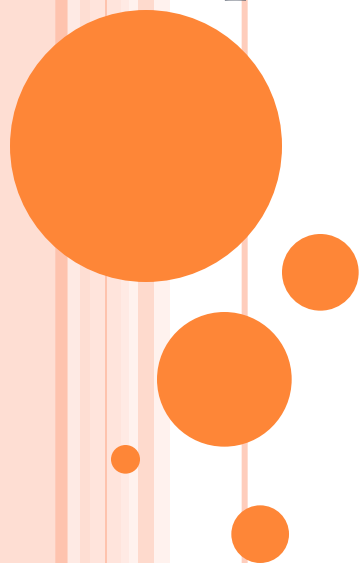


# **QUALITÀ DEL LATTE E DEI FORMAGGI**

**Marcello Mele**

**Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari  
ed Agro-ambientali**

**Università di Pisa**

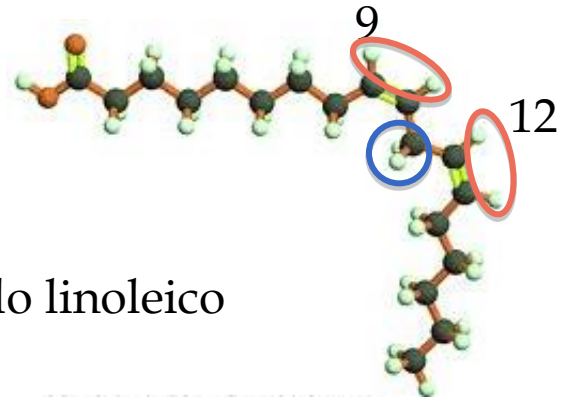


# CONJUGATED LINOLEIC ACIDS (CLA)

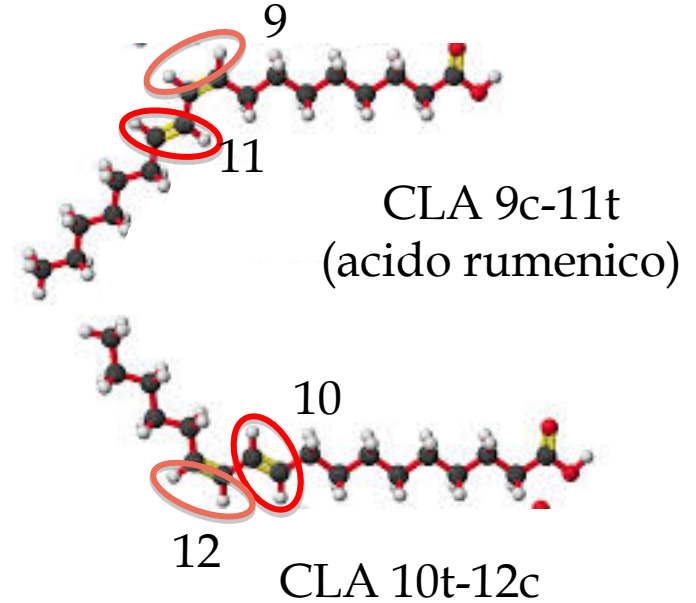
- Cosa sono
- Cosa fanno
- Come sono prodotti e dove si trovano
- Come si può aumentarne la quantità



# CONJUGATED LINOLEIC ACIDS (CLA). COSA SONO?



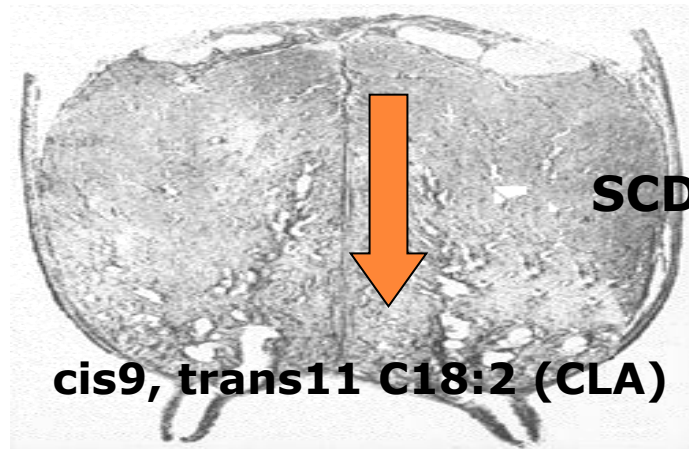
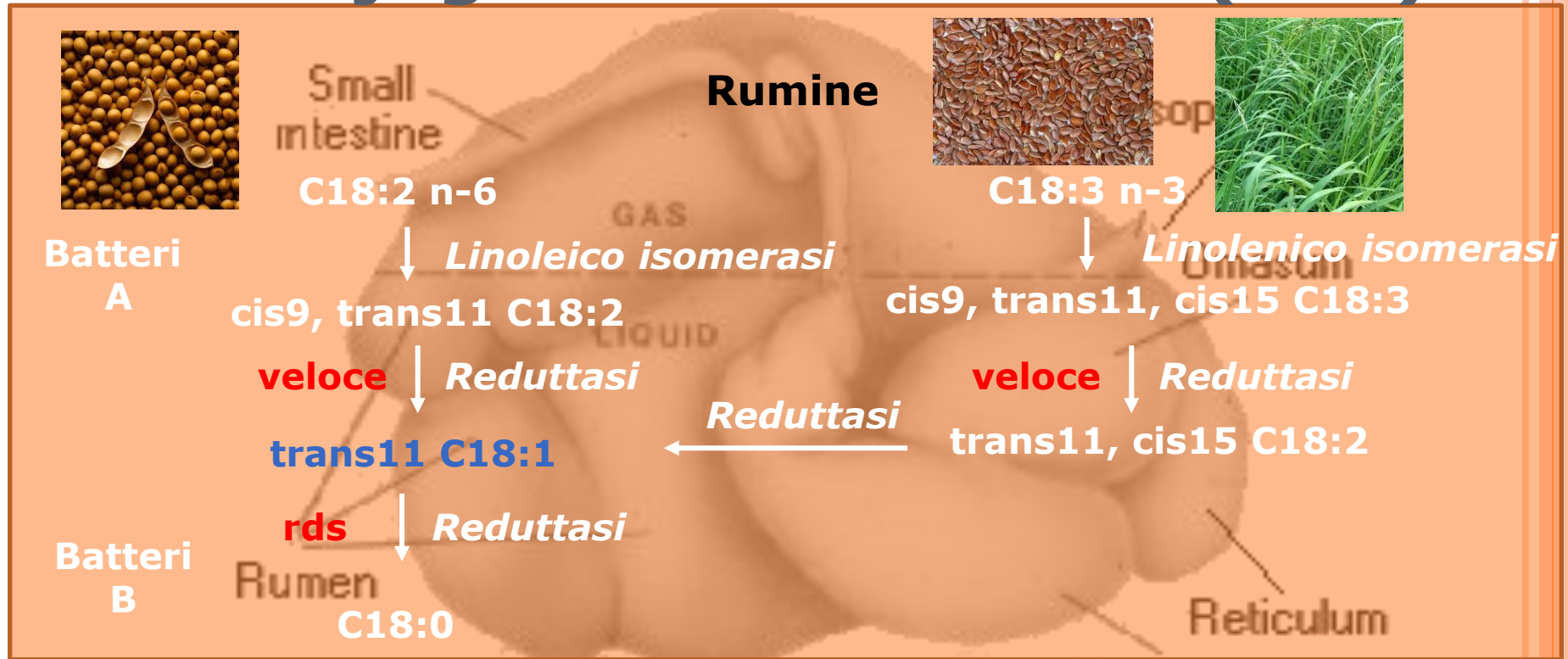
Acido linoleico



	(13,15)		
	12,14		
	11,13		
<i>trans-trans</i>	10,12	<i>trans-cis</i>	11,13
	9,11		10,12
	8,10		7,9
	7,9		
	(6,8)		(13,15)
			12,14
			11,13
	(13,15)		10,12
	12,14	<i>cis-cis</i>	9,11
<i>cis-trans</i>	10,12		8,10
	9,11		7,9
	8,10		



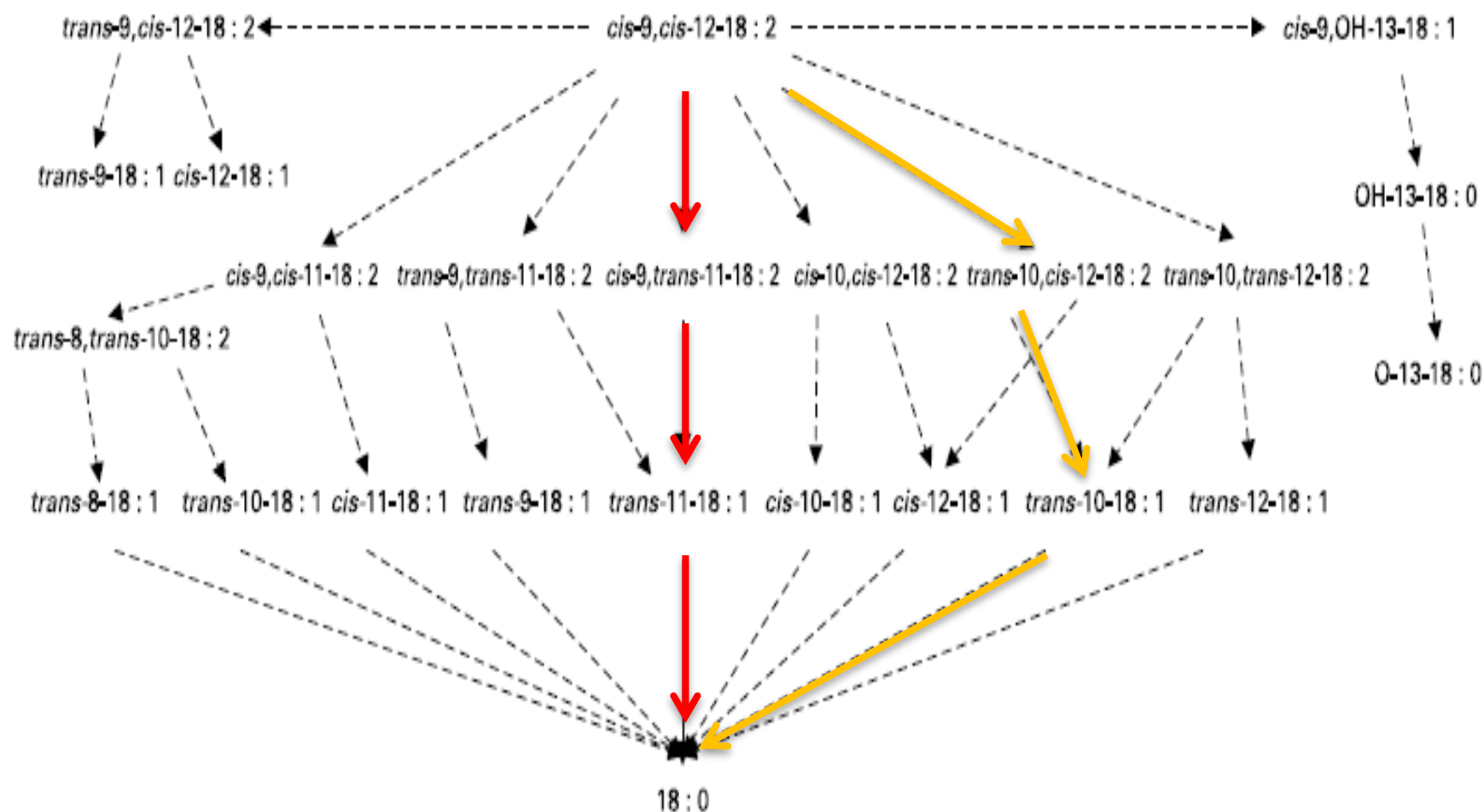
# Conjugated linoleic acid (CLA)



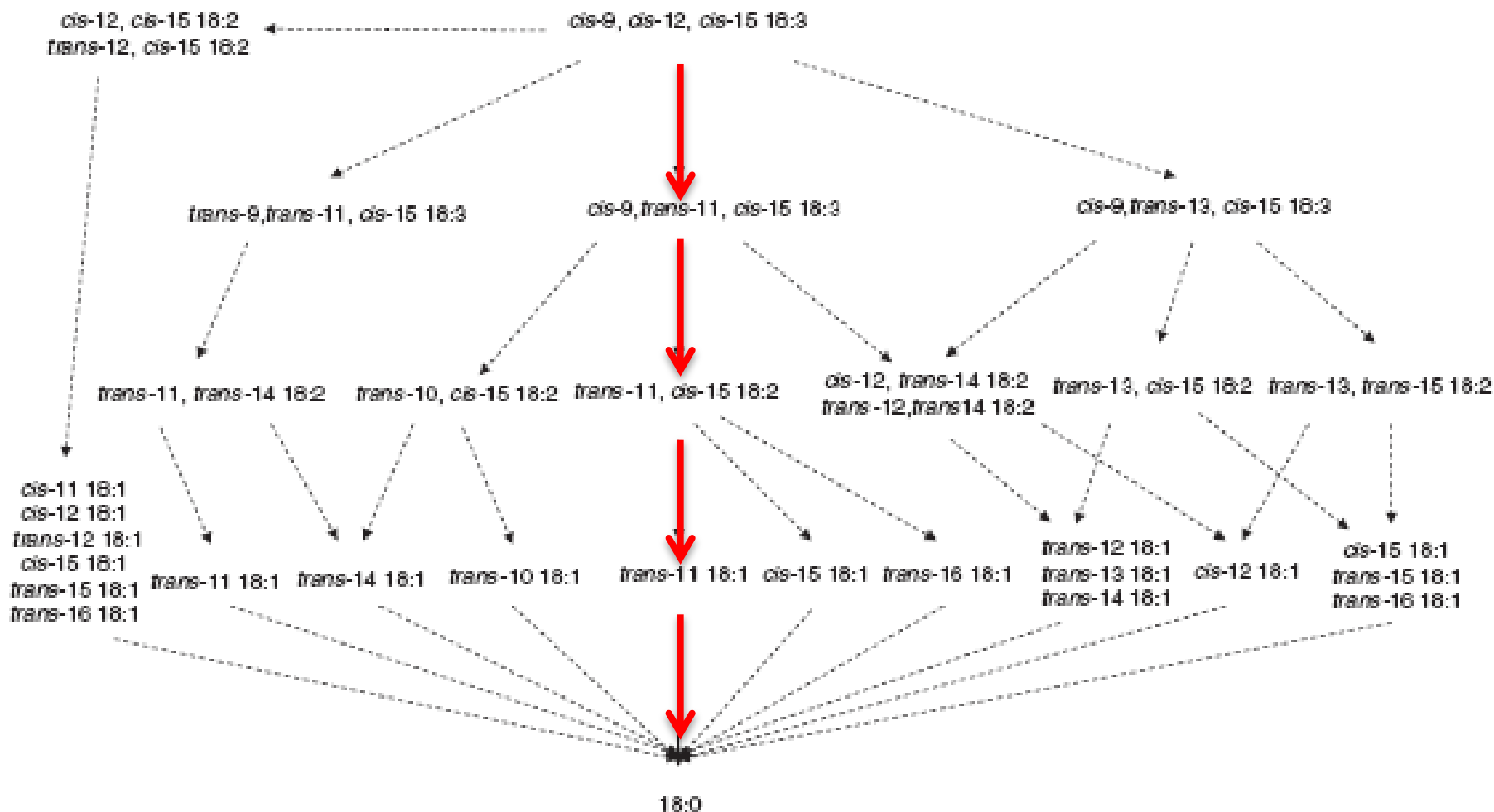
**Ghiandola  
mammaria**



# Formazione di intermedi durante le bioidrogenazioni ruminali



# Formazione di intermedi durante le bioidrogenazioni ruminali



## Distribuzione degli isomeri CLA nel latte dei ruminanti

Isomer	Composition (g/100g CLA)		
	Bovine	Caprine	Ovine
<i>cis</i> -8, <i>trans</i> -10	<0.01-1.70	<0.01	NR
<i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	65.6-88.9	62.1-75.1	80.0-80.9
<i>cis</i> -11, <i>trans</i> -13	<0.01-0.23	0.16-0.69	NR
<i>cis</i> -12, <i>trans</i> -14	<0.01-1.06	0.00-0.13	1.69-1.83
<i>trans</i> -7, <i>cis</i> -9	2.63-9.49	4.57-11.7	5.96-6.08
<i>trans</i> -8, <i>cis</i> -10	<0.01-2.33	1.85-3.48	NR
<i>trans</i> -9, <i>cis</i> -11	<0.01-3.93	<0.01-4.21	NR
<i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	<0.01-1.61	<0.01-0.90	0.55-0.57
<i>trans</i> -11, <i>cis</i> -13	0.06-9.33	0.22-0.48	2.14-2.38
<i>trans</i> -6, <i>trans</i> -8	<0.01-1.40	0.12-1.91	<0.01
<i>trans</i> -7, <i>trans</i> -9	0.02-2.80	0.42-1.08	0.40-0.42
<i>trans</i> -8, <i>trans</i> -10	0.19-0.67	0.36-1.47	0.34-0.42
<i>trans</i> -9, <i>trans</i> -11	1.31-3.23	2.99-5.77	1.40-1.60
<i>trans</i> -10, <i>trans</i> -12	0.31-1.40	0.76-4.16	0.53-0.85
<i>trans</i> -11, <i>trans</i> -13	0.89-6.00	0.58-1.14	3.04-3.18
<i>trans</i> -12, <i>trans</i> -14	0.35-3.55	0.72-1.90	1.90-2.20
<i>trans</i> -13, <i>trans</i> -15	<0.01-0.16	<0.01	NR

# Effetto anticancerogeno

## CLA butter protects against mammary cancer in rats

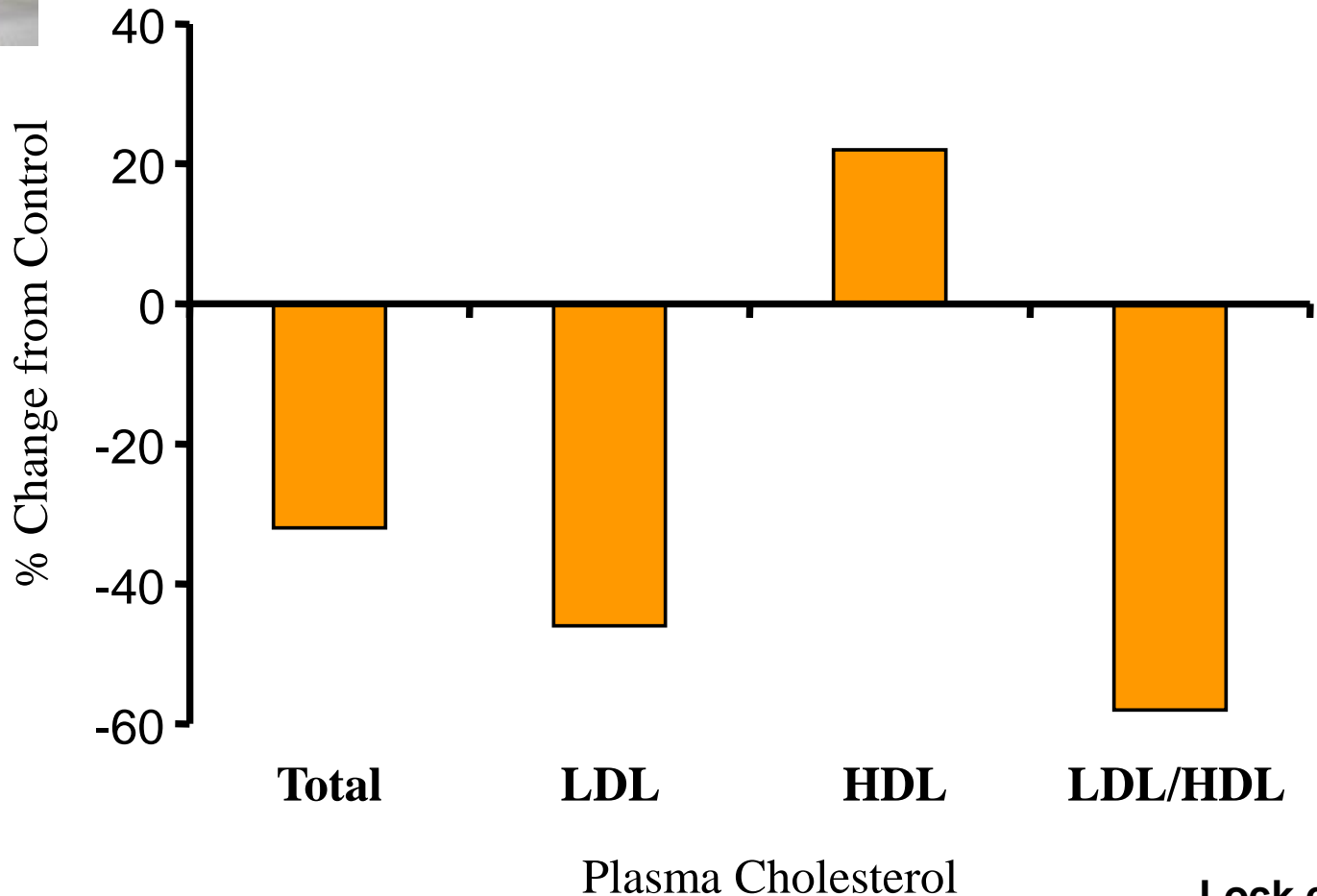
Treatment	CLA % in diet	CLA content, mg/mg lipid		Mammary tumours	
		Plasma	Tissue	Incidence	No.
CTL butter	0.1	5.4	7.2	28/30 (93%)	92
CLA butter	0.8	23.3	36.5	15/30 (50%)	43
CTL butter + CLA 0.8		18.4	26.2	16/30 (53%)	46

Ip et al. (1999)



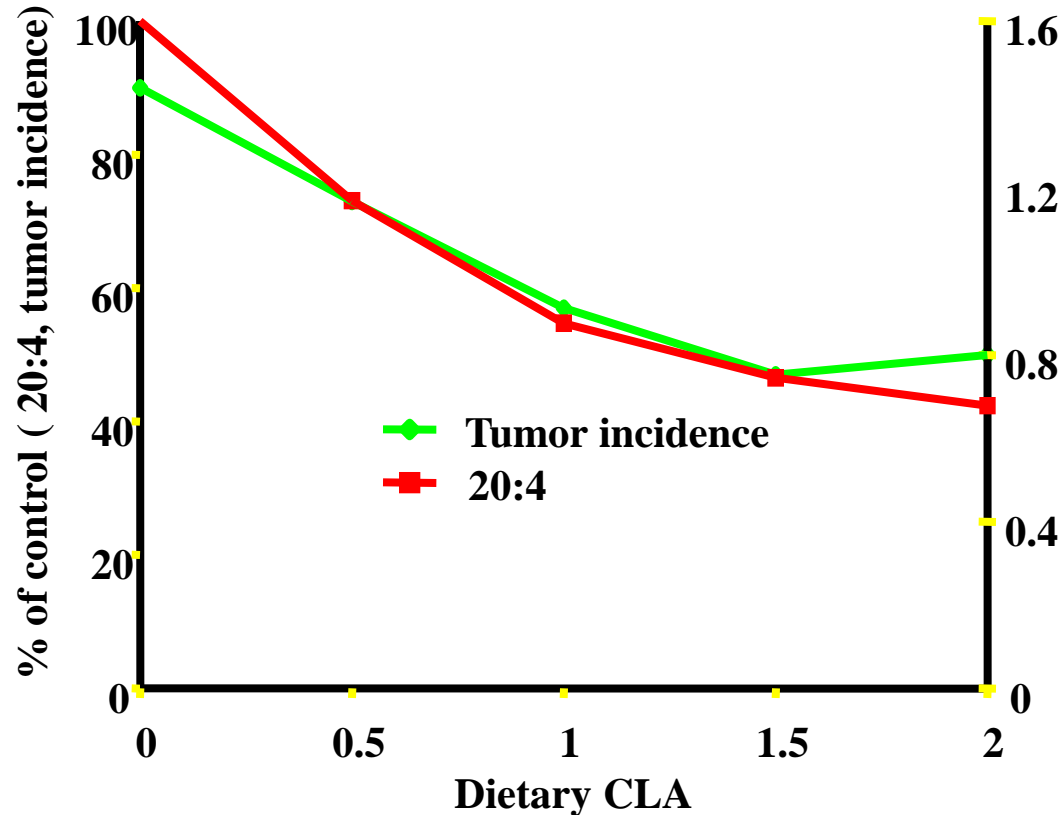


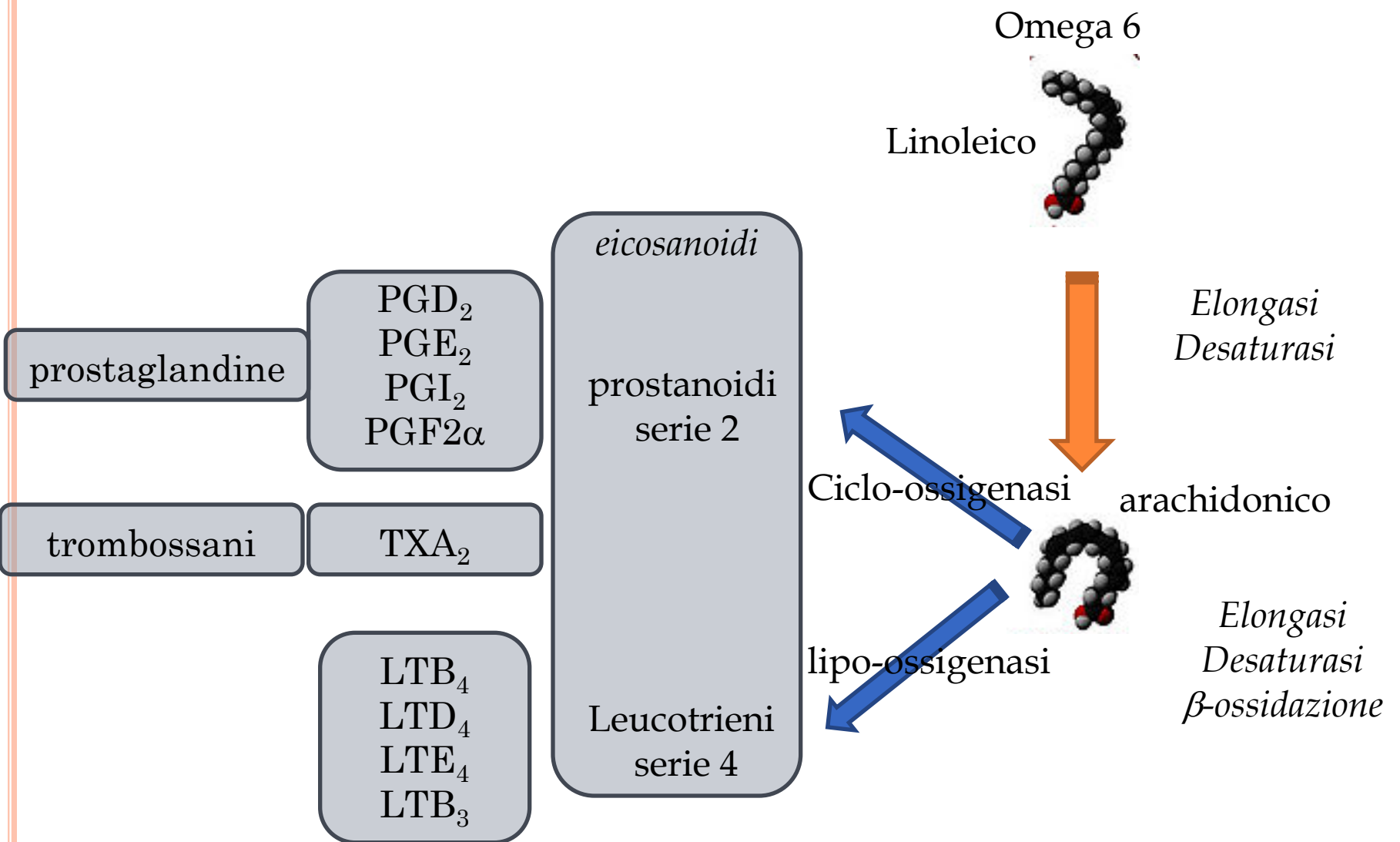
# EFFETTO DEL BURRO ARRICCHITO IN CLA SULLA COLESTEROLEMIA



Lock et al., 2005

# *ARACHIDONIC ACID (20:4) AND TUMOR INCIDENCE IN THE MAMMARY GLAND AS A FUNCTION OF CLA INTAKE*





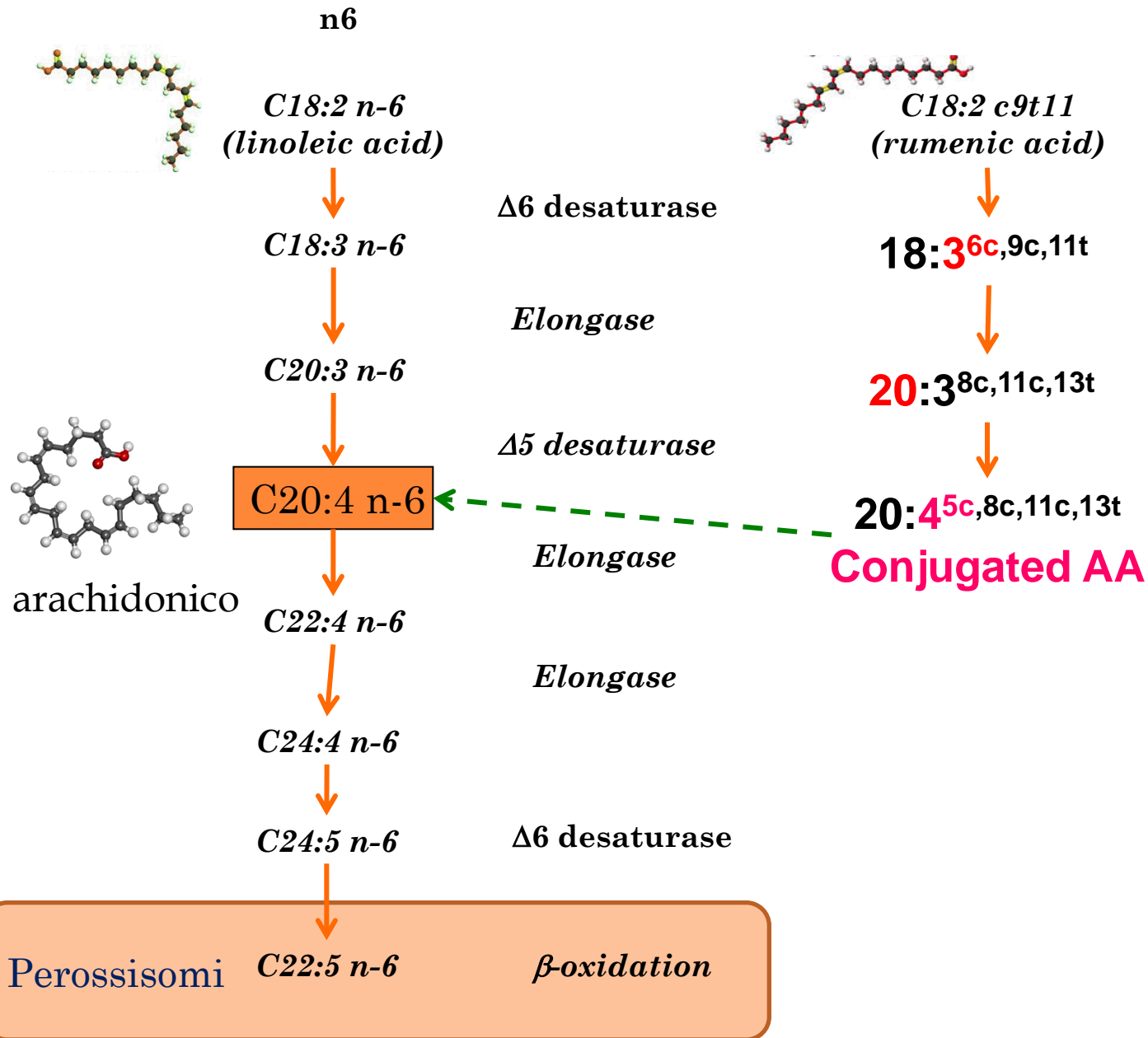
## PROSTANOIDI DERIVATI DALL'AA (SERIE 2)

PROSTANOIDI	FUNZIONE
PGD <sub>2</sub>	Promotore del sonno
PGE <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contrazione della muscolatura liscia</li><li>• Induzione del dolore</li><li>• Induzione della febbre</li><li>• Induzione del calore</li><li>• Bronco costrizione</li></ul>
PGI <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inibizione dell'aggregazione piastrinica</li><li>• Vaso dilazione</li><li>• Favorisce l'impianto dell'embrione</li></ul>
PGF <sub>2a</sub>	Contrazione uterina
TXA <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stimolazione dell'aggregazione piastrinica</li><li>• Vasocostrizione</li><li>• Risposta allergica aerea nell'asma allergica</li></ul>



## LEUCOTRINEI DERIVATI DALL'AA (SERIE 4) E DAL DGLA (SERIE 3)

LEUCOTRIENE	FUNZIONE
LTB <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Chemiotassi dei leucociti</li><li>•Reazione allergica</li><li>•Gonfiore</li><li>•Febbre da fieno</li><li>•psoriasi</li><li>•infiammazione dell'intestino</li></ul>
LTD <sub>4</sub> e LTE <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Asma allergica</li><li>•Spasmogeno sulla muscolatura liscia</li><li>•Reclutamento delle cellule infiammatorie</li><li>•Produzione di muco</li><li>•Rimodellamento delle vie aeree</li><li>•Perdite vascolari polmonari</li></ul>
LTD <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Procancerogeno</li><li>•Attivazione dei fattori di trascrizione e di induzione oncogena</li><li>•Inibizione dell'apoptosi cellulare</li></ul>
LTB <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Antinfiammatorio</li><li>•Antiallergico</li></ul>



**Conjugated linoleic acid (CLA). Come si può aumentarne la quantità?**

**Con interventi sulla razione degli animali.**



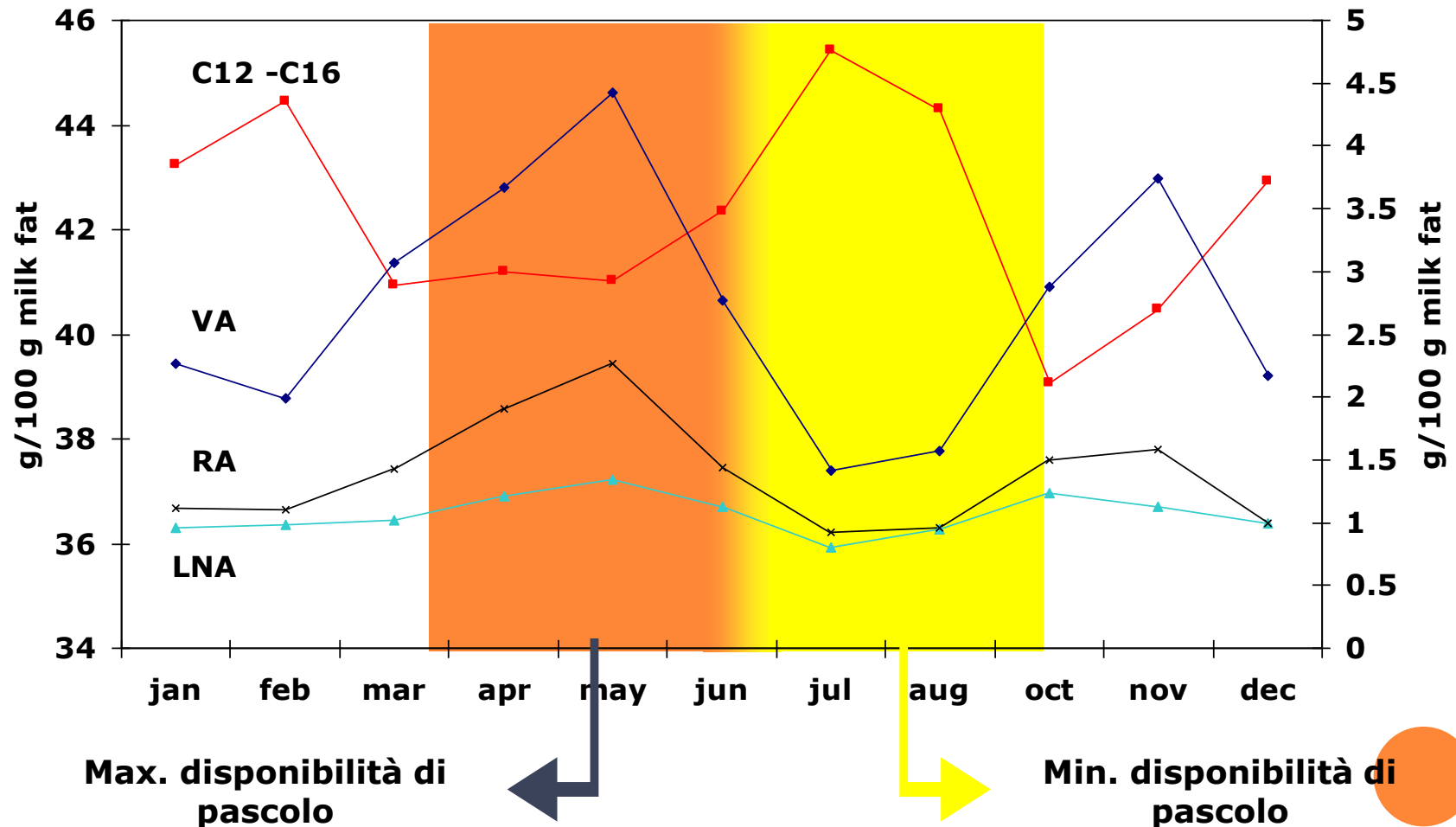
I°

agendo sulla base foraggera della razione. Favorire il  
pascolamento





# Variazione del contenuto di CLA nel Pecorino Toscano DOP in funzione della disponibilità di pascolo.



Mele et al., unpubl.

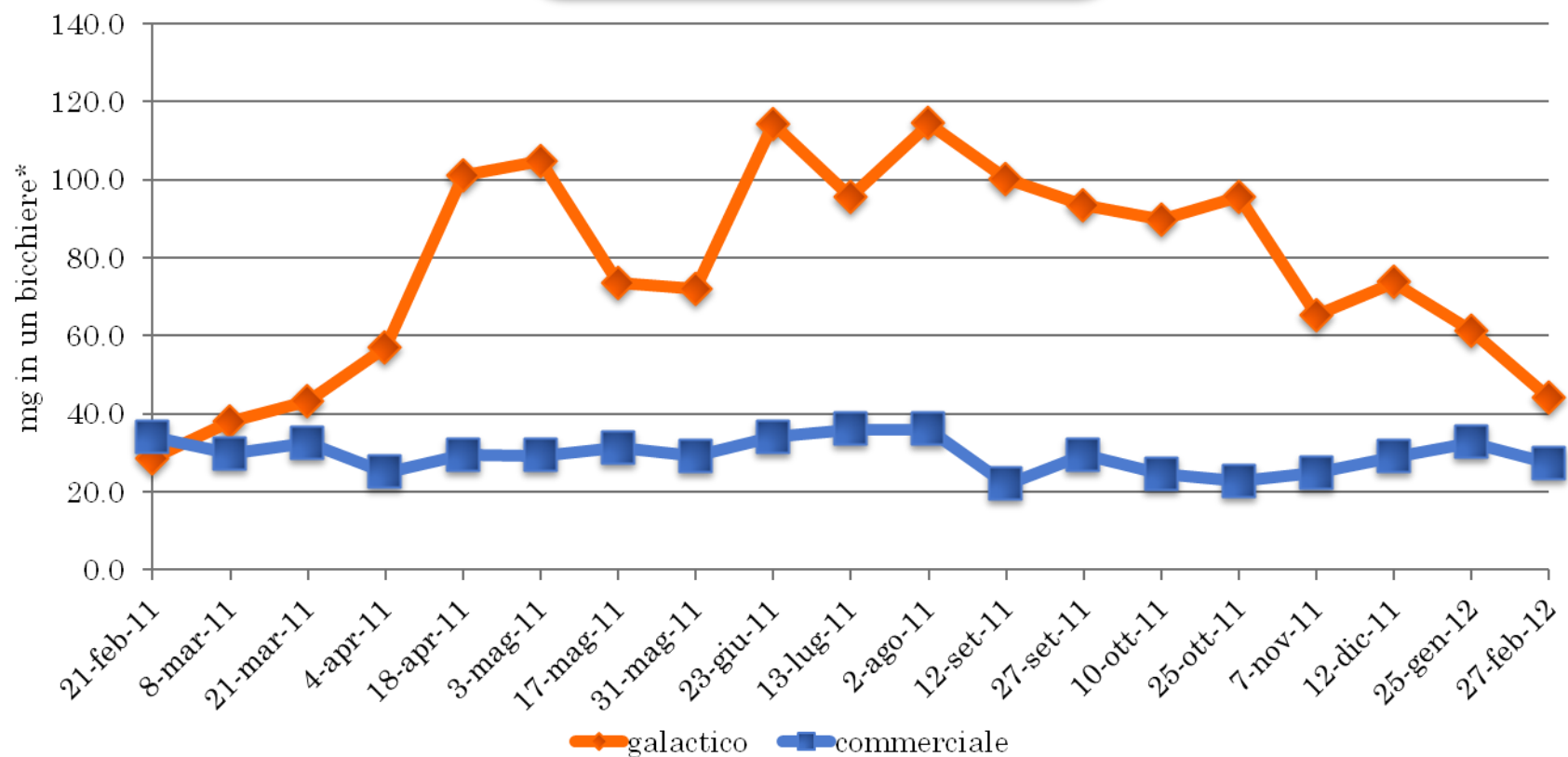


"Garfagnana Latte Crudo, Tradizione, Innovazione e Comunicazione"

<http://www.progettogalactico.org/>

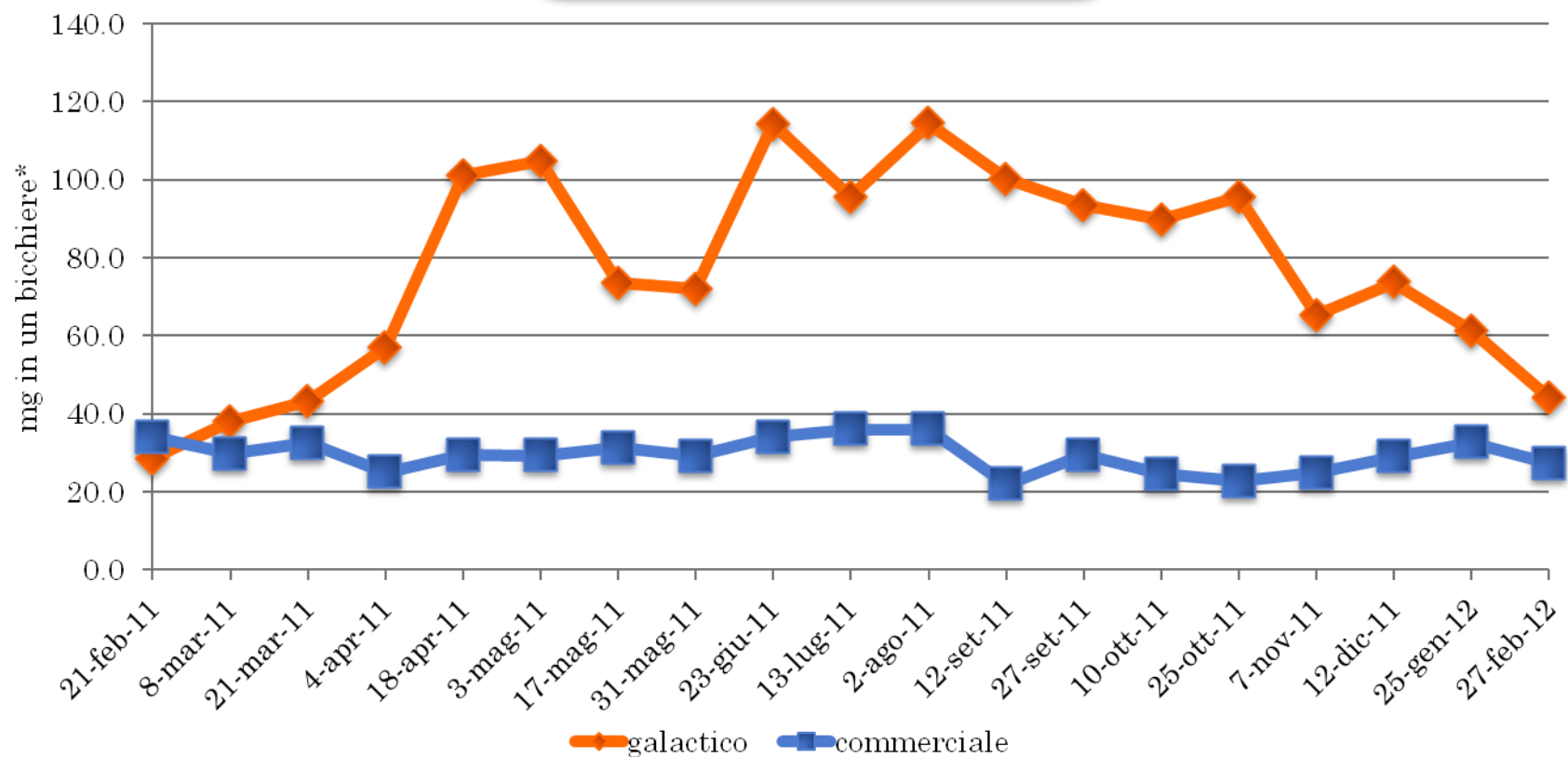


## Acido vaccenico



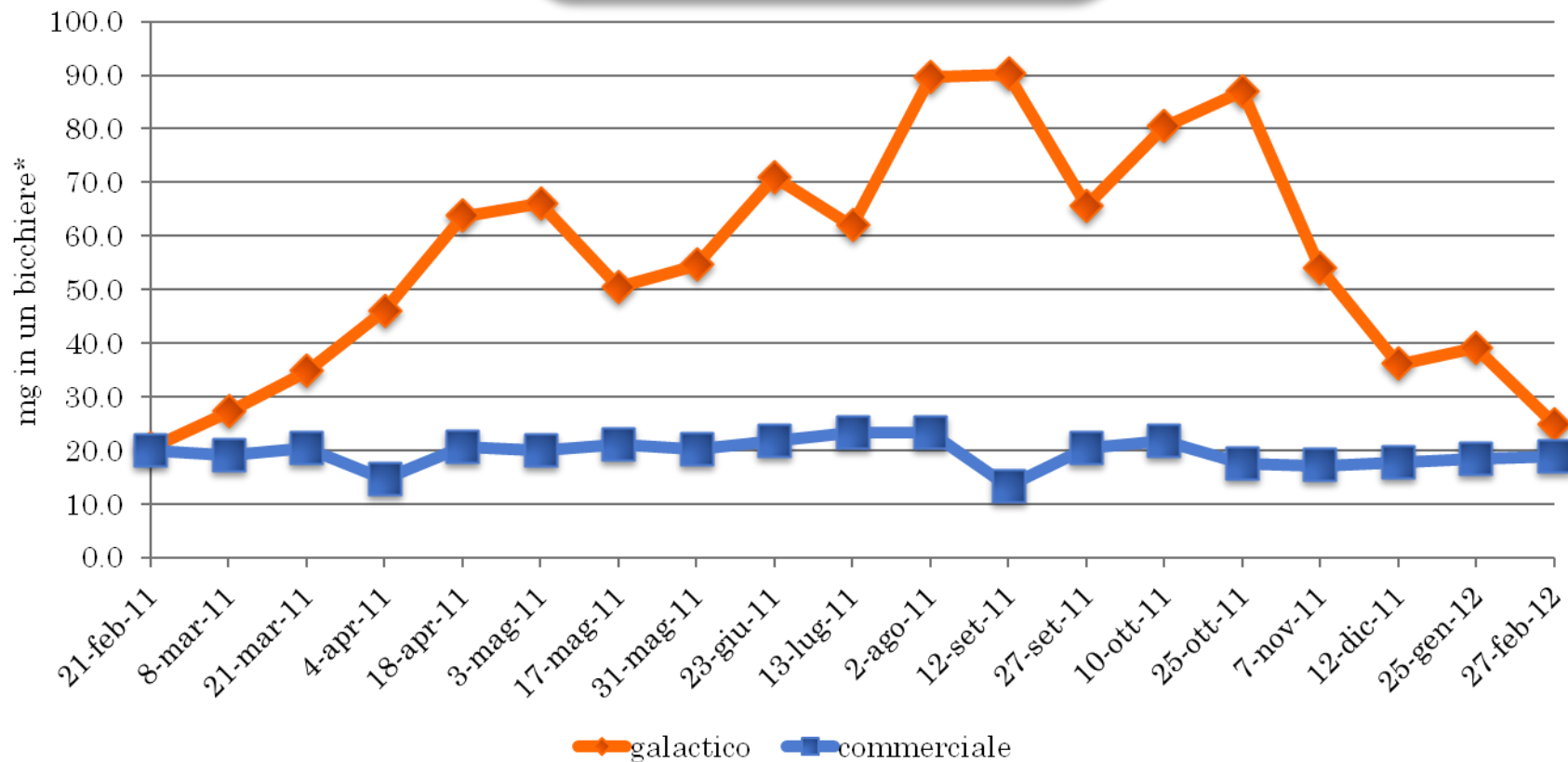
\* 125 mL; porzione standard per il latte (Società Italiana di Nutrizione Umana; SINU).

## Acido vaccenico



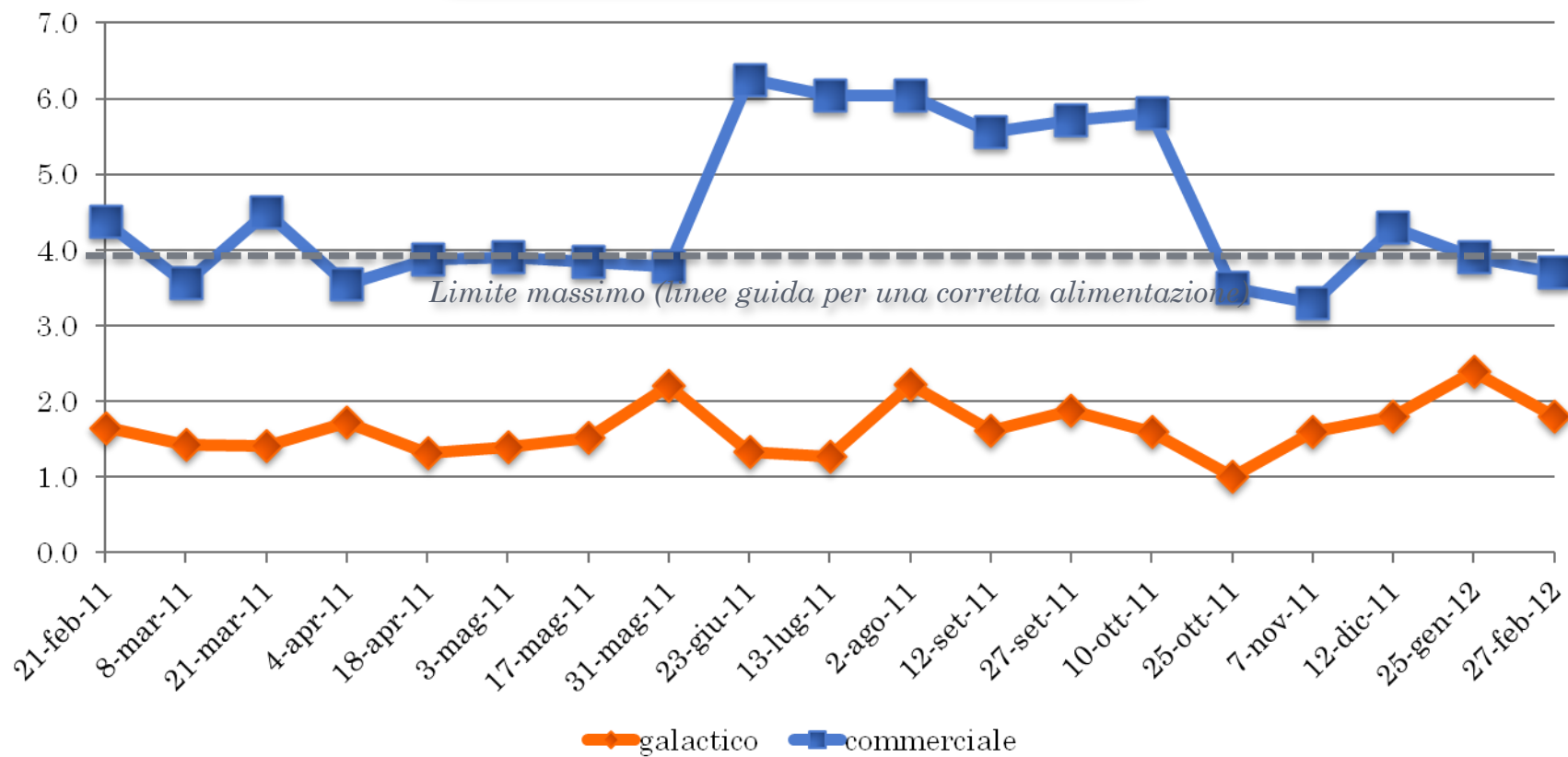
\* 125 mL; porzione standard per il latte (Società Italiana di Nutrizione Umana; SINU).

## Acido rumenico



\* 125 mL; porzione standard per il latte (Società Italiana di Nutrizione Umana; SINU).

## omega 6/omega 3



\* 125 mL; porzione standard per il latte (Società Italiana di Nutrizione Umana; SINU).

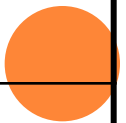
# Composizione degli acidi grassi del latte di pecora

## Stalla

	g/100 g FA
C4-C10	21.2
C12-C16	51.8
C14:1-C16:1	1.8
C18:0	6.1
C18:1 trans	1.4
C18:1 cis	14.3
CLA	0.7
C18:2 n-6	2.2
C18:3 n-3	0.6

## Pascolo

	g/100 g FA
C4-C10	19.3
C12-C16	43.2
C14:1-C16:1	0.8
C18:0	9.5
C18:1 trans	5.0
C18:1 cis	17.4
CLA	1.5
C18:2 n-6	2.0
C18:3 n-3	1.2

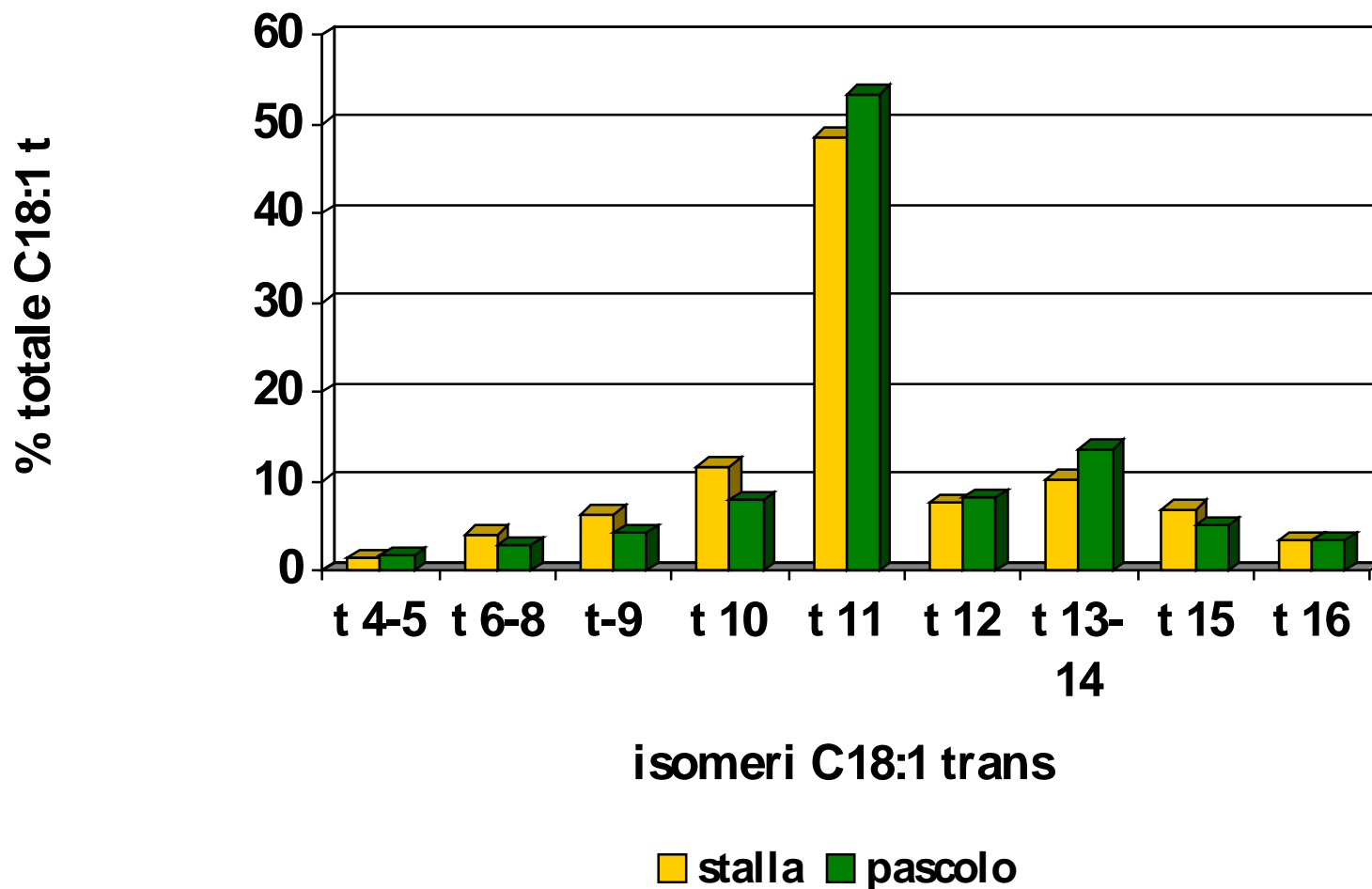


# ... non tutti i pascoli modificano in egual misura il contenuto di CLA

	Lolium	Med.pol.	Sulla
	g/100 g FA		
C4-C10	19.02	17.83	24.53
C12-C16	39.28	38.51	40.71
C14:1-C16:1	39.28	38.51	40.71
C18:0	10.45	9.15	9.61
C18:1 trans	2.08	3.24	3.18
C18:1 cis	21.99	21.48	13.28
CLA	1.20	2.30	1.25
C18:2 n-6	1.59	2.35	1.58
C18:3 n-3	1.47	2.19	2.98



# Distribuzione degli isomeri trans C18:1 nel grasso del latte ovino in funzione del tipo di allevamento



II°  
agendo sui concentrati (in particolare sulla  
supplementazione lipidica)



# Integrazione della dieta con fonti lipidiche

## Lipidi protetti

Saponi di calcio degli acidi grassi

Oli incapsulati

## Lipidi non protetti

Semi interi di piante oleaginose

Semi trattati di piante oleaginose  
(estrusione, fioccatatura, tostatura)

Panelli parzialmente disoleati

Oli liberi



# Effetti generali

Le fonti protette normalmente riescono a far aumentare nel latte il contenuto degli acidi grassi più rappresentati nella fonte stessa.

Esistono tuttavia delle differenze relative all'efficienza di trasferimento dei singoli acidi grassi dalla dieta al latte che dipendono dall'assorbimento intestinale, dal sito di esterificazione (trigliceride o fosfolipide) e dalla posizione in cui si esterificano sulla glicerina.

L'effetto sul contenuto nel latte degli altri acidi grassi dipende dalla natura degli acidi grassi di cui vogliamo innalzare il contenuto.



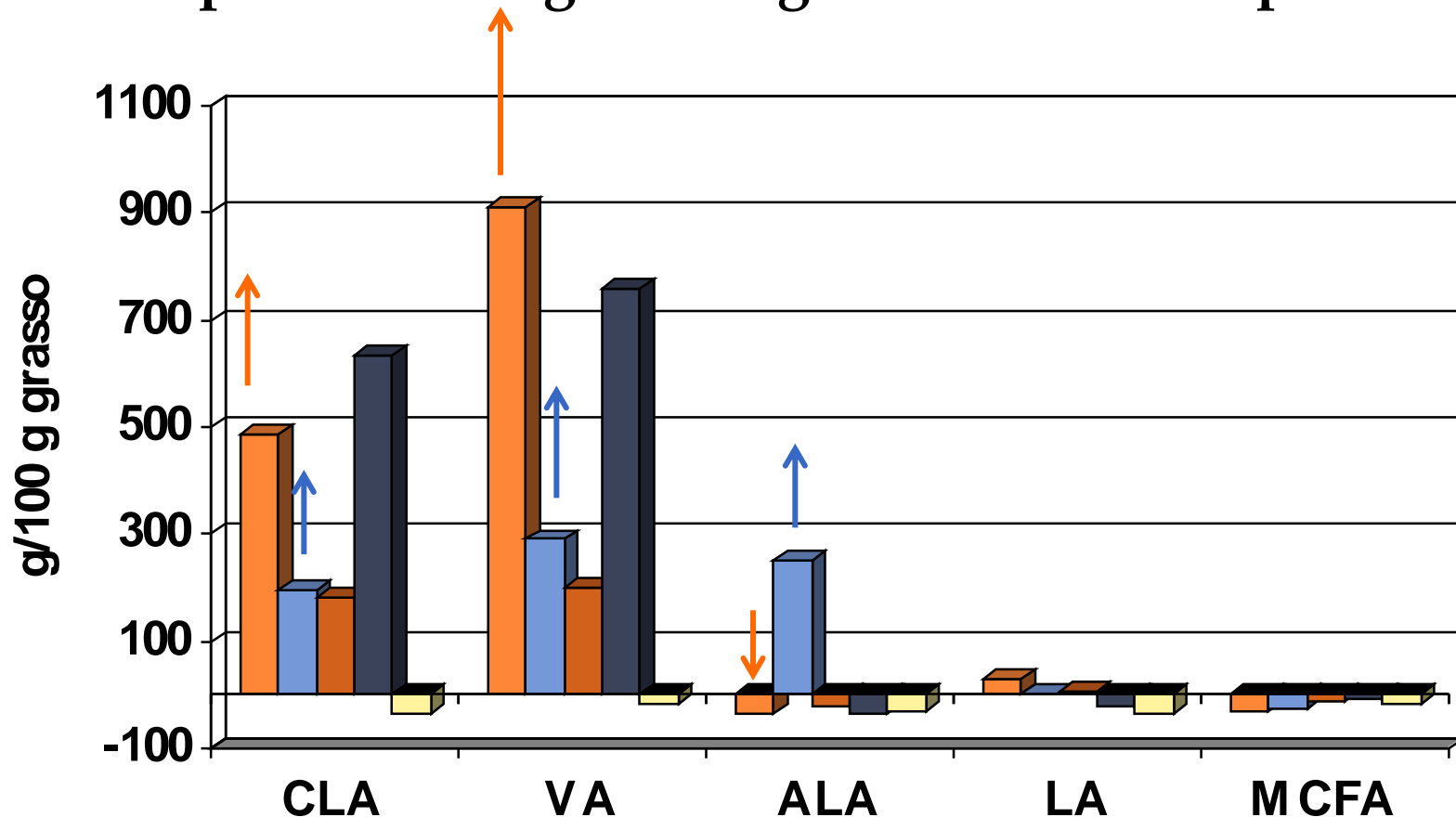
# Saponi di calcio olio di oliva

## Pecore

Fatty acids	Control	CSOO	P
C6:0	3.78	3.69	
C8:0	2.86	2.93	
C10:0	10.34	9.35	
C12:0	6.11	5.27	*
C14:0	12.63	11.24	*
C14:1	0.32	0.26	*
C15:0	1.30	1.14	
C16:0	27.27	23.90	*
C16:1	1.34	1.28	*
C17:0	0.89	0.76	
C18:0	7.68	9.90	
C18:1 cis +trans	19.74	24.54	
C18:2 n-6	2.93	2.82	
Total CLA	1.11	1.24	*
C18:3 n-3	1.16	1.11	*
C20:0	0.55	0.57	*

(Antongiovanni et al., 2002).

## Effetto dell' integrazione lipidica sulla composizione degli acidi grassi nel latte di pecora



100 g olio di soia

90 g olio di girasole

150 g olio di oliva

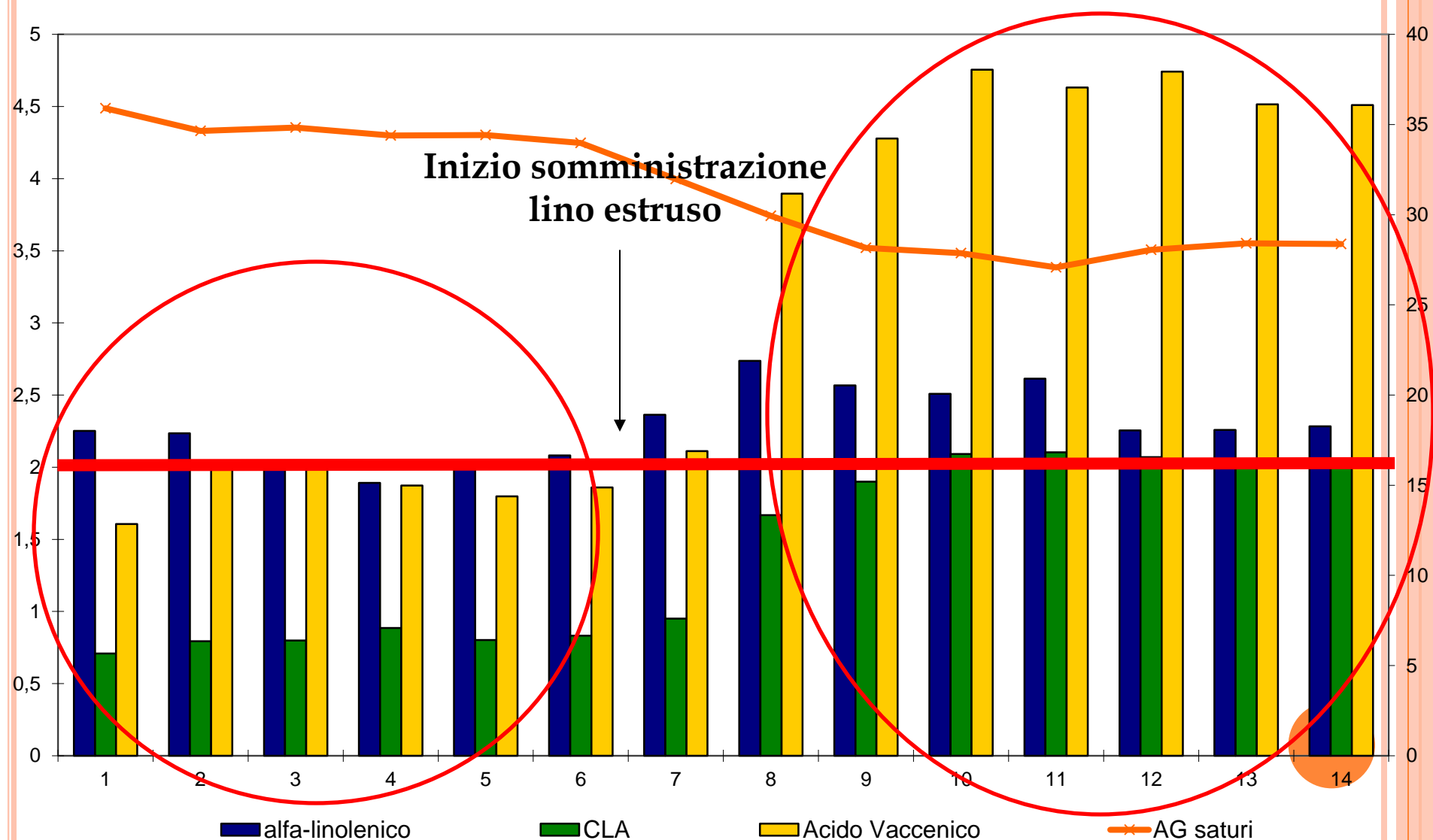
210 g semi di lino

90 g olio di girasole + 90 g alghe

In general, when the amount of concentrate did not exceed 50% of total dry matter intake, the inclusion of unsaturated vegetable oils in the diet favoured the accumulation of VA in the rumen, with an increasing secretion of CLA in milk (Mele et al., 2006; Chilliard et al., 2007; Mele et al., 2008).



# Interazione supplementazione lipidica e pascolo





# Olio di soia (100g/d)

Pecore

Diets						Contrasts	
g/100 g grasso	HF/NO	HF/O	LF/NO	LF/O	SE	Forage	Oil
C4:0	3.55	4.16	3.88	4.12	0.157		*
C6:0	2.60	1.86	2.64	2.26	0.145		**
C8:0	2.70	1.64	2.86	2.13	0.207		**
C10:0	6.28	2.53	7.93	3.93	0.268	**	**
C12:0	3.89	1.64	5.08	2.45	0.176	**	**
C14:0	9.02	6.21	11.04	7.58	0.300	**	**
C14:1 cis-9	0.12	0.07	0.15	0.09	0.009	**	**
C16:0	23.49	17.42	26.85	19.88	0.593	**	**
C16:1 cis-9	0.93	0.60	1.08	0.71	0.025	**	**
C17:0	0.63	0.42	0.54	0.40	0.022	*	**
C18:0	5.77	7.40	5.97	7.72	0.35	**	**
C18:2 n-6	2.00	2.56	2.53	2.63	0.023	*	**
C18:3 n-3	1.06	0.67	0.87	0.53	0.018	**	**

+28%

+4%

# Pecore

g/100 g grasso	Diets				Contrasts		
	HF/NO	HF/O	LF/NO	LF/O	SE	Forage	Oil
C18:1 trans-6 - trans-8	0.05	0.36	0.06	0.37	0.011		**
C18:1 trans-9	0.10	0.44	0.12	0.36	0.015		**
C18:1 trans-10	0.14	0.60	0.23	0.87	0.025	**	**
C18:1 trans-11	0.73	7.75	0.77	5.95	0.192	**	**
C18:1 trans-12	0.07	0.35	0.07	0.45	0.020	*	**
Total C18:1 trans	1.09	9.50	1.26	8.01	0.023	**	**
C18:1 cis-7	0.15	0.33	0.13	0.38	0.016		**
C18:1 cis-9	10.45	13.76	11.07	13.01	0.285		**
C18:1 cis 11	0.21	0.38	0.24	0.32	0.012		**
C18:1 cis 12	0.14	0.63	0.18	0.87	0.037	**	**
C18:1 cis 13	0.04	0.10	0.04	0.10	0.003		**
C18:1 cis 14	0.17	0.32	0.19	0.38	0.013	**	**
C18:1 cis 15	0.02	0.09	0.03	0.05	0.001	**	**
Total C18:1 cis	11.18	15.60	11.89	15.12	0.003		**

Mele et al., 2006

# Pecore

mg/100 g grasso	Diets				Contrasts		
	HF/NO	HF/O	LF/NO	LF/O	SE	Forage	Oil
Trans-11, trans-13	0.18	0.27	0.13	0.24	0.02		**
Trans-10, trans-12	0.06	0.22	0.05	0.19	0.01		**
Trans-9, trans-11	0.09	0.32	0.11	0.28	0.01		**
Trans-8, trans-10	0.11	0.18	0.10	0.19	0.02		**
Trans-7, trans-9	0.09	0.13	0.08	0.14	0.01		**
other trans, trans	0.06	0.11	0.05	0.12	0.01		**
Cis-13, trans-15	0.05	0.03	0.05	0.05	0.001		
Cis-12, trans-14	0.02	0.02	0.02	0.02	0.001		
Trans-11, cis-13	0.12	0.28	0.13	0.15	0.03		*
Trans-10, cis-12	0.02	0.07	0.06	0.11	0.001	**	**
Cis-9, trans-11	3.86	22.24	5.82	18.06	2.96		**
Cis-8, trans-10	0.06	0.30	0.12	0.23	0.01		**
Trans-7, cis-9	0.20	0.83	0.34	1.03	0.09		**
Total CLA isomers	4.98	25.01	7.07	20.82	3.20		**

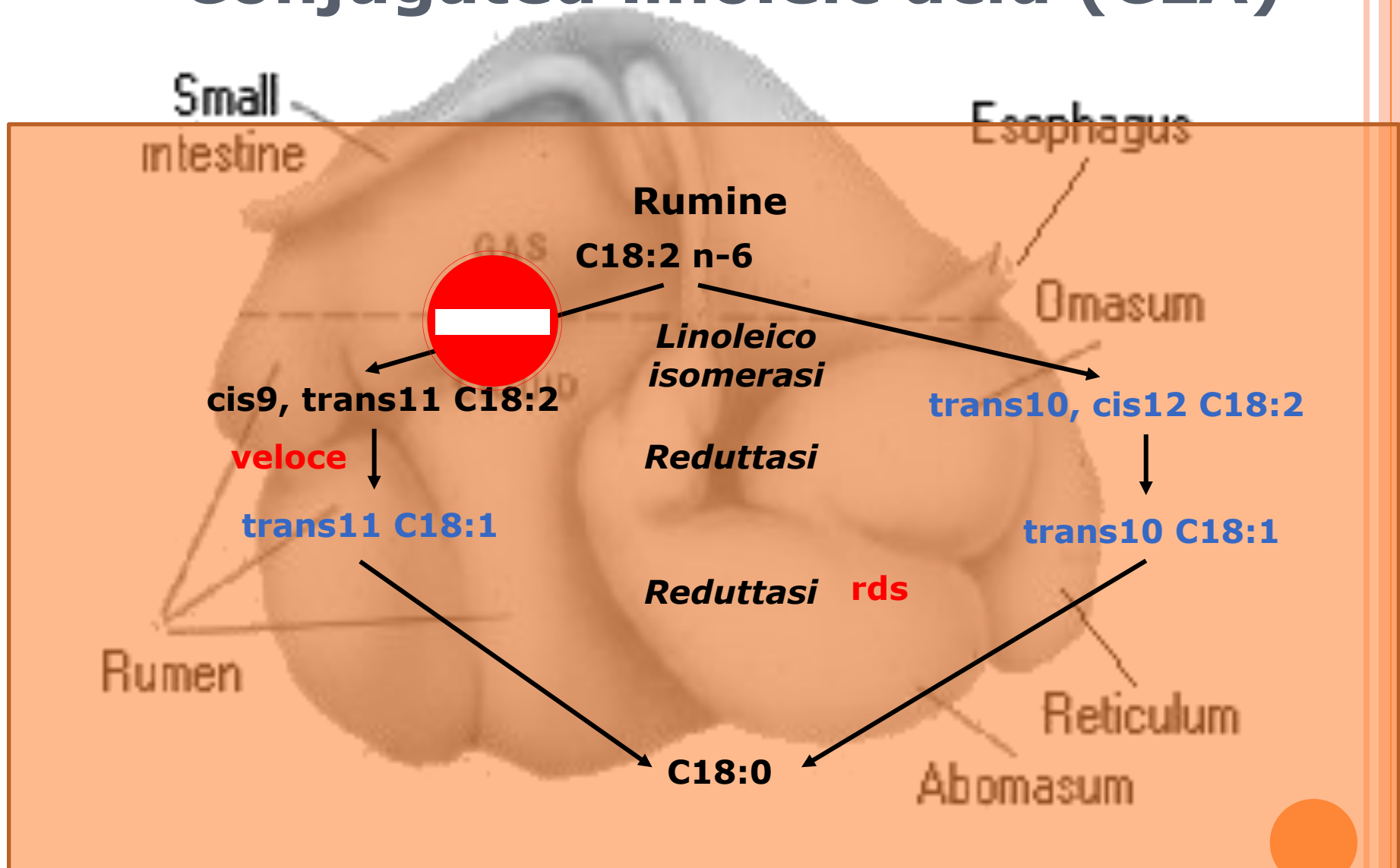
Mele et al., 2006

**Rapporto foraggio/concentrato**

**Modifica l'equilibrio ruminale e  
interferisce con il processo di  
bioidrogenazione ruminale dei PUFA**



# Conjugated linoleic acid (CLA)



# Prospettive

Esistono evidenze sperimentali che tali formaggi abbiano un qualche effetto sulla salute umana ?

Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases (2010) 20, 117–124



ELSEVIER

available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



journal homepage: [www.elsevier.com/locate/nmcd](http://www.elsevier.com/locate/nmcd)

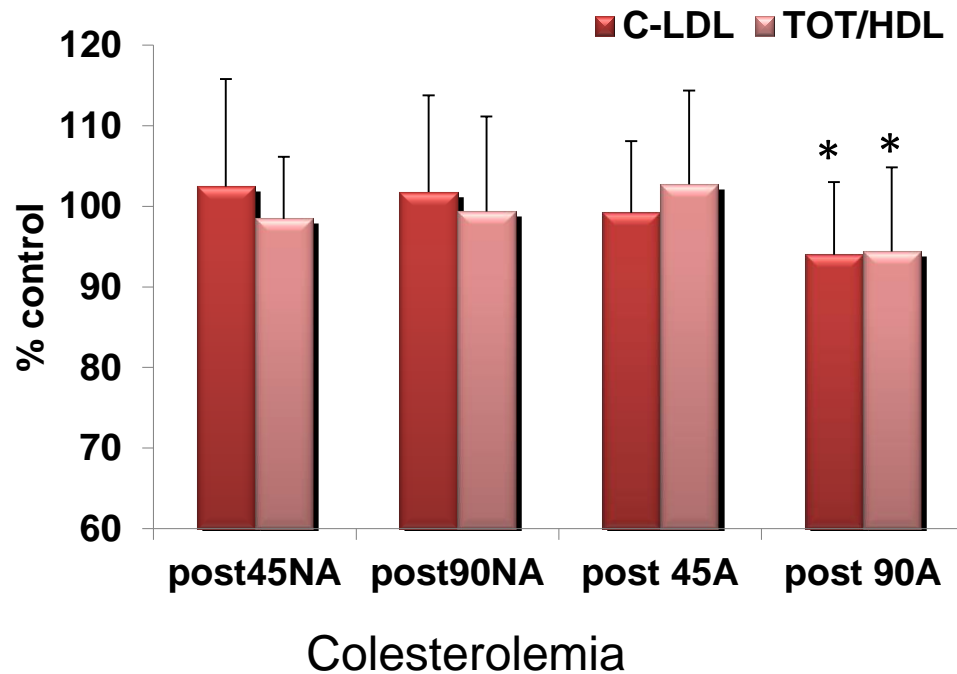
Nutrition,  
Metabolism &  
Cardiovascular Diseases

Effects of a dairy product (pecorino cheese) naturally rich in *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid on lipid, inflammatory and haemorheological variables: A dietary intervention study

F. Sofi<sup>a,b,d,e,\*</sup>, A. Buccioni<sup>c,e</sup>, F. Cesari<sup>a</sup>, A.M. Gori<sup>a,d,e</sup>, S. Minieri<sup>c,e</sup>,  
L. Mannini<sup>a</sup>, A. Casini<sup>b,e</sup>, G.F. Gensini<sup>a,d</sup>, R. Abbate<sup>a,e</sup>, M. Antongiovanni<sup>c,e</sup>

# Sheep cheese naturally enriched in $\alpha$ -linolenic, conjugated linoleic and vaccenic acids improves the lipid profile and reduces anandamide in the plasma of hypercholesterolaemic subjects

Stefano Pintus, Elisabetta Murru, Gianfranca Carta, Lina Cordeddu, Barbara Batetta, Simonetta Accossu, Danila Pistis, Sabrina Uda, Maria Elena Ghiani, Marcello Mele, Pierlorenzo Secchiari, Guido Almerighi, Paolo Pintus and Sebastiano Banni



# Sheep cheese naturally enriched in $\alpha$ -linolenic, conjugated linoleic and vaccenic acids improves the lipid profile and reduces anandamide in the plasma of hypercholesterolaemic subjects

Stefano Pintus, Elisabetta Murru, Gianfranca Carta, Lina Cordeddu, Barbara Batetta, Simonetta Accossu, Danila Pistis, Sabrina Uda, Maria Elena Ghiani, Marcello Mele, Pierlorenzo Secchiari, Guido Almerighi, Paolo Pintus and Sebastiano Banni

## Endocannabinoidi

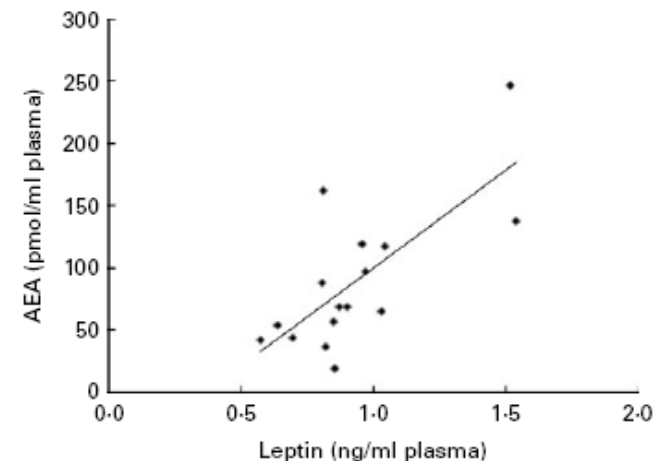
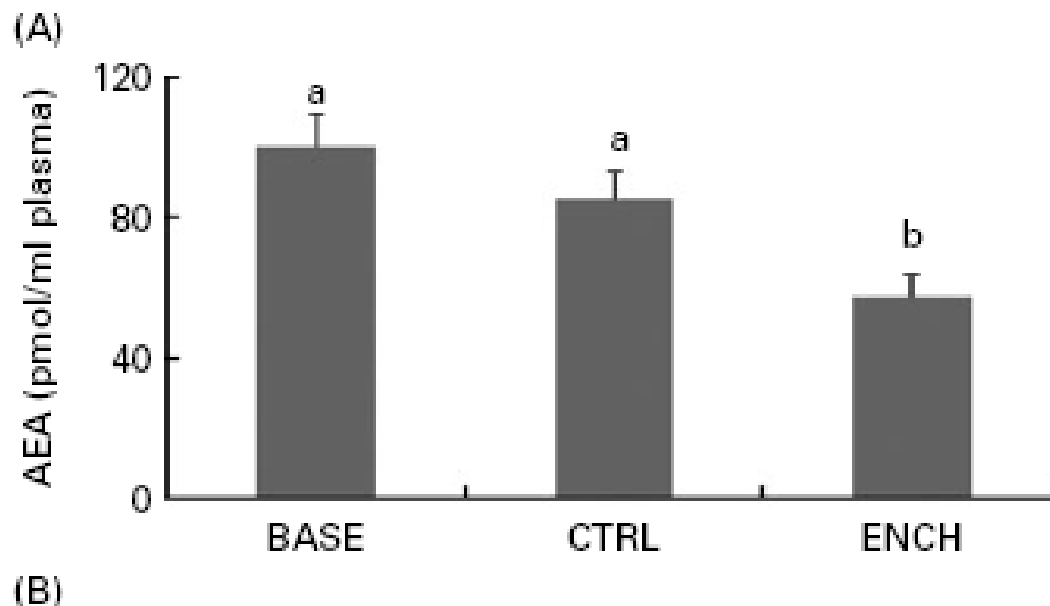


Fig. 6. Correlation between the plasma concentrations of anandamide (AEA) and leptin after consumption of 90 g/d of enriched cheese.  $R^2$  0.53,  $P < 0.05$ .



## ACIDO BUTIRRICO

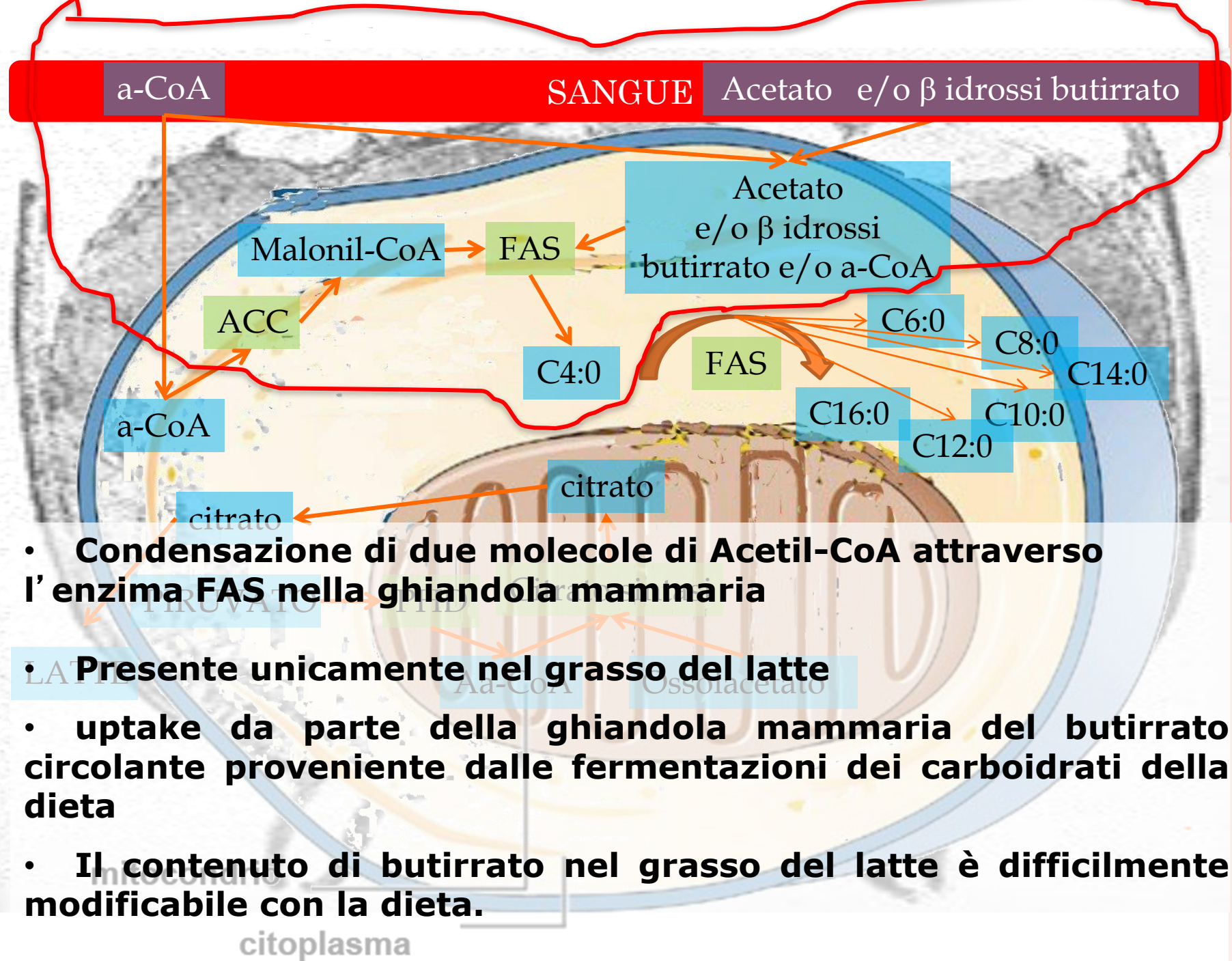
- Presente unicamente nel grasso del latte
- Potente agente anticancerogeno (Parodi, 2004)
- Induce apoptosi e inibisce la proliferazione e l'angiogenesi
- La sua azione sui lipidi plasmatici è neutra
- Agisce in sinergia con altre molecole ad azione anticancerogena come le Vit. A e D e il resveratrolo



Acido	Sn 1	Sn 2	Sn3
C4:0	-	-	35.4
C6:0	-	0.9	12.9
C8:0	1.4	0.7	3.6
C10:0	1.9	3.0	6.2
C12:0	4.9	6.2	0.6
C14:0	9.7	17.5	6.4
C15:0	2.0	2.9	1.4
C16:0	34.0	32.3	5.4
C16:1	34.0	3.6	1.4
C17	2.8	1.0	0.1
C18:0	1.3	9.5	1.2
C18:1	10.3	18.9	23.1
C18:2	1.7	3.5	2.3

- **posizione sn-3 dei trigliceridi del latte**
- **Circa un terzo dei trigliceridi del latte contiene butirrato.**
- **La ghiandola mammaria può modulare la sintesi degli acidi grassi a corta catena e dell'acido oleico per mantenere costante la fluidità del grasso del latte**





# MUFA

## ACIDO OLEICO

- Origin {
- Mobilizzazione lipidica
  - Dieta
  - Sintesi endogena attraverso la desaturazione (SCD) dell'acido stearico

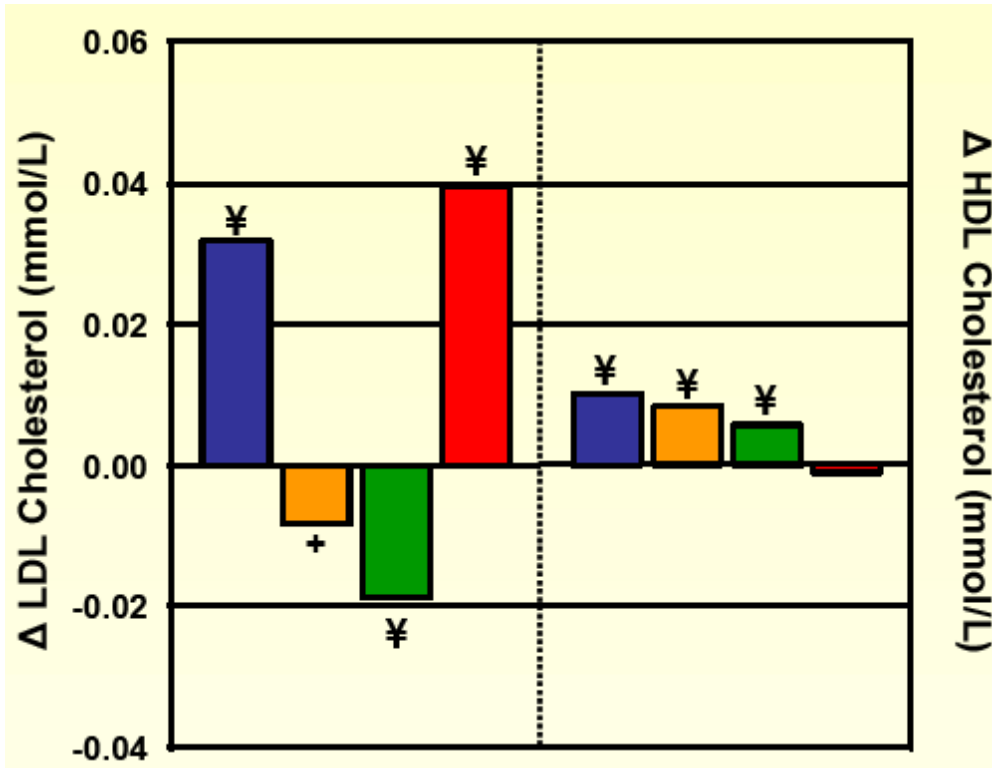
- è il principale MUFA del latte
- fornisce più del 30% dei MUFA nelle diete in cui non è presente l'olio di oliva.



# Biological effects of MUFA

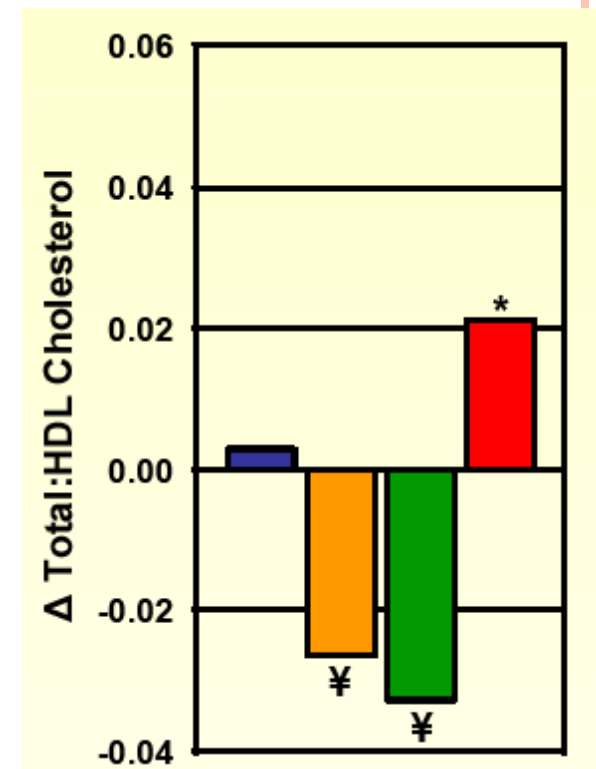
Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 50 controlled trials<sup>1-3</sup>

Ronald P Mensink, Peter L Zock, Arnold DM Kester, and Martijn B Katan



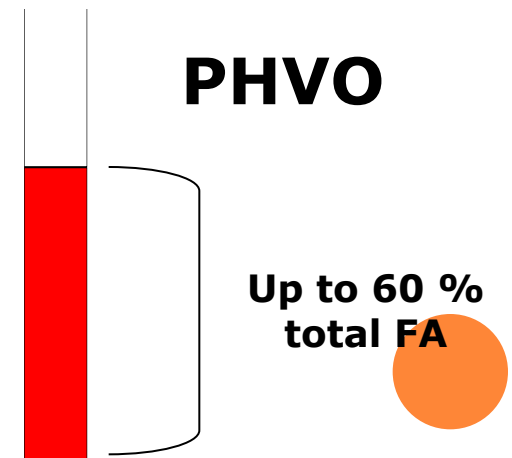
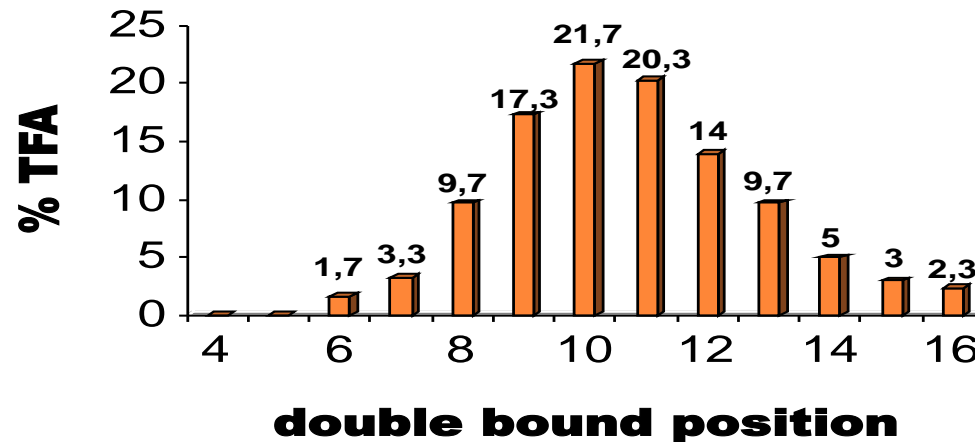
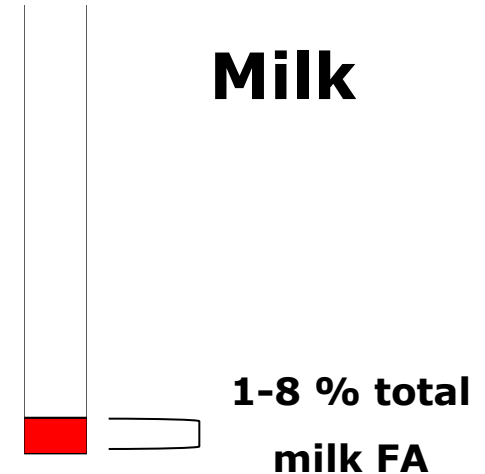
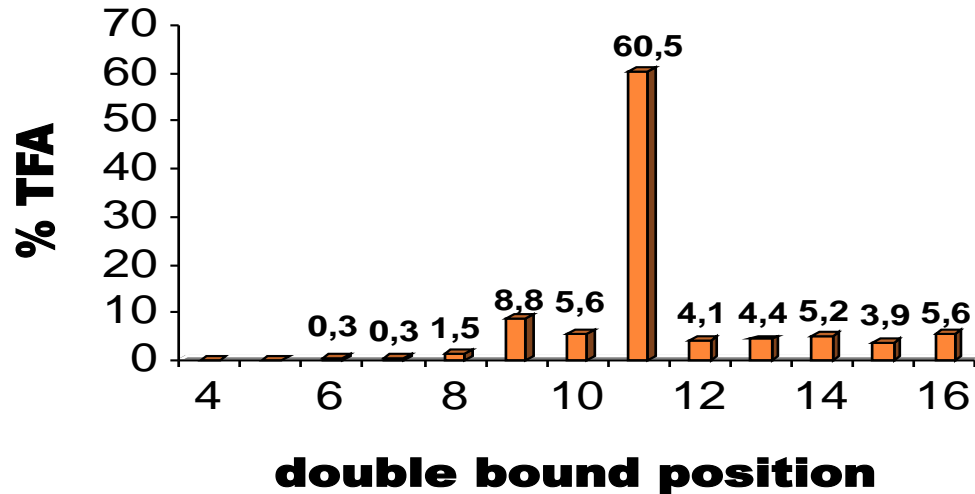
■ Saturated fatty acids      ■ *cis* Monounsaturated fatty acids  
■ *cis* Polyunsaturated fatty acids      ■ *trans* Monounsaturated fatty acids

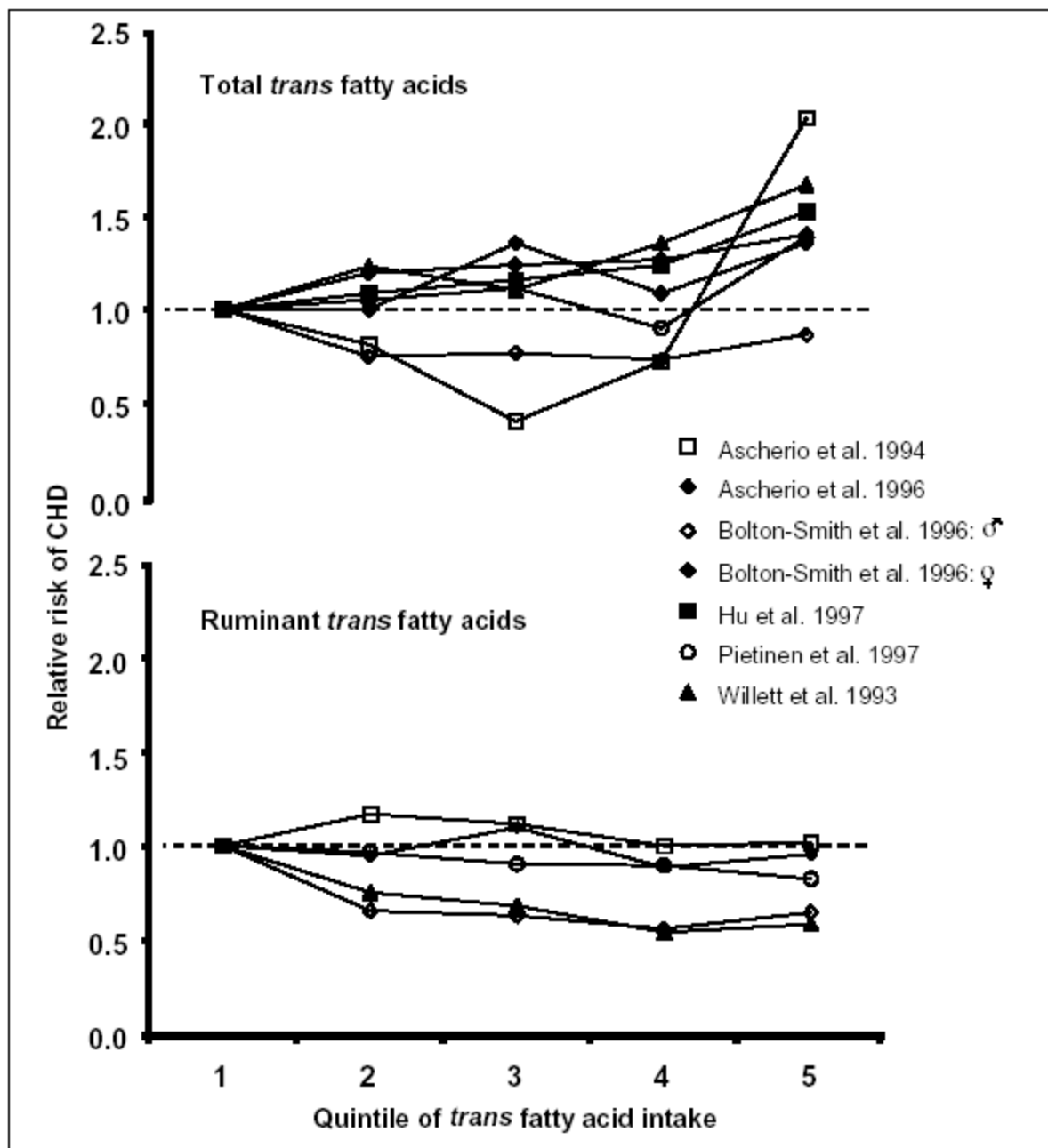
Am. J. Clin. Nutr. 2003, 77: 1146-1155



# TFA

## Fonti naturali vs. fonti industriali





**Figure 5: Relative risk of coronary heart disease with increasing relative intake (quintiles) of total and ruminant-derived *trans* fatty acids.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Risks are relative to the risk in the lowest quintile of *trans* fatty acid intake; the fully adjusted model is presented for each study.



## Results:

Fasting plasma triglyceride (TG), total cholesterol and LDL-cholesterol concentrations were reduced in obese rats fed either the CLA diet or the VA+CLA diet as compared to the obese control group.

The VA+CLA diet reduced plasma TG and LDL cholesterol to the level of the normolipidemic lean rats and further decreased nonesterified fatty acids compared to the CLA diet alone.

M Miriam Jacome-Sosa<sup>1,2,3</sup>, Jing Lu<sup>1,2,3</sup>, Ye Wang<sup>1,2,3</sup>, Megan R Ruth<sup>2,3</sup>, David C Wright<sup>2,3</sup>, Martin J Reaney<sup>4</sup>, Jianheng Shen<sup>4</sup>, Catherine J Field<sup>2,3</sup>, Donna F Vine<sup>1,2,3</sup>, Spencer D Proctor<sup>1,2,3\*</sup>

## Conclusion:

We demonstrate that the hypolipidemic effects of chronic cis-9, trans-11 CLA supplementation on circulating dyslipidemia and hepatic steatosis are enhanced by the addition of VA in the JCR:LA-cp rat



# OMEGA-3 NEL GRASSO DEL LATTE

- Il grasso del latte contiene naturalmente piccole quantità di PUFA omega-3
- L'arricchimento del grasso del latte con LC-PUFA omega-3 consente di ottenere risultati significativi, ma quantitativamente limitati
- L'arricchimento con acido alfa-linolenico è più efficiente



# ARRICCHIMENTO DEL GRASSO DEL LATTE DI PECORA CON ACIDO ALFA-LINOLENICO

