



BENESSERE ANIMALE, QUALITA' DELLE PRODUZIONI ZOOTECNICHE E  
SICUREZZA ALIMENTARE:  
NORMATIVA E CONTROLLI DI LABORATORIO

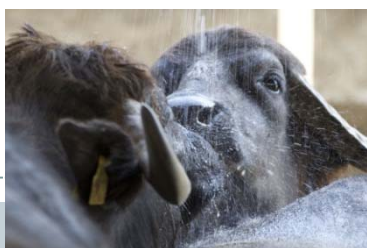


# **Razioni alimentari rispettose della fisiologia del rumine**

**Serena Calabrò**

**Dipartimento di Medicina Veterinaria e Produzioni Animali  
Università degli studi di Napoli Federico II**

Roma, 21 novembre 2014



Performance attese

Salute animale

Corretta gestione  
dell'alimentazione

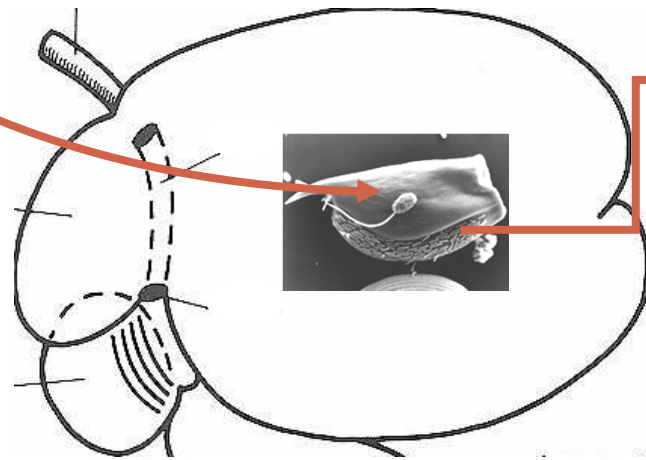
Qualità e sicurezza  
dei prodotti di o.a.

Impatto ambientale  
contenuto



# Se si alimentano bene i microrganismi ruminali, i microrganismi alimentano il ruminante

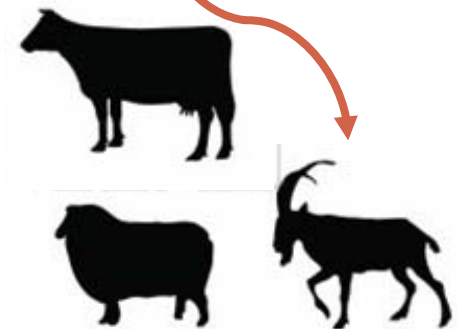
Alimento



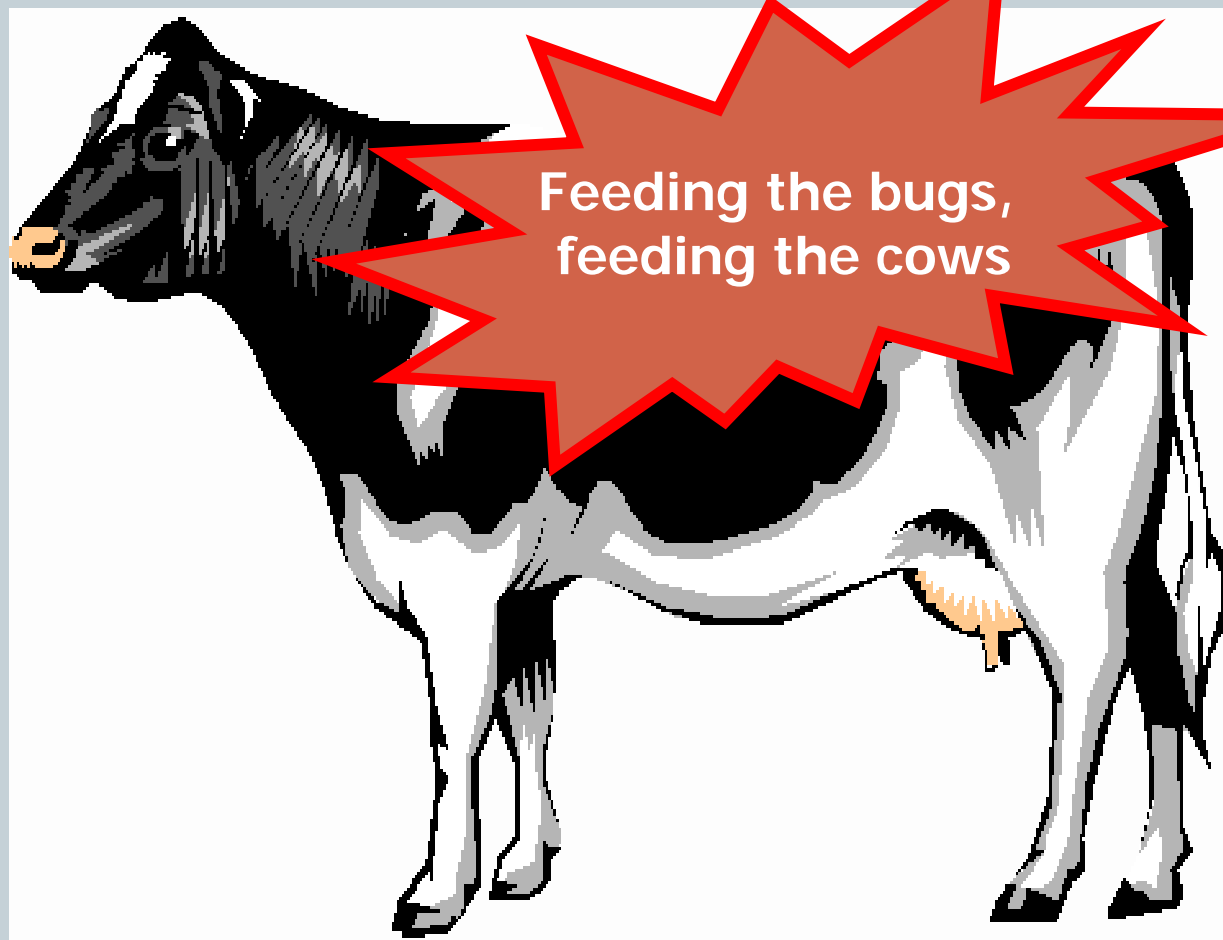
AGV

Proteina microbica

Vitamine



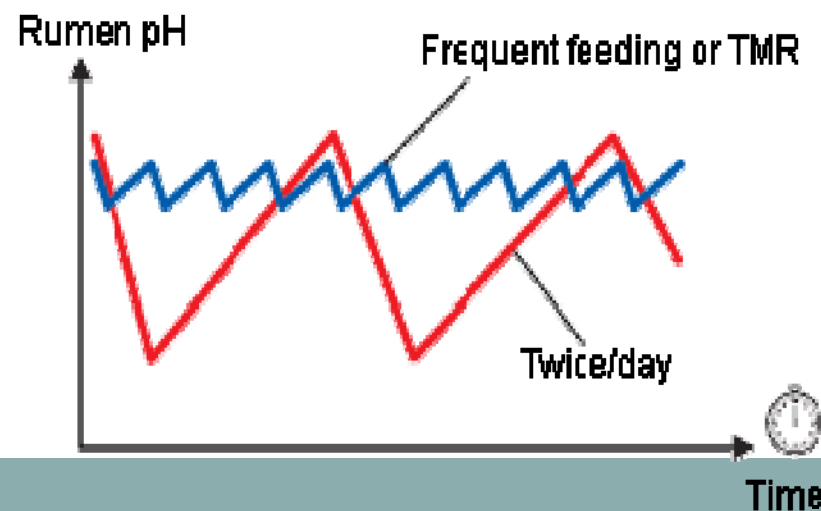
*I nutrienti che utilizza l'animale dopo le fermentazioni  
ruminali sono molto diversi da quelli ingeriti*



Feeding the bugs,  
feeding the cows

# Fattori alimentari che favoriscono la crescita microbica

- Massima ingestione di sostanza secca
- Equilibrato rapporto glucidi/proteine: sincronia nella disponibilità
  - i batteri necessitano sia di aa che di energia per la sintesi delle loro proteine
- Variazioni graduali nella composizione delle diete
- Continua disponibilità di alimento (alimentazione *ad libitum*)
  - Mantenere stabile il pH ruminale



# Fattori alimentari che riducono la crescita microbica

## ■ Brusche variazioni nella dieta

- occorrono 2-3 settimane per l'equilibrio microrganismi-dieta

## ■ Forti restrizioni alimentari

## ■ Apporto elevato di glucidi non strutturali

- pH ruminale molto basso (acidosi ruminale)
  - elevate quantità di granelle di cereali (es. orzo): fermentazioni molto veloci
  - per prevenire l'acidosi è necessario un giusto equilibrio tra batteri amilolitici produttori di acido lattico e batteri amilolitici utilizzatori di acido lattico

## ■ Elevate quantità di acidi grassi insaturi nella dieta

- i batteri non utilizzano i grassi a scopi energetici
- inibiscono l'utilizzazione della fibra e, di conseguenza, la crescita batterica

# Rapporto foraggio:concentrato (F:C)



## Fibra strutturata



giusto rapporto foraggio:concentrato

- Produzioni di latte  $\leq 25$  kg  $\rightarrow$  valore ideale F:C pari a 60:40
- Bovine ad alta o altissima produzione  $\rightarrow$  valore F:C “anti-fisiologico” pari a 40:60 o 30:70  $\rightarrow$  accumulo di ac. attico  $\rightarrow$  abbassamento del pH  $\rightarrow$  acidosi ruminale  $\rightarrow$  acidosi metabolica

**Foraggi grossolani** = fibra “lunga”  
(trinciatura: ottimale 4-5 cm)



- abbondante masticazione e secrezione di saliva
- buon funzionamento del rumine
- ideale rapporto AGV: acetato (60-70%), propionato (15-25%) e butirato (10-20%)
- ideale rapporto  $C_2:C_3$

## Rapporto F/C indicativo delle diete per la bovina in funzione della produzione di latte



### **PRODUZIONE**

### **F/C**

**10**

**80/20**

**15**

**70/30 – 80/20**

**20**

**65/35 – 70/30**

**25**

**60/40\***

**30**

**50/50\***

**35**

**45/55\***

**40**

**40/60\***

**\* VALORI MASSIMI PER FORAGGI DI BUONA  
QUALITÀ. POSSONO DIMINUIRE SE LA QUALITÀ  
SCADE.**



Una razione povera di foraggi a favore di una percentuale maggiore di concentrati, determina condizioni sfavorevoli alla crescita e allo sviluppo di batteri cellulosolitici necessari per la digestione dei carboidrati strutturali degli alimenti vegetali, senza i quali tale digestione non è possibile.

**Negli allevamenti intensivi, le razioni per gli animali da latte, sono caratterizzate da una quota di concentrati energetici, soprattutto cereali, molto elevata che raggiunge anche il 50 %.**

## **F: C = 50: 50**

- pH ruminale = 6,0 - 5,5
- massima produzione di acido propionico (25% tAGV).
- massima produzione di glucosio e sua deposizione nel tessuto adiposo dell'animale.

Fenomeno positivo nei bovini all'ingrasso, ma non altrettanto nelle vacche da latte perché genera una caduta del tenore di grasso nel latte.

## **F: C = più del 50% di concentrati**

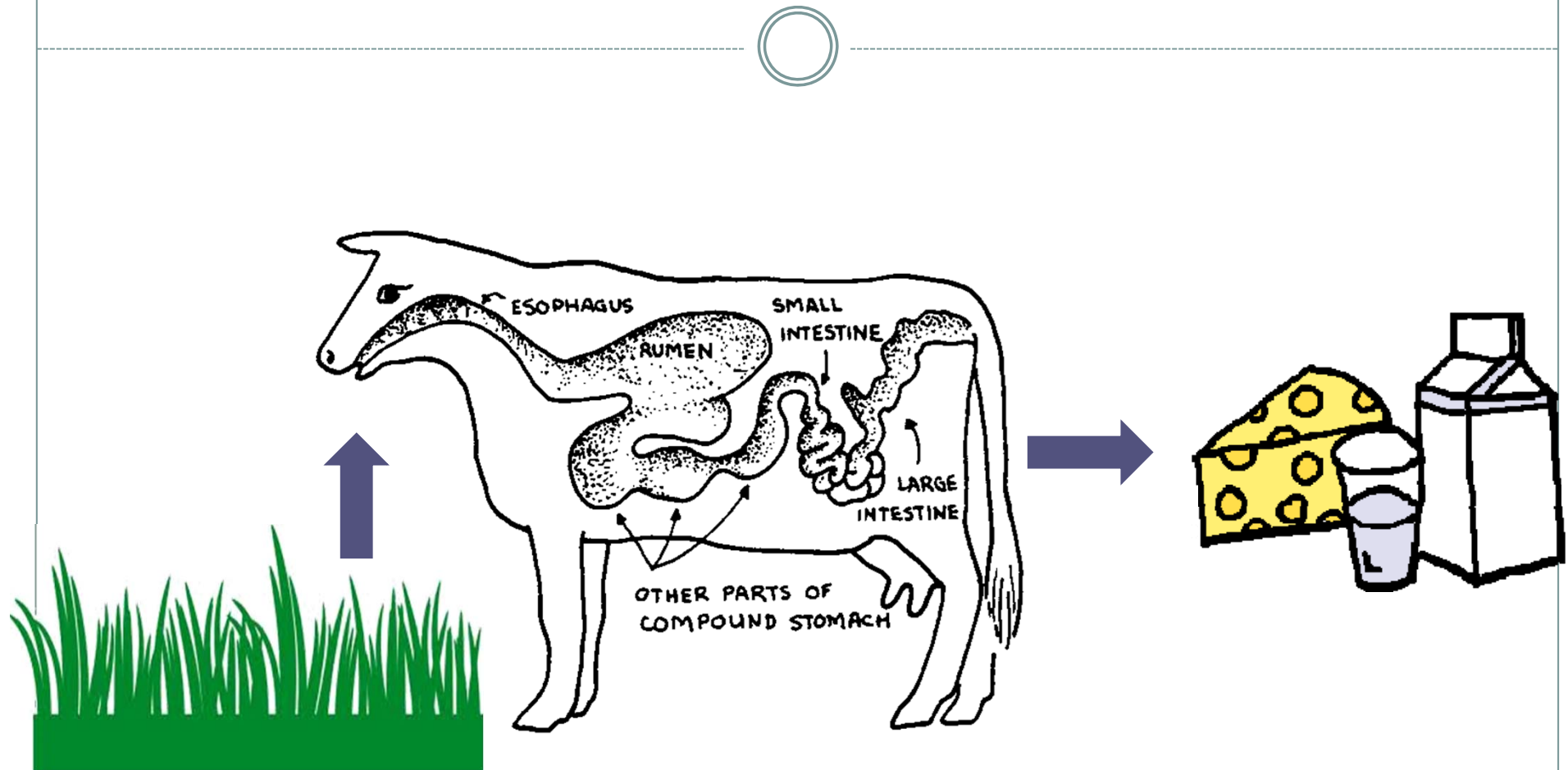
- pH ruminale si abbassa ulteriormente = 5,5 - 5,0
  - aumento produzione di acido butirrico a scapito del propionico.
  - produzione in eccesso di corpi chetonici e innalzamento dell'acido lattico.
- Si generano conseguenze patologiche: acidosi ruminale e metabolica.

## **F: C = 70: 30**

- pH ruminale = 6,5 - 6,1
- AGV in perfetto equilibrio (acetico 60-70%, propionico 15-20%, butirrico 10-20%).

L'acido propionico consente una sufficiente produzione di glucosio e l'acido acetico determina una buona sintesi dei lipidi del latte, influenzando positivamente lo stato generale di salute dell'animale

La percentuale di grasso del latte risente del rapporto F:C.



# Cambiamento graduale della razione



- 7-8 gg per favorire l'attività dei microrganismi ruminali → degradabilità:
  - Zuccheri semplici: 100 %
  - Amidi: 90-100 %
  - Proteine: 65-75 %
  - Cellulosa: 50-60 %
  - Lipidi: 15-20 %

## FREQUENZA DEI PASTI

- Alimentazione tradizionale (2 volte al giorno)
- Tecnica *unifeed*

# Composizione della razione



- **Carboidrati**

- Amido e NSC (carboidrati non strutturali) rappresentati da CHO a rapida (zuccheri), media (pectine) e lenta (glucani) fermentescibilità, che dovrebbero essere presenti nella dieta alle seguenti percentuali: 28%, 32% e 40%, rispettivamente

- **Fibra**

- ✦ Weende: in vacche con produzioni basse ( 20-25 kg/d) non meno del 16% SS di cui il 40% apportata da foraggi grossolani
- ✦ Van Soest: per le BLAP → NDF 32-36 SS

- **Proteine**

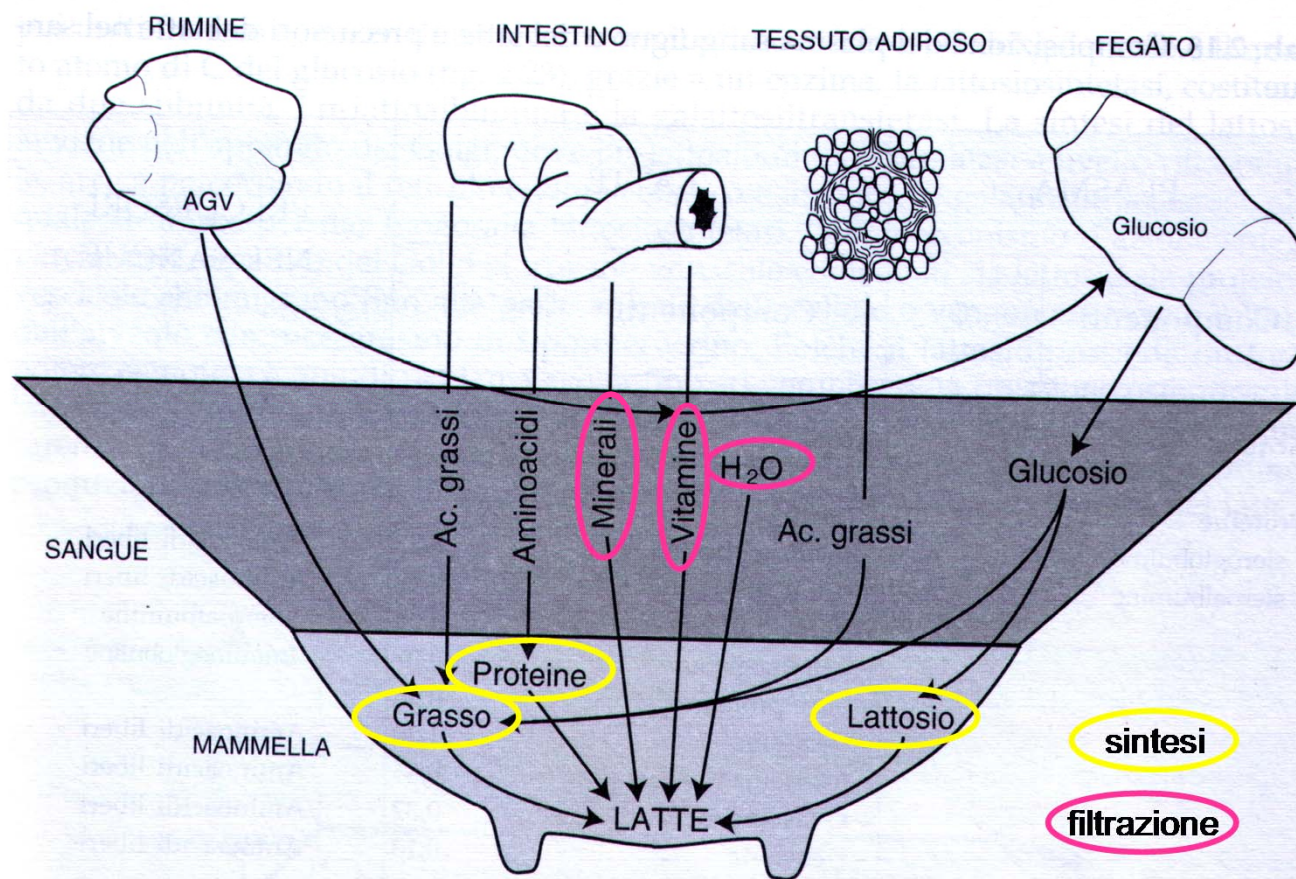
I ruminanti possono vivere con diete a basso contenuto di proteine, in quanto possono fare affidamento sulla sintesi di proteina microbica

- **Lipidi**

- molta energia, poco ingombro, preferibilmente protetti e saturi, no in cattivo stato di conservazione → non più del 4-6% SS, per evitare:

# PRODUZIONE DI LATTE

## Precursori dei costituenti del latte





- **Additivi:**

- Inibitori della metanogenesi
- Stimolatori attività ruminale:
  - ✦ Isoacidi (es. ac. iso-butyrico, iso-valeriano)
  - ✦ Proteolisi (es. aminoacidi e polipeptidi)
  - ✦ Vitamine (PP e H) e Sali minerali (P, S, Zn, Co, Mn, Mo, Se)
- Sostanze tampone
  - ✦ bicarbonato di Na (1% s.s.) e ossido di Mg (0.6% s.s.) a livello ruminale
  - ✦ carbonato di Ca (0.3-0.4% s.s.) a livello intestinale
- Sostanze che proteggono i principi nutritivi e consentono il *bypass* ruminale (es. formalina)
- Probiotici (es. lieviti, microrganismi)

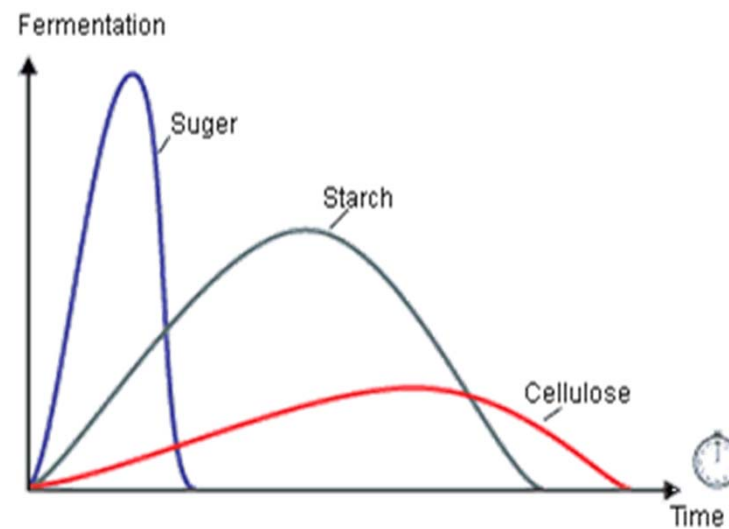
# Digestione dei carboidrati nei ruminanti

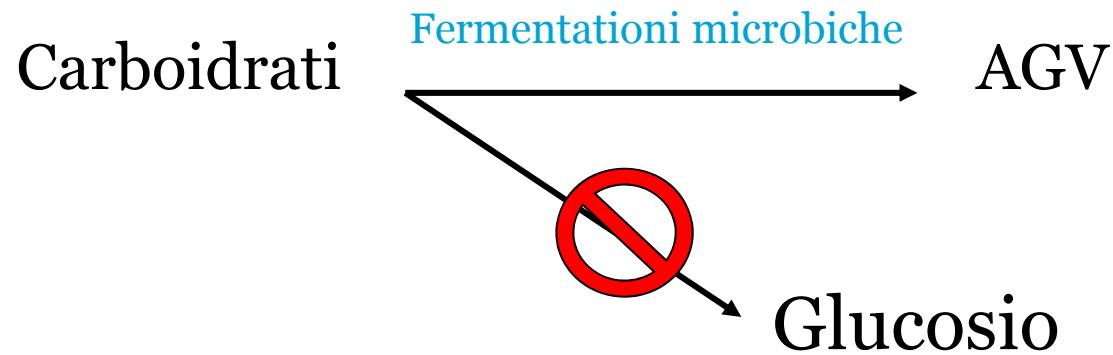
- ❑ I carboidrati ingeriti sono sottoposti ad una intensa **fermentazione pre-gastrica**
- ❑ La maggior parte dei carboidrati ingeriti sono fermentati dai **microrganismi ruminali** prima di poter essere sottoposti all'attacco degli enzimi nel piccolo intestino
- ❑ Le fermentazioni ruminali sono altamente efficienti in considerazione degli alimenti ingeriti
- ❑ La maggior parte dei glucidi viene fermentata a livello ruminale
- ❑ Una parte dell'amido può oltrepassare indenne il rumine e raggiungere il piccolo intestino dove è sottoposto all'attacco dell'**amilasi pancreatica**



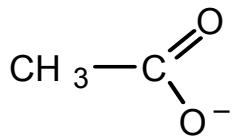
## Degradabilità delle varie frazioni di carboidrati

Frazione	Degradabilità ruminale (%/h)
Zuccheri	200-350
Amido e fibra solubile utilizzabile (pectine e $\beta$ -glucani)	40-60
Fibra insolubile utilizzabile	
Cellulosa	2
Emicellulose	10
Fibra non utilizzabile (lignina)	0

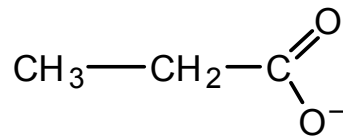




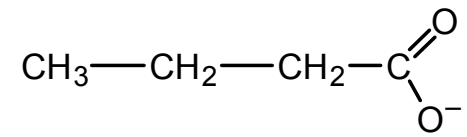
- AGV prodotti dai microrganismi
  - Rumine, cieco, colon
- 3 tipi principali:



Acido acetico (2C)



Acido propionico (3C)



Acido butirrico (4C)



The diagram illustrates the fermentation of glucose in the rumen. It features a light blue background with a white horizontal line at the top. A small circle with a double outline is positioned on this line. Three arrows originate from the text '1 Glucosio' on the left and point to the right. The top arrow points to '2 acetato + CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> + calore', where the gas products are circled in red. The middle arrow points to '2 propionato + acqua'. The bottom arrow points to '1 butirrato + CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub>', where the gas products are also circled in red.

1 Glucosio

2 acetato + CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> + calore

2 propionato + acqua

1 butirrato + CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub>

- I **gas** (CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) sono tra i prodotti importanti delle fermentazioni ruminali.
- Di norma i gas sono eliminati con l'eruttazione, altrimenti si ha il meteorismo (= importante distensione del rumine, di solito verso il lato sinistro, che può portare a morte l'animale)

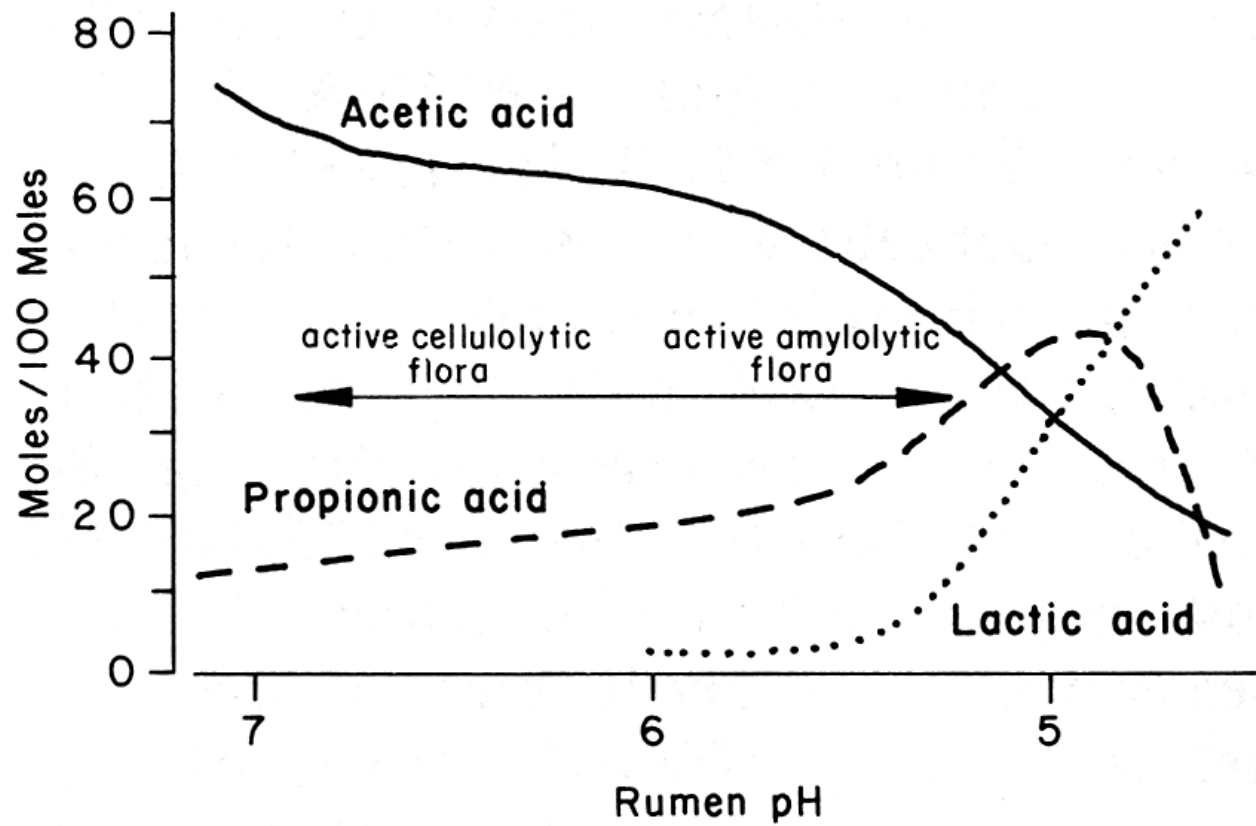
# Destino degli AGV

- ❑ **Assorbimento** passivo (in forma indissociata) attraverso la parete ruminale, non ci sono prove che giustifichino un trasporto attivo
  - ❑ Metabolismo degli AGV nella parete ruminale: le cellule utilizzano gran parte del butirrato per soddisfare il fabbisogno di energia, acetato e propionato sono riversati nel sangue → tramite la vena porta vanno al fegato
  
  - ❑ **Acetato**
    - Energia
    - Sintesi di acidi grassi
  - ❑ **Propionato**
    - Energia
    - Gluconeogenico – sintesi di glucosio
  - ❑ **Butirrato**
    - Energia
    - Le cellule della parete ruminale lo convertono in  $\beta$ -idrossi-butirrato
- } forniscono il 70-80% dell'energia necessaria al ruminante

Le proporzioni di butirrato nella miscela di AGV  
dipendono dalla dieta

Foraggi:Concentrati	Acetato	Propionato	Butirrato
100:0	71.4	16.0	7.9
75:25	68.2	18.1	8.0
50:50	65.3	18.4	10.4
40:60	59.8	25.9	10.2
20:80	53.6	30.6	10.7

## Andamento degli AGV

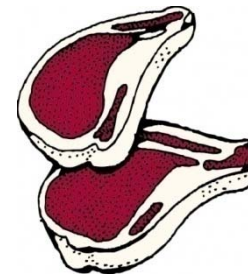




amido



propionato



cellulosa

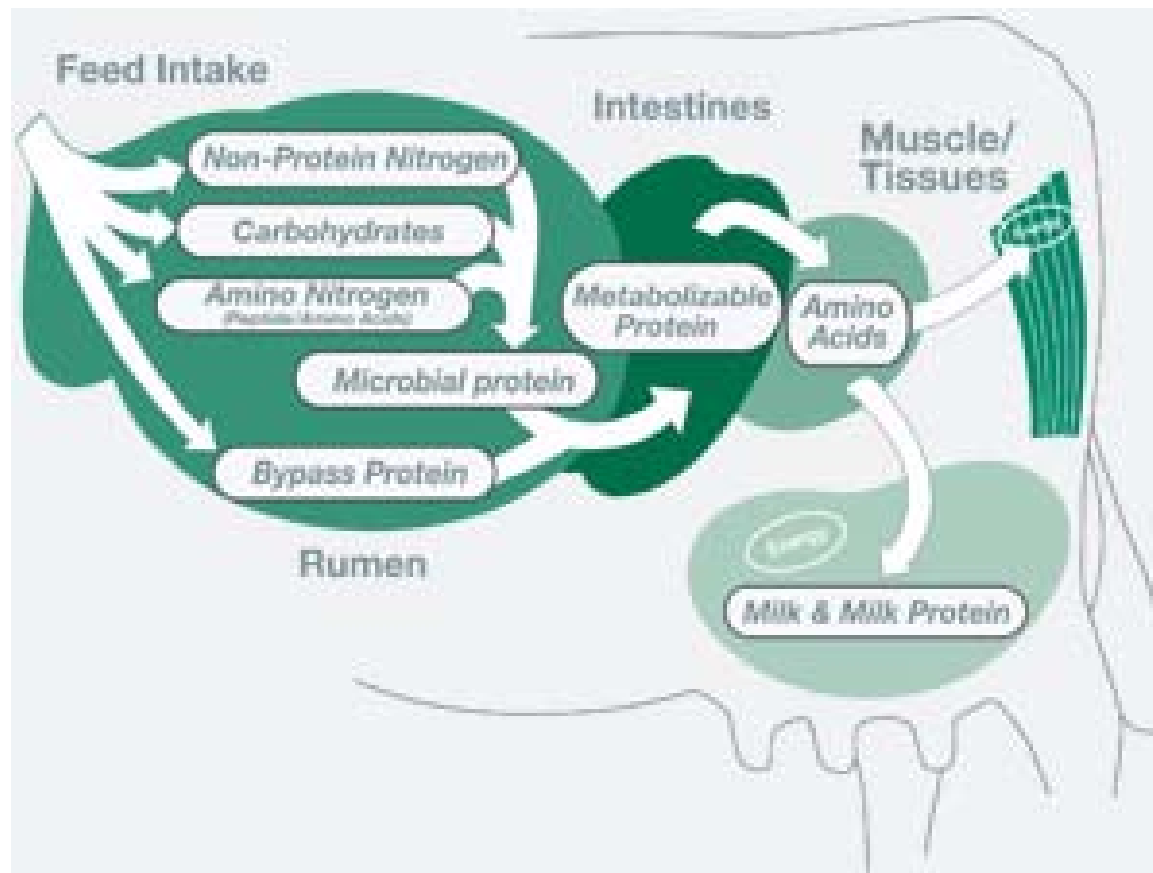


acetato



# Digestione delle proteine nei ruminanti

- I batteri sanno sintetizzare anche gli aminoacidi indispensabili
- La proteina microbica risulta insufficiente nei casi di produzioni molto elevate (in particolare elevate produzioni di latte)





# *Alimentazione proteica del ruminante*

- Scopo principale → nutrire i microrganismi ruminali → RDP
  - Due processi contrastanti avvengono nel rumine:
    - Degradazione delle proteine della dieta
    - Sintesi di proteine microbiche

## **Fattori implicati nella sintesi di proteina microbica**

- Disponibilità di N (e S)
- Disponibilità di energia (carboidrati)

- Successivamente → soddisfare il fabbisogno proteico dell'animale → fornire adeguate quantità di RUP
  - L'utilizzazione della RUP nel post-rumino dipende da:
    - Digeribilità della RUP nel piccolo intestino
    - Qualità della proteina (fonte)

## *Degradabilità ruminale delle proteine*

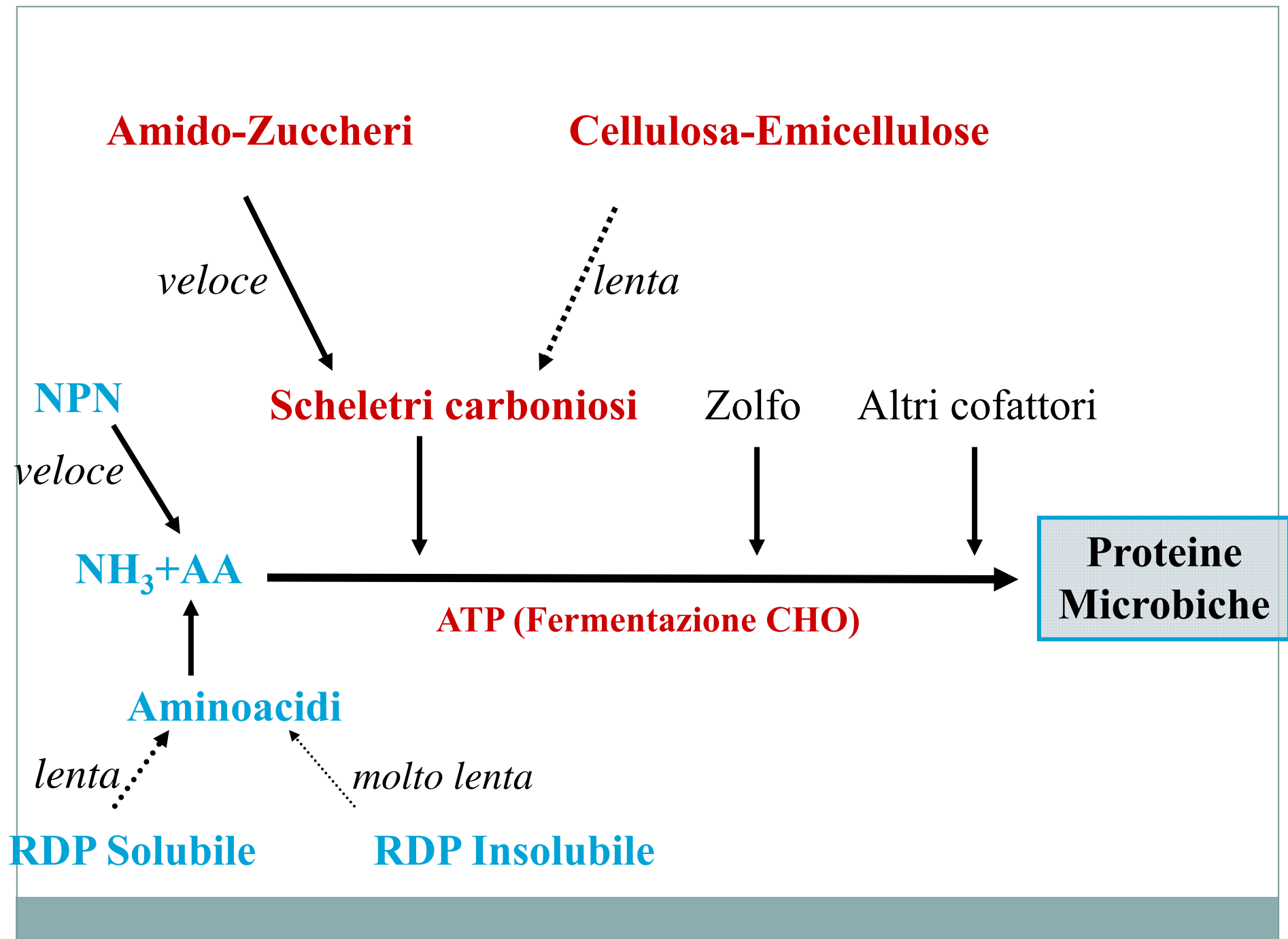
<b>Alimento</b>	<b>% degradato in 2 ore</b>
Urea	100
Erba medica fresca	90
Frumento granella	78
Soia f.e.	65
Mais granella	48
[Sangue - farina	18]

- Fattori implicati nella degradazione ruminale
  - Velocità di transito
    - ↑ velocità di transito ↓ degradazione
  - Solubilità in acqua
    - Prima della degradazione deve essere solubilizzata
  - Trattamenti termici
    - ↓ degradazione

- I microrganismi ruminali utilizzano la proteina della dieta (→ degradazione della proteina alimentare) con formazione di:
  - aminoacidi
  - $\text{NH}_3$ , (AGV e  $\text{CO}_2$ )
- I microrganismi sintetizzano aminoacidi
  - utilizzano  $\text{NH}_3$  e scheletri carboniosi
  - sono capaci di sintetizzare anche gli amminoacidi indispensabili
- La proteina microbica, sintetizzata a partire da AA alimentari e microbici, presenta una qualità diversa rispetto a quella della dieta



*Non c'è alcun assorbimento di proteine o di amminoacidi a livello ruminale (analogamente al cieco-colon!)*



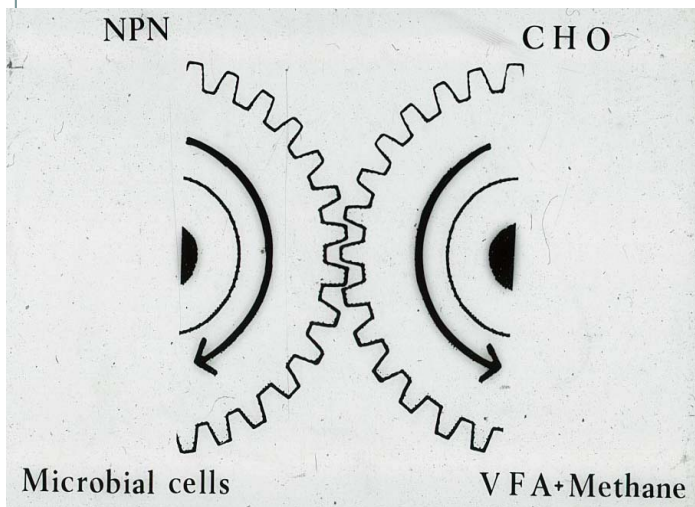
## *Fattori limitanti la sintesi di proteina grezza microbica*

### ■ Azoto disponibile

- NPN + aminoacidi
- Contenuto di proteina degradabile nel rumine apportata dall'alimento (RDP)

### ■ Disponibilità di glucidi

- Scheletri carboniosi per i nuovi amminoacidi
- ATP



*La sintesi di proteina grezza microbica a livello ruminale richiede la contemporanea presenza di:*

- glucidi (scheletri carboniosi ed energia)
- azoto disponibile ( $\text{NH}_3$  + aminoacidi)

La dieta influenza la quantità di proteina microbica che raggiunge il piccolo intestino

## *Riciclo dell'azoto*

- L'eccesso di **NH<sub>3</sub>** è assorbito attraverso la parete ruminale e va nel sangue
- Viene convertito velocemente a urea nel fegato
  - L'ammoniaca in eccesso può elevare il pH del sangue
  - L'ammoniaca è tossica
  - **Urea** (NH<sub>2</sub>-CO-NH<sub>2</sub>, due molecole di NH<sub>3</sub> legate insieme)
    - Poco tossica
    - Escreta nell'urina
    - Ritorna in rumine via saliva
- L'efficienza del riciclo dell'N diminuisce all'aumentare della ingestione di N

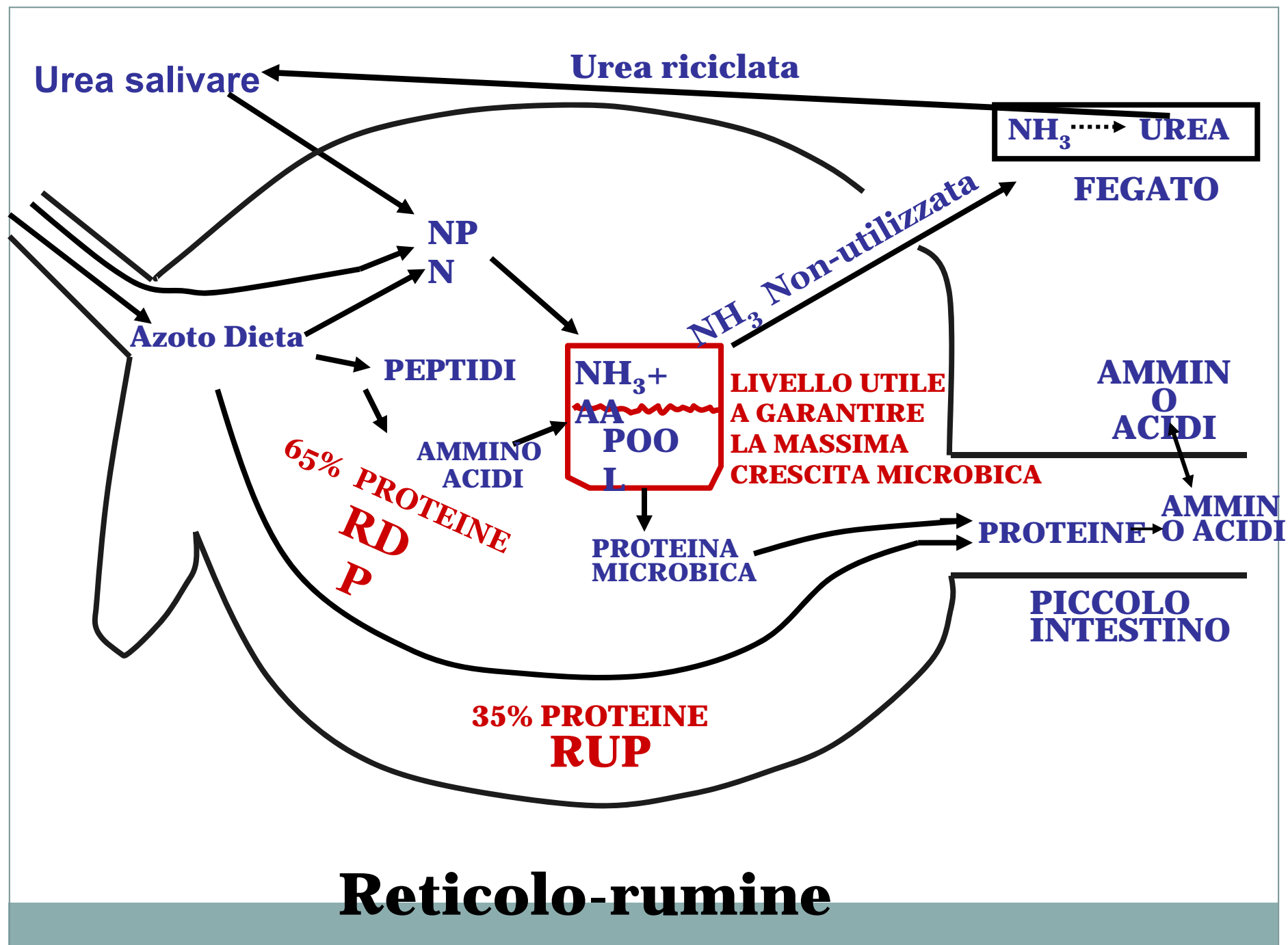
# *Implicazioni dell'alimentazione proteica nei ruminanti*

## ■ **Proteina degradabile nel rumine (RDP)**

- Bassa qualità della proteina nell'alimento  $\Rightarrow$  qualità molto buona della proteina microbica
- Elevata qualità della proteina nell'alimento  $\Rightarrow$  qualità molto buona della proteina microbica
- In teoria si può fornire la meno costosa fonte di proteina degradabile nel rumine (RDP) indipendentemente dalla qualità

## ■ **Proteina indegradabile nel rumine (RUP)**

- Conviene fornirla al ruminante della qualità più elevata
- Può costare molto, ma ne vale la pena, se le produzioni risultano adeguate





# Digestione dei grassi nei ruminanti

- I microrganismi presenti nel rumine modificano i lipidi della dieta.

□ idrolisi: trigliceridi  $\rightleftharpoons$  glicerolo  $\rightarrow$  propionato  
acidi grassi

□ idrogenazione: a.g. insaturi  $\rightarrow$  a.g. saturi

C 18:0
C 18:1

□ isomerizzazione: a.g. cis  $\rightarrow$  trans

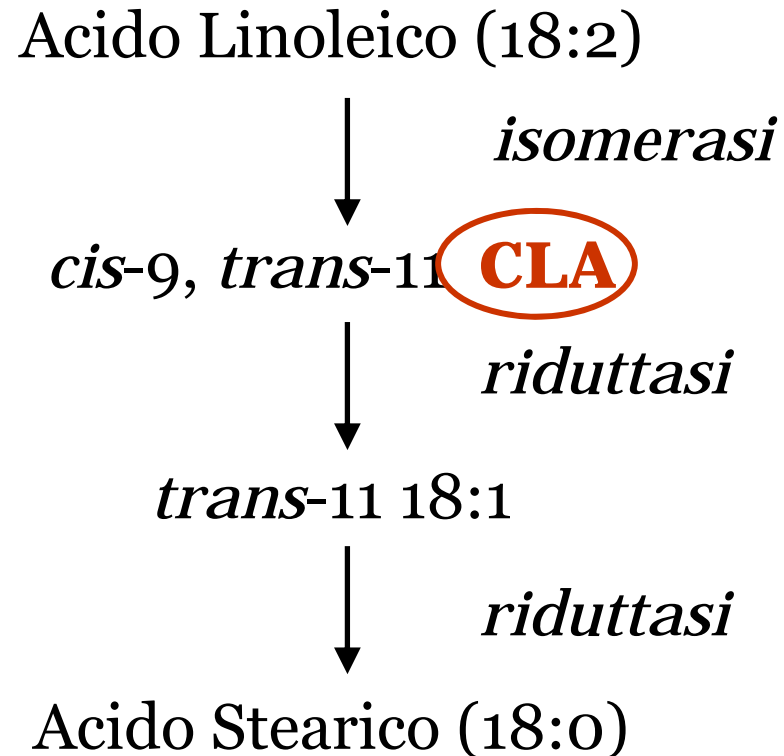
Il tessuto adiposo dell'animale è influenzato dai lipidi della dieta, se i lipidi somministrati con la dieta sono rumino-protetti

## Bio-idrogenazione

- Microrganismi ruminali (es. *Butyrivibrio fibrisolvens*)
  - Producono acidi grassi insaturi tipo *trans*
  - Alterano la lunghezza della catena
  - Effettuano l'isomerizzazione a carico dei doppi legami, spostandone la posizione all'interno della catena idrocarburica e modificandone l'isomeria geometrica
  - Producono acidi a numero dispari di atomi C e a catena ramificata

La variabilità del tasso di idrogenazione (60-90%) dipende dal grado di insaturazione degli AG e dal loro livello nella razione e dalla frequenza di assunzione di alimento.

## Bio-idrogenazione dell'acido linoleico



**CLA** - *coniugati dell'acido linoleico*



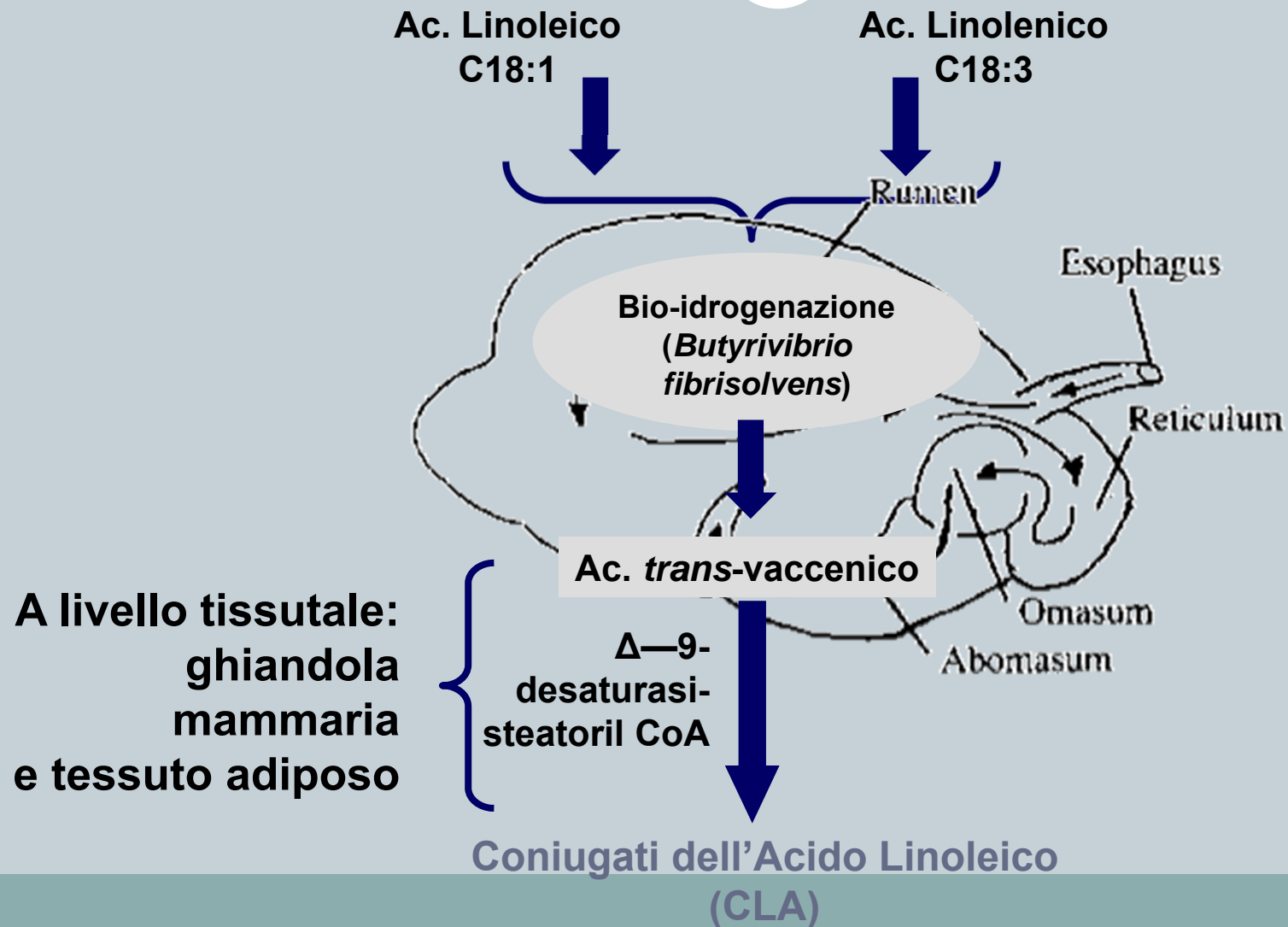
Semi di lino



Foraggio fresco

Ac. Linoleico  
C18:1

Ac. Linolenico  
C18:3



- Un eccesso di trigliceridi e di acidi grassi insaturi influenza le fermentazioni ruminali:
  - ↓ produzione di  $\text{CH}_4$
  - ↓ digestione della fibra
  - si formano saponi insolubili
  - il metabolismo del rumine si orienta verso il propionato (↓ acetato e grasso nel latte)
  - si producono acidi insaturi *trans*
    - inibirebbero la sintesi lipidica nella mammella

# Acidosi nei Ruminanti



Fermentazione sostanza organica

- - produzione AGV
- - diminuzione pH

Assorbimento AGV da parte della membrana

- - aumento pH

Tamponi contenuti nella saliva

- - contrastano le variazioni del pH



La velocità di formazione degli AGV dipende dalla  
velocità degradazione glucidi assunti:  
**zuccheri >> amidi >> fibre**



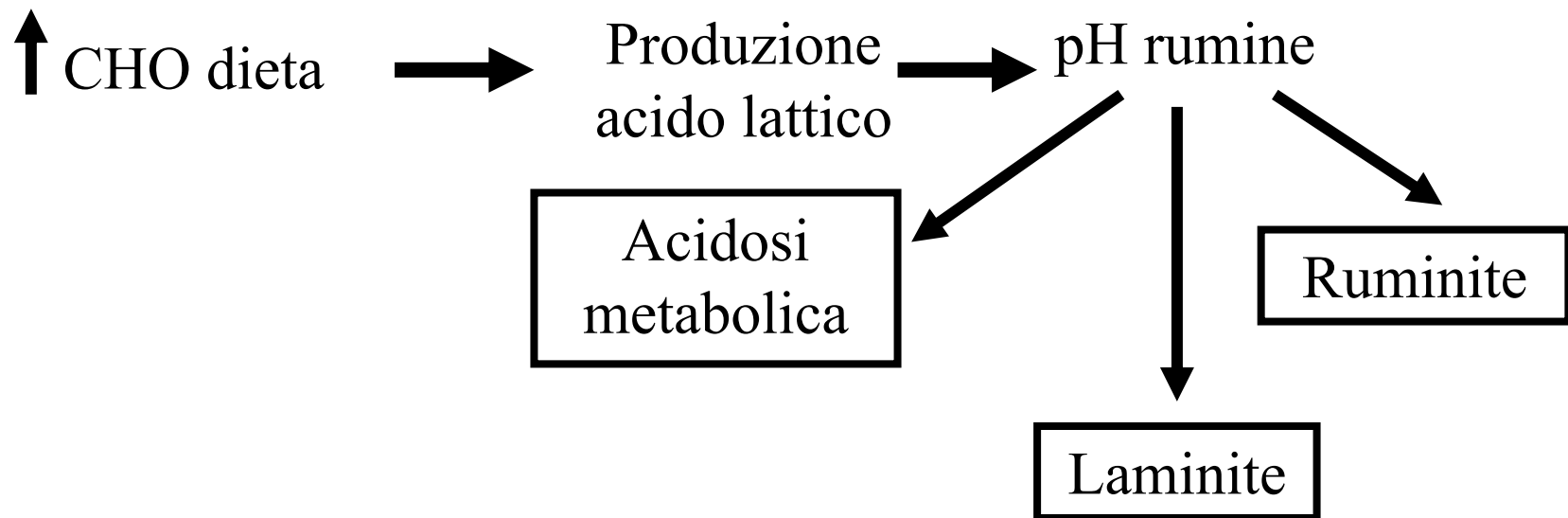
La velocità di assorbimento da parte della membrana dipende da:  
efficienza mucosa ruminale,  
quantità di saliva e sostanze tampone



**se la velocità di formazione degli AGV risulta più elevata  
di quella di drenaggio via parete,  
il pH ruminale si abbassa notevolmente (5.5-5.0)**



- La diminuzione del pH coinvolge anche altri liquidi dell'organismo
- L'impatto a livello generale può coinvolgere numerosi aspetti, fra cui l'insorgenza della **laminite**
- L'acidosi provoca il rilascio in circolo di sostanze vasoattive che determinano a livello locale (podale) una persistente ipoperfusione, che esita in una **ischemia a livello digitale**.
- Infatti, l'acidosi rappresenta uno dei principali fattori di rischio per l'insorgere di **zoppie**.







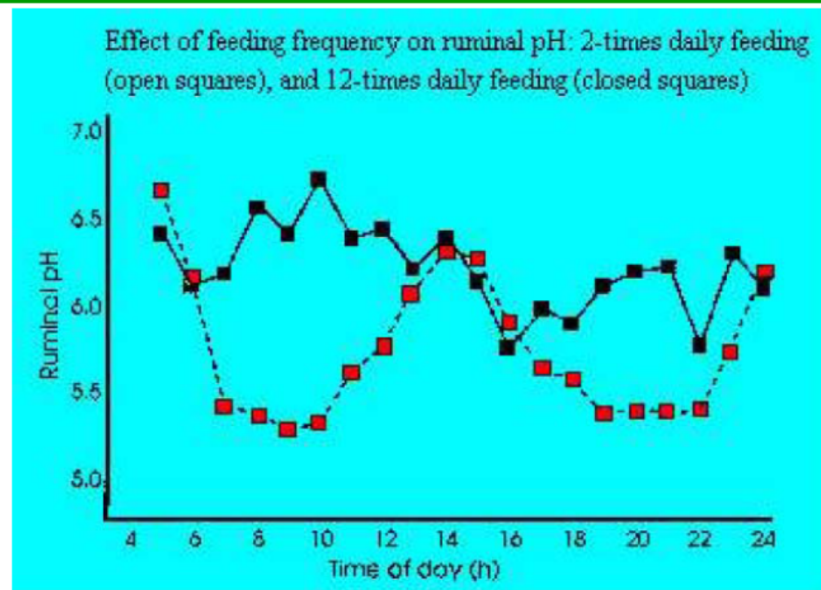
## Altri eventi collegati all'acidosi

- morte batteri, soprattutto cellulosolitici
- diminuzione ingestione alimenti
- diarree
- calo motilità ruminale
- dislocazione abomaso (l'organo rigonfia di liquidi e gas tende a distendersi (a sx o a dx) al di fuori del suo normale alloggiamento)
- diminuzione produzione latte
- variazione composizione latte (diminuzione del grasso e delle proteine ed un aumento dell'azoto non proteico)
- mastiti
- infertilità e aborti

# Come contenere il rischio di acidosi

- garantire adeguati (quantità e qualità) apporti di glucidi parietali
- garantire un adeguato numero di pasti
  - alimentazione *ad libitum*
  - ridurre la competizione per l'alimento
  - garantire un ambiente confortevole
  - evitare situazioni di stress

pH numero di pasti





- **adattamento graduale degli animali a nuove diete**
  - aumentando gradualmente l'apporto di concentrato
  - nella dieta si dà la possibilità alla micropopolazione di adeguarsi alle variazioni che si verificano nel rumine e di tenere sotto controllo la concentrazione di alcuni metaboliti (ad es. il lattico), limitandone i danni.
- **Impiego di additivi**
  - tamponi: il bicarbonato di sodio (0.7 - 1% della razione) contrasta l'abbassamento del pH.
  - acido malico: funge da nutriente per i ceppi batterici che utilizzano il lattico, esaltandone l'attività (50g/die/capo). Valutare i costi.
  - grassi: permettono di innalzare la concentrazione energetica della dieta con una minore utilizzazione di concentrati. Si usano i saponi.

