%) e il *trans-7,cis-9* (circa il 2%).

Questi isomeri hanno effetti biologici diversi, dovuti alle loro differenti proprietà chimiche e fisiche (16).

I CLA devono il loro interesse al fatto che in numerosi esperimenti si sono dimostrati anticancerogeni attivi nei confronti di diversi tumori del seno (1987), del colon, dell'epidermide, dello stomaco e antiaterosclerotici (1994). Inoltre sono in grado di incrementare la massa ossea e di rallentare la progressione del diabete (1998). Tutto questo sembra essere legato al fatto che queste molecole sono capaci di modulare la sintesi degli eicosanoidi e di svolgere una azione antibatterica, anticancerogena e anti-diabetica in quanto è stata osservata una diminuzione del LDL-colesterolo nel plasma, con conseguente diminuzione della formazione di placche ateromatose in ratti alimentati con diete arricchite con questi acidi grassi. È comunque ritenuto che le specifiche attività biologiche siano da attribuirsi ai singoli isomeri piuttosto che all'intero pool dei CLA (17).

Nel caso del tumore della mammella, l'efficacia del *cis-9-trans-11* è dose dipendente ed è maggiore se la sostanza è assunta durante lo

sviluppo del tumore (18), così come si può osservare per i tumori dell'intestino e della prostata (19).

All'isomero *trans-10,cis-12* si attribuisce la capacità di ridurre l'assorbimento dei lipidi inibendo l'attività della Stearoil CoA desaturasi.

La principale fonte di CLA, nella dieta umana, è rappresentata dagli alimenti derivati dai ruminanti (carne e latticini).

La razione alimentare dei ruminanti se costituita da foraggi verdi rappresenta una fonte specifica di sostanze grasse in grado di variare in modo rilevante il contenuto in CLA nel latte.

I foraggi verdi contengono acidi grassi insaturi e, in particolare, acido α -linolenico (che rappresenta il 60% del totale degli acidi grassi), acido linoleico e acido oleico. Questi acidi grassi subiscono, com'è noto, il processo di bioidrogenazione operata dai microrganismi ruminali cellulolitici.

È stato dimostrato che con l'inserimento nella dieta della vacca di una modesta quota di lino integrale laminato è possibile ottenere migliori caratteristiche riproduttive, un migliore stato di salute dell'animale, un aumento della produzione di latte e un incremento di alcuni componenti che hanno una certa familiarità e una buona considerazione fra i consumatori, quali gli acidi grassi ω -3 e gli acidi coniugati del linoleico

(CLA) e l'acido vaccenico. Tali peculiarità che sono inferiori, pur presenti, in altri latti diversi da quelli del Comprensorio del Parmigiano Reggiano, inevitabilmente faranno parte del formaggio (nella fase grassa) e nel burro prodotto in parallelo alla caseificazione. Queste caratteristiche potranno rilanciare e valorizzare il burro del Comprensorio, attraverso lo sfruttamento delle componenti salutistiche.

La tabella 9 riporta gli steroli identificati nel grasso del latte di alcuni ruminanti (20, 21).

Ragionevoli dubbi

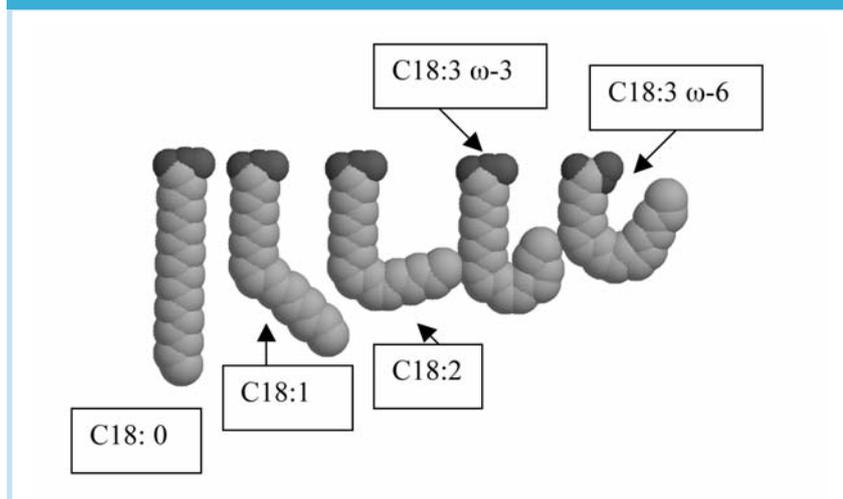
Sulla base delle osservazioni in campi diversi del settore scientifico, emergono una serie di considerazioni, ipotesi e dubbi che si spera siano condivisi anche da altri colleghi o che siano suggerite spiegazioni plausibili, anche attraverso risultati perseguiti in future ricerche.

1. Il colesterolo è prodotto anche per irrigidire le membrane oppure la produzione del colesterolo, peraltro utile a tante necessità, proprio per la sua attività e presenza elevata nelle membrane deve essere contrastato con una dieta ricca di acidi grassi polinsaturi?
2. Una dieta varia, naturalmente ricca di acidi grassi insaturi, induce la produzione di colesterolo?

Tabella 9 - Composizione della frazione degli steroli del grasso di latte

Steroli	Grasso del latte*	Grasso del latte**	Burro bovino	Margarina
	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
Colesterolo	341,8	288,4	262,0	2,6
Latosterolo	1,47	1,81		
Desmosterolo	1,39	0,41		
Didrolanosterolo	2,25	4,15		
Lanosterolo	9,75	6,86		
Brassicasterolo			0,0	14,5
7-colesterolo			3,3	0,0
Campesterolo			0,0	63,2
Stigmasterolo			0,0	5,4
β -Sitosterolo			2,3	97,7
5-Avenasterolo			0,0	6,3

di Capra* e Pecora**

Figura 3 - Struttura molecolare degli acidi grassi a 0, 1, 2, 3 (ω -3) e 3 (ω -6) insaturazioni (a partire da sinistra), nella loro rappresentazione spaziale di massimo impedimento sterico

lo per la necessità di attuare un sufficiente irrigidimento delle membrane o è un effetto indotto dalla necessità di modulare la rigidità delle membrane che si è incrementata con la maggiore produzione di colesterolo (nella fase post-adolescenziale)?

Se i bambini hanno membrane ricche in acidi grassi saturi e sintetizzano poco colesterolo, è possibile che questo corrisponda alla necessità biologica normale di colesterolo, per quell'età. Qualsiasi mutamento dovuto a cambiamenti nell'alimentazione o nello sviluppo

naturale dell'organismo verso la "fase riproduttiva" dell'esistenza (che richiede molto più colesterolo), provoca una maggiore produzione di colesterolo e, di conseguenza, un incremento di rigidità delle membrane. A questo punto il corpo tenta un bilanciamento desiderando e introducendo quei cibi che portano sostanze grasse insature.

Se questo fosse provato, si potrebbe desumere che ad ogni età esista un modo di alimentarsi che deve essere diverso, riguardo al mantenimento di un'elevata rigidità delle membrane, e quando questa diventa eccessiva per una serie di ragioni biochimico-biologiche, si è indotti a bilanciarla attraverso un cambiamento della dieta.

Inoltre, l'importanza delle membrane è molto maggiore di quella che è stata loro attribuita, in considerazione delle correlazioni importanti con la salute della loro funzionalità e della loro composizione in acidi grassi (e degli antiossidanti) che tende a essere "mantenuta" nelle regole consentite dalla natura: biologia, alimentazione e assimilazione.

Con il consumo di acido oleico, attraverso gli oli vergini di oliva, si avrebbe una modulazione della fluidità della membrana più graduale e, essendo gli oli vergini (meglio gli extravergini) di oliva, ricchi in antiossidanti (fenolici e polifenolici), essi sono anche utili

ad aumentare il patrimonio antiossidante che con gli acidi grassi insaturi è sempre comunque utile. Gli acidi grassi in configurazione *trans*, avendo una struttura più lineare di quelli in configurazione *cis* (Fig. 3), sono più alto-fondenti (Tab. 7) e questo comportamento lo trasferiscono ai gliceridi che li contengono.

La quantità di colesterolo è legata a quella derivante dai polinsaturi degli alimenti, in modo da aumentare, mediante la biosintesi, quando s'introducono polinsaturi? Oppure viceversa?

Le statine, che diminuiscono il colesterolo, non renderanno troppo fluide le membrane? Esse, per reazione, saranno indurite con l'inserimento di acidi grassi saturi?

Bibliografia

1. Gunstone F, Animal fats and fish oils. *In* form 2005; 16 (8): 486-7.
2. Park YW, Juárez M, Ramosc M, Haenlein GFW. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res* 2007; 68: 88-113.
3. Lercker G, Frega N, Bocci F, Bertacco G. Il grasso del latte. L'esame gas cromatografico dei triacilgliceroli nell'accertamento della genuinità del burro. *Scienze e Tecn. Lattiero-casearia* 1992; 43 (2): 1-16.
4. Contarini G, Battelli G. Applicazione del metodo ufficiale della UE per la valutazione della genuinità del grasso di latte: esperienze e suggerimenti. *Riv Ital Sostanze Grasse* 1997; 74: 527-32.
5. Jensen RG, The composition of bovine milk lipids: January 1995 to december 2000. *J Dairy Sci* 2002; 85: 295-350.
6. Walstra P, Wouters J, Geurts T. *Dairy Science and Technology*, CRC Taylor and Francis Group, Boca Raton, London, 6. New York, Second Edition, 2006, Cap. 2, Milk Components, p.43.
7. Lopez C, Briard-Bion V. The composition, supramolecular organisation and thermal properties of milk fat: a new challenge for the quality of food products. *Lait* 2007; 87: 317-36.
8. Sharma SK, Dalgleish DG. Interaction between milk serum proteins and synthetic fat globule membrane during heating of homogenized whole milk. *J Agric Food Chem* 1993; 41: 1407-12.
9. Corredig M, Dalgleish DG. Effect of heating of cream on the properties of milk fat globule membrane isolates. *J Agric Food Chem* 1993; 41: 1407-12.
10. Walstra P, Wouters J, Geurts T. *Dairy Science and Technology*, CRC Taylor and Francis Group, Boca Raton, London, New York, Second Edition, Cap. 2, Milk Components, p.47.
11. <http://www.cyberlipid.org/cyberlip/home0001.htm>
12. Blasi F, Montesano D, De Angelis M, Maurizi A, Ventura F, Cossignani L, Simonetti MS, Damiani P. *J Food Comp Anal* 2008; 21: 1-7.
13. Sørensen ADM, Xu X, Zhang L, Kristensen JB, Jacobsen C. Human Milk Fat Substitute from Butterfat: Production by Enzymatic Interesterification and Evaluation of Oxidative Stability. *J Am Oil Chem Soc* 2010; 87: 185-94.
14. Formigoni A, Convegno di Reggio Emilia, 2010
15. Cruz-Hernandez C, Deng Z, Zhou J, et al. Methods for analysis of conjugated linoleic acid and trans-18:1 isomers in dairy fats by using a combination of gas chromatography, silver-ion thin-layer chromatography/gas chromatography, and silver-ion liquid chromatography. *In Advances in conjugated linoleic acid research*, vol.3 (ed. AOCS Press) Campaign IL, (2004), pp. 45-93.
16. Yurawecz MP, Kramer JKG, Godmundsen O, Pariza MW, Banni S. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Volume 3. AOCS Press, Campaign, IL, USA, 2006.
17. Cocchi M, Mordenti AL. *Alimenti e salute, I nutrienti strategici*. CLUEB, Bologna, 2005.
18. Boccioni A, Petacchi F, Antongiovanni M. Attività ruminali e presenza di acidi grassi trans e di CLA nei lipidi del latte e della carne. Giornata di studio su: latte e carne dei ruminanti componente lipidica e salute umana, Firenze, 6 marzo 2002. *In: "I Georgofili - Quaderni, 2002 - I"*. Firenze, Italia, 2002.
19. Castagnetti GB, Delmonte P, Melia S, Gori A, Losi G. L'effetto dell'integrazione della razione con farina di lino estrusa sul contenuto in CLA (Conjugated Linoleic Acid) del latte ed in OFA (Oxidized Fatty Acids) nel formaggio ottenuto - il caso della razza Reggiana. *Sci Tecn Latt-Cas* 2007; 58 (6); 363-82.
20. Park YW, Juárez M, Ramosc M, Haenlein GFW. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res* 2007; 68: 88-113.
21. Contarini G, Povoletto M, Confitto E, Bernardi S. Quantitative analysis of sterols in dairy products: experiences. *Int Dairy J* 2002; 12: 573-8.
22. Cocchi M, Tonello L, Lercker G. Platelet stearic acid in different population groups: biochemical and functional hypothesis. *Nutrition clin diet hosp* 2009; 29(1): 34-45.
23. Heron DS, Shinitzky M, Hershkowitz M, Samuel D. Lipid fluidity markedly modulates the binding serotonin to mouse brain membranes. *Proc Natl Acad Sci* 1980; 77: 7463-7.