

Il rumine

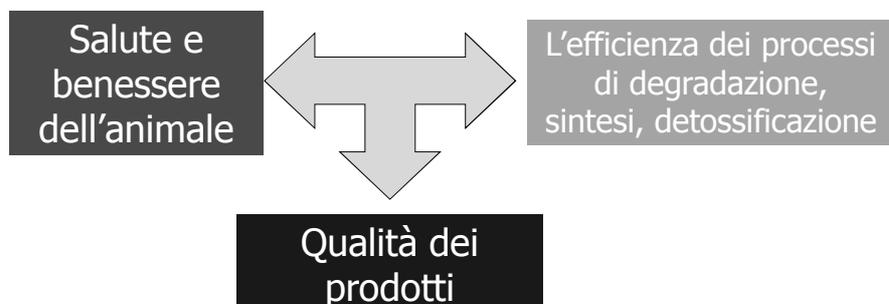
Noi nutriamo il rumine,
il rumine nutre la vacca...

(Fantini, 2003)



Il rumine

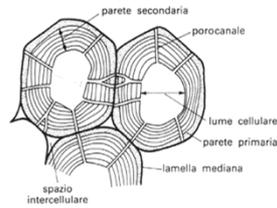
È un complesso ecosistema sul quale possiamo intervenire per modulare (ottimizzare) le fermentazioni allo scopo di migliorare:



Vantaggi dei prestomaci

1) Degradazione della fibra

Fonte di energia per i m.o.
da tessuti vegetali
(carboidrati strutturali: 40-60% ss)



- Cellulosa ~20-40%
- Emicellulose: ~15-40% nelle graminacee;
~ 8-15% nelle leguminose.
- Pectine ~ 4% nelle graminacee;
~ 5-10% nelle leguminose

Vantaggi dei prestomaci

2) Sintesi di proteina microbica e di vitamine

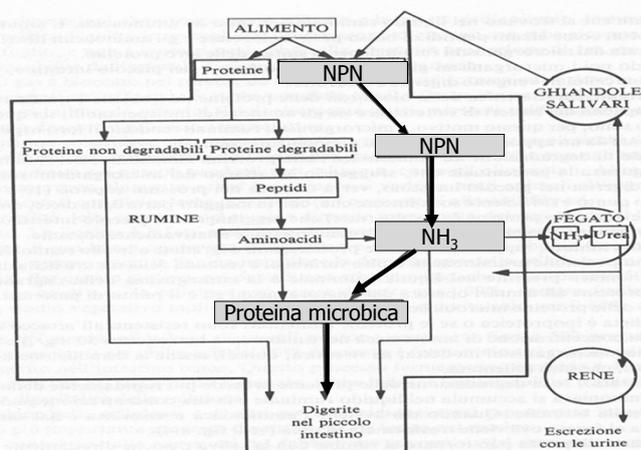
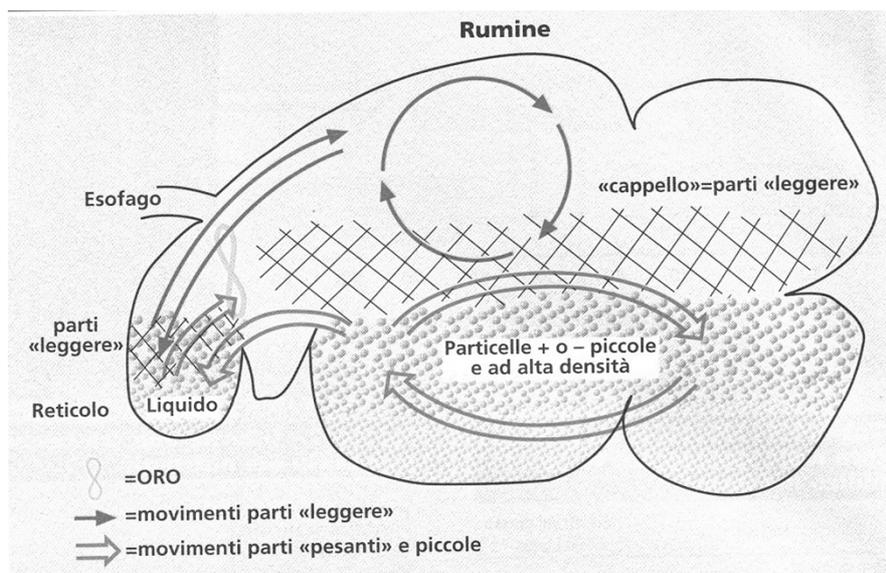


Fig. 8.4 - Digestione e metabolismo dei composti azotati nel rumine.

Svantaggi dei prestomaci

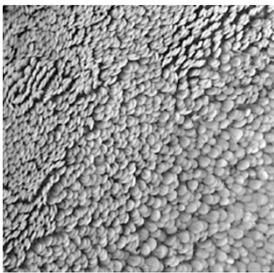
1. Produzione di gas (eruttati): perdita energia
2. Degradazione di proteine di alto V.B.
3. Produzione di calore di fermentazione (in parte impiegato nella termoregolazione e in gran parte disperso)
4. Dismetabolie ruminali (acidosi, meteorismo..)

L'AMBIENTE RUMINALE



L'ambiente ruminale e la mucosa

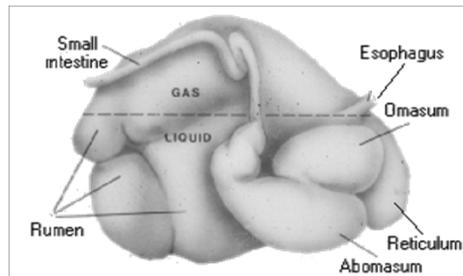
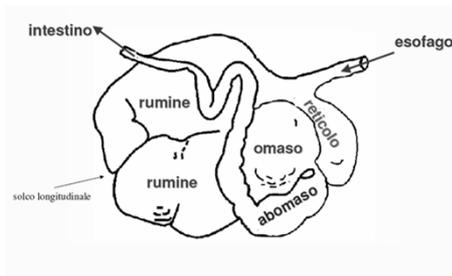
La capacità del rumine nei bovini è di circa 230 litri, negli ovini 35 litri (circa l'80% del volume dei pre-stomaci).



La superficie interna del rumine presenta due rilievi o pilastri (craniale e caudale) ed è rivestita da numerose e fitte papille di forma e dimensioni variabili.

CONDIZIONI DELL'AMBIENTE RUMINALE

- pH subacido o neutro (6-7)
- Temperatura costante (38-40°C)
- Anaerobiosi

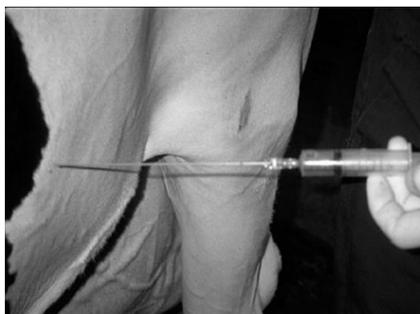
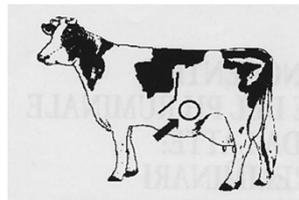


Il pH ruminale

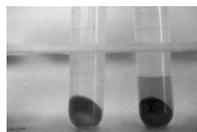
- Valori ottimali tra 6 e 7
- Momento di prelievo:
 - 2-4 ore dalla somministrazione dei concentrati se razione con componenti separate
 - 4-8 ore successive alla somministrazione dell'unifeed
- Modalità di prelievo:
 - uso di sonda esofagea
 - ruminocentesi

Il pH ruminale

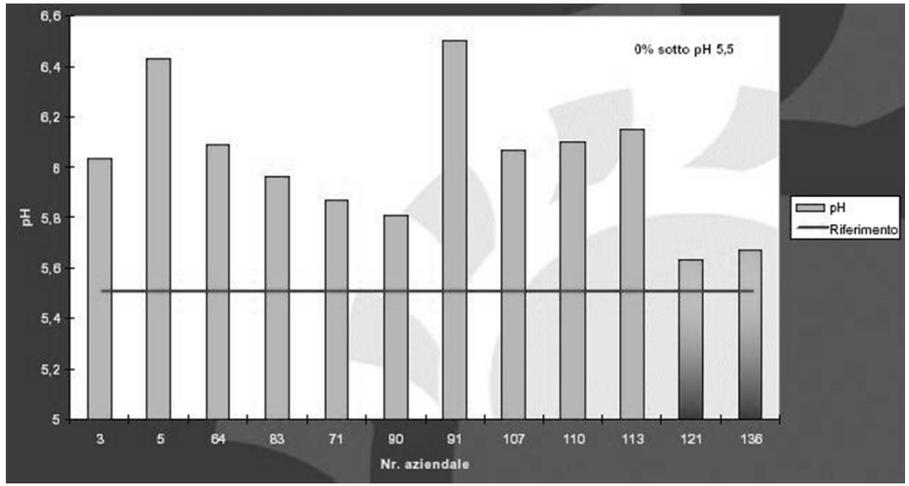
- Ruminocentesi →



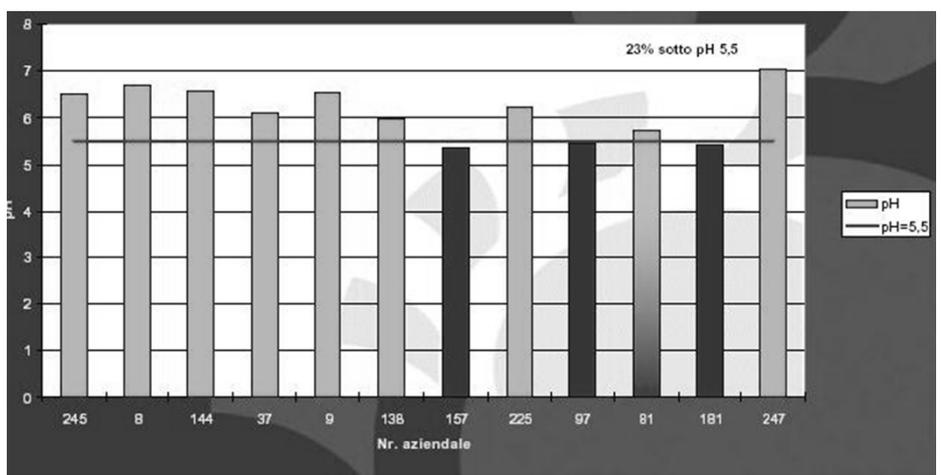
Sito di prelievo: a 15-20 cm caudo-ventralmente dalla giunzione costo-condrale dell'ultima costa sul lato sinistro dell'animale



Valori di pH rilevati presso un allevamento di vacche da latte, area P.R. con autoalimentatore, produzione di latte > 100 q.li



Valori di pH rilevati presso un allevamento di vacche da latte, area P.R. con autoalimentatore, produzione di latte < 100 q.li



Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: la produzione di saliva

Produzione di saliva: 150-180 l/d bovini, 10-18 l/d ovini

Ruolo:

- Azione tampone (stabilizzazione pH ruminale)
- Diluizione e flusso
- Uscita cellule batteriche

Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: la masticazione e la ruminazione

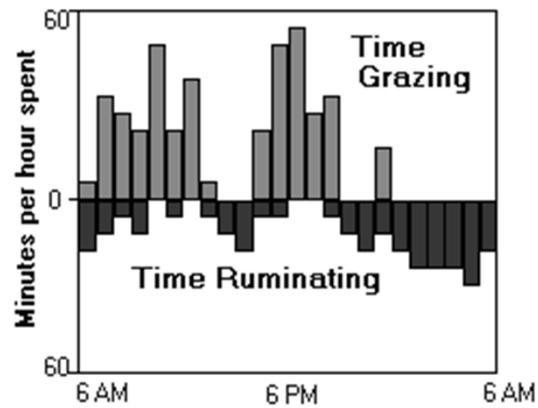
8-12 periodi di ruminazione di 40-50 minuti
ciascuno

Ruolo:

- Salivazione
- Sminuzzamento
- Deflusso particelle alimentari e batteri

Prevalentemente a riposo

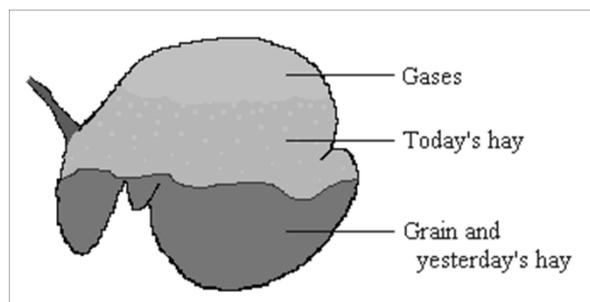
Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: ruminazione



Bovini al pascolo (medica): tempo dedicato al pascolamento e alla ruminazione nell'arco della giornata
(Lofgreen et al., J Animal Sci 16:773, 1957)

Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: i movimenti ruminali

- Eliminazione dei gas
- Distribuzione della saliva
- Sminuzzamento
- Svuotamento
- Assorbimento degli AGV

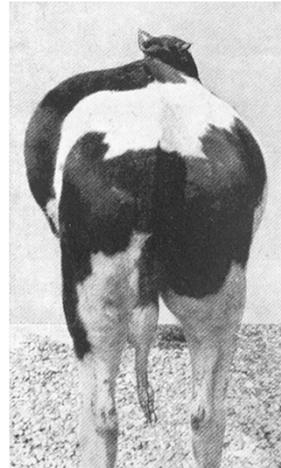


Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: eruttazione

Eliminazione gas di fermentazione

Se non avviene correttamente →
Meteorismo

Possibile cause: saponine
(contenute nelle medica o
altre leguminose sfalciate troppo
Precocemente)



Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali: assorbimento

- Rimozione AGV, NH₃
- Mantenimento pH

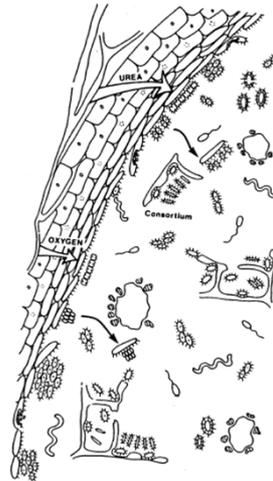
Gli AGV sono assorbiti attraverso l'epitelio per diffusione,
secondo un gradiente di concentrazione.

L'acetato e il propionato attraversano la parete senza
subire modificazioni, mentre il butirato è metabolizzato a
 β -idrossi-buirato

Ottimizzazione delle fermentazioni: i microrganismi

- Batteri
- Protozoi
- Funghi

- Attaccati all'epitelio del rumine (batteri 5%)
- Attaccati alle particelle (batteri 75%, protozoi, funghi)
- Microrganismi presenti nella fase liquida (batteri 25%, protozoi, funghi)



Ottimizzazione delle fermentazioni: caratteristiche dei microrganismi

	PROTOZOI	BATTERI
Diametro (μm)	10-50	0.3-5.0
Numero per ml	10^5 - 10^6	10^9 - 10^{10}
Volume (cm^3)	4×10^{-9}	1.7×10^{-12}
Superficie (cm^2)	1.3×10^{-5}	7.1×10^{-8}
Superf. tot. (m^2)*	90	5000
Peso totale (g)*	280	1200
Produzione (g/d)*	≈ 4000	

* Nel rumine di una vacca

Ottimizzazione delle fermentazioni: classificazione dei microrganismi

BATTERI CELLULOSOLITICI (FIBROLITICI)

Bacteroides succinogenes
Ruminococcus flavefaciens
Ruminococcus albus
Ruminobacter parvum
Clostridium longisporum
Clostridium butyricum
Selenomonas ruminantium

BATTERI AMILOLITICI

Bacteroides amylophilus
Streptococcus bovis
Butyrivibrio fibrosolvens
Succinivibrio dextrinosolvens

BATTERI RUMINALI: SUBSTRATI E PRODOTTI (Hungate, 1966)

Genere e specie	Substrati principali	Prodotti di fermentazione
Bacteroides:		
- amylophilus	Amido	F, A, S
- succinogenes	Cellulosa	F, A, S
Ruminococcus:		
- albus	Cellulosa	F, A, E, H ₂ , CO ₂
- flavefaciens	Xilani	F, A, S, H ₂
Butyrivibrio fibrosolvens	Xilani Amido	F, A, B, L, H ₂ , CO ₂
Lachnospira multiparus	Pectine	F, A, L, E, H ₂ , CO ₂
Selenomonas ruminantium	Succinato	A, P, L, H ₂ , CO ₂
Methanobacterium rumin.	Formiato, H ₂	CH ₄

F = formiato, A = acetato, S = succinato, B = butirato, L = lattato
P = propionato, E = etanolo

Prodotti della fermentazione: i gas ruminali

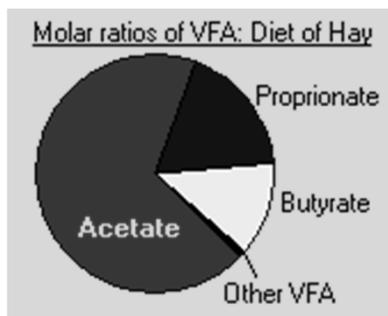
30-40 litri per ora in bovini adulti (500-700 l/d)
5 l per ora in ovini)

- ANIDRIDE CARBONICA CO₂ 60 -70 %
- METANO CH₄ 20 -30 %
- AZOTO N₂ 4 -7 %
- OSSIGENO O₂ 0.5-1.0 %
- IDROGENO 0.2-0.5 %
- Altri (H₂S....)

Prodotti della fermentazione: gli acidi grassi volatili (AGV, VFA)

I principali AGV sono:

- ACIDO ACETICO (C2) 2 - 2.5 kg/d
- ACIDO PROPIONICO (C3) 0.8 - 1 kg/d
- ACIDO BUTIRRICO (C4) 0.5 - 0.7 kg/d

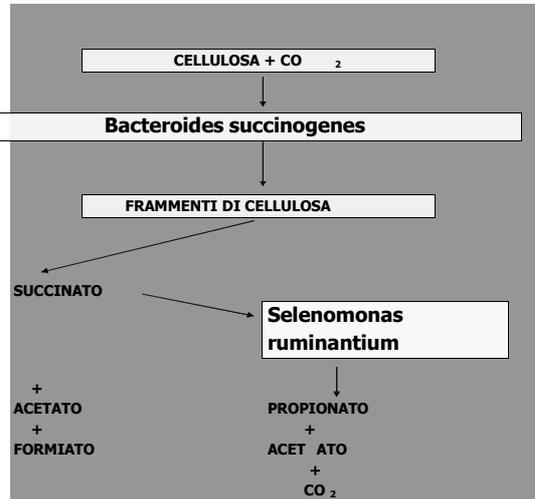


In una dieta a base di
foraggi i rapporti fra
C2:C3:C4 sono 70:20:10



Interazioni positive fra batteri

- Utilizzazione crociata dei prodotti dell'idrolisi
- Utilizzazione dei prodotti finali
- Produzione di nutrienti essenziali



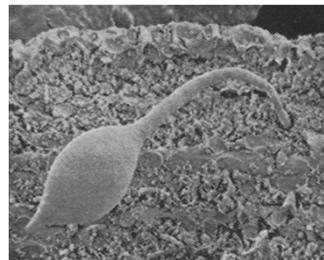
PROTOZOI

- Ruolo non ben definito
- Sensibili alle variazioni di pH
- Intensa attività proteolitica
- Riducono la velocità di degradazione degli zuccheri
- I protozoi hanno esigenze nutritive più complesse rispetto a quelle dei batteri, infatti necessitano di aminoacidi, base azotate, acidi grassi e vitamine (no uso di NPN)



FUNGHI

- 5-10% della s.s. della massa microbica (10^4 cellule per ml). Bassa numerosità
- Degradazione pareti cellulari (cellulosa emicellulose)
- Degradazione degli zuccheri semplici
- Il loro micelio riesce a penetrare a fondo nella struttura delle pareti anche lignificate, facilitando poi l'azione dei batteri.



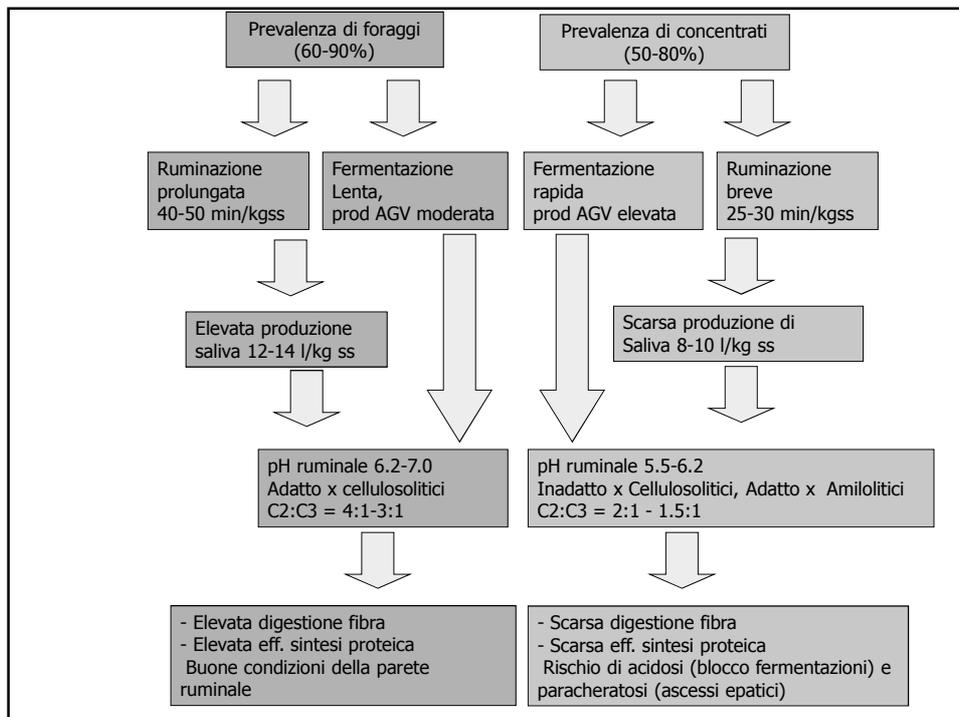
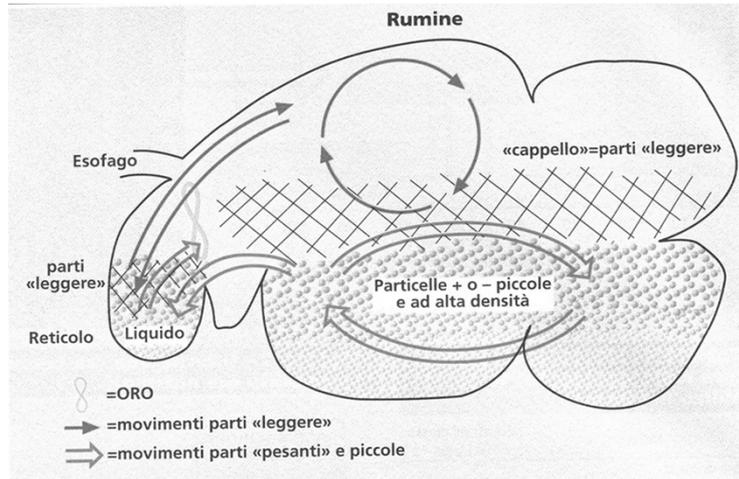
Anaeromyces sp.
con apice acuminato

PROTOZOI

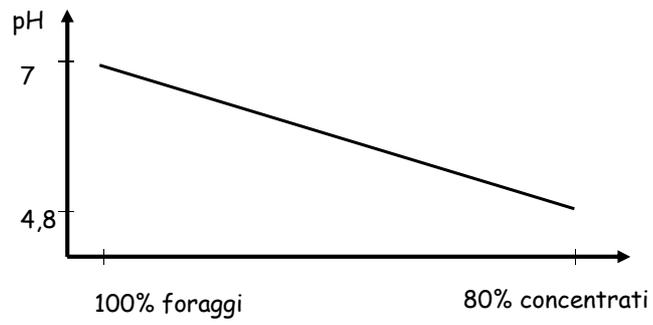
Genere e specie	Substrati principali	Prodotti di fermentazione
Olotrichi:		
- <i>Isotricha</i>	Amido+ zucc	A, B, L, H ₂
- <i>Dasytricha</i>	Amido+ zucc	A, B, L, H ₂
Oligotrichi:		
- <i>Entodinium</i>	Amido	F, A, P, B
- <i>Epidinium</i>	Amido+emic.	A, B, H ₂
- <i>Diplodinium</i>	Cellulosa	H ₂ , A
- ...		

F = formiato, A= acetato, B = butirrato, L = lattato, P = propionato

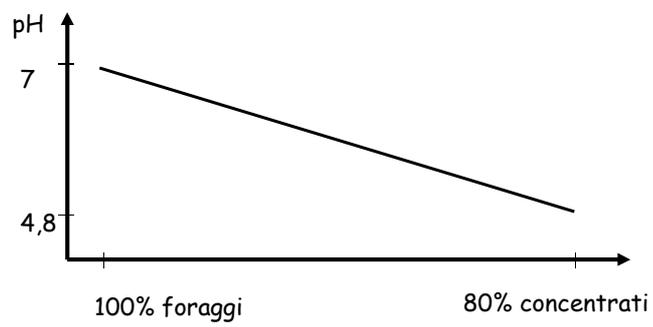
Ottimizzazione delle fermentazioni ruminali



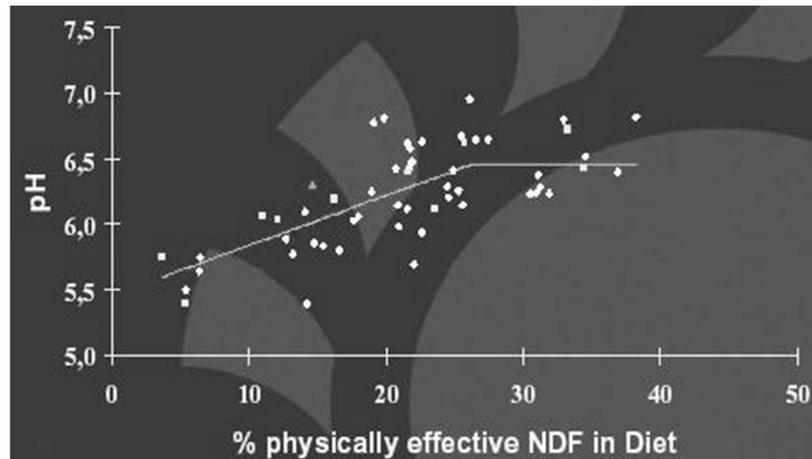
pH e Rapporto Foraggi/Concentrati



pH e Rapporto Foraggi/Concentrati



peNDF e pH ruminale



NDF fisicamente effettiva (peNDF)

- è la fibra che determina la risposta dell'animale in termini di attività di masticazione
- $peNDF = pef \times NDF$
- il fattore di efficienza fisica (pef) può variare:
 - da 0 quando l'NDF dell'alimento non stimola la masticazione
 - a 1.0 quando l'NDF dell'alimento promuove la massima attività di masticazione
- poiché pef è legato alle dimensioni delle particelle e alla riduzione delle dimensioni delle particelle (che è direttamente legata alla attività di masticazione), la peNDF influenzerà la stratificazione del contenuto ruminale (importante nel trattenere le particelle grosse, nella stimolazione della motilità, nella dinamica di fermentazione e transito)

Valori di pef per kg di NDF in foraggi diversi e in diverse forme fisiche

Classe	Lunghezza cm	Erba	Insilato d'erba	Insilato mais	Fieno medica	Insilato medica
Lungo		1.00				
Trinciato	4.8-8	0.95	0.95		0.90	
Med-Trinc.	2-4.8	0.90	0.90	0.90		0.85
Medio	1.2-2		0.85	0.85	0.85	0.80
Med-fine	0.5-1.2			0.80	0.80	
Fine	0.3-0.5				0.70	0.70
Macinato g.	0.15-0.25	0.40			0.40	
Macinato f.	0.15-0.25	0.30			0.30	

Stima della peNDF usando
i valori tabulati di pef

- Determinare il contenuto di NDF (es. 40%)
- Valutare la fonte alimentare (es. fieno di medica) e stabilire la forma fisica (es. med-fine)
- Desumere la pef appropriata dalla tabella dei valori stimati su base biologica (0.80)
- Calcolare la peNDF = NDF X pef
– peNDF = 40 X 0.80 = 32%

Stima della pef usando metodi fisici di frazionamento delle particelle

- Mertens (1986, 1997) propose un metodo di laboratorio molto semplice per misurare la peNDF
 - Misurare la proporzione di s.s. trattenuta dalle maglie di un setaccio di 1.18-mm di diametro dei fori come stima della pef
 - $peNDF = NDF (\%) \times (\text{frazione della razione} > 1.18\text{-mm diametro})$



Stima della pef usando un setacciatore verticale della sostanza secca

Alimento	pef	SS trattenuta da 1.18 mm	X	NDF	=	peNDF
Fieno, lungo	1.00	0.98	65			63.7
Fieno di legum., lungo	0.95	0.92	50			46.0
Insilato di leg., trinc.	0.85	0.82	50			41.0
Legume sil., fino	0.70	0.67	50			33.5
Silomais	0.85	0.81	51			41.5
Trebbe di birra	0.40	0.18	46			8.3
Mais, farina	0.40	0.48	9			4.3
F.e. soia	0.40	0.23	14			3.2
Baccelli di soia	0.40	0.03	67			2.0

QUALITA' E STRUTTURA DELLA FIBRA

*Setacciatore particellare (Penn State University)
per la valutazione aziendale delle dimensioni dei
foraggi e dell'unifeed*



QUALITA' E STRUTTURA DELLA FIBRA: distribuzione delle particelle

FIBRA EFFETTIVA (Mertens, 1997)

DISTRIBUZIONE OTTIMALE DELL'UNIFEED NELLE DIVERSE FRAZIONI

- | | | |
|---------------------------------|---|--------|
| - 1° crivello (Ø fori: 19.0 mm) | → | 6-10% |
| - 2° crivello (Ø fori: 8.0 mm) | → | 30-50% |
| - fondo | → | 40-60% |

QUALITA' E STRUTTURA DELLA FIBRA: limiti del SETACCIATORE

- **Difficoltà nello standardizzare le operazioni di scuotimento fra individui (ampiezza e durata)**
- **Necessità di determinare le aperture dei fori che corrispondano a 1.18-mm con la agitazione verticale di materiale secco**
- **Difficoltà nel separare materiale umido dovuta al fatto che le particelle fini aderiscono a quelle grosse**
- **Le differenze di umidità fra particelle di dimensioni diverse possono fornire risultati non attendibili (specialmente nel TMR)**

QUALITA' E STRUTTURA DELLA FIBRA: distribuzione delle particelle

Fieni e paglie spesso POCO macinati

- **le bovine scelgono le parti fini a scapito delle grossolane (carente assunzione di peNDF)**
- **l'aggiunta di acqua è efficace se si raggiunge almeno il 40% della s.s.**

fermentazioni anomale in greppia (estate)

Senza acqua, la lunghezza dei foraggi deve essere < 20-30 mm per evitare selezione

Se razioni troppo fini problemi di carenza di peNDF e alterazioni comportamento

Importante la funzionalità del carro e l'attenzione degli operatori

Misurazione della attività di masticazione

Monitoraggio tramite sistemi elettronici:

RUMINACT transponder



Registrazione del suono
tipico della ruminazione

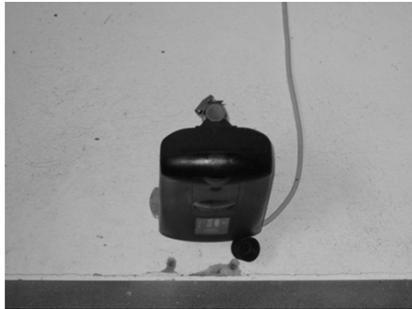
IGER Behaviour Recorder
(Institute of Grassland and
Environmental Research
(Devon, UK))



Rilevatore dei movimenti
della mandibola con dei
particolari sensori. Adatto
per animali al pascolo



RUMINACT system



RUMINACT: registrazione dati

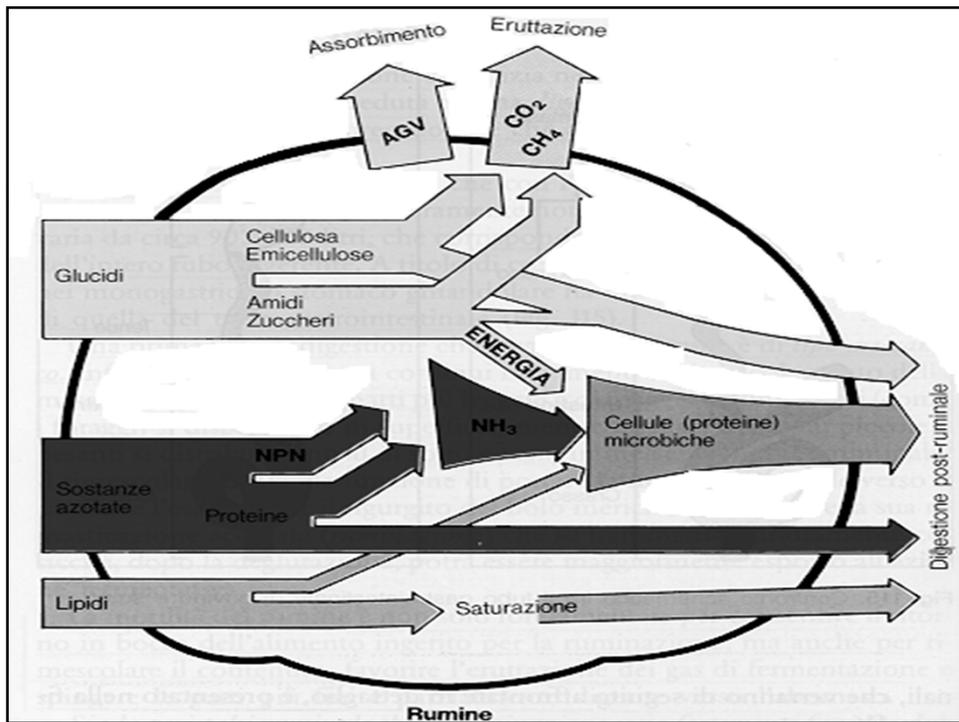


Stadio fisiologico, produzione di latte e tempi di ruminazione (Mordenti, 2011)

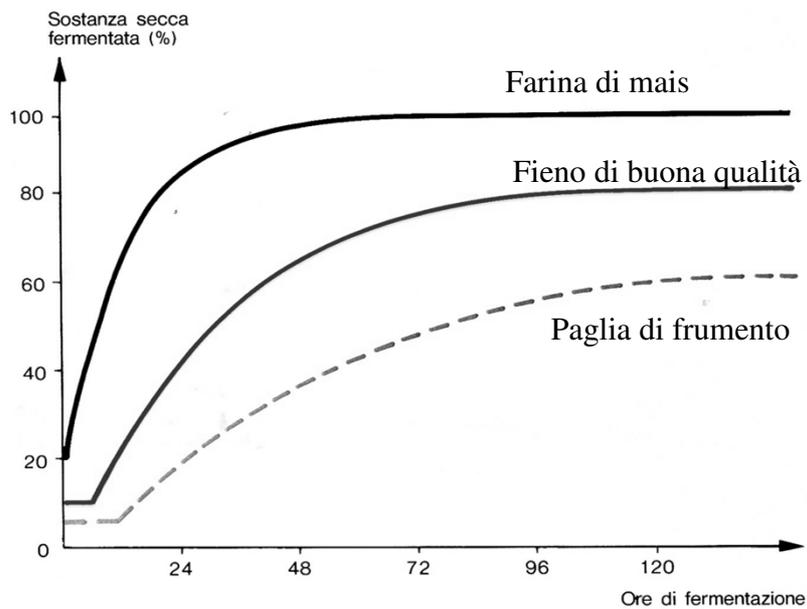
Stadio fisiologico	Ruminazione, min/giorno
Lattazione	424±73
Asciutta	518±72
Produzione media	Ruminazione, min/giorno
≥40 kg	511±60
≥35 kg	470±80
≥30 kg	436±57
≥25 kg	447±77
≥20 kg	428±69
<20 kg	406

Caratteristiche dei foraggi e tempi di ruminazione (Mordenti, 2011)

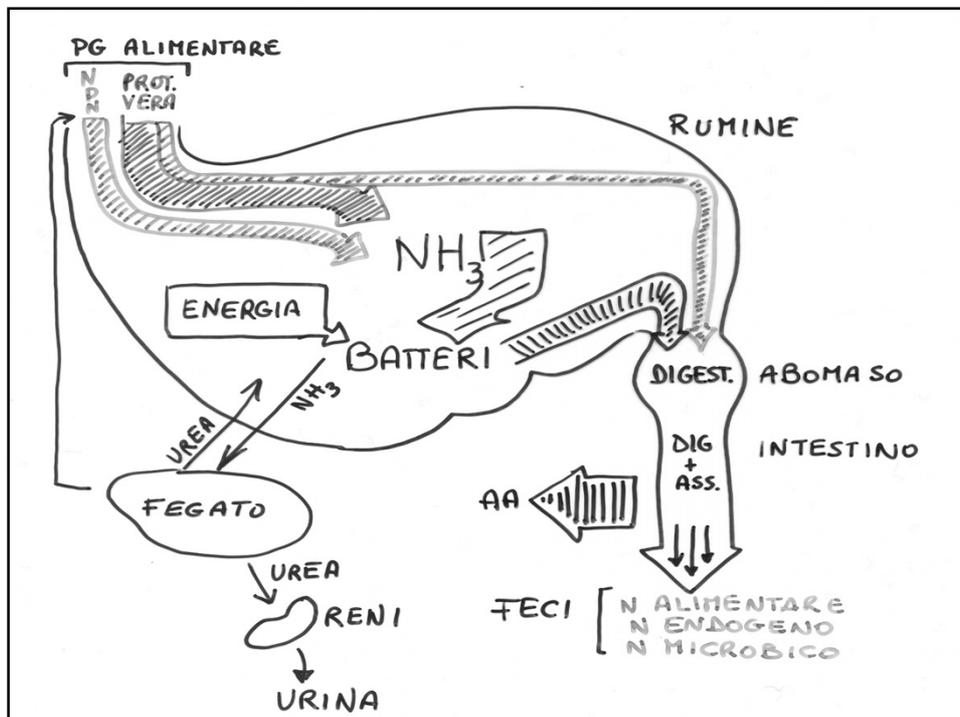
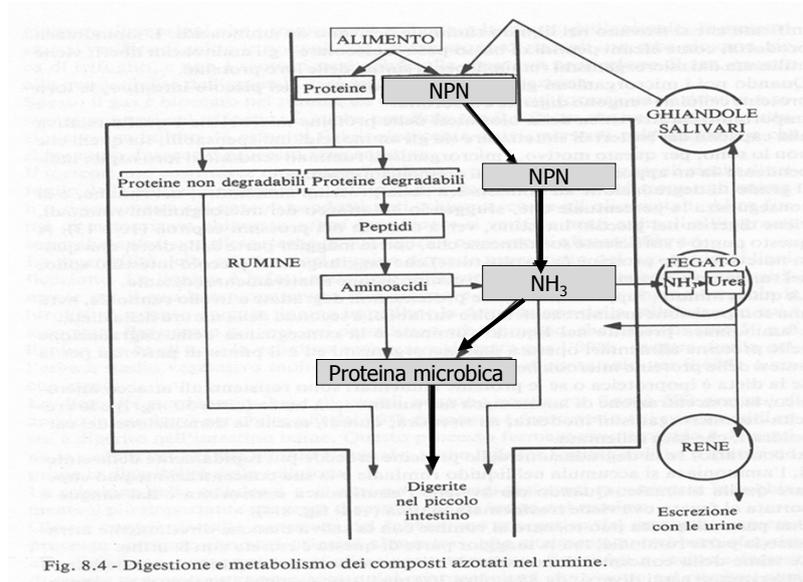
Foraggi	Masticazione (min/d)	Ruminazione (min/d)	Totale (min/d)
Graminacee "corte"	282	410	692
Graminacee "lunghe"	352	384	737
Leguminose "corte"	236	308	544
Leguminose "lunghe"	262	359	620
Paglia "corta"	404	352	756



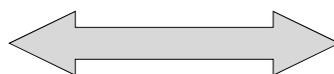
Fermentazioni ruminali: curve di degradabilità



Fermentazioni ruminali: digestione della proteina



**Proteina
Degradabile**



QUANTITA'

**Proteina
By-pass**

Alimento	Degradabilità proteina (%)
Foraggi verdi e insilati	70-80
Farina di avena	78
Farina di frumento	74
Farina di mais	42
Farina di orzo	74
Crusca di frumento	76
Glutine di mais	27
Trebbie di birra	45
Polpe di bietola	48

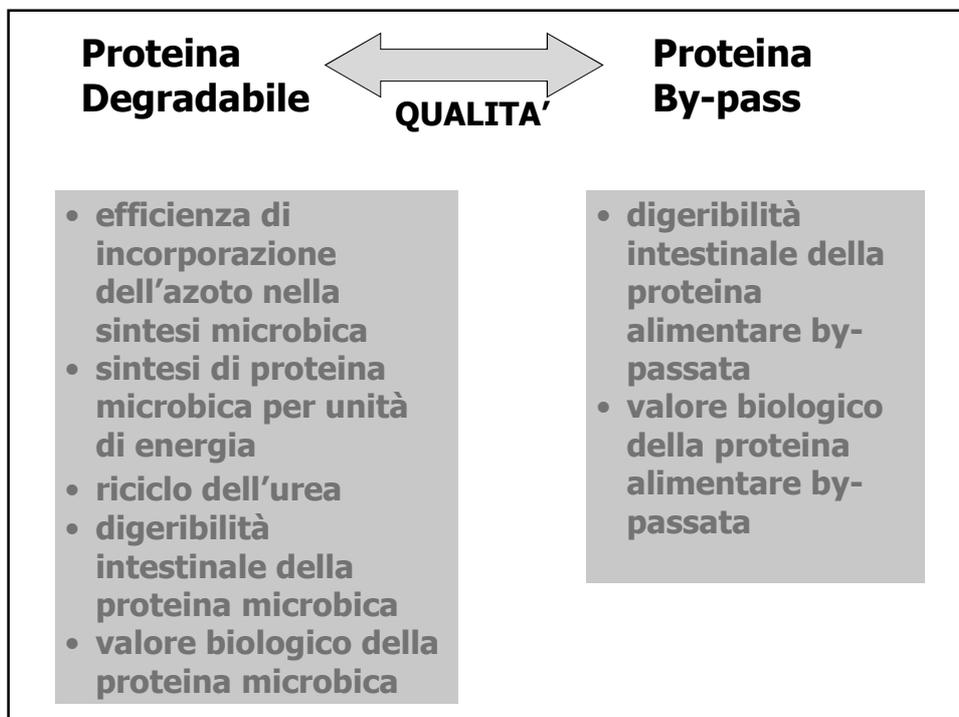
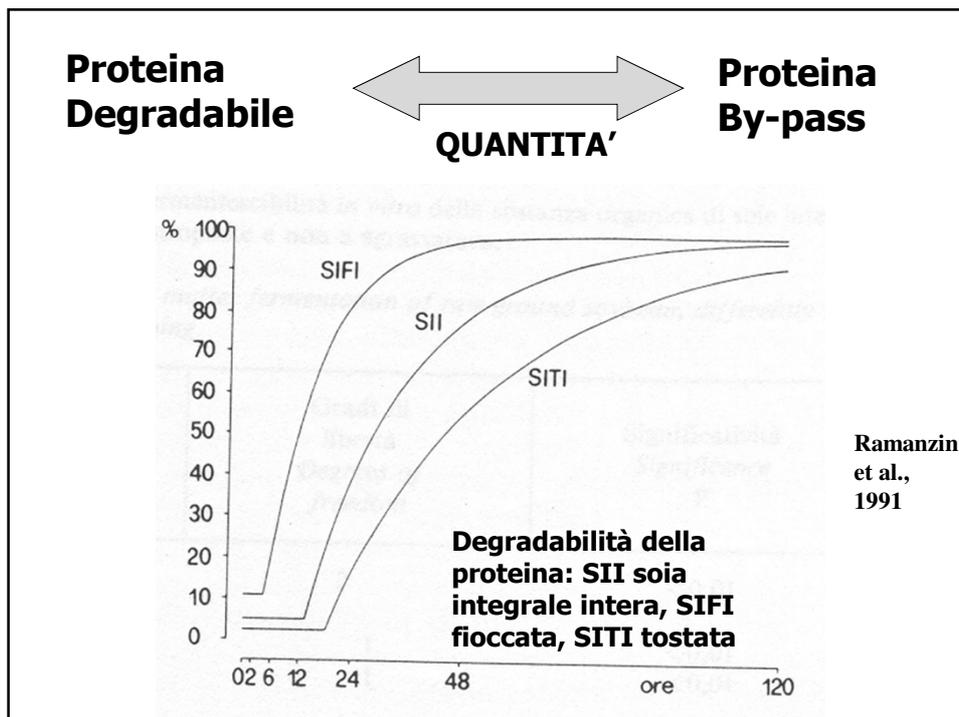
**Proteina
Degradabile**



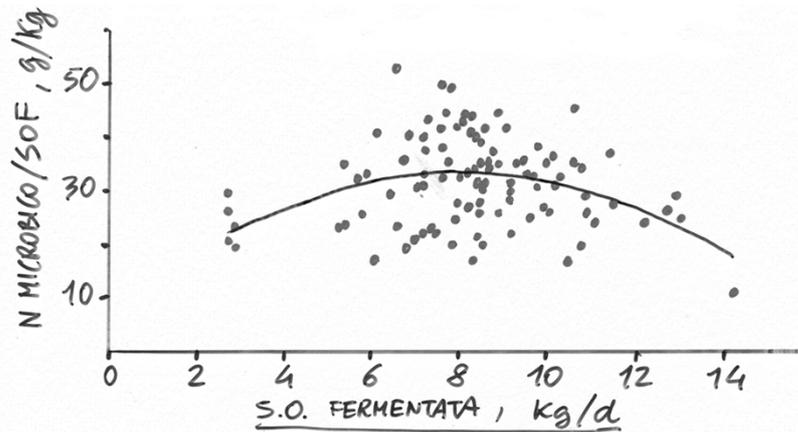
QUANTITA'

**Proteina
By-pass**

Alimento	Degradabilità proteina (%)
Farina di estrazione di arachide	73
Farina di estrazione di soia	62
Farina di estrazione di girasole	77
Pannello di lino	62
Granelle macinate di oleaginose	90
Granella di soia estrusa	49
Farina di medica disidratata	60
Farina di pesce	45
Farina di carne	50



Utilizzazione della proteina nei ruminanti

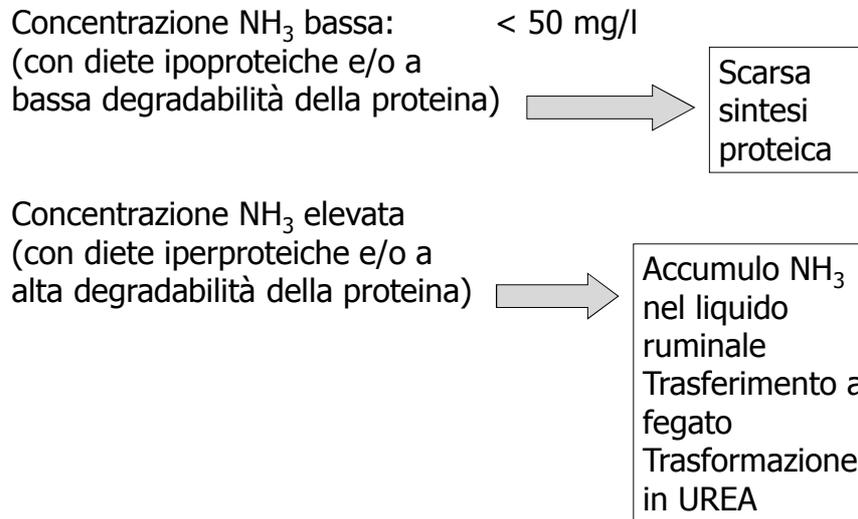


Utilizzazione della proteina nei ruminanti

COMPOSIZIONE AMINOACIDICA (%) DELLE PROTEINE DEL LATTE E DEI MICROBI RUMINALI

	LATTE	BATTERI	PROTOZOI	MICROBI
LISINA	8,1	9,3	9,9	9,4
TREONINA	4,6	5,5	4,9	5,4
VALINA	6,6	6,6	5,3	6,3
METIONINA	2,6	2,6	2,1	2,5
ISOLEUCINA	5,9	6,4	7,0	6,5
LEUCINA	9,7	7,3	8,2	7,5

DESTINO DELL'AMMONIACA



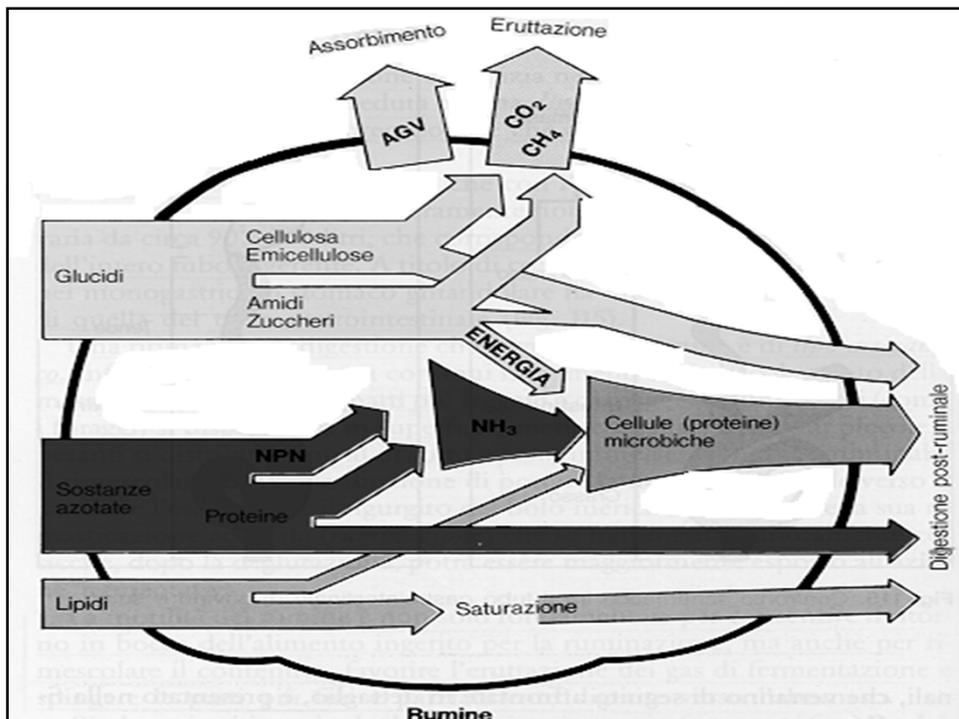
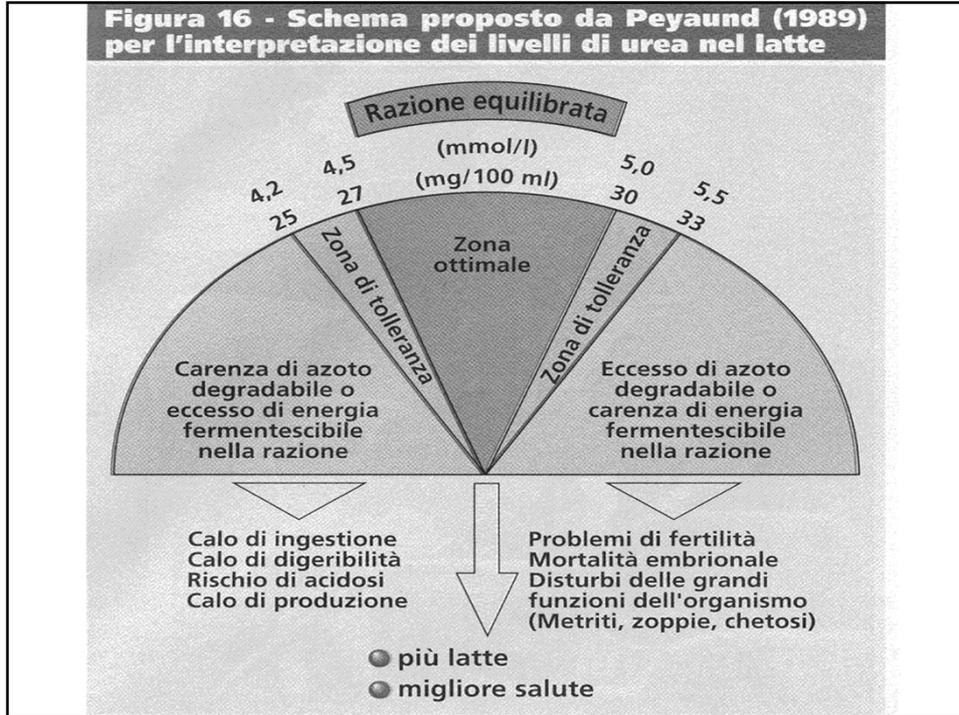
Quale è il livello ottimale di NH₃ nel rumine ?

85 mg/l -----300 mg/l

Quale è il livello ottimale di urea nel plasma e nel latte ?

		Lattazione	
	Asciutta	Media produzione	Alta produzione
Plasma (mmol/l)	2.8-4.3	4.0-5.5	4.5-6.0
Latte (mmol/l)		3.8-5.3	4.3-5.8

Figura 16 - Schema proposto da Peyaund (1989) per l'interpretazione dei livelli di urea nel latte



Fermentazioni ruminali: digestione dei lipidi

Trigliceridi → lipasi (batteriche) → acidi grassi + glicerolo

**Acidi grassi insaturi → idrogenati
(es. acido linolenico → acido stearico)**

**Acidi grassi forme cis → trans
(vedi CLA)**

NB! L'attività dei microrganismi ruminali può essere notevolmente depressa quando si utilizzano diete ad elevato contenuto di lipidi (> 6-8%)



sensibili soprattutto i cellulolitici

Fermentazioni ruminali: digestione dei lipidi

IMPIEGO DI LIPIDI PROTETTI

- Saponificazione
- Rivestimento con membrana proteica trattata con formaldeide