

Analisi chimica dei prodotti caseari. Cosa ci possono dire i composti presenti in latte e formaggi.

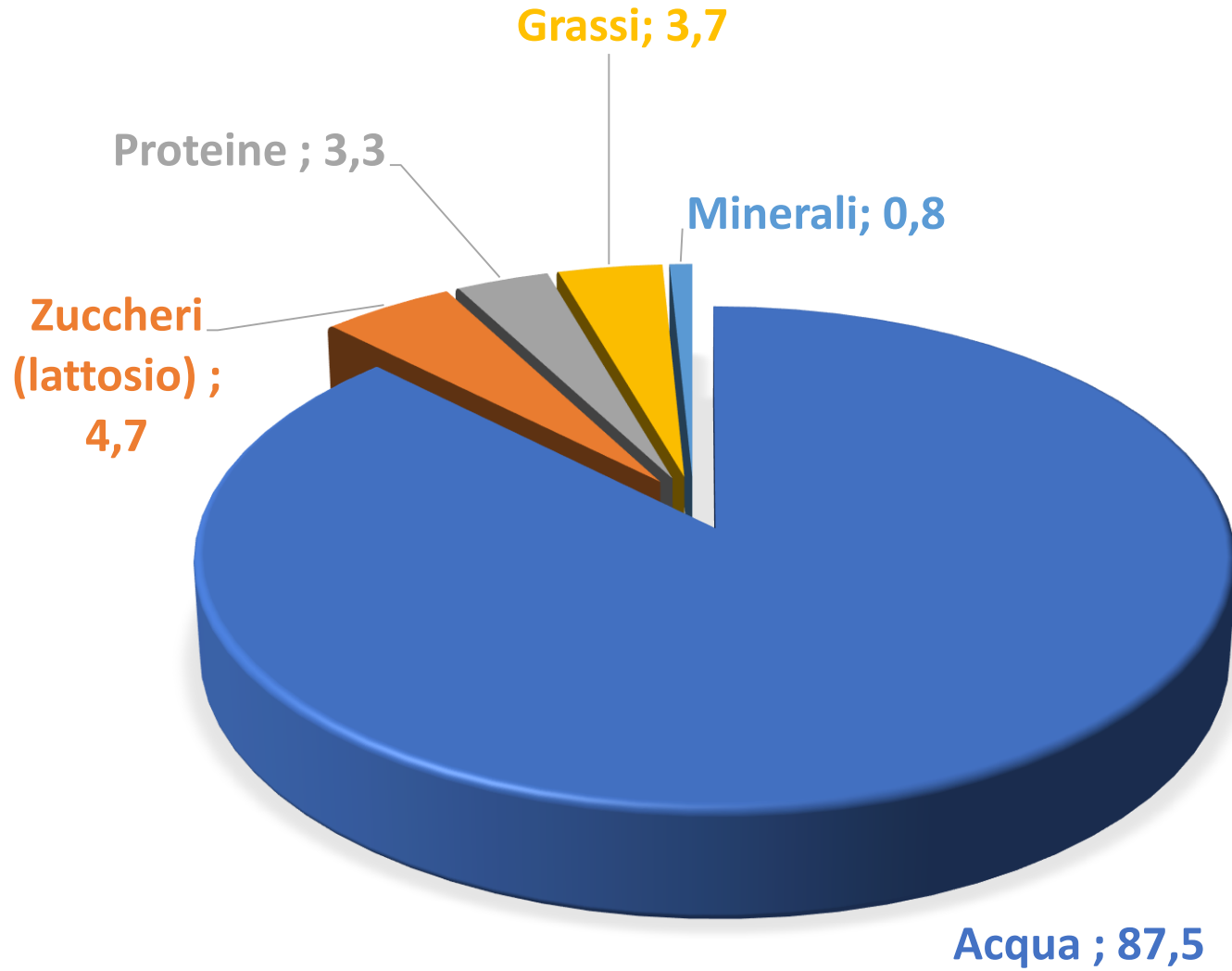


Mauro Vasconi
mauro.vasconi@unimi.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE VETERINARIE
PER LA SALUTE, LA PRODUZIONE ANIMALE
E LA SICUREZZA ALIMENTARE





Composizione del latte

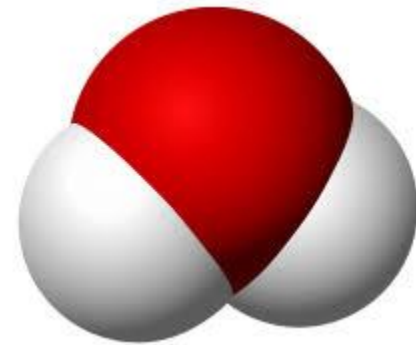
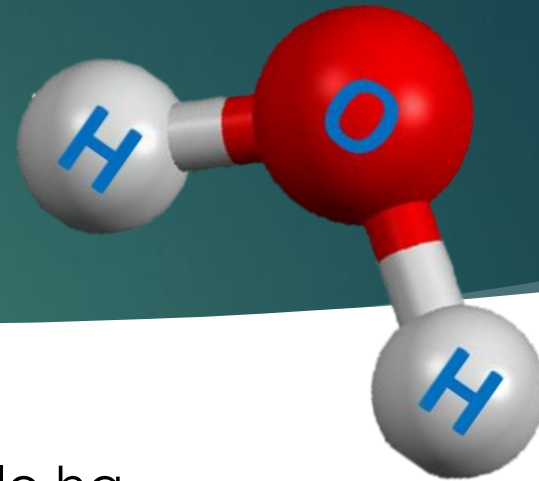
Acqua



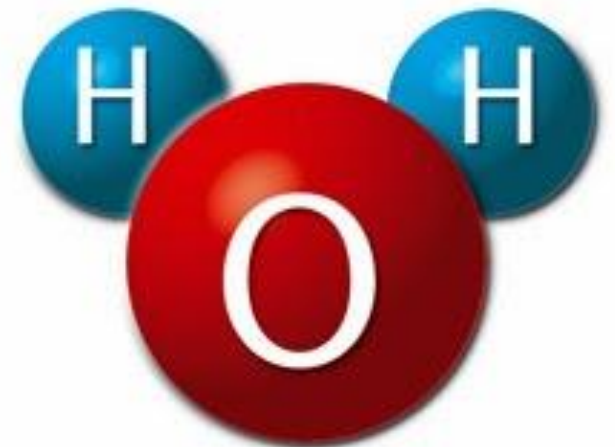
Ingestione 100-120
litri/giorno



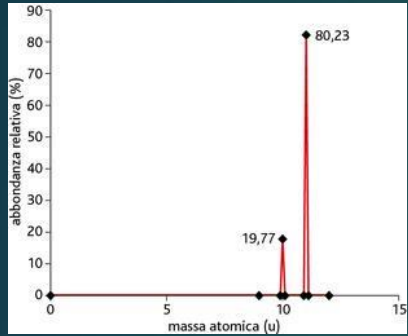
Produzione di 40 litri
latte/giorno = 35 litri
acqua



- ▶ L'analisi dell'acqua contenuta del latte è quindi sovrapponibile all'analisi dell'acqua che l'animale ha ingerito.
- ▶ L'acqua non è sempre identica a se stessa – esistono tecniche in grado di differenziare acqua proveniente da diverse fonti
- ▶ L'acqua può essere utilizzata come marcatore di origine del latte, correlandone quindi la provenienza



Analisi isotopica di H e O



Per ogni atomo sono presenti in natura degli isotopi stabili, in proporzione variabile. L'analisi di questa proporzione, riferita a un valore standard, fornisce un valore di rapporto isotopico che rimane stabile nella materia e può essere indagato.

H. Liu et al.

Food Chemistry 277 (2019) 448–454

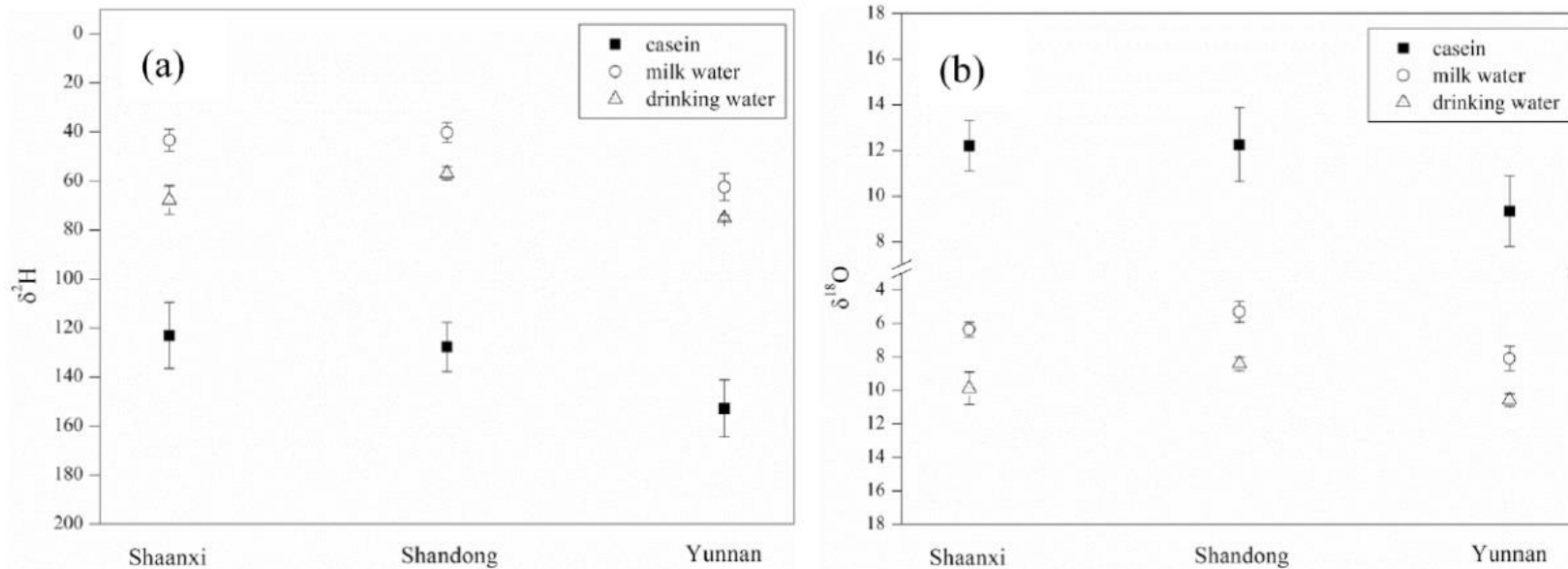


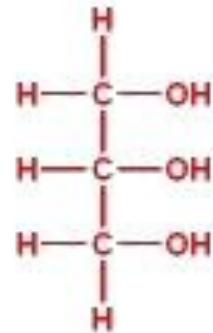
Fig. 2. The characterizations of (a) $\delta^2\text{H}$ and (b) $\delta^{18}\text{O}$ in casein, milk water and drinking water.

Analisi del rapporto isotopico di H e O in latte, caseine e acqua di abbeveraggio in capre allevate in tre differenti regioni della Cina

Lipidi

- ▶ Trigliceridi – 98,3 %
- ▶ Fosfolipidi – 0,8 %
- ▶ Steroli – 0,3 %
- ▶ Dicliceridi - 0,3%
- ▶ Acidi grassi liberi – 0,1%
- ▶ Vitamine liposolubili – 0,2%
- ▶ Monogliceridi – 0,03%

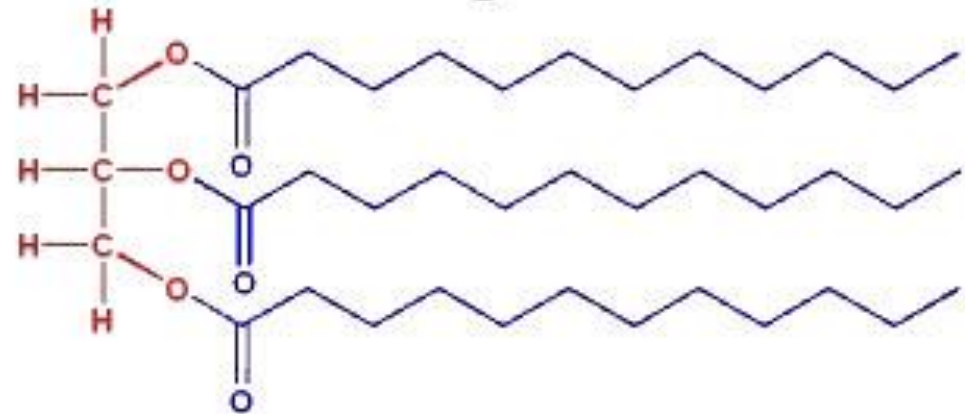
Glicerina



Acido grasso libero



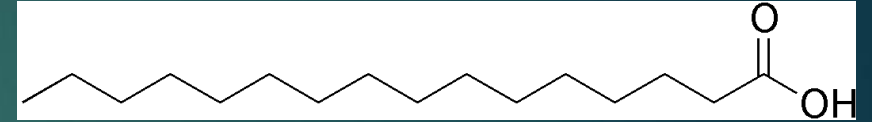
Trigliceride



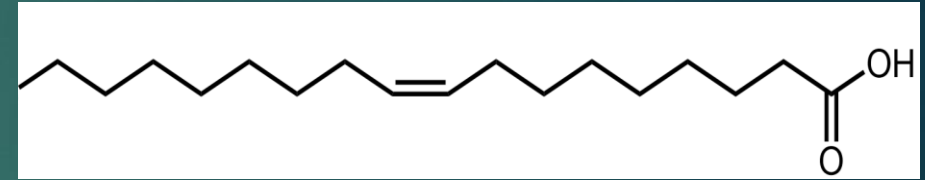
Acidi Grassi

Classificati e identificati in base a:

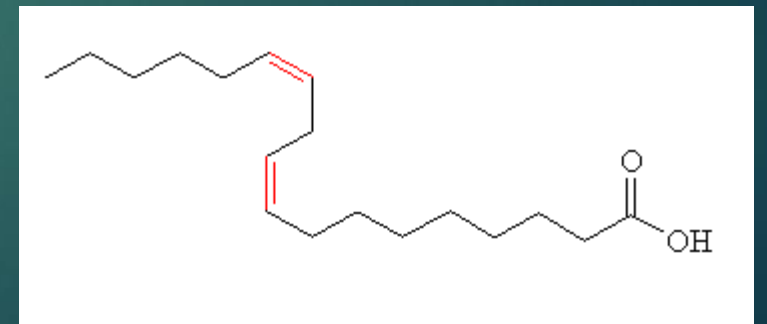
- Numero di atomi di carbonio - 16:0 - acido palmitico



- Numero di insaturazioni - 18:1 – acido oleico

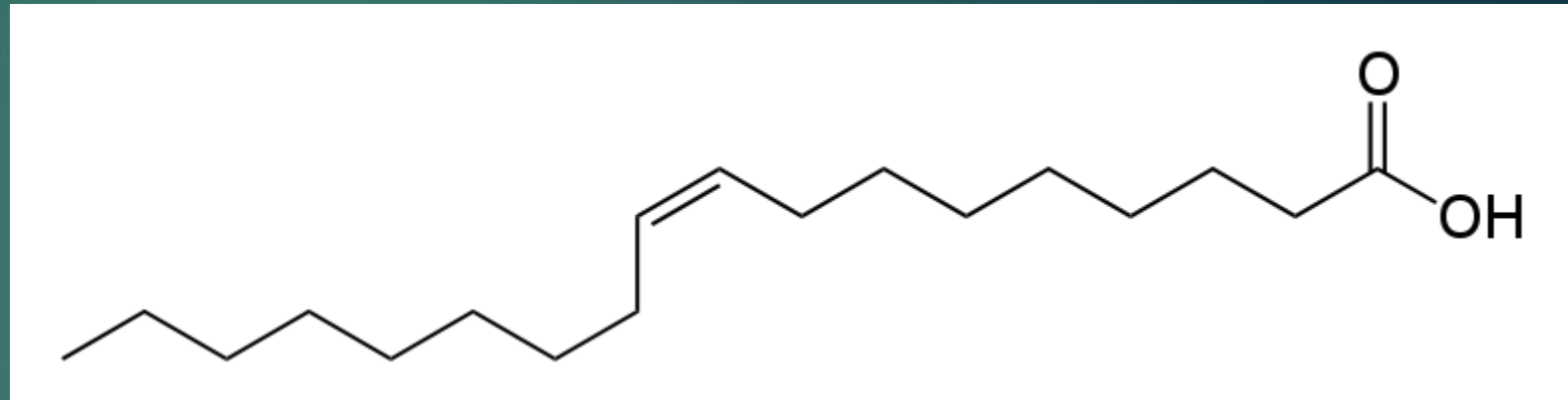


- 18:2 – acido linoleico

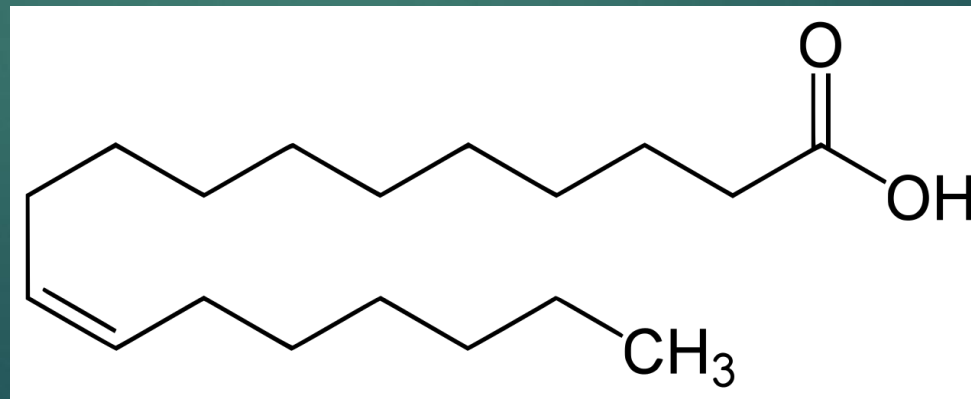


- Posizione dell'insaturazione - n-9 prima insaturazione sul nono atomo della catena carboniosa partendo dal terminale metilico

18:1 n-9 Acido oleico

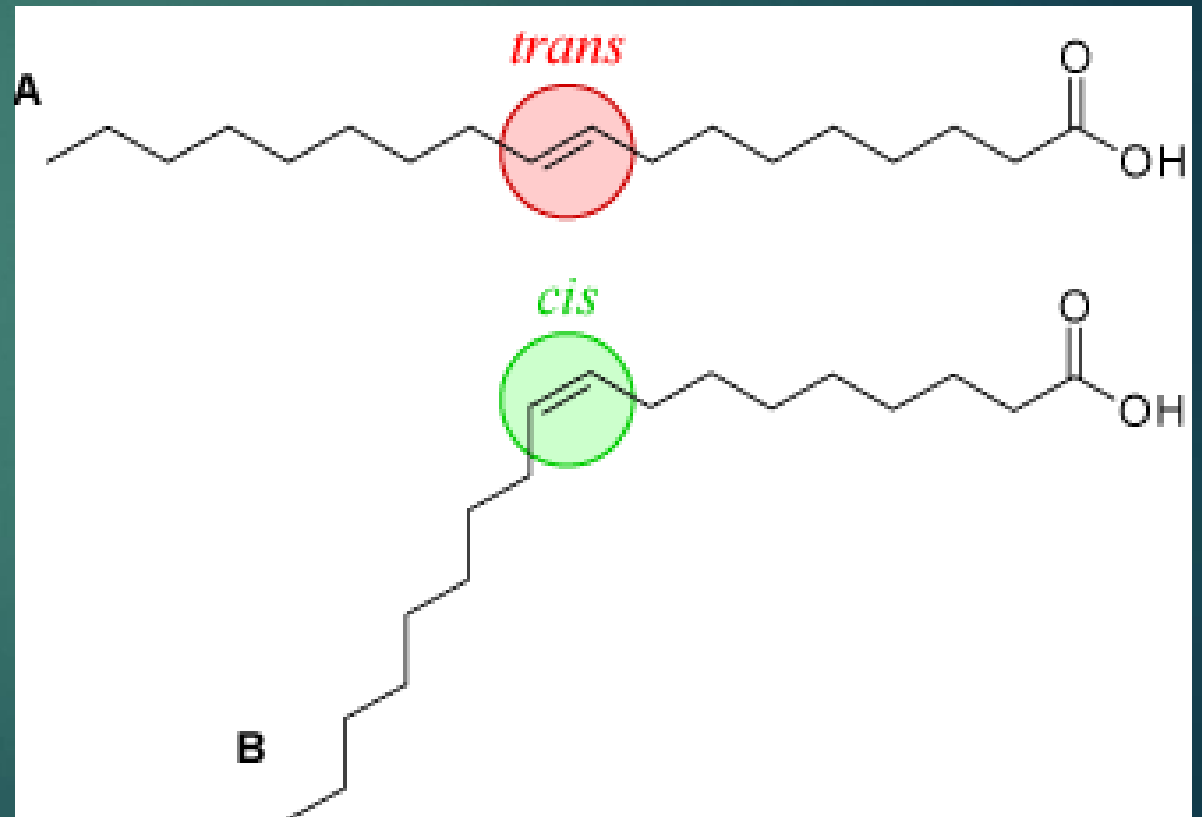


18:1 n-7 Acido cis-vaccenico



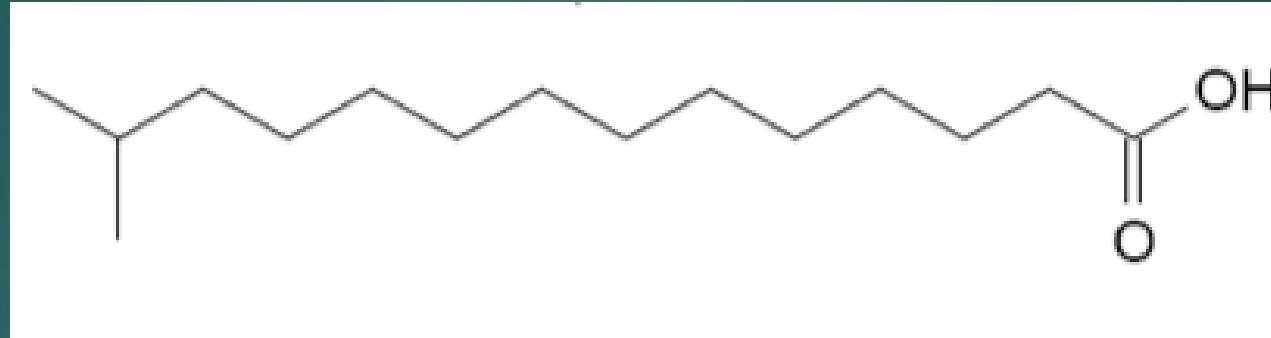
- Isomeria dell'insaturazione – il doppio legame tra due atomi di carbonio può assumere due diverse conformazioni – cis e trans

In base alla conformazione dell'insaturazione la catena carboniosa subisce una curvatura rispetto alla forma lineare

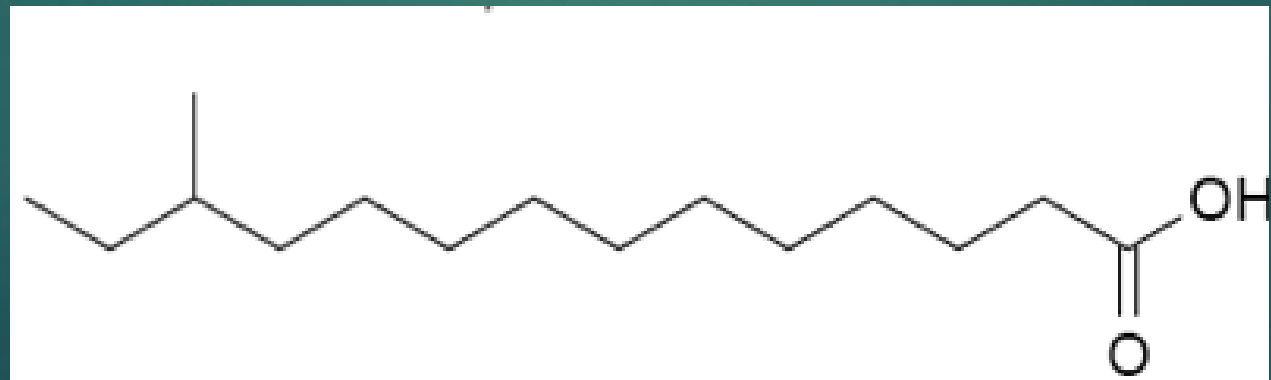


- Ramificazioni – alcuni acidi grassi presentano un gruppo metilico agganciato al penultimo/terzultimo atomo della catena carboniosa

- ISO

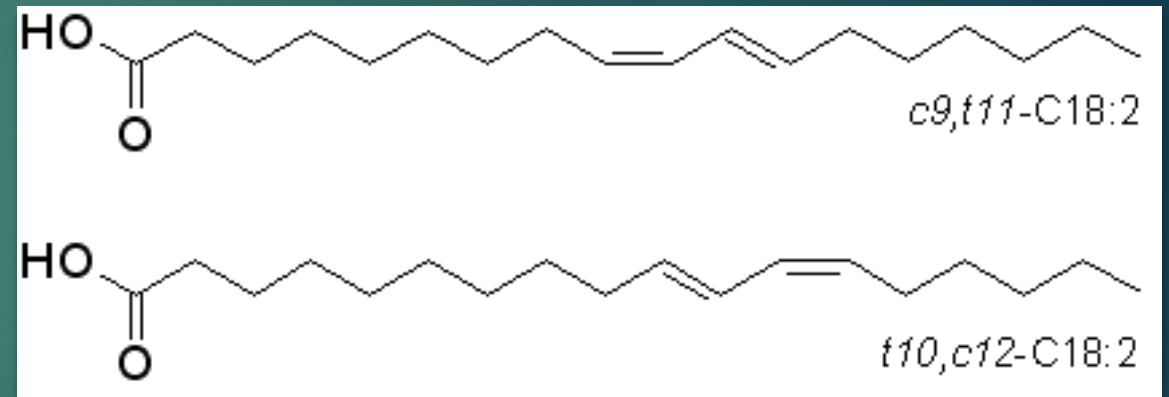


- ANTEISO



- Acidi grassi coniugati – normalmente tra due insaturazioni vi è un intervallo di un gruppo metilenico (- CH₂ -). La presenza di due insaturazioni consecutive modifica le proprietà della molecola ed le sue funzioni fisiologiche

Acido Rumenico 18:2 n-6 (9-cis, 11-trans)

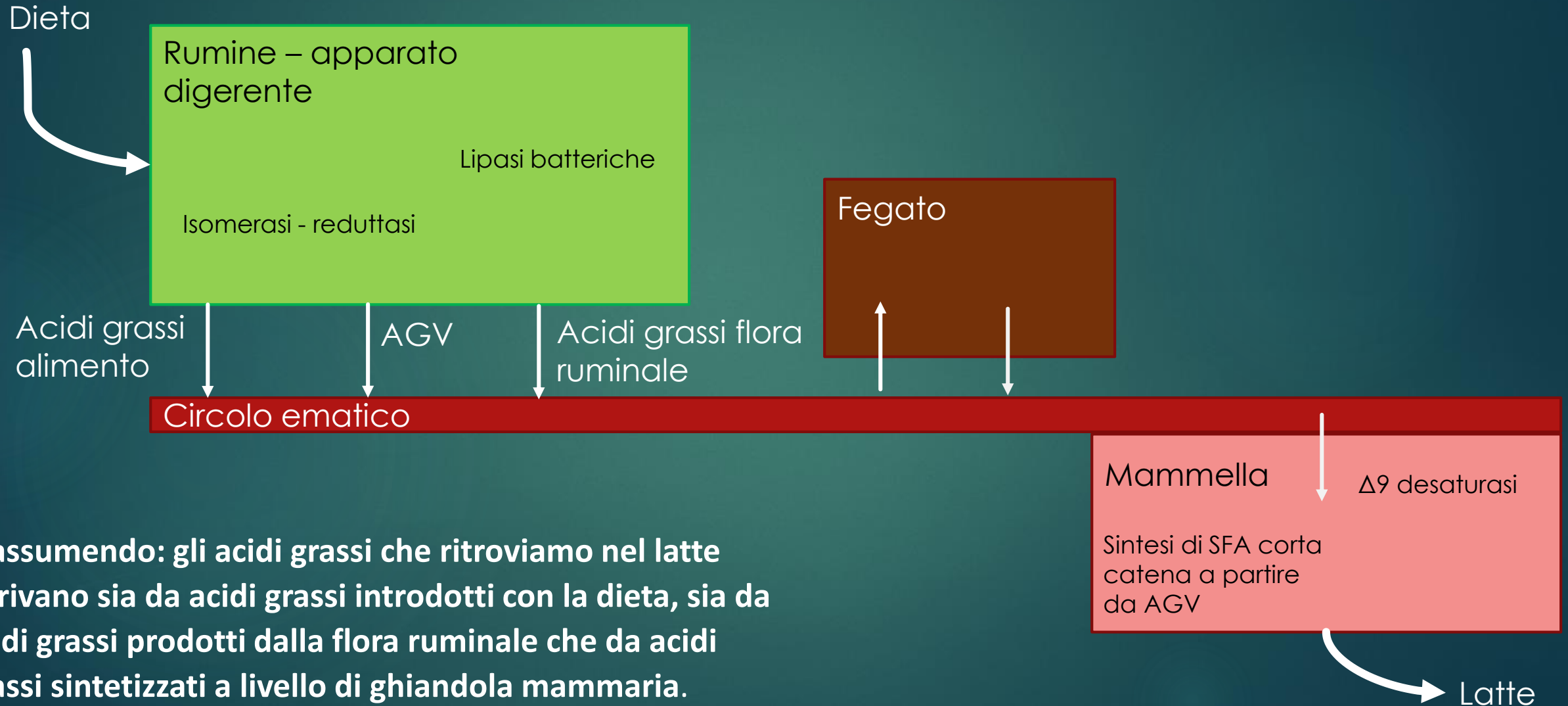


Acidi grassi del latte

Il latte e derivati, così come il grasso bovino, presentano delle peculiarità per quello che riguarda la loro composizione in acidi grassi, derivanti dalla presenza della flora ruminale che agisce sintetizzando acidi grassi che non potrebbero essere sintetizzati dal corredo enzimatico dei mammiferi. Anche la produzione di acidi grassi ruminanti (acetico, propionico, butirrico) influenza poi il corredo lipidico del grasso di proveniente dai ruminanti.

Contrariamente ad altri animali zootecnici il profilo acidico della razione alimentare influenza meno quello dei prodotti derivati.

Metabolismo lipidico bovino



Riassumendo: gli acidi grassi che ritroviamo nel latte derivano sia da acidi grassi introdotti con la dieta, sia da acidi grassi prodotti dalla flora ruminale che da acidi grassi sintetizzati a livello di ghiandola mammaria.

Acidi grassi saturi

Table 2 Composition of SFA in milk fat of human, cow, buffalo, goat, yak, and camel milk

SFA	f_i	Human	Cow	Buffalo	Goat	Yak	Camel
C4:0	1.22	0.10 ± 0.01 ^a	1.23 ± 0.02 ^c	1.62 ± 0.03 ^d	0.93 ± 0.02 ^b	2.05 ± 0.03 ^e	12.2 ± 0.09 ^f
C6:0	1.36	0.11 ± 0.02 ^b	1.75 ± 0.03 ^c	2.09 ± 0.04 ^d	2.51 ± 0.04 ^e	3.42 ± 0.05 ^f	<0.01 ^a
C8:0	1.29	0.19 ± 0.01 ^a	1.20 ± 0.02 ^c	1.26 ± 0.01 ^d	3.15 ± 0.03 ^e	1.61 ± 0.01 ^f	0.26 ± 0.01 ^b
C10:0	0.99	0.83 ± 0.01 ^b	2.15 ± 0.02 ^c	2.01 ± 0.01 ^c	8.54 ± 0.16 ^d	2.03 ± 0.04 ^c	0.21 ± 0.02 ^a
C11:0	1.21	0.02 ± 0.01 ^a	0.24 ± 0.01 ^c	0.15 ± 0.01 ^b	0.22 ± 0.01 ^c	0.21 ± 0.01 ^c	0.05 ± 0.01 ^a
C12:0	0.91	1.91 ± 0.02 ^c	2.42 ± 0.03 ^d	2.54 ± 0.04 ^e	3.15 ± 0.06 ^f	1.34 ± 0.01 ^b	0.91 ± 0.01 ^a
C13:0	1.15	0.02 ± 0.01 ^a	0.14 ± 0.01 ^c	0.13 ± 0.01 ^c	0.12 ± 0.01 ^c	0.12 ± 0.01 ^c	0.08 ± 0.01 ^b
C14:0	1.06	2.47 ± 0.02 ^a	10.0 ± 0.19 ^d	13.1 ± 0.25 ^f	9.0 ± 0.17 ^c	8.1 ± 0.13 ^b	12.0 ± 0.11 ^e
C15:0	1.07	0.22 ± 0.01 ^a	1.19 ± 0.01 ^c	1.37 ± 0.01 ^d	1.09 ± 0.01 ^b	1.76 ± 0.02 ^e	1.09 ± 0.02 ^b
C16:0	1.00	17.3 ± 0.33 ^a	27.8 ± 0.28 ^b	34.6 ± 0.45 ^c	25.1 ± 0.15 ^b	28.5 ± 0.17 ^b	23.6 ± 0.36 ^b
C17:0	1.06	0.36 ± 0.01 ^a	0.65 ± 0.02 ^c	0.65 ± 0.01 ^c	0.73 ± 0.02 ^d	0.89 ± 0.02 ^e	0.56 ± 0.01 ^b
C18:0	0.98	6.6 ± 0.12 ^a	13.5 ± 0.13 ^d	10.2 ± 0.10 ^b	14.7 ± 0.18 ^e	15.0 ± 0.26 ^e	12.8 ± 0.22 ^c
C20:0	1.01	0.16 ± 0.00 ^a	0.17 ± 0.01 ^a	0.27 ± 0.00 ^c	0.21 ± 0.00 ^b	0.40 ± 0.00 ^e	0.20 ± 0.00 ^b
C21:0	1.01	0.01 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^b	0.07 ± 0.00 ^d	0.07 ± 0.00 ^d	0.06 ± 0.00 ^c	0.03 ± 0.00 ^b
C22:0	1.07	0.05 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^b	0.13 ± 0.01 ^c	0.05 ± 0.00 ^a	0.27 ± 0.01 ^d	0.08 ± 0.00 ^b
C23:0	1.59	<0.01 ^a	0.02 ± 0.00 ^b	0.11 ± 0.00 ^d	0.05 ± 0.00 ^c	0.12 ± 0.00 ^e	<0.01 ^a
C24:0	0.87	0.04 ± 0.00 ^c	0.04 ± 0.00 ^c	0.08 ± 0.00 ^d	0.02 ± 0.00 ^b	0.11 ± 0.00 ^e	<0.01 ^a
Total SFA		30.4 ± 0.58 ^a	62.6 ± 0.78 ^b	70.4 ± 0.98 ^d	69.6 ± 0.86 ^d	65.9 ± 0.77 ^c	64.1 ± 0.87 ^{bc}
OBCFA							
C13:0 <i>iso</i>	0.91	<0.01 ^a	0.03 ± 0.00 ^c	0.03 ± 0.00 ^c	0.02 ± 0.00 ^b	0.06 ± 0.00 ^d	<0.01 ^a
C15:0 <i>iso</i>	1.11	0.07 ± 0.00 ^a	0.60 ± 0.01 ^c	0.68 ± 0.02 ^c	0.40 ± 0.00 ^b	1.0 ± 0.01 ^d	0.93 ± 0.01 ^d
C17:0 <i>iso</i>	1.04	0.38 ± 0.01 ^c	0.16 ± 0.01 ^a	0.17 ± 0.00 ^a	0.28 ± 0.01 ^b	0.37 ± 0.01 ^c	0.54 ± 0.01 ^d
C13:0 <i>anteiso</i>	1.06	0.18 ± 0.01 ^c	0.14 ± 0.00 ^b	0.19 ± 0.01 ^{cd}	0.09 ± 0.00 ^a	0.25 ± 0.01 ^e	0.20 ± 0.00 ^d
C15:0 <i>anteiso</i>	1.07	0.06 ± 0.00 ^a	0.34 ± 0.01 ^c	0.39 ± 0.02 ^d	0.24 ± 0.01 ^b	0.41 ± 0.02 ^e	0.36 ± 0.00 ^{cde}
C17:0 <i>anteiso</i>	1.10	0.06 ± 0.00 ^a	0.07 ± 0.00 ^b	0.06 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^c	0.11 ± 0.00 ^d	0.12 ± 0.00 ^e
Total OBCFA		0.76 ± 0.02 ^a	1.34 ± 0.03 ^{ab}	1.53 ± 0.05 ^{ab}	1.12 ± 0.02 ^{ab}	2.19 ± 0.05 ^{ab}	2.16 ± 0.02 ^{ab}

Means ± SD with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level, the results were expressed as mass percent of individual FA, g/100 g; f_i correction factor

Sono i gli acidi grassi prevalenti nel latte di ruminante, che contiene anche una quota cospicua di **acidi grassi a corta catena**

Acidi grassi monoinsaturi

<i>trans</i> -MUFA	f_i	Human	Cow	Buffalo	Goat	Yak	Camel
C16:1 <i>trans</i> -8	1.02	0.01 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^a	0.04 ± 0.00 ^c
C16:1 <i>trans</i> -9	1.02	0.10 ± 0.00 ^a	0.32 ± 0.01 ^b	0.31 ± 0.01 ^b	0.48 ± 0.01 ^d	0.58 ± 0.01 ^e	0.42 ± 0.01 ^c
C18:1 <i>trans</i> -4 and -5	0.98	0.01 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^c	0.02 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^c	0.02 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^d
C18:1 <i>trans</i> -6, -7 and -8	0.98	<0.01 ^a	0.01 ± 0.00 ^b	<0.01 ^a	<0.01 ^a	<0.01 ^a	0.20 ± 0.00 ^c
C18:1 <i>trans</i> -9 and -10	1.90	<0.01 ^a	0.24 ± 0.00 ^d	0.25 ± 0.00 ^d	0.13 ± 0.00 ^b	0.20 ± 0.00 ^c	0.34 ± 0.03 ^e
C18:1 <i>trans</i> -11	0.95	0.33 ± 0.01 ^a	1.09 ± 0.01 ^c	0.56 ± 0.01 ^b	1.67 ± 0.01 ^e	3.06 ± 0.03 ^f	1.38 ± 0.09 ^d
C18:1 <i>trans</i> -12, and -13	0.95	<0.01 ^a	0.02 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^c	0.02 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^d
∑ <i>trans</i> -MUFA		0.44 ± 0.01 ^a	1.71 ± 0.02 ^c	1.16 ± 0.02 ^b	2.36 ± 0.02 ^d	3.90 ± 0.04 ^e	2.46 ± 0.13 ^d
<i>cis</i> -MUFA							
C12:1 <i>cis</i> -9	1.15	<0.01 ^a	0.06 ± 0.00 ^b	0.06 ± 0.00 ^b	<0.01 ^a	<0.01 ^a	<0.01 ^a
C14:1 <i>cis</i> -9	1.11	0.09 ± 0.00 ^a	0.67 ± 0.02 ^d	0.78 ± 0.01 ^e	0.08 ± 0.00 ^a	0.27 ± 0.01 ^b	0.55 ± 0.01 ^c
C16:1 <i>cis</i> -9	1.04	2.03 ± 0.02 ^e	0.61 ± 0.03 ^b	1.18 ± 0.03 ^d	0.10 ± 0.00 ^a	0.78 ± 0.03 ^c	5.15 ± 0.04 ^f
C17:1 <i>cis</i> -10	1.12	0.18 ± 0.01 ^a	0.23 ± 0.01 ^b	0.23 ± 0.01 ^b	0.15 ± 0.01 ^a	0.32 ± 0.01 ^c	0.49 ± 0.02 ^d
C18:1 <i>cis</i> -9; oleic acid	1.22	32.7 ± 0.23 ^f	28.7 ± 0.18 ^e	21.8 ± 0.11 ^d	19.9 ± 0.17 ^b	20.4 ± 0.21 ^c	15.5 ± 0.11 ^a
C18:1 <i>cis</i> -11; <i>cis</i> -vaccenic acid	1.06	1.08 ± 0.01 ^d	0.36 ± 0.01 ^b	0.39 ± 0.02 ^b	0.24 ± 0.01 ^a	0.40 ± 0.01 ^b	0.77 ± 0.04 ^c
C18:1 <i>cis</i> -12	1.06	0.03 ± 0.00 ^a	0.25 ± 0.01 ^d	0.11 ± 0.01 ^c	0.23 ± 0.02 ^d	0.07 ± 0.00 ^b	0.11 ± 0.01 ^c
C18:1 <i>cis</i> -13	1.06	0.03 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^c	0.02 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^b
C18:1 <i>cis</i> -14	1.06	0.07 ± 0.00 ^a	0.24 ± 0.01 ^c	0.10 ± 0.00 ^b	0.40 ± 0.02 ^e	0.33 ± 0.00 ^d	0.34 ± 0.01 ^d
C18:1 <i>cis</i> -15	1.06	0.05 ± 0.00 ^a	0.13 ± 0.01 ^c	0.10 ± 0.00 ^b	0.21 ± 0.01 ^d	0.23 ± 0.01 ^d	0.21 ± 0.01 ^d
C18:1 <i>cis</i> -16	1.06	<0.01 ^a	0.05 ± 0.00 ^b	<0.01 ^a	0.05 ± 0.00 ^b	0.10 ± 0.00 ^c	<0.01 ^a
C20:1 <i>cis</i> -11	1.07	0.30 ± 0.01 ^c	0.03 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	0.04 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^b
C22:1 <i>cis</i> -13	1.10	0.05 ± 0.00 ^e	<0.01 ^a	0.02 ± 0.00 ^c	0.01 ± 0.00 ^d	0.03 ± 0.00 ^b	<0.01 ^a
C24:1 <i>cis</i> -15	0.93	0.02 ± 0.00 ^a	<0.01 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	<0.01 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	<0.01 ^a
∑ <i>cis</i> -MUFA		36.7 ± 0.28 ^e	31.3 ± 0.28 ^d	24.8 ± 0.19 ^c	21.4 ± 0.24 ^a	23.1 ± 0.28 ^b	23.3 ± 0.25 ^b
Total MUFA		37.1 ± 0.29 ^d	33.0 ± 0.30 ^c	26.0 ± 0.21 ^b	23.8 ± 0.26 ^a	27.0 ± 0.32 ^b	25.7 ± 0.38 ^b

Means ± SD with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level, the results were expressed as mass percent of individual FA, g/100 g; f_i correction factor

Nel latte di ruminante sono presenti acidi grassi *trans*, solitamente assenti nei grassi animali, derivati dall'azione di deidrogenazione della flora ruminale su acidi grassi presenti nella razione

Acidi grassi poliinsaturi

Table 4 Composition of PUFA in milk fat of human, cow, buffalo, goat, yak, and camel milk

PUFA	f_i	Human	Cow	Buffalo	Goat	Yak	Camel
C18:2 <i>trans</i> -9,12	1.10	0.06 ± 0.00 ^a	0.13 ± 0.01 ^b	0.07 ± 0.00 ^a	0.26 ± 0.01 ^d	0.18 ± 0.01 ^c	0.29 ± 0.01 ^c
C18:2 <i>cis</i> -9,12	0.97	28.0 ± 0.24 ^d	1.73 ± 0.01 ^b	1.22 ± 0.08 ^a	3.07 ± 0.02 ^c	1.62 ± 0.03 ^b	3.19 ± 0.02 ^c
C18:3n-6	1.09	0.03 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^c	0.03 ± 0.00 ^b	<0.01 ^a
C18:3n-3 (ALA)	1.05	1.23 ± 0.01 ^c	0.16 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^a	0.84 ± 0.02 ^b	1.37 ± 0.01 ^d	2.12 ± 0.02 ^e
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	1.05	0.20 ± 0.01 ^a	0.60 ± 0.02 ^c	0.32 ± 0.01 ^b	0.72 ± 0.01 ^d	1.08 ± 0.02 ^e	0.59 ± 0.01 ^c
C20:2 <i>cis</i> -11,14	1.06	0.47 ± 0.01 ^c	0.02 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^b	<0.01 ^a	<0.01 ^a
C20:3n-6	1.12	0.44 ± 0.01 ^d	0.09 ± 0.00 ^c	0.07 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.09 ± 0.01 ^c
C20:3n-3	1.09	0.04 ± 0.00 ^c	<0.01 ^a	<0.01 ^a	0.02 ± 0.00 ^b	0.02 ± 0.00 ^b	<0.01 ^a
C20:4n-6 (AA)	1.52	0.67 ± 0.01 ^c	0.19 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.24 ± 0.01 ^b	0.16 ± 0.01 ^a	1.35 ± 0.02 ^d
C22:2 <i>cis</i> -11,14	0.94	0.05 ± 0.00 ^e	0.02 ± 0.00 ^c	0.02 ± 0.00 ^c	0.01 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^d	<0.01 ^a
C20:5n-3 (EPA)	0.95	0.03 ± 0.00 ^c	0.01 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^d	0.08 ± 0.00 ^e	0.14 ± 0.00 ^f
C22:4	0.94	0.08 ± 0.00 ^b	0.03 ± 0.00 ^{ab}	0.01 ± 0.00 ^{ab}	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	<0.01 ^a
C22:5n-6 (DPA)	1.07	0.05 ± 0.00 ^d	<0.01 ^b	<0.01 ^a	0.01 ± 0.00 ^c	<0.01 ^a	<0.01 ^a
C22:5n-3 (DPA)	1.06	0.12 ± 0.01 ^b	0.04 ± 0.00 ^a	0.05 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.01 ^b	0.26 ± 0.01 ^c	0.34 ± 0.02 ^d
C22:6n-3 (DHA)	0.96	0.22 ± 0.01 ^c	<0.01 ^a	<0.01 ^a	0.03 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^b	<0.01 ^a
ΣPUFA		31.7 ± 0.31 ^f	3.05 ± 0.06 ^b	2.13 ± 0.11 ^a	5.48 ± 0.08 ^d	4.91 ± 0.09 ^c	8.10 ± 0.11 ^e
Σn-6		29.5	2.77	1.87	4.37	3.09	5.50
Σn-3		1.64	0.21	0.21	1.05	1.78	2.60
Σn-6/Σn-3		17.9	13.0	8.8	4.15	1.73	2.12

Gli acidi grassi poliinsaturi sono scarsi nei trigliceridi presenti nel latte. Sono presenti tracce di acido linoleico coniugato, che pur essendo presente in basse concentrazioni ha notevole significato nutritivo.

Sintesi di acidi grassi ramificati

Sono acidi grassi derivanti dal metabolismo di amminoacidi (leucina, isoleucine, valina).

Il loro contenuto aumenta se l'animale è al pascolo.

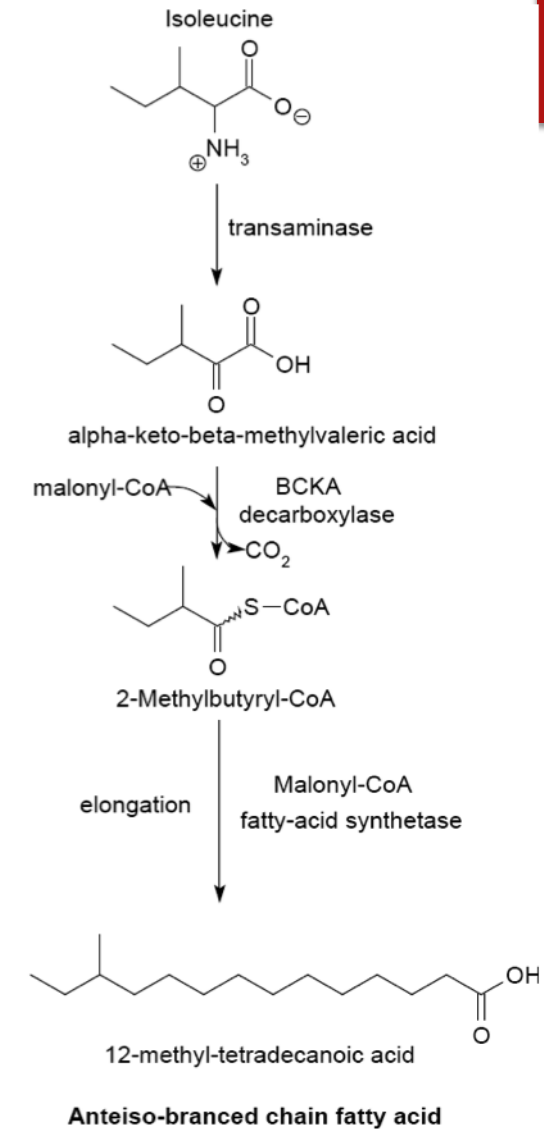
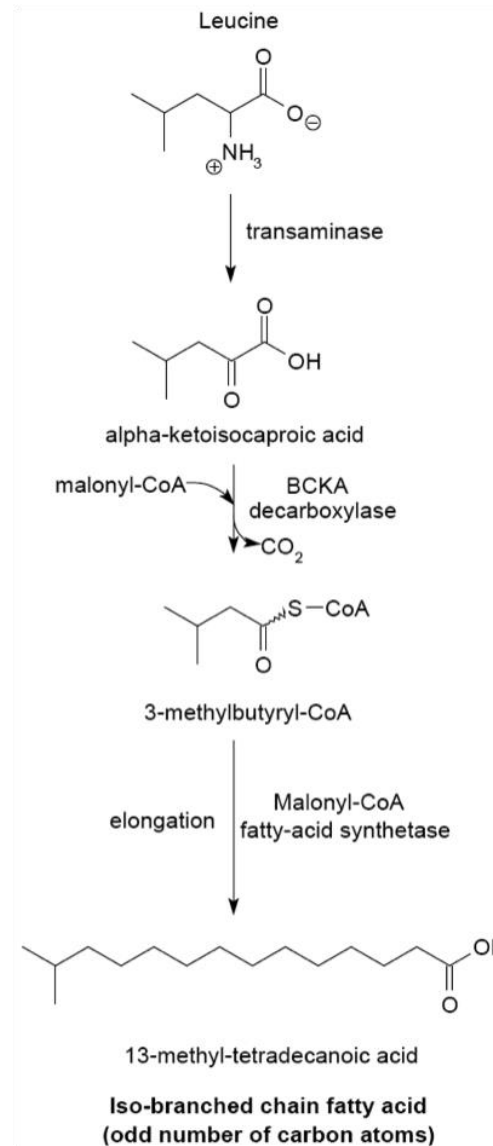


Tabella 2
Effetto del foraggio sulla composizione acidica del grasso del latte (mg/g di grasso)

<i>Tipo di foraggio</i>	<i>Pascolo di pianura</i>	<i>Pascolo di montagna</i>	<i>Insilato d'erba</i>	<i>Insilato di mais</i>
% sulla s.s	100	100	63	68
Acidi grassi				
C4:0	35	48	32	34
C6:0 + C8:0	32	31	32	41
C10:0 + C12:0	58	45	73	82
C14:0	99	96	125	124
C16:0	258	249	356	327
C16:1	17	18	16	22
C18:0	114	108	99	81
C18:1 t10 t11	21	37	–	7
C18:1	279	283	209	195
C18:2	26	45	15	22
C18:3	14	15	5	3
CLA c9 t11	9	16	5	5

(da Antongiovanni *et al.*, 2003)

Caratterizzazione di un prodotto caseario tramite il suo profilo in acidi grassi

L'analisi degli acidi grassi di prodotti caseari consente quindi di avere indicazioni su:

- Caratterizzare prodotti da agricoltura biologica
- Caratterizzare prodotti ottenuti da pascoli di montagna, nell'ottica della loro valorizzazione

Analizzando i trigliceridi e gli steroli contenuti nel latte è invece possibile evidenziare adulterazioni di burro o altri grassi di origine vegetale o animale

Conjugated linoleic acid (CLA) and fatty acid composition of milk, curd and Grana Padano cheese in conventional and organic farming systems

Aldo Prandini*, Samantha Sigolo and Gianfranco Piva

Institute of Food Science and Nutrition, Catholic University of Piacenza, Agricultural Faculty, Via Emilia Parmense 84,
29100 Piacenza Italy

Received 10 August 2007; accepted for publication 28 May 2008; first published online 18 May 2009

Prodotti ottenuti da animali alimentati con razione biologica, contenete un maggior quantitativo di foraggio (sia fresco che essiccato) hanno presentato un differente profilo acidico, soprattutto per CLA, acido vaccenico e acido linoleico



ELSEVIER

International Dairy Journal 12 (2002) 649–659

INTERNATIONAL
DAIRY
JOURNAL

www.elsevier.com/locate/iddairyj

Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography

Marius Collomb^{a,*}, Ueli Bütikofer^a, Robert Sieber^a, Bernard Jeangros^b,
Jacques-Olivier Bosset^a

^a *Federal Dairy Research Station, Liebefeld, CH-3003 Berne, Switzerland*

^b *Federal Research Station for Plant Production, CH-1260 Nyon, Switzerland*

Received 14 June 2001; accepted 21 March 2002

Confronto tra il latte ottenuto da vacche al pascolo a 3 differenti quote 650 – 1100 – 1800

La presenza di CLA e Acido Vaccenico aumenta con l'aumentare della quota di pascolamento, così come la presenza di PUFA. Inversamente SFA sono stati ritrovati in maggiori quantità nel latte ottenuto da animali pascolanti a quote minori



Lattoria Sociale San Giorgio



Caseifici di montagna

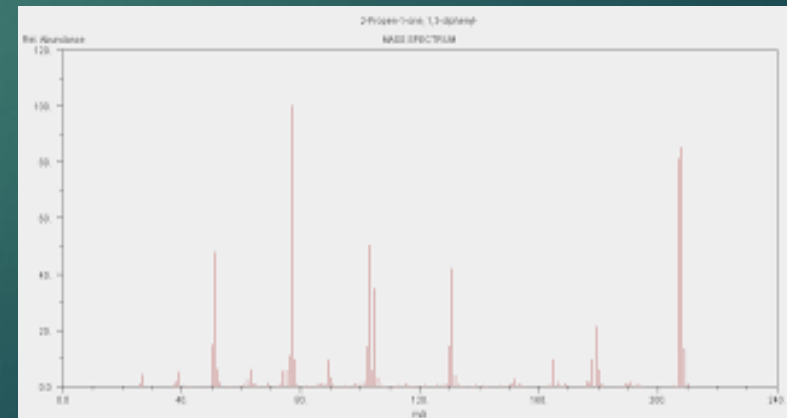
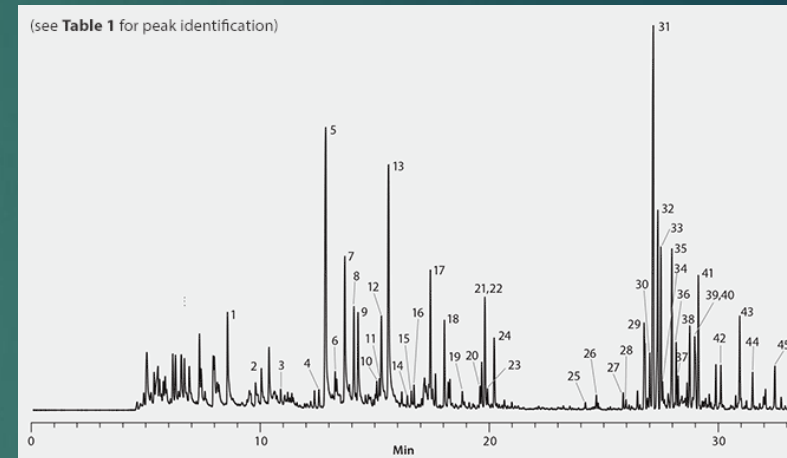
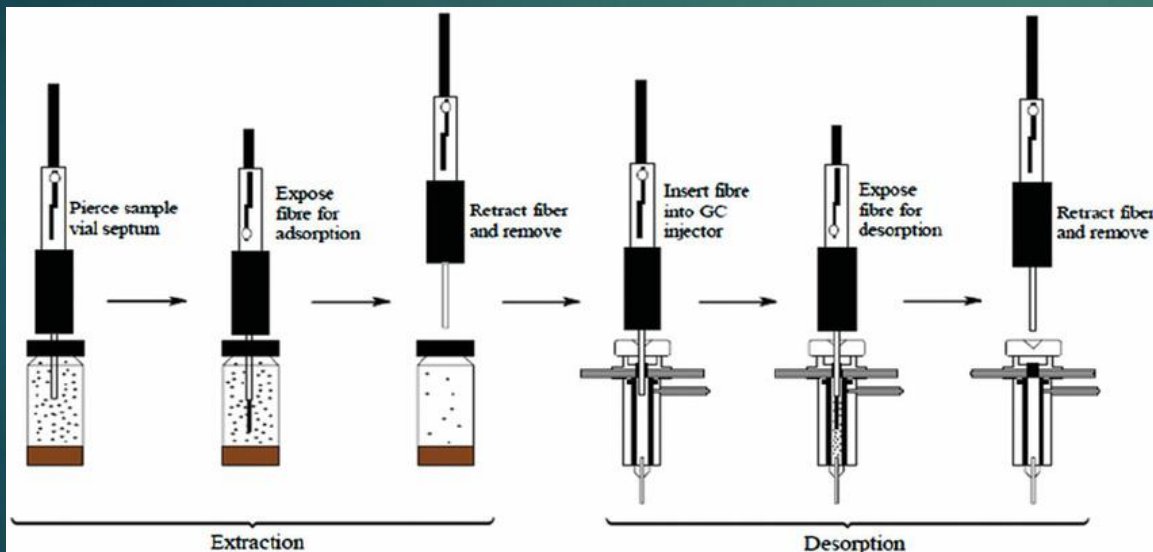



Stanno nascendo numerosi marchi utilizzati per individuare prodotti provenienti da agricoltura di montagna – nasce quindi la necessità di caratterizzare questi prodotti per riuscire a discriminarli una qual volta si trovino sul mercato.

Formaggi

Oltre alla caratterizzazione del profilo in acidi grassi, che nei formaggi ricalca fedelmente quello del latte utilizzato, è possibile determinare il profilo di sostanze volatili che si vengono a creare nei prodotti sottoposti a maturazione.

Tecnica di analisi HS-SPME GC-MS





La tecnica ha il vantaggio di riuscire ad analizzare un gran numero di sostanze, anche presenti in basse concentrazioni, è molto rapida come esecuzione e molto ben ripetibile. Essa presenta però dei limiti analitici.

Le sostanze aderiscono in proporzione variabile alla fibra di estrazione e vi è competizione per alcuni siti di legame

Il profilo di sostanze volatili non ricalca esattamente la percezione umana, in quanto il senso di gusto e olfatto reagisce con intensità differenti a diverse molecole.

Origine dei composti volatili

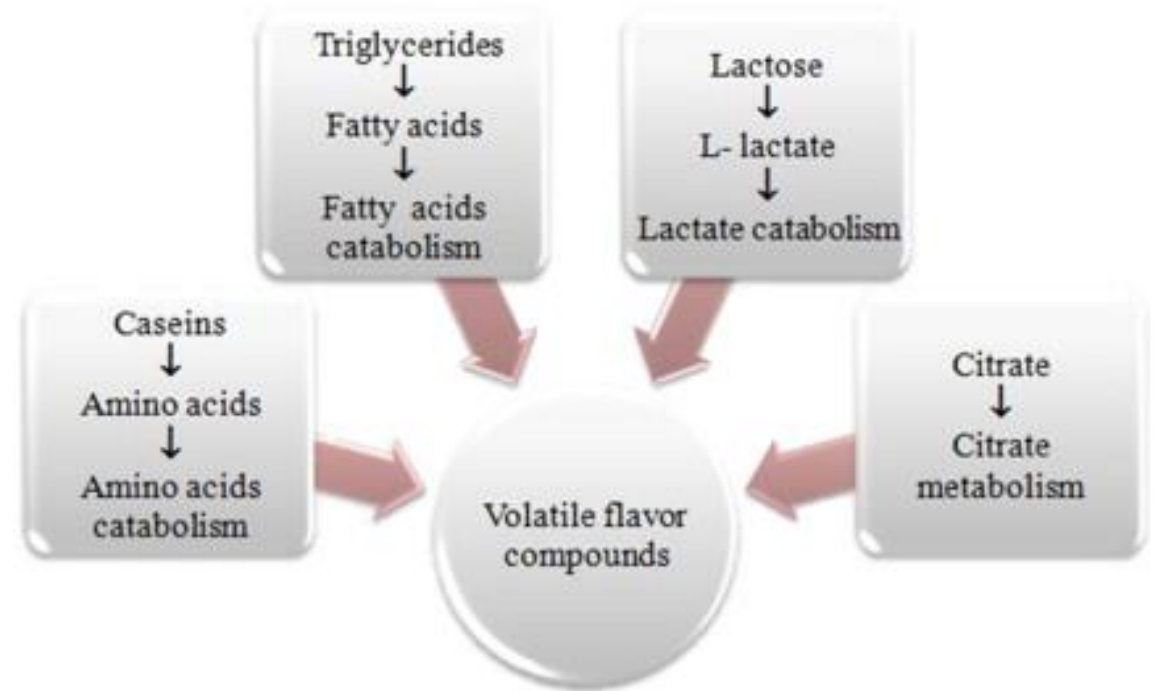
I composti volatili nei prodotti caseari possono originare da numerose molecole organiche.

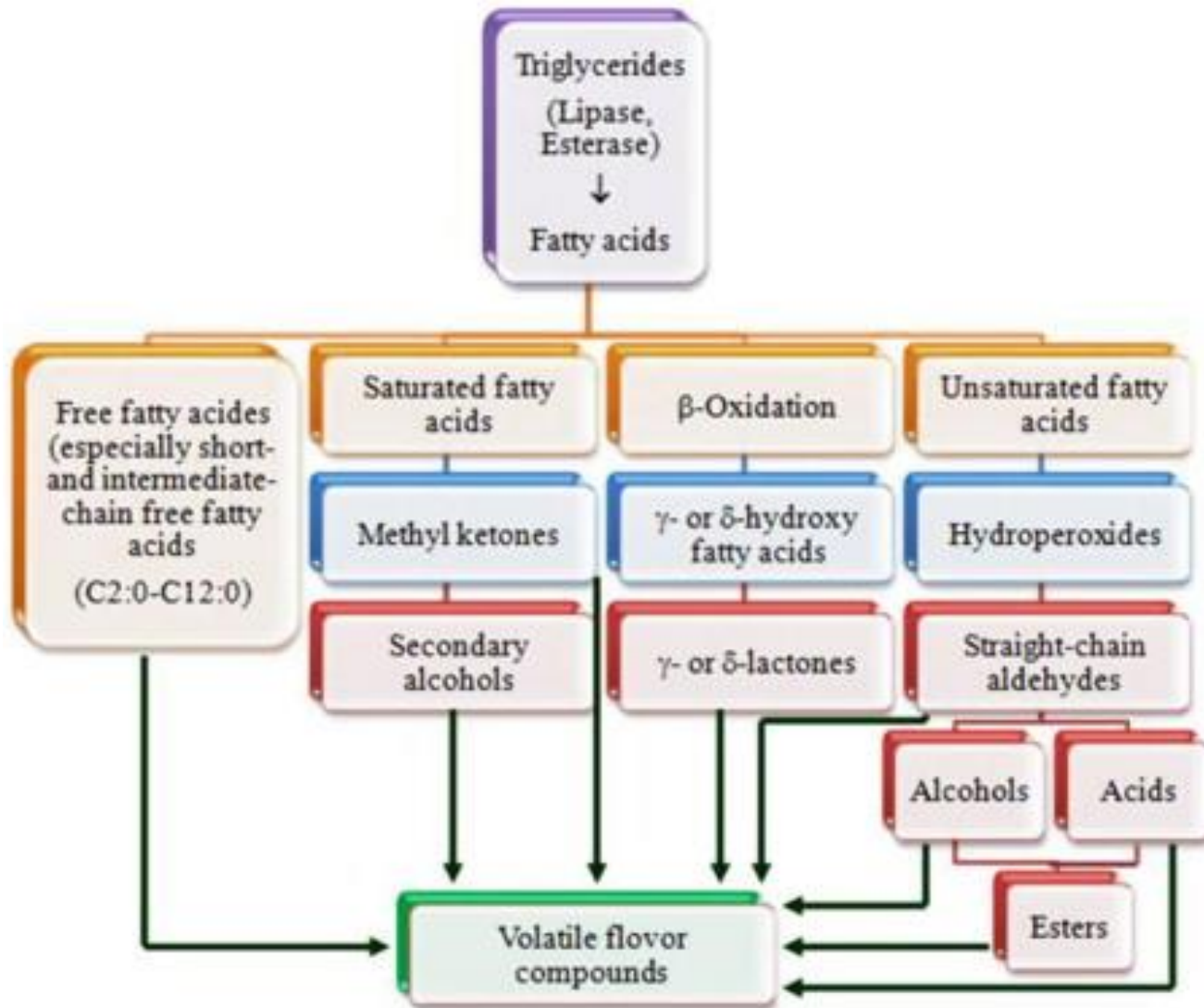
I principali meccanismi di formazione dei composti volatili comprendono

- ▶ Enzimi portati dal caglio
- ▶ Ossidazione
- ▶ Enzimi microorganismi
- ▶ Liberazione di composti presenti in tracce nel latte
- ▶ Composti che si formano con aumento temperatura

L'estrema variabilità delle lavorazioni italiane comprende quindi una variazione di profili aromatici diversi, ognuno utile alla caratterizzazione di un diverso formaggio

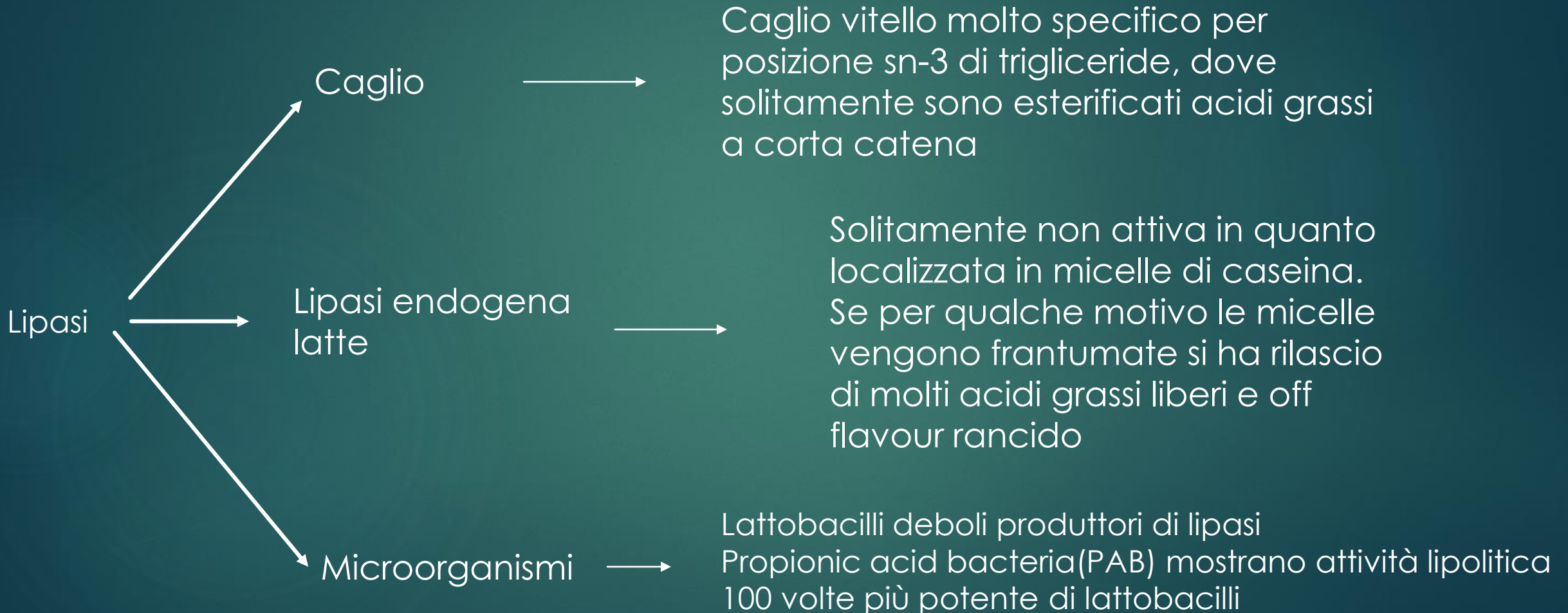
Tutte le componenti del latte concorrono alla formazione delle sostanze volatili dei formaggi





Il metabolismo dei lipidi è quello che contribuisce maggiormente alla formazione di sostanze aromatiche volatili

Degradazione dei lipidi – Lipasi e formazione di acidi grassi liberi



Gli acidi grassi liberi possono essere già loro stessi sostanze volatili o costituire il substrato per ulteriori reazioni chimiche che portano alla formazione di altre sostanze volatili.

Il contributo al flavour dei formaggi degli acidi grassi liberi è però influenzato dal pH.

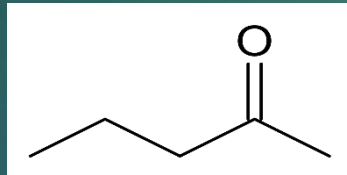
Ambiente alcalino - acidi grassi in forma saponificata - Sali non volatili

Ambiente acido - acidi grassi liberi – sostanze volatili

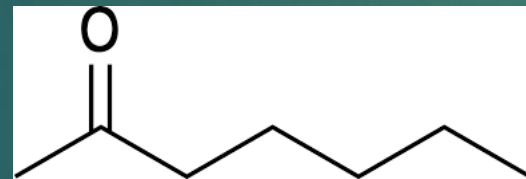
Catabolismo di acidi grassi liberi

Penicillium roqueforti e *Penicillium camemberti* sono i responsabili della formazione di 2 metil chetoni, composti tipici del profilo aromatico dei formaggi erborinati e formaggi a crosta fiorita

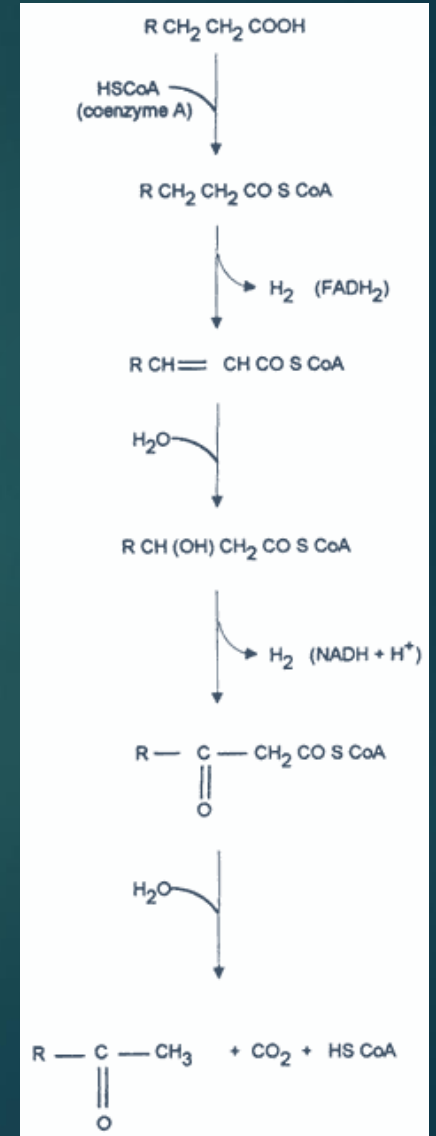
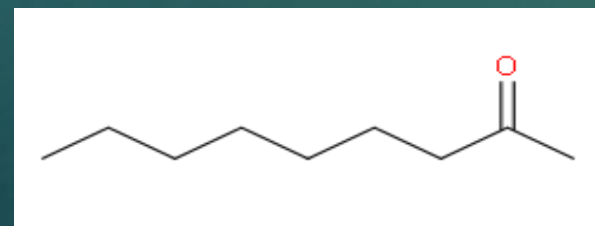
2-pentanone



2-heptanone

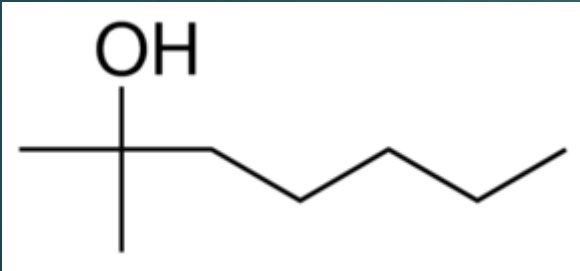


2-nonanone



I metil chetoni possono subire una ulteriore trasformazione con la formazione dei relativi alcoli secondari. Anche questa reazione è dovuta ad enzimi caratteristici di miceti.

I composti così generati portano un contributo minore rispetto ai chetoni al flavour del formaggio, anche se il 2-heptanolo è considerato uno delle sostanze che caratterizzano maggiormente il gusto del gorgonzola

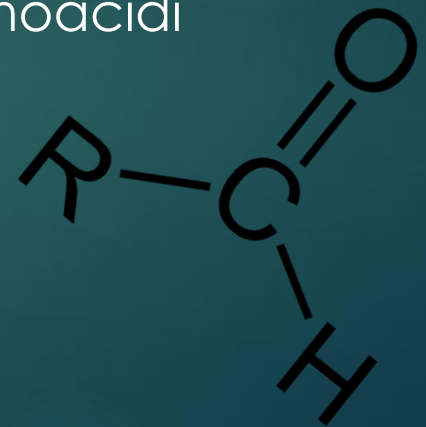


Ossidazione acidi grassi insaturi

Le insaturazioni sono il punto in cui facilmente possono venire le ossidazioni di acidi grassi. I formaggi non sono solitamente ambienti in cui avvengono molte reazioni di ossidazione. Le aldeidi vengono solitamente associate a odori erbosi.

Le aldeidi che solitamente si formano sono propanale, esanale, eptanale, ottanale e nonanale.

Altre aldeidi si formano direttamente per deamminazione di amminoacidi



Reazione di acidi grassi con alcoli

Gli acoli sono presenti nei formaggi grazie alla fermentazione del lattosio presente nel latte, ma anche da altri substrati quali amminoacidi, glicerolo e

Principalmente si formano metil-esteri ed etil-esteri, propil-esteri e butil-esteri

La formazione di questi composti conferisce un flavour fruttato ai formaggi

Strachitunt



	60		75		115	
	Control	Tratt	Control	Tratt	Control	Tratt
Acidi	254,0±11,1	2739,7±229,3	572,7±145,7	1193,5±108,7	2736,1±103,2	8695,4±1058,2
Acetic acid	<u>0,0±0,0</u>	<u>1743,0±189,8</u>	<u>0,0±0,0</u>	<u>576,3±115,2</u>	<u>159,5±13,2</u>	<u>157,4±9,1</u>
Propanoic acid 2-methyl	3,9±0,3	16,0±16,5	2,0±2,8	41,9±6,9	0,0±0,0	0,0±0,0
Butanoic acid	31,5±1,7	722,5±46,3	142,2±16,8	343,7±13,0	485,9±412,6	1770,7±1347,8
Butanoic acid 3 methyl	153,1±14,2	177,2±2,5	0,0±0,0	96,5±10,3	7,0±9,8	0,0±0,0
Butanoic acid 2 methyl	36,5±6,6	0,0±0,0	0,0±0,0	46,4±12,5	0,0±0,0	0,0±0,0
Hexanoic acid	0,0±0,0	54,6±38,8	253,9±7,6	67,0±57,7	873,6±1159,1	4746,5±110,9
Octanoic acid	0,0±0,0	22,2±7,3	145,6±106,1	16,7±1,6	805,3±537,8	1566,4±183,5
Nonanoic acid	4,6±6,5	4,1±5,8	21,8±22,7	4,9±7,0	5,5±7,7	21,3±3,3
Decenoic acid	0,0±0,0	0,0±0,0	7,3±10,4	0,0±0,0	384,3±320,1	433,1±7,6
Dodecanoic acid	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	15,1±2,8	0,0±0,0

Strachitunt



Ketones	60		75		115	
	Control	Tratt	Control	Tratt	Control	Tratt
Acetone	1336,6±96,8	396,3±230,7	21876,4±4689,0	2781,9±313,1	30789,8±3488,0	10225,7±576,8
2,3 butandione	470,0±28,1	0,0±0,0	756,0±347,8	306,4±70,1	653,3±183,3	375,6±3,9
2-Butanone	29,0±1,8	70,8±8,2	6,5±9,2	48,2±5,1	0,0±0,0	36,7±4,0
2-Pentanone	78,8±6,8	45,0±63,7	45,4±33,1	361,5±81,3	74,0±21,0	96,5±3,8
2-Butanone, 3-hydroxy-	13,6±0,7	73,7±54,3	3773,9±1412,8	782,1±427,9	5049,6±112,0	2495,7±261,6
2-hexanone	696,4±52,4	67,0±10,6	0,0±0,0	459,3±19,6	0,0±0,0	29,7±42,0
2-Heptanone	0,0±0,0	0,0±0,0	150,3±80,9	20,0±2,2	118,1±4,3	98,6±5,8
2-heptanone 5 methyl	31,5±6,7	90,9±76,7	8883,3±3556,8	565,2±108,3	6827,0±53,0	4718,4±194,7
2-octanone	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	2,1±3,0	0,0±0,0
8-nonen 2 one	0,0±0,0	0,0±0,0	217,2±60,5	11,3±15,9	286,0±20,9	94,6±0,7
2-nonanone	0,0±0,0	3,1±4,3	1486,6±153,1	36,1±0,1	1750,9±393,0	331,8±19,8
	17,3±0,3	40,0±34,3	6327,7±551,9	184,9±4,7	12950,5±2278,9	1800,9±61,6

Strachitunt



	60		75		115	
	Control	Tratt	Control	Tratt	Control	Tratt
Alcohols	855,0±10,2	1855,5±231,7	1537,5±294,1	1098,0±493,9	4484,0±952,9	1378,4±24,6
Ethyl alcohol	51,5±11,1	741,3±30,6	148,4±22,2	96,4±5,6	390,1±59,3	313,7±20,2
2-butanol	0,0±0,0	86,3±122,0	27,1±38,3	74,1±104,8	0,0±0,0	0,0±0,0
1-propanol 2 methyl	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	6,7±0,8	12,1±1,5
2-pentanol	0,0±0,0	0,0±0,0	555,6±128,3	11,9±3,2	1391,1±194,5	403,3±75,6
1-Butanol, 3-methyl-	29,4±7,7	749,6±49,2	36,1±10,3	634,6±357,0	57,1±5,8	94,4±5,8
1-Butanol, 2-methyl-	0,0±0,0	70,1±5,7	0,0±0,0	73,0±34,9	20,1±1,5	22,3±0,6
2,3-Butanediol	227,9±5,2	65,5±10,2	0,0±0,0	24,4±24,3	0,0±0,0	0,0±0,0
1-butanol 3 methyl acetate	0,0±0,0	38,0±8,1	0,0±0,0	21,1±29,9	0,0±0,0	4,3±6,1
2-heptanol	3,7±5,3	30,4±0,5	630,6±173,2	29,0±0,7	1316,7±354,9	346,8±21,2
4-heptanol,2,6 dimethyl	153,9±4,2	0,0±0,0	7,9±2,0	8,8±1,8	0,0±0,0	0,0±0,0
1-octen 3 ol	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	4,3±6,0	15,3±4,3
2-nonanol	0,0±0,0	0,0±0,0	76,8±15,8	0,0±0,0	1141,7±300,3	82,7±1,1
Phenylethyl Alcohol	142,6±1,6	17,9±6,8	55,0±20,1	93,3±9,5	54,7±25,4	83,4±1,0
2-undecanol	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	63,8±29,5	0,0±0,0

Strachitunt



	60		75		115	
	Control	Tratt	Control	Tratt	Control	Tratt
Esters	35,8±7,2	520,0±148,1	13,9±1,7	290,3±97,0	2128,9 ^{±2278,} ₆	712,3±45,9
Ethyl acetate	17,4±7,9	157,7±153,3	2,3±3,2	46,2±65,4	0,0±0,0	0,0±0,0
Butanoic acid methyl ester	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	59,8±5,4	67,9±14,3
Butanoic acid ethylester	0,0±0,0	163,6±11,8	0,0±0,0	28,1±35,8	32,5±12,9	153,0±4,7
Hexanoic acid methylester	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	62,8±3,6	101,1±5,1
Butanoic acid 2 methylpropyl ester	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	8,7±0,9
Hexanoic acid ethylester	18,3±0,8	189,1±7,8	0,0±0,0	183,4±6,9	1735,3±2346	247,8±44,0
Butanoic acid penthyl ester	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	15,4±21,7	24,3±1,0
Octanoic acid methylester	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	84,2±8,6	57,6±3,6
Octanoic acid methylester	0,0±0,0	9,6±1,1	11,6±4,9	27,7±2,8	21,9±31,0	0,0±0,0
Decanoic acid methyl ester	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	62,4±9,0	20,2±0,9
Decanoic acid ethylester	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	4,9±0,2	43,2±4,7	31,8±7,2

Il vastissimo panorama delle produzioni casearie italiane garantisce al ricercatore delle infinite possibilità di studio sulla composizione e caratterizzazione chimica dei nostri prodotti.

Il vantaggio è spesso il poter associare ad analisi chimica una analisi organolettica.....

Grazie per la cortese attenzione

