

CLASSE  
A057 SCIENZE DEGLI ALIMENTI

MODULO  
LABORATORIO DI BIOCHIMICA DEGLI ALIMENTI

Andrea Serra

Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Agro  
ambientali.

Università di Pisa

# LA CASEIFICAZIONE



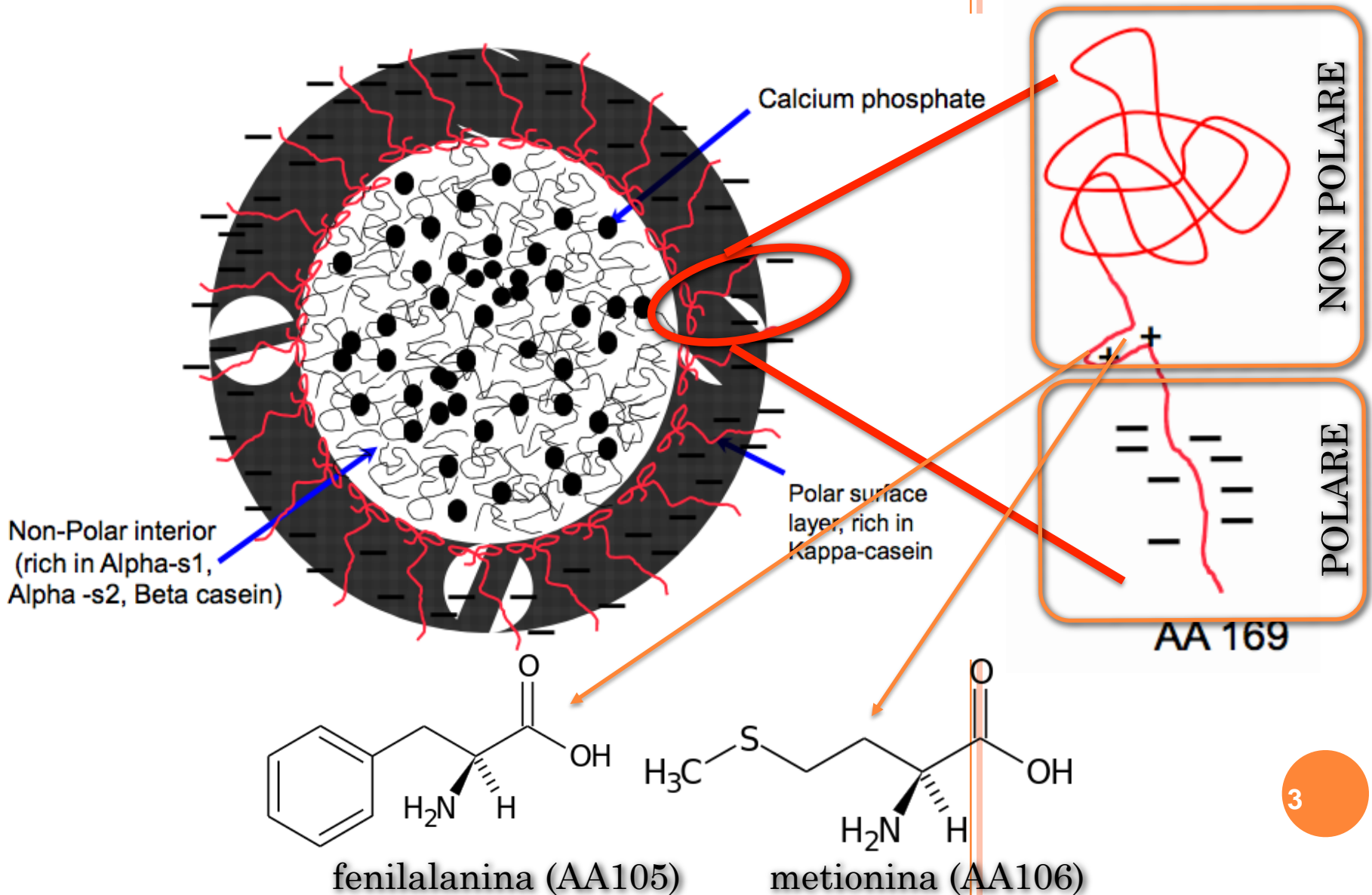
cagliata



siero



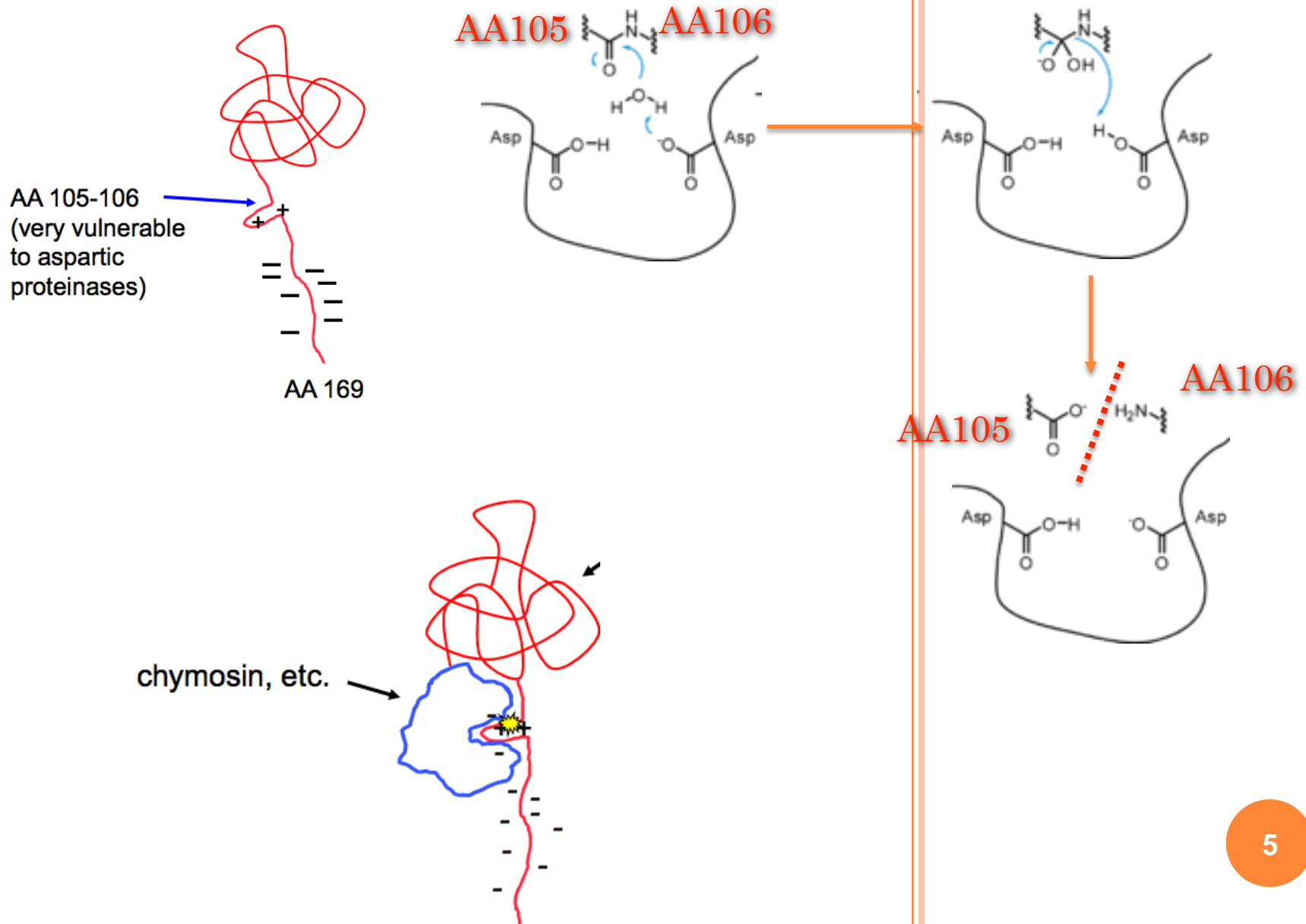
# LA MICELLA CASEINICA



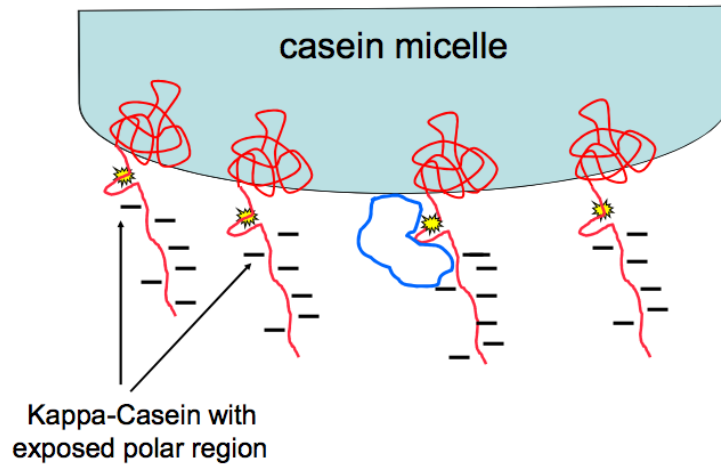
# IL CAGLIO

- ✂ termine generico con il quale si indica il pool di enzimi utilizzati per coagulare il latte
- ✂ sono presenti (e quindi prodotti) nello stomaco dei ruminanti
- ✂ gli enzimi del caglio appartengono al gruppo delle aspartico-proteinasi: conservano due residui di aspartato

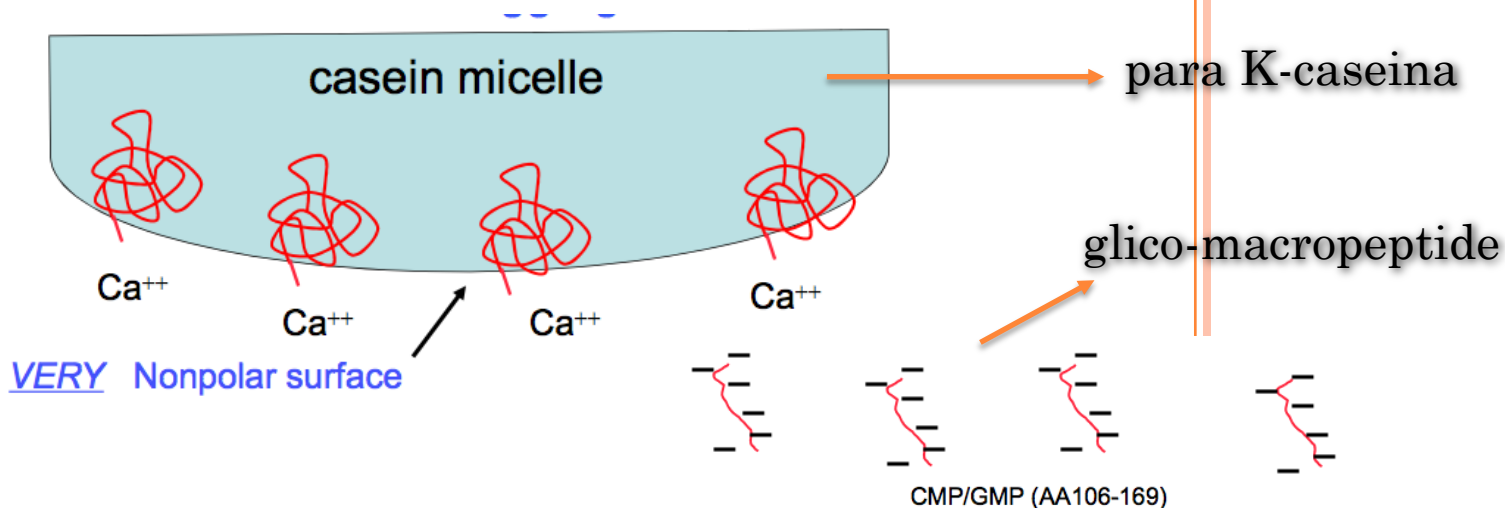
# L'AZIONE DELLA CHIMOSINA



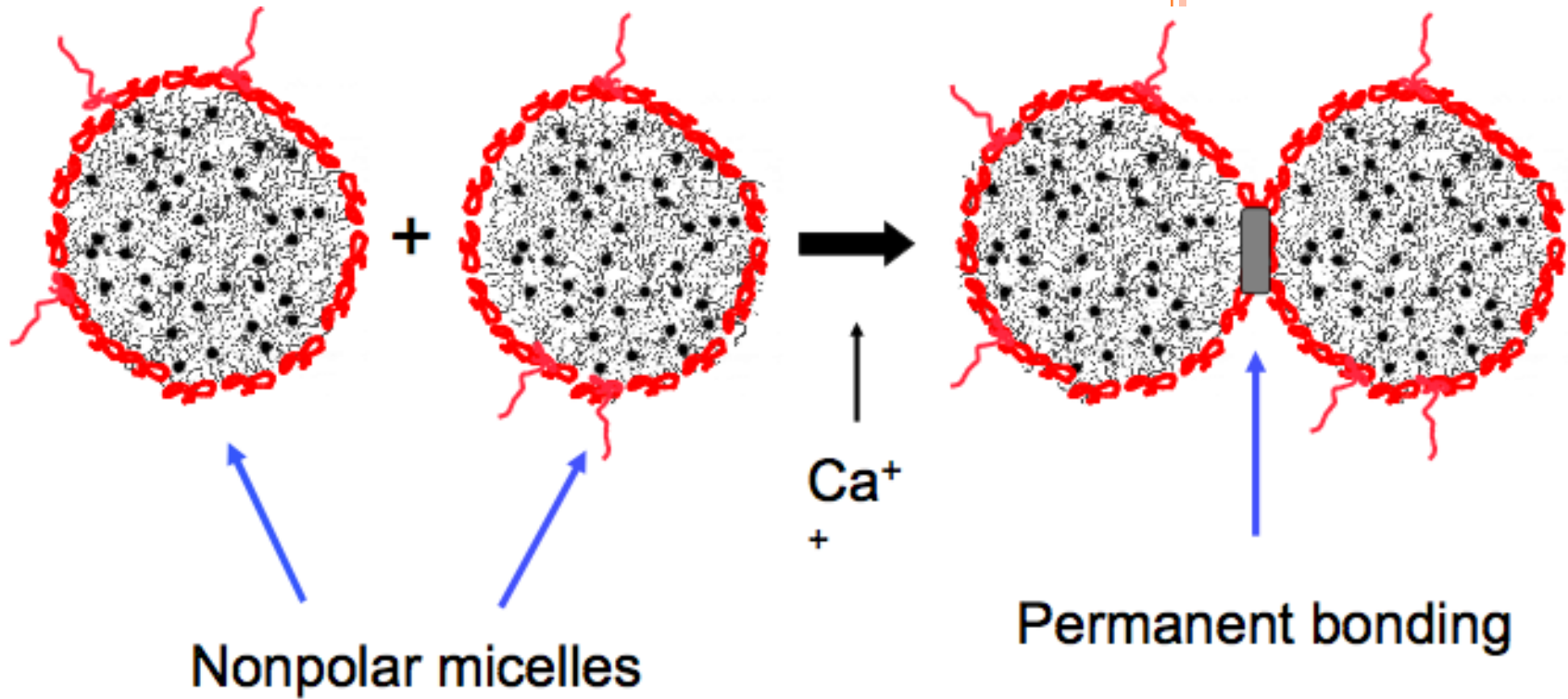
# I FASE: FASE ENZIMATICA



# II FASE: FASE NON ENZIMATICA- AGGREGAZIONE $\text{Ca}^{++}$ indotta



# AGGREGAZIONE DELLE MICELLE CASEINICHE



l'aggregazione delle micelle caseiniche ha inizio dopo che circa l'80-90% della K-caseina è stata "separata"



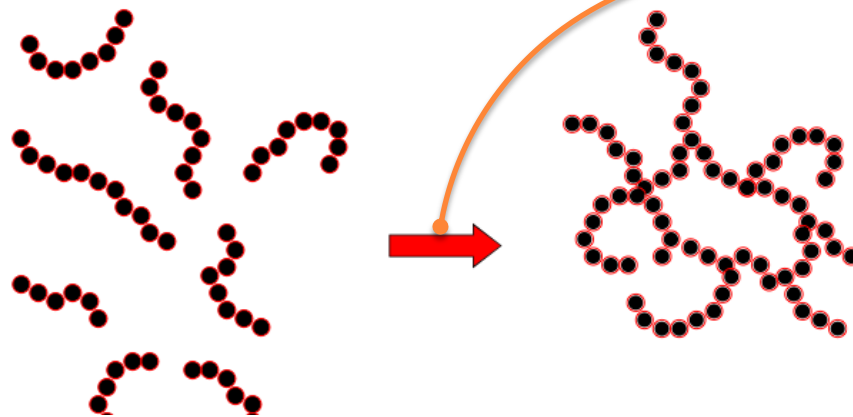
# l'analisi della caratteristiche lattodinamografiche del latte

## ✧ il lattodinamografo

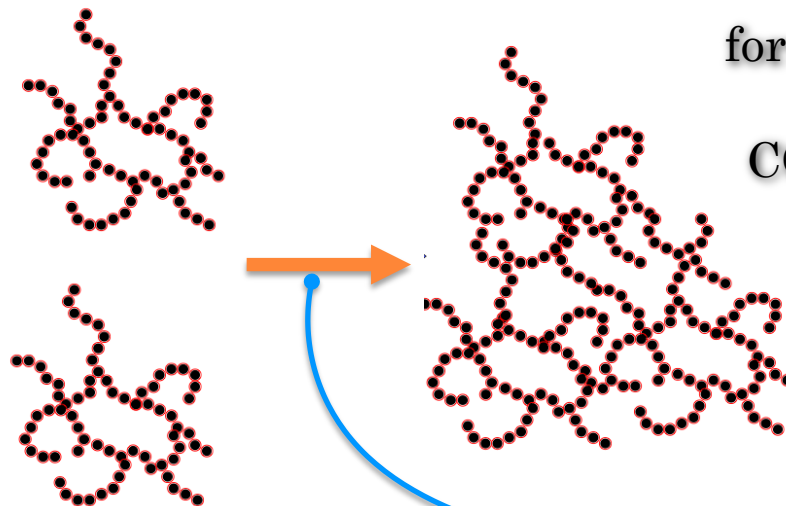




# FORMAZIONE DI CATENE E FLOCCULAZIONE



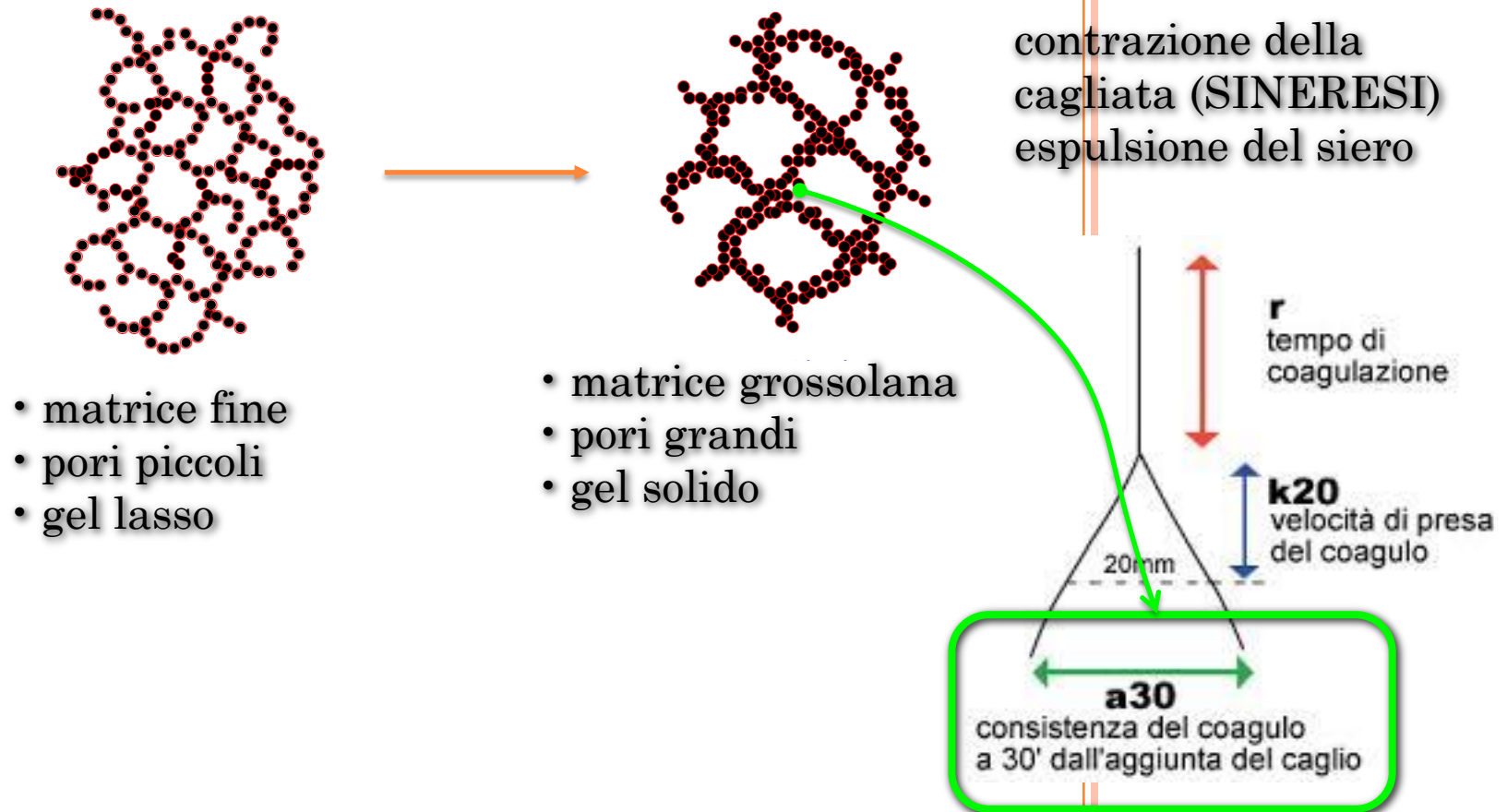
si iniziano a vedere i flocculi: TEMPO DI COAGULAZIONE



formazione di un gel  
continuo:  
COAGULAZIONE



# RIARRANGIAMENTO DELLA MATRICE



## IL RIARRANGIAMENTO DELLA MATRICE INFLUENZA

- contenuto di acqua del formaggio
- sviluppo di acidità durante la conservazione
- resa alla caseificazione

# ROTTURA DELLA CAGLIATA

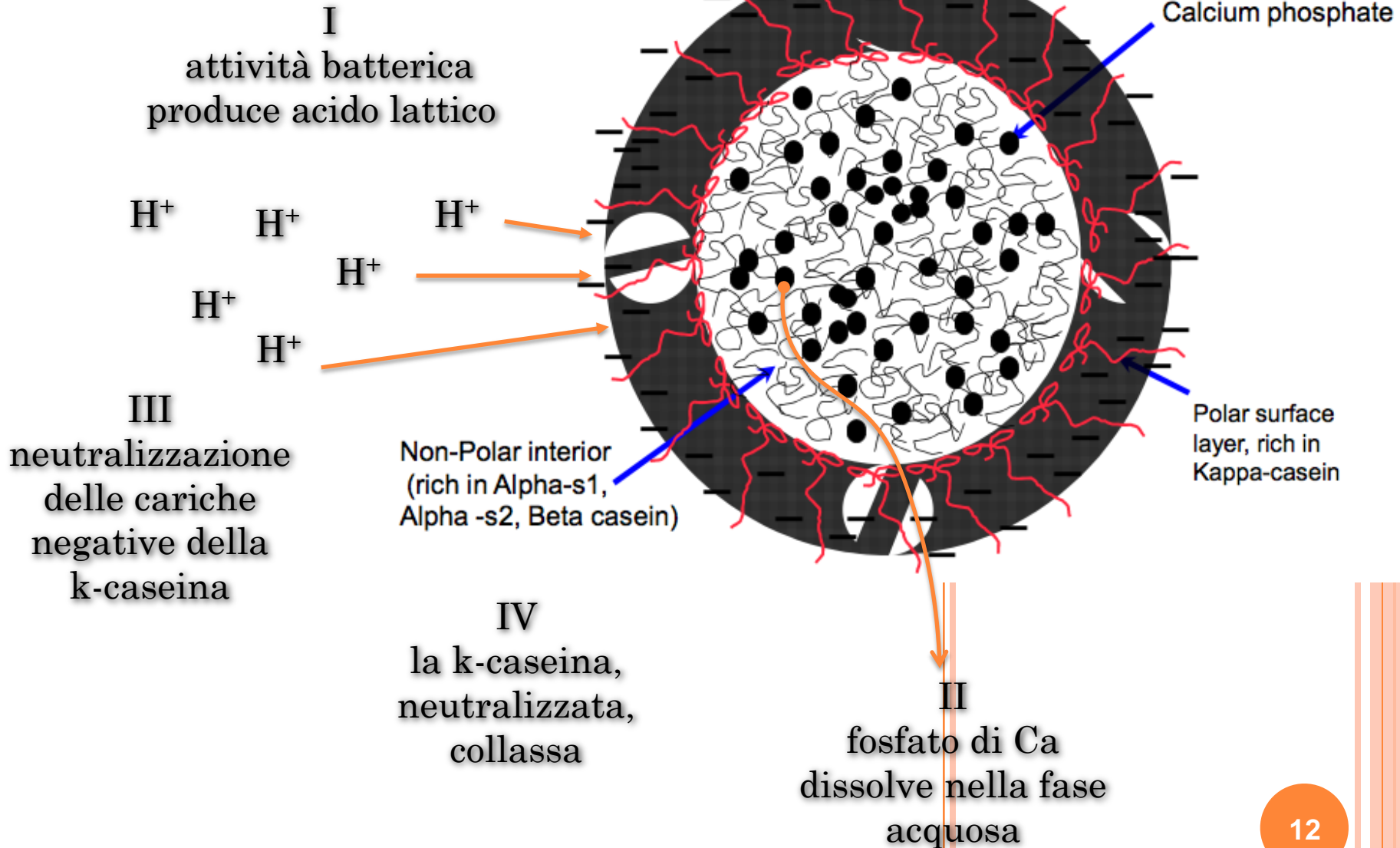
## IMMEDIATA (cagliata lassa)

- la cagliata è “fragile” e tende a rompersi durante il taglio
- il riarrangiamento dopo la rottura è veloce
- aumenta la sineresi
- aumenta la perdita di acqua
- aumenta la perdita di proteine
- aumenta la perdita di grassi
- resa bassa

## RITARDATA (cagliata consistente)

- la cagliata si rompe meno durante il taglio ma il riarrangiamento dopo la rottura
- diminuisce la sineresi
- diminuisce la perdita di acqua
- diminuisce la perdita di proteine
- diminuisce la perdita di grassi
- resa alta

# L'EFFETTO DEL Ph

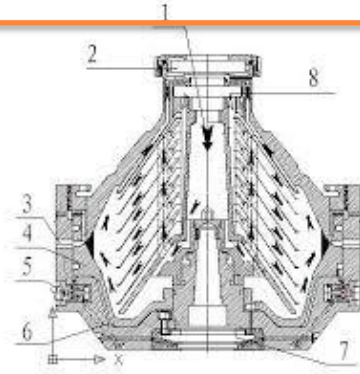


# LA TRASFORMAZIONE DEL LATTE IN BURRO



latte

scrematura per centrifugazione



crema

zangolatura

zangolatura

- rottura della membrana del globulo di grasso (favorita da basse temperature - membrana rigida)
- fuoriuscita del contenuto in trigliceridi
- espulsione di acqua (latticello)



burro

# LE SOSTANZE CHE DETERMINANO L'AROMA DEL LATTE E DEI PRODOTTI DERIVATI

# L'OSSIDAZIONE DEI LIPIDI



# ossidazione dei lipidi



l'ossidazione dei lipidi è una reazione molto “facile” da avvenire, per questo è spesso trattata come una reazione “spontanea”

## TUTTAVIA NON E' UN PROCESSO SPONTANEO

- l'ossidazione lipidica è un processo autocatalitico: una volta iniziato si autoalimenta e auto accelera
- i prodotti sono molto di più delle sostanze che si ossidano inizialmente
- quantità di anti e pro-ossidanti molto piccole generano dei grandi cambiamenti
- la reazione genera moltissimi intermedi che cambiano a seconda delle condizioni di reazione e con il tempo

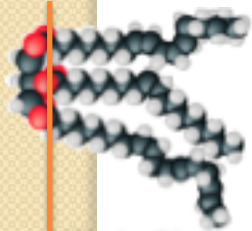
# Classicamente...

- × **Photoxidation**
- × **Enzymatic Oxidation**
- × **Autoxidation**

...

1. la lipolisi
2. “innesco” dell’ossidazione
3. propagazione - i prodotti primari dell’ossidazione
4. terminazione - i prodotti secondari dell’ossidazione

# I° La lipolisi



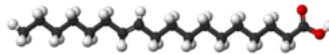
Trigliceride



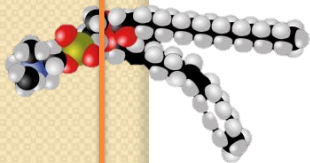
C18:0 acido stearico



C18:1 *cis*9 oleico



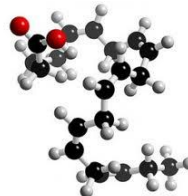
C18:1 *trans*11 vaccenico



Fosfolipide



C18:3 n-3 (acido linolenico)



C20:5  
Eicosapentaenoico (EPA)

LIPASI DI VARIO TIPO

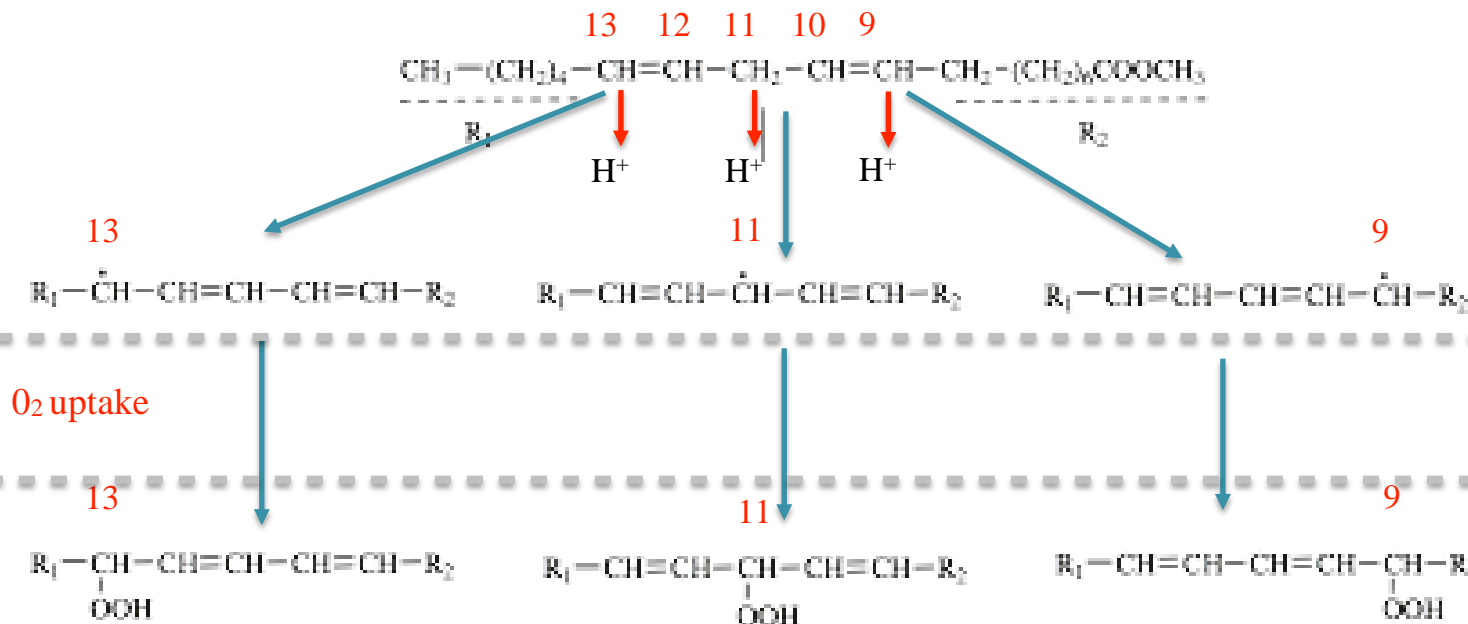
# II-innesco e III- propagazione. i prodotti primari dell'ossidazione.

acido linoleico (C18:2 n6)

iniziazione

estrazione di un H<sup>+</sup>

formazione radicale  
alchilico



formazione  
idroperossido

# Types of Fatty Acids and Oxidation Rates

× As # of double bonds increases # and reactivity of radicals increases

## Type of Fatty Acid    Rate of Reaction Relative to Stearic Acid

18:0	1
18:1 $\Delta$ 9	100
18:2 $\Delta$ 9,12	1200
18:3 $\Delta$ 9,12,15	2500

# Bond Energy and Lipid Oxidation

- Unsaturated fatty acids [RH] main reactant

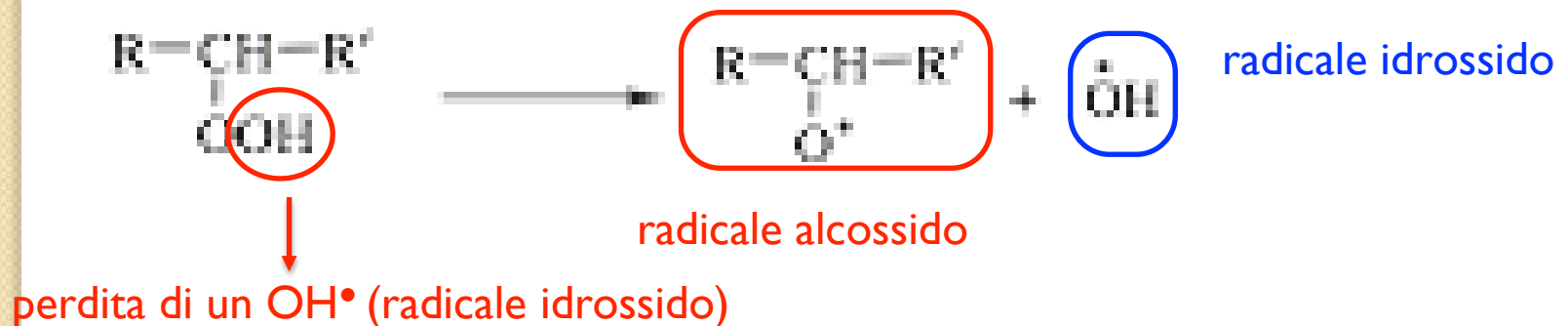
	Energy for H removal (kcal/mole)
H - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>	100
H - CH = CH <sub>2</sub>	103
H - CH <sub>2</sub> - CH = CH <sub>2</sub>	85
CH <sub>2</sub> = CH - CH - CH = CH <sub>2</sub>   H	65

→ H on carbon **next to** double bond easier to remove



# Terminazione: decomposizione degli idroperossidi e la formazione dei prodotti secondari dell'ossidazione

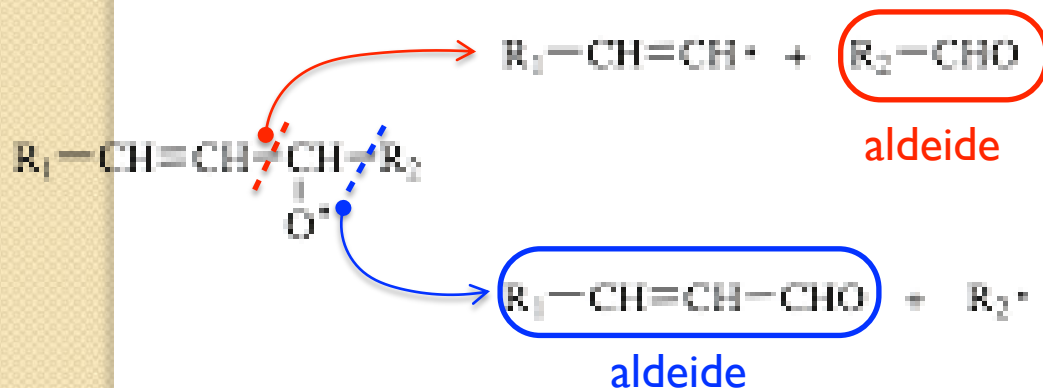
gli idroperossidi sono molto instabili e si “rompono” in un'ampia varietà



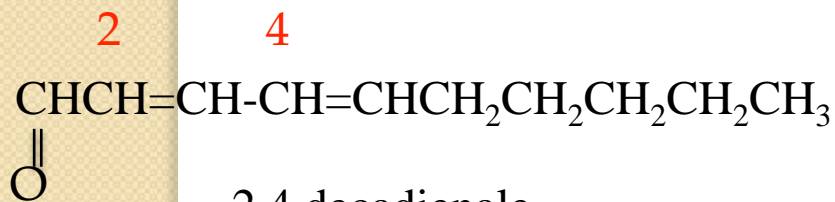
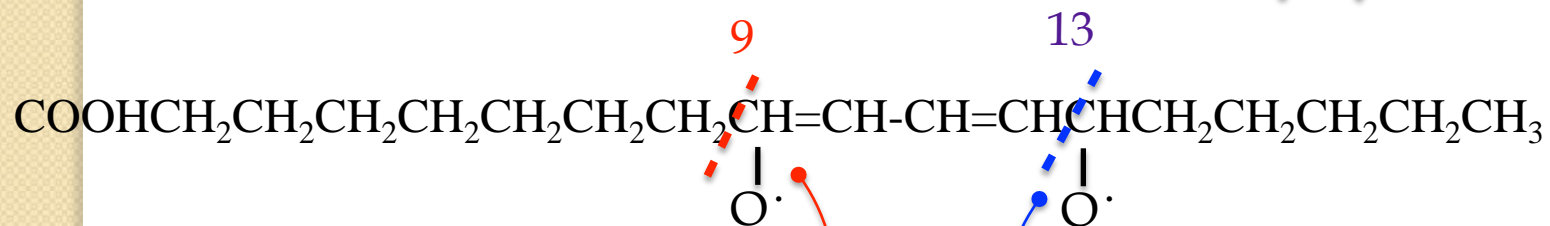
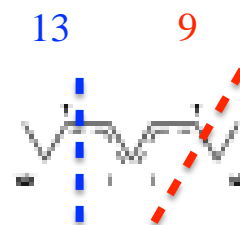
il radicale alcossido può rompersi  
( $\beta$  scissione del legame C—C)

formazione di prodotti secondari dell'ossidazione (alcol, aldeidi, chetoni, alcani)

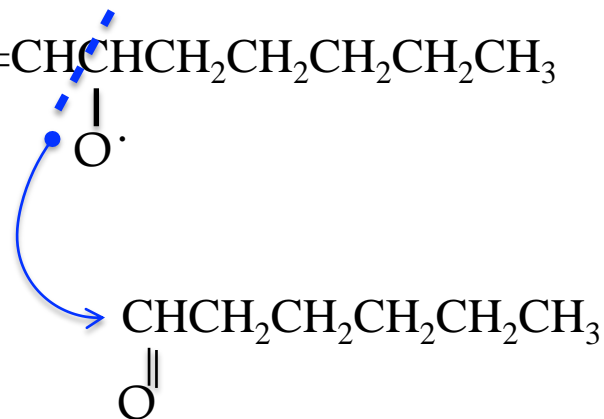
# la formazione delle aldeidi



18:2 n-6



2,4 decadienale



esanale

Fatty Acid	Monohydroperoxides	Aldehydes Formed
Oleate	8-OOH	2-Undecanal Decanal
	9-OOH	2-Decenal Nonanal
	10-OOH	Nonanal
	11-OOH	Octanal
Linoleate	9-OOH	2,4-Decadienal 3-Nonenal
	13-OOH	Hexanal
Linolenate	9-OOH	2,4,7-Decatrienal 3,6-Nonadienal
	12-OOH	2,4-Heptadienal 3-Hexenal
	13-OOH	3-Hexenal
	16-OOH	Propanal
Arachidonate	5-OOH	2,4,7,10-Hexadecatetraenal 3,6,9-Pentadecatrienal
	8-OOH	2,4,7-Tridecatrienal 3,6-Dodecadienal
	9-OOH	3,6-Dodecadienal
	11-OOH	2,4-Decadienal 3-Nonenal
	12-OOH	3-Nonenal
	15-OOH	Hexanal
	5-OOH	2,4,7,10,13-Hexadecapentaenal 3,6,9,12-Pentadecatetraenal
	8-OOH	2,4,7,10-Tridecatetraenal 3,6,9-Dodecatrienal
Eicosapentaenoate	9-OOH	3,6,9-Dodecatrienal
	11-OOH	2,4,7-Decatrienal 3,6-Nonadienal
	12-OOH	3,6-Nonadienal
	14-OOH	2,4-Heptadienal 3-Hexenal
	15-OOH	3-Hexenal
	18-OOH	Propanal

le aldeidi volatili sono composti che condizionano molto la percezione odor

Volatile Aldehyde	Odor Characteristics
Pentanal	Woody, bitter, oil
Hexanal	Fatty, powerful, oily, grassy
Heptanal	Oily, fatty, heavy, woody, penetrating, nutty
Octanal	Fatty, sharp, citrus
Nonanal	Fatty, waxy, painty, citrus
Decanal	Penetrating, sweet, waxy, painty
Undecanal	Fatty, tallowy
2-Hexenal	Sweet, fragrant, almond, Fruity, green, leafy
2-Heptenal	Oxidized, tallowy, pungent
2-Octenal	Brown beans, herbaceous, spicy
2-Nonenal	Penetrating, Fatty, waxy, nutty, rancid
2-Decenal	Painty, Fishy, fatty
2-Undecenal	Fresh, fruity, orange-peel like
2,4-Heptadienal	Fatty, rancid, hazelnut-like
2,4-Decadienal	Powerful, fatty, citrus