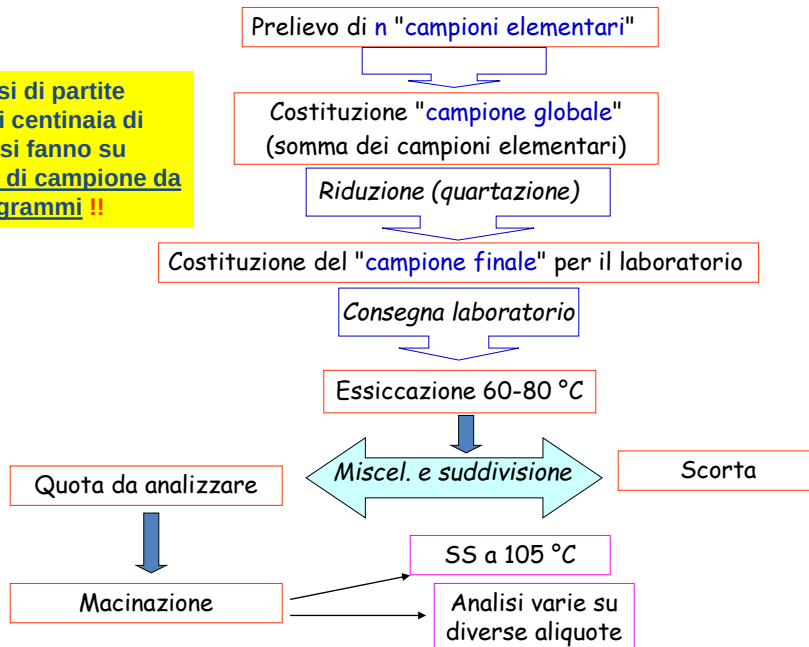


Campionamento alimenti per analisi chimiche

Le analisi di partite anche di centinaia di quintali si fanno su aliquote di campione da 0,5- 1,0 grammi !!



1

Composizione degli alimenti - Metodica Ufficiale (met. Weende)

Alimento tal quale (tq; af = as fed)

↓ (in stufa a 105 °C sino peso costante) ♦ **Umidità** (moisture, humidity)

Sostanza Secca (SS)

↓ (in muffola a 550 °C sino incenerimento) ♦ **Ceneri** (Ash)

Sostanza organica

↓ metodo Kjeldahl ($N \times 6.25$) ♦ **Proteina grezza** (PG; CP=crude protein)

Sostanze ternarie

↓ metodo Soxhlet (estrazione con etere) ♦ **Estratto etero (EE)**

Carboidrati

↓ ♦ **Fibra grezza** (FG; CF =crude fiber)
eboll. con H_2SO_4 (30 min) e poi NaOH (30 min)

♦ **Estrattivi inazotati (EI)** $EI = 100 - (umidità + PG + EE + FG + ceneri)$

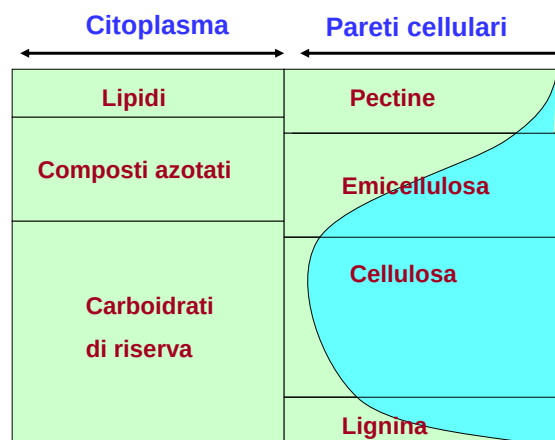
Questo è uno schema logico, in realtà in laboratorio le analisi si fanno, per ciascun parametro, da un'aliquota diversa del campione essiccato a 60°C

2



3

Problema: l'analisi della Fibra Grezza sottostima il contenuto di pareti cellulari



Sostanze che non sono incluse nella Fibra Grezza

Sostanze che vanno a finire nella Fibra Grezza

4

Problema: l'analisi della **Fibra Grezza** **sottostima** il contenuto di fibra degli alimenti

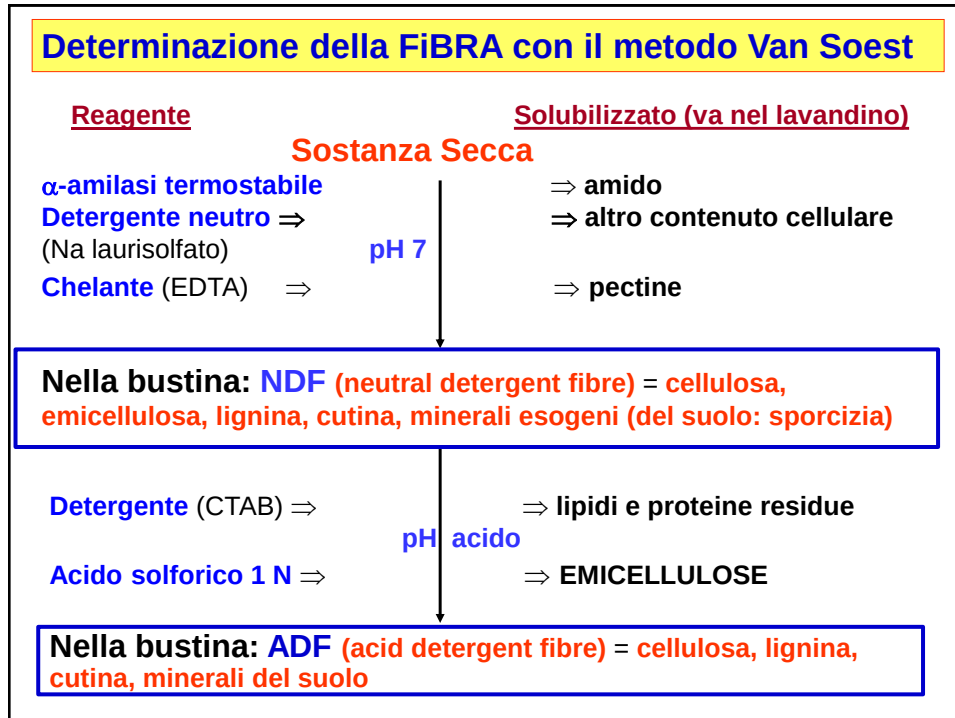
- le **pectine** non sono incluse nella **fibra grezza** anche se fanno parte della parete cellulare: questo di per se non è un problema, in quanto dal punto di vista nutrizionale (digeribilità, velocità di fermentazione) sono simili agli amidi
- Una grande percentuale di **emicellulose** e di **lignina** (ed un 20% di cellulosa) non è inclusa nella fibra grezza: grande problema
- **Estrattivi inazotati** = si determinano per differenza
$$EI = 100 - (H_2O + \text{ceneri} + PG + \text{grassi} + \text{fibra grezza})$$
- Se la FG è sottostimata, gli EI sono sovrastimati!
- Con l'analisi della fibra grezza secondo Weende gli alimenti risultano migliori di quello che sono in realtà

5

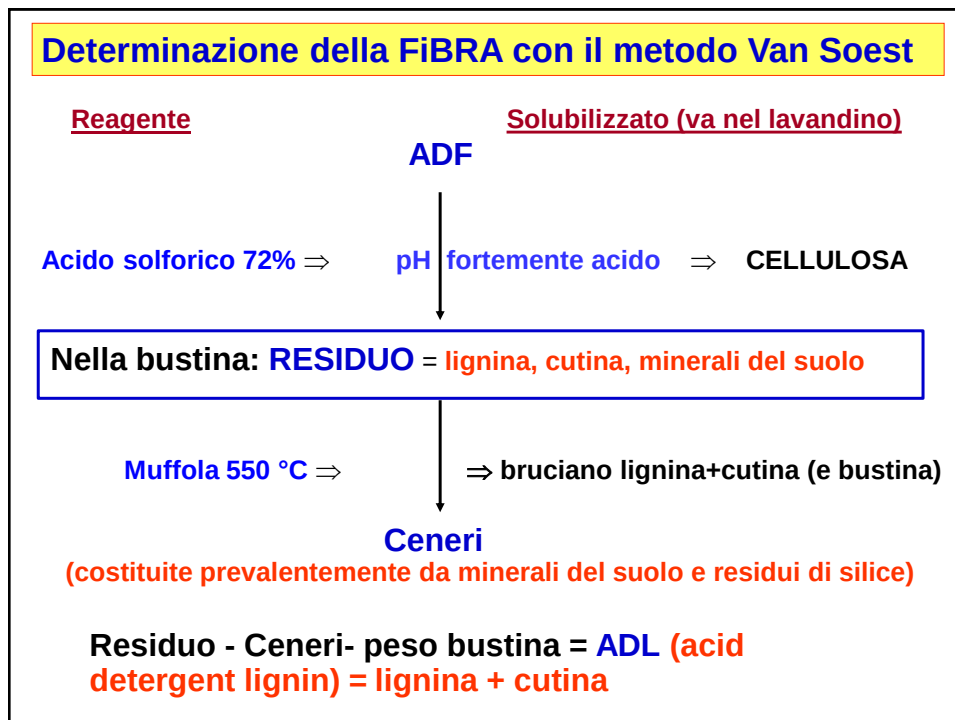
Determinazione della FiBRA con il metodo Van Soest

- Metodo alternativo a quello della fibra grezza
- Messo a punto nei primi anni '60 da Peter J. Van Soest, il più famoso scienziato nel campo dell'alimentazione dei ruminanti
 - nostro ospite per 7 volte
- Il più usato nel razionamento alimentare per tutte le specie anche se non è il metodo ufficiale
- La gran parte dei software di razionamento basano il bilanciamento delle razioni sulla fibra Van Soest

6



7



8

In sintesi

NDF = fibra neutro deterosa (emicellul. + cellulosa + lignina + cutina + minerali vari)

ADF = fibra acido deterosa (cellulosa + lignina + cutina + minerali)

ADL = lignina acido deterosa (lignina + cutina)

100 - NDF = **contenuto cellulare** (proteine, grassi, minerali vari, carboidrati di riserva, zuccheri semplici) + **pectine**

da cui

NDF-ADF = **emicellulose**

ADF-ADL - ceneri = **cellulosa**

ADL = **lignina + cutina**

ceneri = prevalentemente residui di suolo (utile per stimare la sporcizia degli alimenti)

9

Stima dei Carboidrati di riserva (chiamati anche non strutturali o, meglio, non fibrosi) = Zuccheri semplici, amidi, altri polisaccaridi di riserva, pectine

Col metodo Weende: Estrattivi inazotati (EI)

$$EI = 100 - PG - EE - FG - \text{ceneri}$$

Col metodo Van Soest: Carboidrati non fibrosi (NFC)

$$NFC = 100 - PG - EE - NDF - \text{ceneri}$$

NSC (carboidrati non strutturali) = zuccheri + amido (misurati chimicamente e non per differenza); non ci sono le pectine.

Spesso NSC è usato (erroneamente) per intendere gli **NFC**

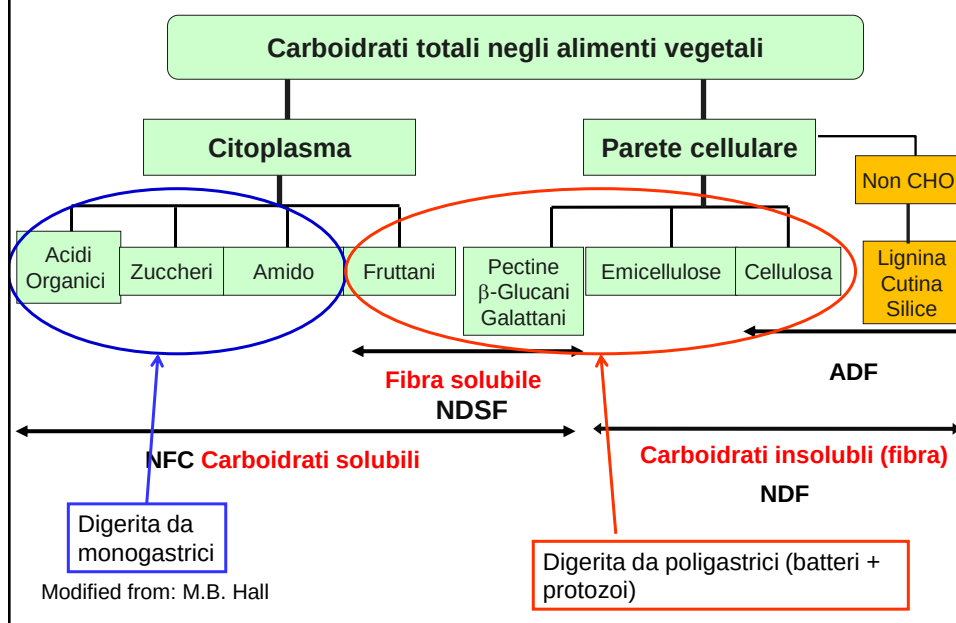
10

Carboidrati misurati coi metodi Weende e Van Soest
Il metodo ufficiale Weende sottostima la fibra e
sovrastima gli EI degli alimenti

	Met. Weende		Met. Van Soest	
	FG	EI	NDF	NFC
Fieno medica	26	45,3	46	25,3
Fieno loietto	23,8	52,5	64	12,3
Insilato mais	24	61	45	40
Graminacea tropicale	30	50	70	10
Granella mais	2,6	81,5	9,0	75,1

11

Classificazione dei carboidrati



12

UFL e UFC francesi (INRA, 1988)

E' il sistema più utilizzato in Francia, Italia, Svizzera, Spagna, Nord Africa ed è molto noto in tutto il mondo

Calcola la NE degli alimenti (ed i fabbisogni di mantenimento e produzione degli animali) utilizzando come unità di misura la **UNITA' FORAGGERA, differenziandola fra latte e carne**

1 UFL (latte) e' rappresentata dall'**EN_L** contenuta da **1 kg di orzo tal quale (1700 kcal EN_L/kg)**

⇒ **1 kg di SS di orzo (86% di SS) vale 1,16 UFL**

1 UFC (carne, UFv in francese) e' rappresentata dall'**EN_C** contenuta da **1 kg di orzo tal quale (1820 kcal EN_C/kg)**

⇒ **1 kg di SS di orzo (86% di SS) vale 1,16 UFC**

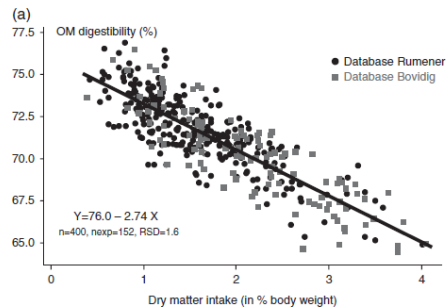
13

Principali limiti del sistema INRA

- **Il valore energetico degli alimenti è calcolato considerando la digeribilità degli alimenti al mantenimento**
 - Gli animali in produzione hanno ingestioni più elevate di quelli al mantenimento, quindi minore digeribilità di ciascun kg di alimento ingerito → il valore energetico dovrebbe diminuire al crescere del livello produttivo
- **Usa la Fibra Grezza** per misurare la fibra degli alimenti
 - La FG sottostima fortemente il contenuto di fibra degli alimenti
- Nel caso delle **UFC** il sistema si basa su un rapporto ENm ed ENa (2/3 ed 1/3) che spesso non è vero
 - Nei centri di ingrasso italiani la ENa conta di più
- Il sistema è analitico ma **le varie unità energetiche (EL, ED; EM; etc) sono stimate con equazioni empiriche**
 - Potrebbero non essere valide per piante prodotte con climi diversi da quello della Francia

14

Aggiornamenti sistema INRA (2018)



La digeribilità della sostanza organica diminuisce al crescere dell'ingestione (nel grafico espressa come livello di ingestione, cioè kg di SS ingerita per 100 kg di peso vivo (o ingestione come % del PV)

Var. dig. SO = - 2.74 x (LI - Lirif)

LI = livello ingestione reale

Lirif = livello di ingestione al mantenimento (LI ref = circa 1% del peso vivo)

15

UFL e UFC francesi (INRA, 2018)

Di recente il valore di un kg di granella di orzo è stato uniformato a **1760 kcal** per entrambe le unità di misura

UFL

$$UFL = \frac{ME \times k_l}{1760}$$

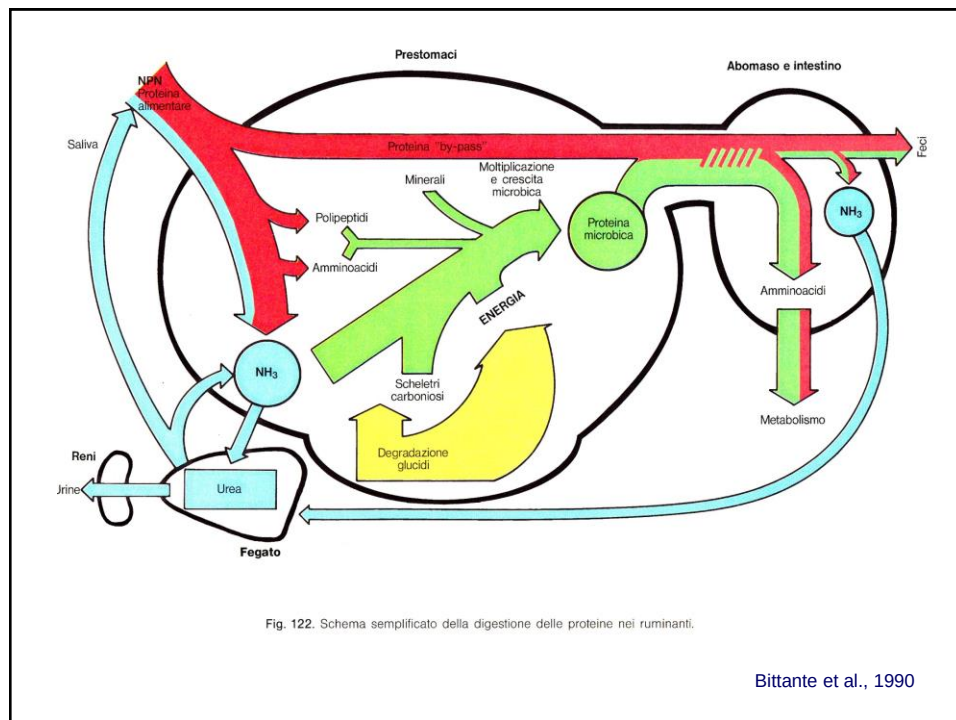
UFC

$$UFC = \frac{ME \times k_{ma}}{1760}$$

16

Composti azotati

17



18

**Proteina digerita nell'intestino (PDI) =
proteina metabolizzabile (MP)**

RUMINANTI

- **proteina alimentare non fermentata nel rumine e digerita nell'intestino** (proteina **by-pass** o **escape**, chiamata anche **RUP** o **UIP** a seconda dei sistemi; 20-40% del totale della PDI)
- **proteina microbica** (soprattutto **batterica**) **digerita nell'intestino** (60-70% del totale della PDI)
- **proteina endogena** (residui epiteli, enzimi, microrganismi) digerita nell'intestino; poco importante

19

**Proteina digerita nell'intestino (PDI) =
proteina metabolizzabile (MP)**

NON RUMINANTI

- **proteina alimentare** (90-95% del totale della PDI)
- **proteina endogena** (residui epiteli, enzimi, microrganismi) digerita nell'intestino; 5-10% del totale)

20

Contenuto in PDI - INRA (1988)

• il valore proteico di un alimento e' quindi espresso da range di due valori:

➤ **PDIE** = **PDIA** + **PDIME**, che corrisponde alla proteina digeribile intestinale consentita dal **contenuto di sostanza organica fermentescibile (energia)** dell'alimento

➤ **PDIN** = **PDIA** + **PDIMN**, che corrisponde alla proteina digeribile intestinale consentita dal **contenuto proteico (bypass + degradabile)** dell'alimento

21

Contenuto in PDI - INRA (1988)

Ma usiamo la PDIN o la PDIE?

• per stabilire il valore proteico di una razione, si calcolano **gli apporti proteici** in PDIN e in PDIE di ciascun alimento, si calcola l'apporto totale della razione (somma dell'apporto di ciascun alimento in PDIN e PDIE) e si considera come apporto **il più basso fra PDIN e PDIE**

→ il senso è che le sintesi proteiche (e quindi la PDIME e la PDMN) sono limitate dalla sostanza più carente (N od energia)

Esempio: miscela costituita da 0.5 kg di granella di mais, 0.5 kg di farina di estrazione di soia ed 1 kg di fieno di loietto

	Mais	Soia	Fieno loietto giovane	Totale g in 2 kg	Media g/kg
PDIE, g/kg	100	230	86	251 *	126
PDIN, g/kg	69	306	92	280 **	140
Valore PDI miscela				251	126

* **251** = $100 \times 0.5 + 230 \times 0.5 + 86 \times 1$

** **280** = $69 \times 0.5 + 306 \times 0.5 + 92 \times 1$

22

Nuovo sistema **PDI** - INRA (2018)

$$PDI = PDIA + PDIM = (PIA \times dr \times 0,01) + (MAmic_duo \times 0,8 \times 0,8) \quad (4.20)$$

où PIA est la teneur en protéines alimentaires au duodénum (g/kg MS), dr est la digestibilité réelle des PIA (%), et MAmic_duo est la quantité de matières azotées microbiennes au duodénum (g/kg MS) avec une proportion d'AA de 0,8 et une digestibilité réelle de 0,8.

PDI = proteina digeribile nell'intestino = PDIA e PDIM

- **Unico valore** (non più PDIN e PDIE)

PDIA = non più fissa, ma cresce al crescere della velocità di transito degli alimenti nel rumine (cresce quando aumenta il livello di ingestione)

PDIM = Proteina digeribile nell'intestino di origine microbica Unico valore (non più PDIMN e PDIME)

- cresce al crescere della SO digerita nel rumine e della % di alimenti concentrati nella razione
- diminuisce al crescere del bilancio proteico ruminale (↑ % N sprecato)

23

- **Tables INRA Tavole on-line con valori UFL e UFV dell'INRA** (analisi chimiche, valore nutritivo, metodi di calcolo) **INRA (1988;2018)**

<https://feedtables.com/fr>

- **Archivio alimenti FEDNA, Spagna** (analisi chimiche, valore nutritivo, metodi di calcolo) **INRA (1988)**

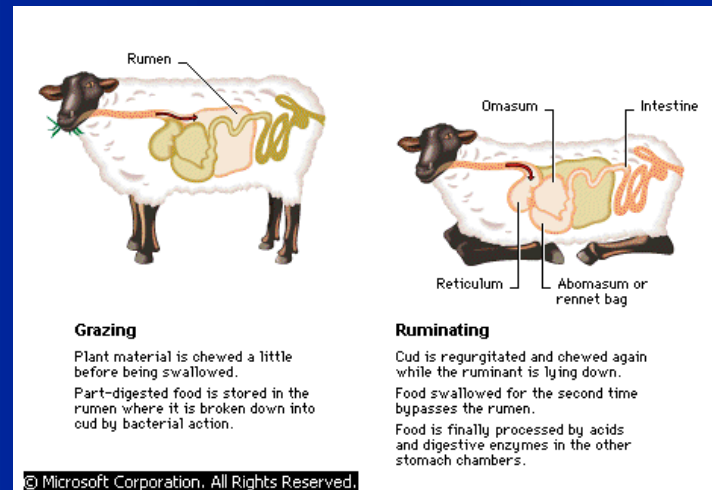
<http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>

Feedipedia: An on-line encyclopedia of animal feeds

<http://www.feedipedia.org/content/about-feedipedia>

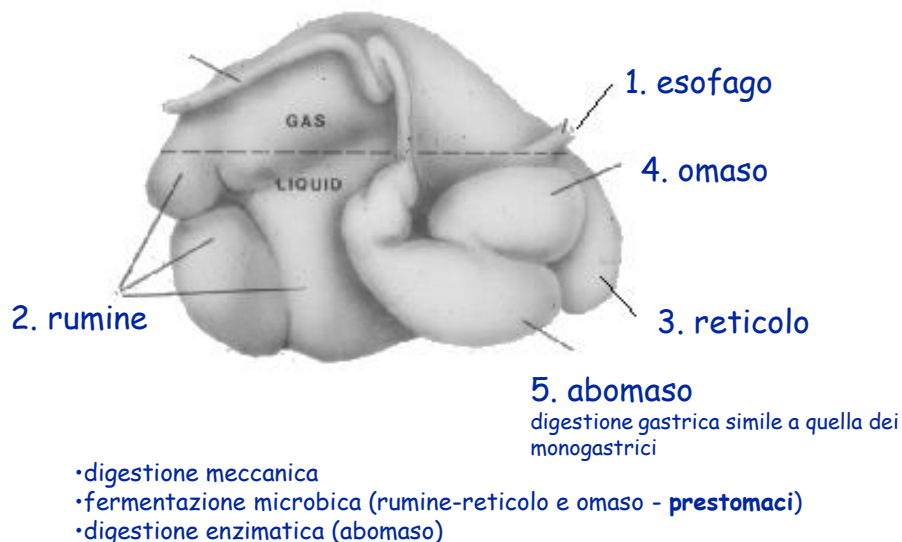
24

Richiami sulle fermentazioni ruminali e sui processi digestivi dei ruminanti

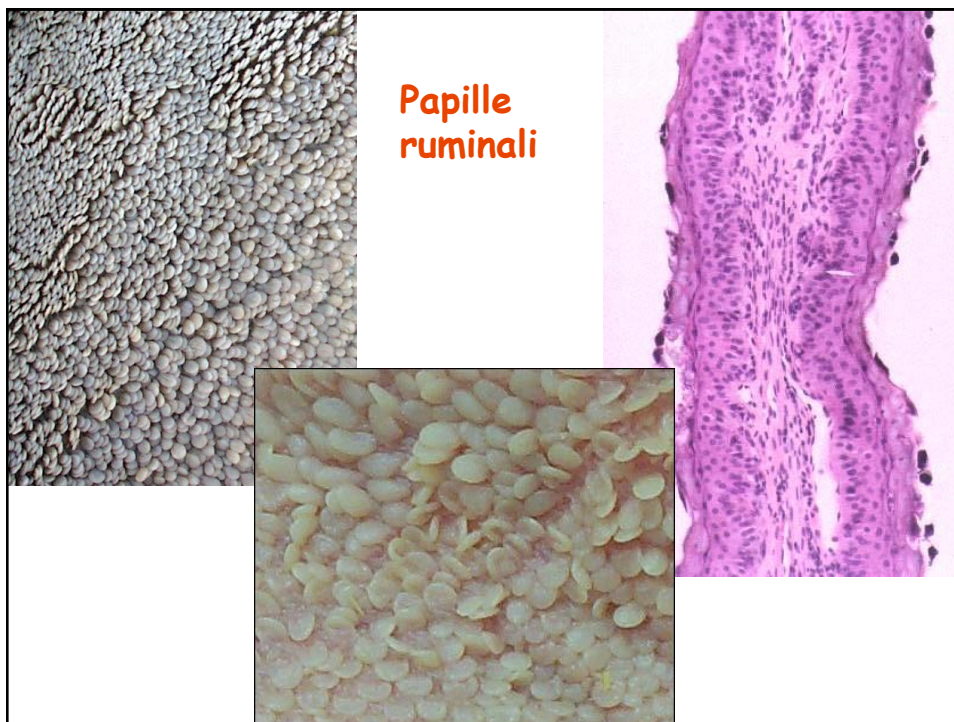


25

Apparato digerente nei ruminanti



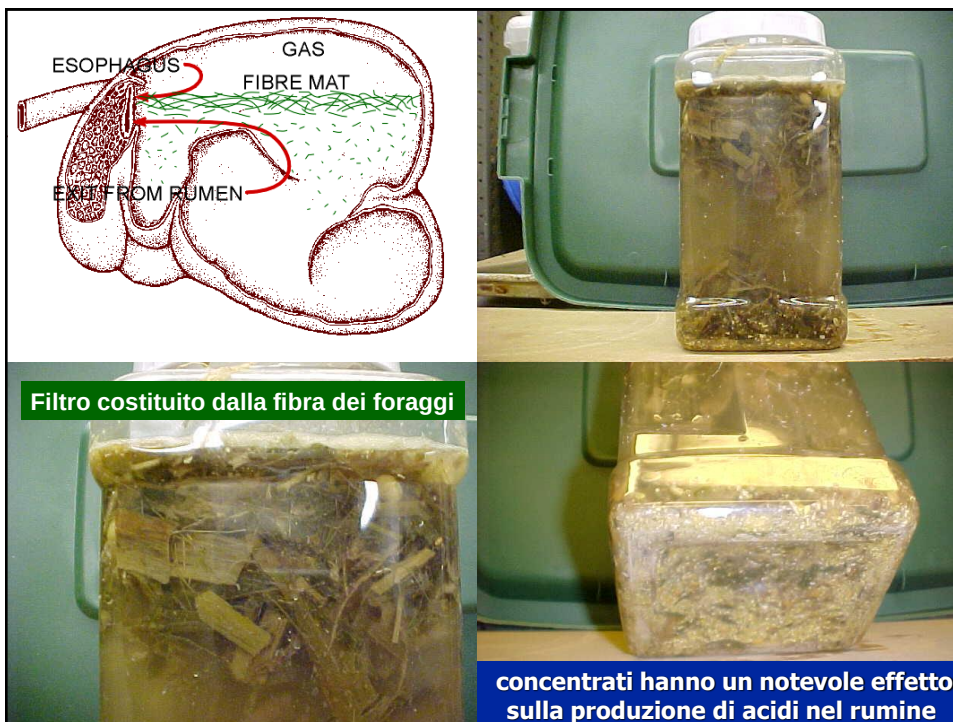
26



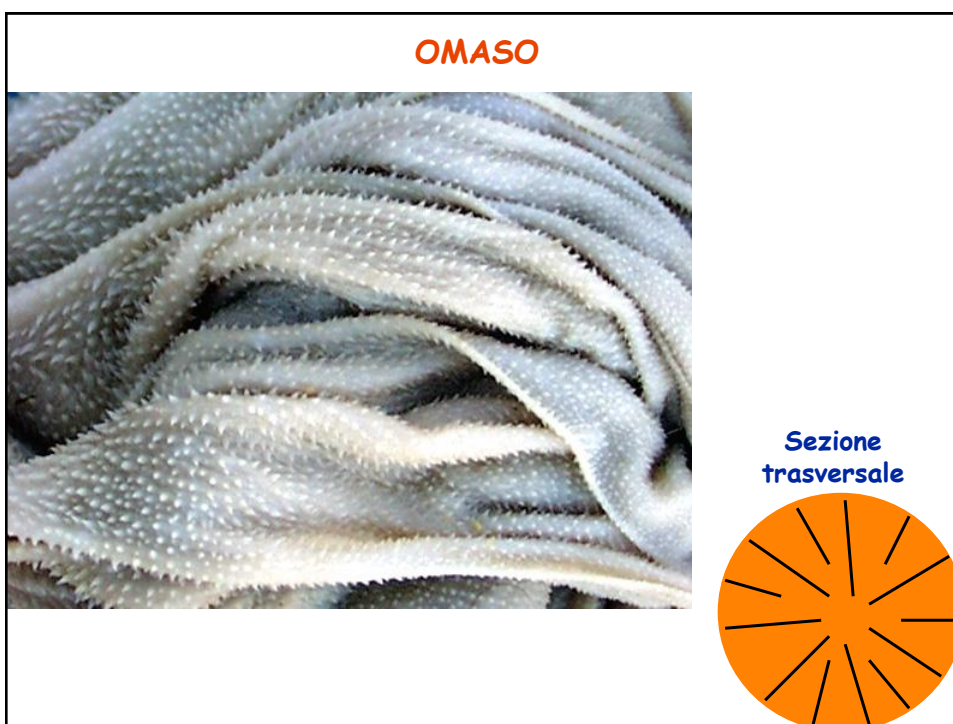
27



28



29



30

Filtri ruminali

1) Cappello ruminale

Formato dalle particelle di fibra più grandi, che galleggiano nel rumine e formano un filtro che trattiene le particelle più piccole, che quindi vengono regurgitate e sottoposte a ruminazione assieme a quelle di maggiori dimensioni. Questo filtro rallenta il flusso degli alimenti (riducendone la velocità di transito). Sviluppato soprattutto nei grandi ruminanti (bovini e bufali) e con diete ricche di fibra.

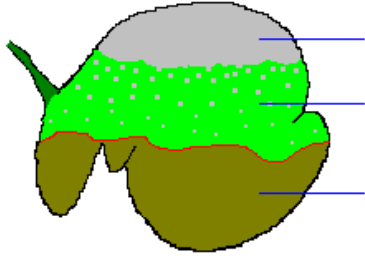
2) Reticolo

Opera una selezione dimensionale, le particelle di alimento di grandi dimensioni rientrano nel rumine e sono quindi sottoposte ad ulteriore ruminazione, quelle piccole e sufficientemente pesanti vengono spinte verso l'omaso

3) Omaso

Opera un'ulteriore selezione dimensionale, le particelle di alimento di grandi dimensioni rientrano nel rumine e sono quindi sottoposte ad ulteriore ruminazione, quelle piccole e sufficientemente pesanti vengono spinte verso l'abomaso

31



gas

alimenti fibrosi

alimenti concentrati e granelle

Fisiologia della ruminazione

Prima fase della digestione ruminale

Digestione meccanica: l'organo presenta continui movimenti di rimescolamento della massa degli alimenti per cui gli alimenti si distribuiscono nel rumine in diversi strati a seconda del loro peso specifico

- gli alimenti più leggeri (quelli fibrosi) si dispongono in superficie
- quelli più pesanti al di sotto
- il rimescolamento ha la funzione di portare la massa verso l'esofago per il rigurgito del bolo merico alla bocca - rimasticazione - nuova deglutizione:

RUMINAZIONE

- il bolo più denso si deposita nel fondo del rumine

32

- **Il rumine** ha una **volume** notevole
 - 70-80% dell'intero volume del digerente (nel bovino 90-200 litri)
 - 9-13% del volumen corporeo
- **condizioni di anaerobiosi**
- **temperatura nel rumine:** 38-40°C; **pH:** 6.2-6.5
- **microflora ruminale:**

Batteri: **10-100 mld/ml**

- **cellulosolitici ed emicellulosolitici**
- **amilolitici e proteolitici**
- trascinati nell'intestino in quantità molto elevata ⇒ proteine microbiche, alto valore biologico

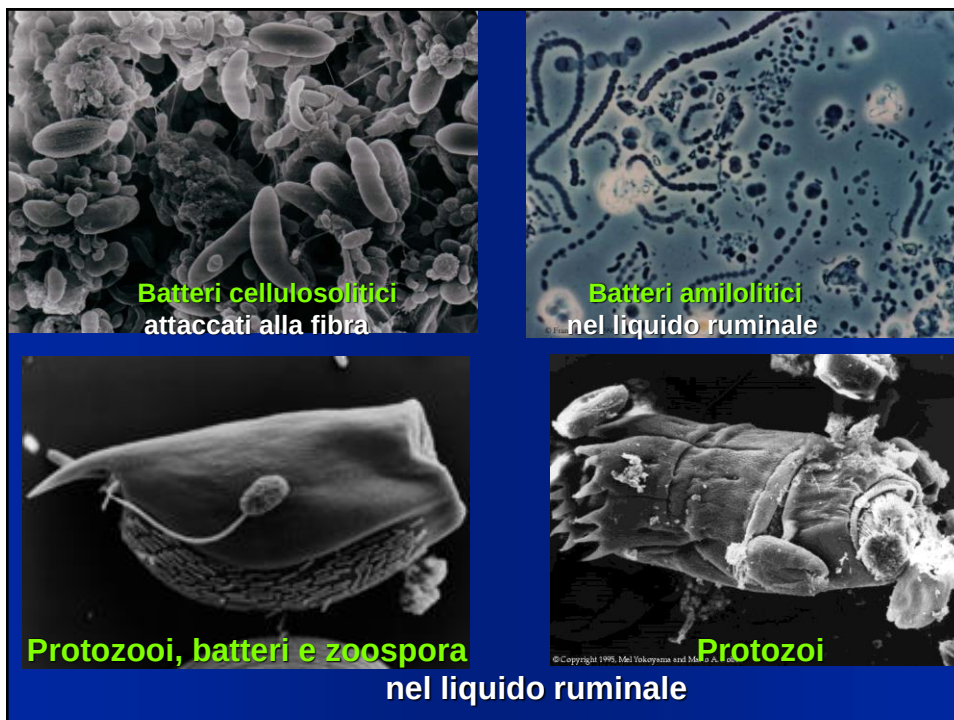
Protozoi **100.000-1.000.000/ml**

- intensa attività proteolitica e di predazione di batteri
- intensa ingestione di amidi (riducono rischi acidosi)
- trascinati nell'intestino in quantità limitata

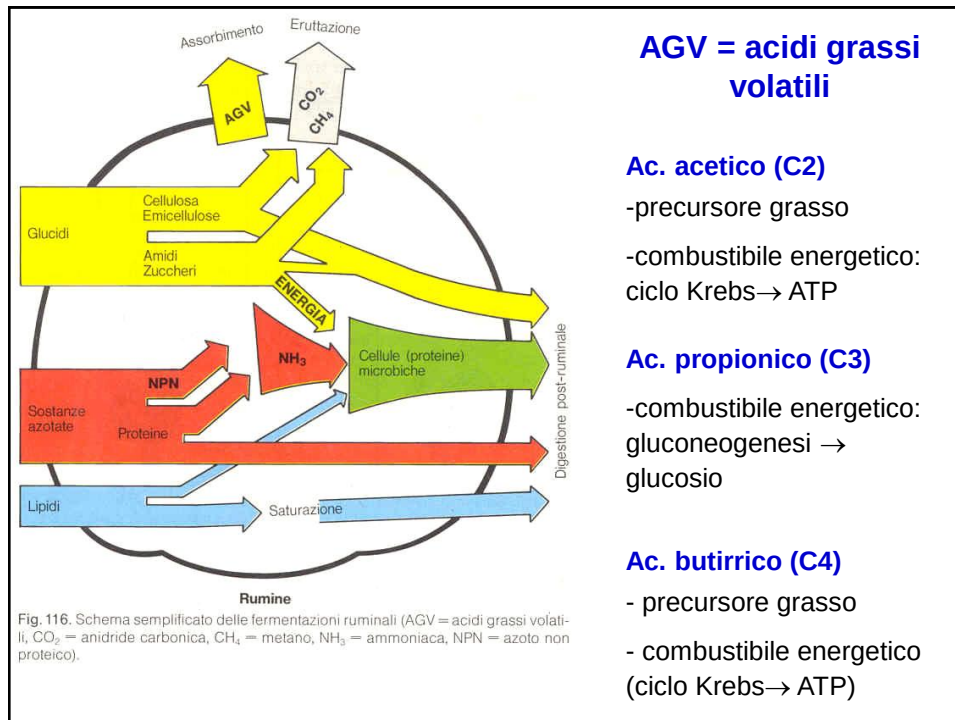
Funghi **10.000/ml**

- i primi colonizzatori degli alimenti fibrosi
- trascinati nell'intestino in quantità limitata

33



34

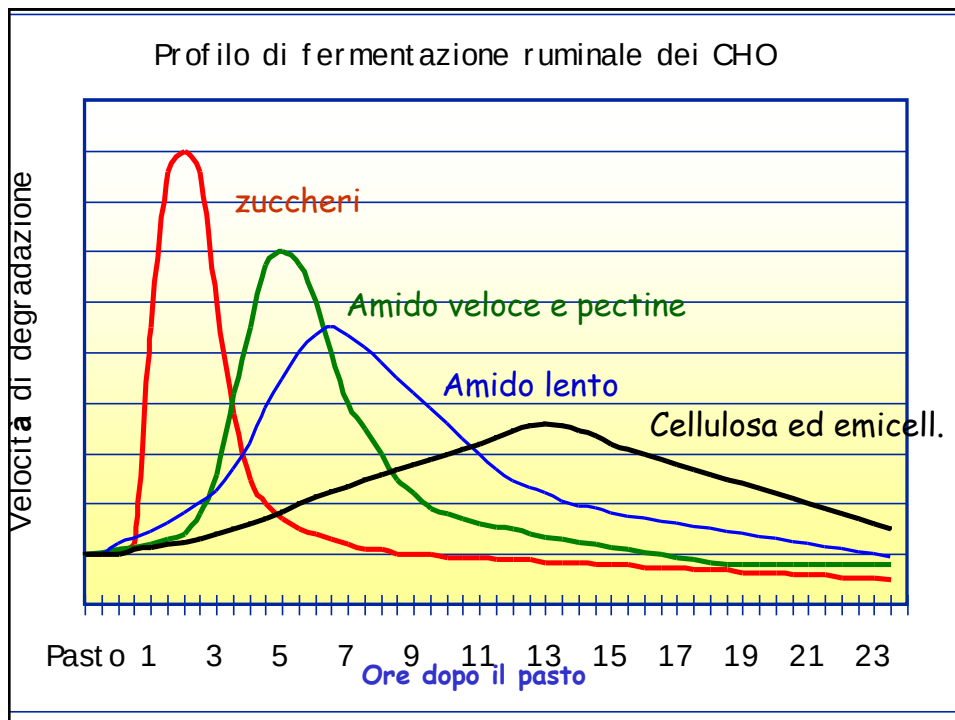


35

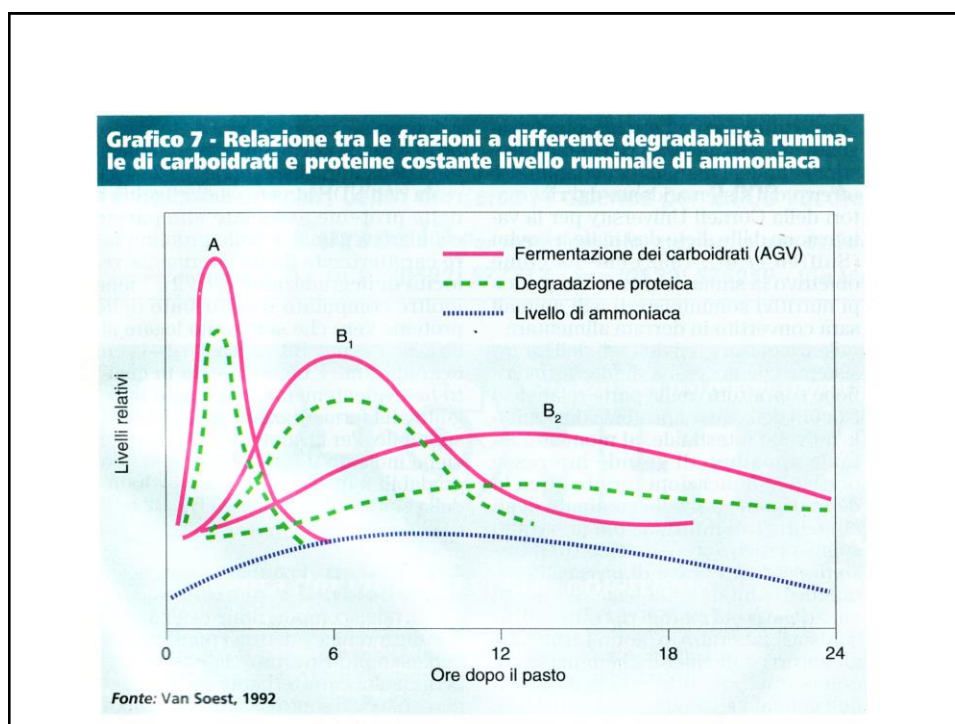
Popolazione microbica del rumine

	Batteri	Protozoi	Funghi
Cellule/grammo	1-5 x 10 ¹⁰	10 ⁵ -10 ⁶	10 ⁴
Dimensioni (μm)	0.5-5	20-200	Zoospora= 6-10 Sporangio= 100 Rizoide= 450
% di N da microrganismi	60-90	10-40	5-10
% fermentazioni ruminali	40-70	30-60	5-10
Tempi generazionali (doubling time)	> 20 min	18-36 ore	24 ore

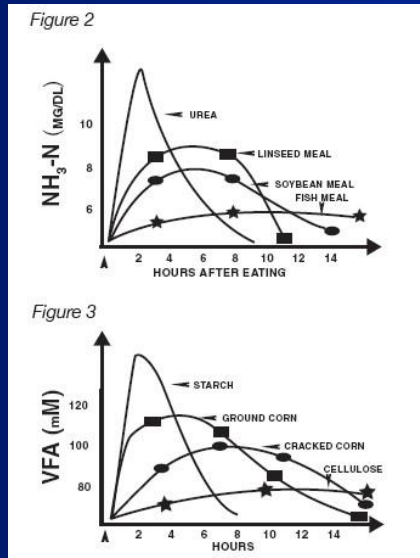
36



37



38



39

FERMENTAZIONI RUMINALI E DIGERIBILITA' DEGLI ALIMENTI: NUOVE ACQUISIZIONI E METODI DI STIMA

40

Introduzione

- Scopo della modellizzazione dei processi digestivi è di migliorare la capacità di previsione:
 - delle modalità di conversione dei nutrienti degli alimenti in alimenti umani
 - dell'efficienza con cui avvengono questi processi
- Migliorando la nutrizione dei bovini si migliora la produttività, si riducono le risorse utilizzate e l'impatto ambientale

41

Introduzione

- La modellizzazione dei processi digestivi storicamente ha determinato lo sviluppo di **sistemi di alimentazione** (ad es. INRA, NRC, CSIRO), che legano l'utilizzazione digestiva degli alimenti ai fabbisogni degli animali
- Questi sistemi nel tempo hanno avuto una notevole **evoluzione nel tempo**, sia per quanto riguarda la stima del valore nutritivo che dei fabbisogni

42

Modelli empirici vs. meccanici

- Inizialmente i sistemi di alimentazione erano solamente **empirici**: scarsa capacità esplicativa, meramente descrittivi



Es. Equazioni di regressione che stimano la digeribilità di un alimento sulla base delle sue analisi chimiche

- Recentemente anche **meccanici**: descrizione con compressione dei processi: ↑ flessibilità



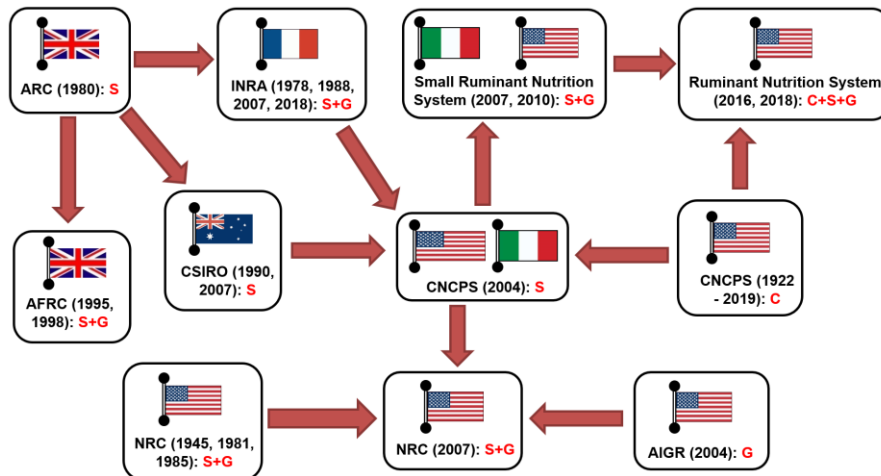
43

Introduzione

- Sistemi per ruminanti più usati in Italia:
 - **INRA (1989;2018)**: sistema fortemente empirico, statico
 - **CNCPS (1992-2014)** (Cornell Net Carbohydrate and Protein System; modello Cornell): **sistema empirico-meccanico, statico**
 - Molto utilizzato in Italia per i bovini da latte e per i piccoli ruminanti (Small Ruminant Nutrition Sytem)
 - Esistono versioni italiane autorizzate

44

Evoluzione dei principali sistemi nutrizionali per ruminanti



45

Modello CNCPS

- Migliorare l'efficienza di conversione dei nutrienti alimentari per l'alimentazione umana
- Migliorando l'alimentazione dei ruminanti si migliora la produttività, si riduce l'uso di risorse e l'impatto ambientale
- La sostenibilità dipende dalla minimizzazione dei costi alimentari per kg di latte prodotto
- E' possibile stimare i fattori che influenzano le performance di ogni azienda

46

Indicazioni per migliorare la gestione alimentare degli animali

- Ridurre i nutrienti nelle deiezioni attraverso una stima più accurata di:
 - composizione degli alimenti
 - ingestione di sostanza secca
 - fabbisogni energetici e nutritivi
 - escrezione
- migliorare il CNCPS è importante per capire i meccanismi e applicarli alla biologia

47

Applicazioni del CNCPS

- Uso didattico
- pianificazione e interpretazione degli esperimenti
- applicazione e modellizzazione dei risultati della ricerca
- Sviluppo di tabelle di fabbisogni nutritivi
- Valutazione e miglioramento dei programmi di alimentazione
- Pianificazione del management alimentare

48

Applicazioni del CNCPS

**Il CNCPS è un mezzo per capire
l'alimentazione dei ruminanti e
stimolare il nostro intelletto
migliorando le nostre capacità
di intuizione e simulazione
mentale**

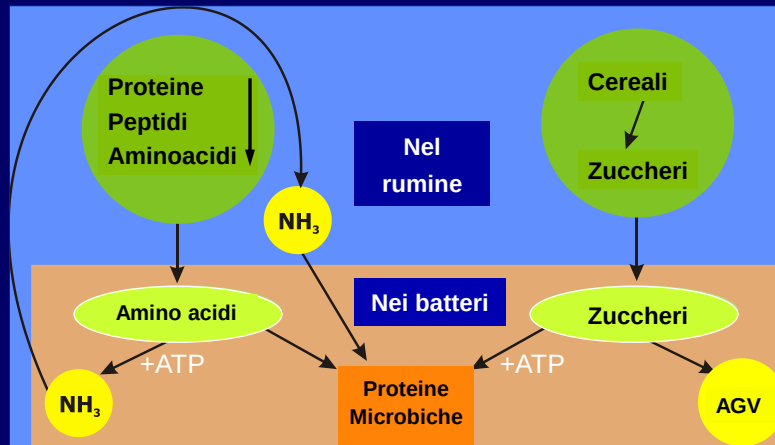
49

Caratteristiche del CNCPS

1. Produzione ruminale di AGV e pH ruminale
2. velocità di transito ruminale
3. assorbimento e utilizzazione degli amoniaci
4. stima del flusso e del bilancio dell'azoto
5. modello di ingestione della sostanza secca
6. predizione del ritmo di crescita e composizione
7. modello di efficienza per vacca/vitello
8. accrescimento microbico ruminale

50

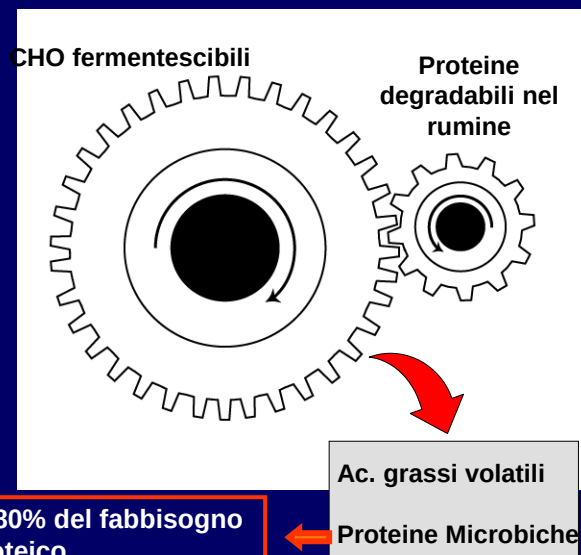
Uso di proteine e CHO da parte dei batteri



Russell, 1988

51

Sincronizzazione del rilascio di CHO e proteine nel rumine



Schwab, 2003

52

Fermentazioni e batteriche nei ruminanti

- **Essenziali per utilizzare i CHO strutturali (NDF, pectine) → Acidi grassi volatili = 60-70% dei fabbisogni energetici**
 - ac. acetico, butirrico = precursori acidi grassi dei lipidi
 - acido propionico = principale fonte glucosio (gluconeogenesi nel fegato)
- **Principale (50-80%) fonte di proteine ed aminoacidi essenziali per i ruminanti**
- **Proteine batteriche: alto valore biologico (AA essenziali in proporzioni ottimali, comunque migliori rispetto alle proteine vegetali)**
- **Le più convenienti dal punto di vista economico**
- **Principale fonte di vitamine idrosolubili e azione detossificante**

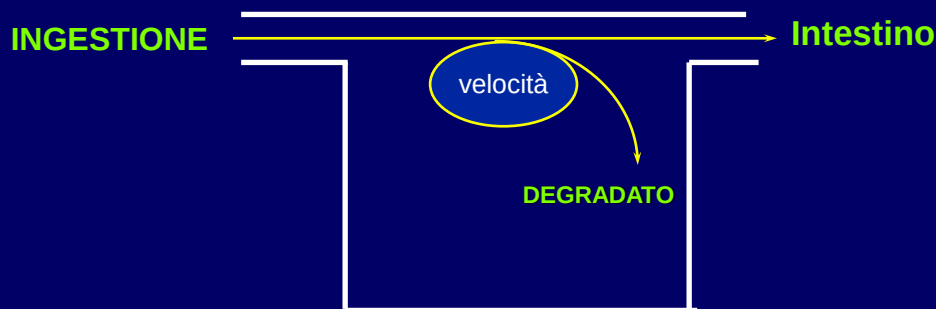
53

Proteina digerita nell'intestino (PDI) = proteina metabolizzabile (MP)

- **proteina alimentare non fermentata nel rumine e digerita nell'intestino**
(proteina **by-pass** o **escape**, chiamata anche **RUP** o **UIP** a seconda dei sistemi)
- **proteina microbica (soprattutto batterica) digerita nell'intestino**
- **proteina endogena (residui epiteli, enzimi, microrganismi)**

54

La velocità di degradazione e transito delle frazioni alimentari determinano la degradazione nel rumine



55

Velocità di degradazione (K_d)

- Velocità (%/h) con cui fermentano gli alimenti o le loro singole frazioni
- Le velocità di degradazione sono specifiche delle frazioni e degli alimenti e si basano su dati sperimentali
- Possono essere alterate ($\uparrow$) dal grado di sminuzzamento
- Possono essere alterate dal pH del rumine ($\downarrow$)

56

Velocità di degradazione ruminale dei CHO di diversi alimenti

Veloce

	Saccarosio
	Farina grano
	Fiocchi di mais
	Orzo macinato
	Mais macinato
	Sorgo macinato
	Fieno di medica
	Fieno di graminacea

Lenta

de Ondarza, 1999

57

Velocità di degradazione ruminale delle proteine di diversi alimenti

Veloce

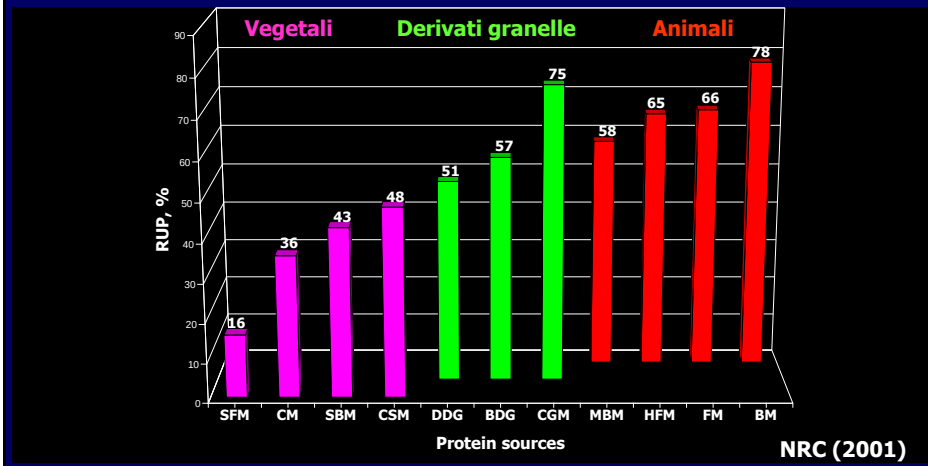
	Urea
	Fieno silo
	Tritello
	Soia integrale
	Semola glutinata mais
	Farina estr. colza
	Farina estr. soia
	Soia tostata
	Distillers
	Glutine di mais

Lenta

de Ondarza, 1999

58

Proteina indegradabile misurata *in situ*



59

Frazioni di carboidrati e proteine usate dal modello ruminale del CNCPS

A -- Velocemente degradate nel rumine

- Zuccheri, NNP e proteina solubile

B -- Degradate più lentamente nel rumine

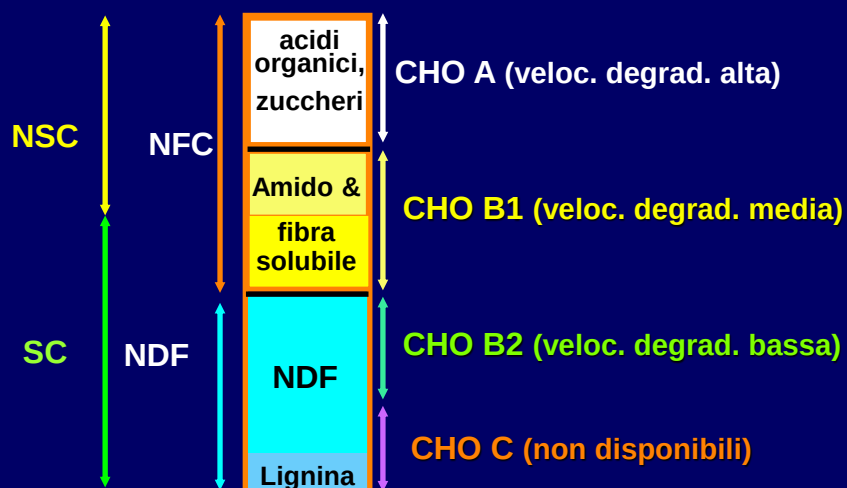
- Amido, NDF disponibile, proteina insolubile citoplasmatica

C -- Non disponibile nel rumine

- Lignina, proteina legata all'ADF

60

Frazioni dei carboidrati (CHO)



NSC = acidi org. + zuccheri + amido

NFC = acidi org. + zuccheri + amido + pectine

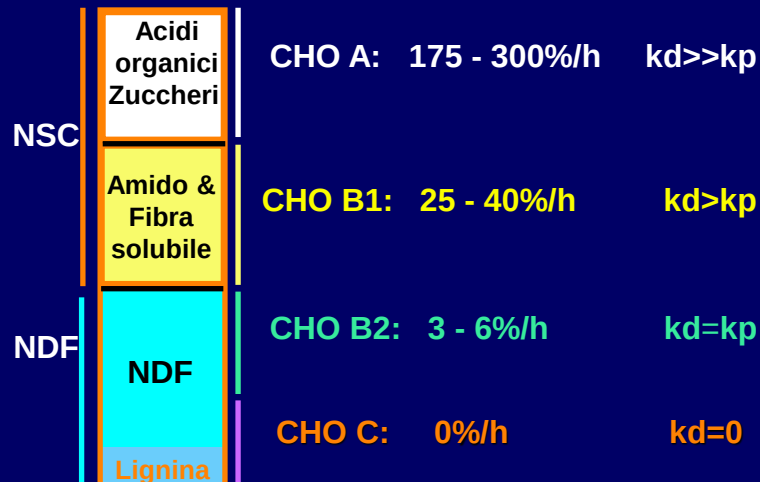
61

Frazioni dei Carboidrati

Alimento	NFC % SS	NSC % SS	Zuccheri	Amido % of NFC	Pectine	Acidi org.
Insilato medica	18-20	8	0	25	33	42
Insilato orzo	40	35	0	71	0	29
Granella orzo	60	60	10	80	10	0
Colza	26	20	10	45	45	
Distillers	10	10	25	75	0	
Granella mais	70-75	70	20	80	0	
Semola glutinata	25	12	4	71	25	
Glutine mais	17	12	0	70	30	
Farinaccio	55	5	9	80	11	
Buccette soia	18	2	5	5	90	
Polpe di bietola						
Farina soia	30	25	25	25	50	
Tritello	32	25	10	90	0	
Melasso	100	100	100	0	0	

62

Velocità di degradazione delle frazioni glucidiche



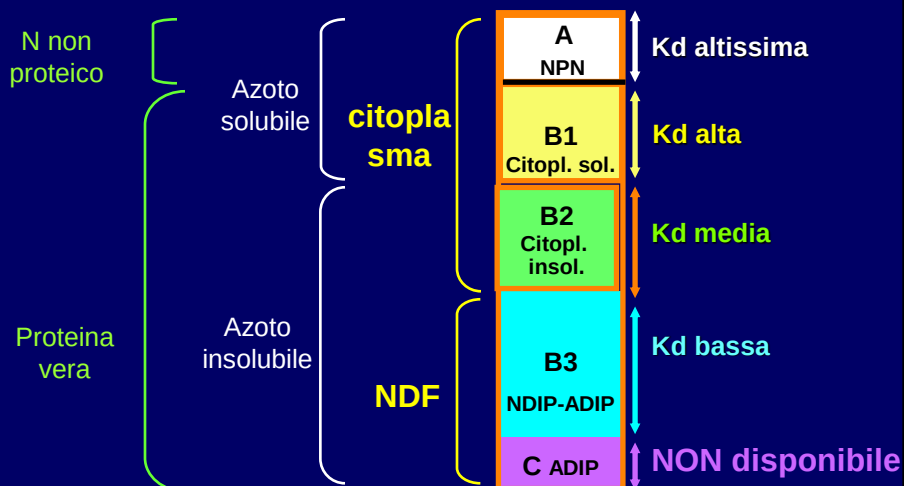
63

Kd (%/h) dei CHO in alcuni alimenti

Alimento	A	B1	B2
Granella mais intera	115	7.5	4
Granella mais macinata	200	10	4
Granella mais fioccata	300	30	6
Orzo macinato	300	25	5
Insilato mais, trinciato grosso	250	20	6
Insilato mais, trinciato fine	300	28	9
Medica, erba	350	45	9
Medica, fieno	250	30	7
Loietto, fieno	250	30	3

64

Frazioni proteiche (azotate)



65

Velocità di degradazione delle frazioni proteiche (azotate)

NNP	A:	∞	$k_d \infty > k_p$
Citopl. Solub.	B1:	175 - 300%/h	$k_d > k_p$
Citopl. Insol.	B2:	5 - 12%/h	$k_d \approx k_p$
NDIP	B3:	0.15 - 2%/h	$k_d < k_p$
ADIP	C:	0%/h	$k_d = 0$

66

Kd (%/h) delle **proteine** in alcuni alimenti

Alimento	B1	B2	B3
Granella mais macinata	150	7.5	0.1
Granella mais fioccata	135	5	0.08
Orzo macinato	300	13	0.35
Farina estrazione soia	230	11	0.2
Soia estrusa	150	5	0.18
Insilato mais, trinciato grosso	250	10	0.15
Insilato mais, trinciato fine	300	11	0.20
Medica, erba	200	18	2
Medica, insilato	150	11	1.75
Medica, fieno	150	9	1.25
Loietto, fieno	135	11	0.09

67

Frazioni **proteiche** in alcuni alimenti

Alimento	PG	A	B1	B2	B3	C
	% SS	% PG				
Medica verde	26,7	1	33	55	7	4
Fieno di medica	17,0	20	8	33	25	14
Medica disidratata	17,3	20	8	30	25	17
Insilato di medica	16,0	28	12	2	37	21
						
Soia integrale	40,3	10	34	49	4	3
Farina estrazione soia	49,9	11	9	73	5	2
Soia tostata	42,8	6	0	63	24	7
						

68

Analisi degli alimenti per determinare le frazioni dei carboidrati e delle proteine

- Sostanza secca
- Ceneri
- NDF
- Lipidi
- Lignina
- Amido
- Proteina grezza
- Proteina grezza solubile
- N Non proteico
- Proteina legata all'NDF
- Proteina legata all'ADF

69

Calcolo delle frazioni glucidiche e proteiche dall'analisi degli alimenti

- ▣ **Proteina A** = Proteina solubile x % NPN
- ▣ **Proteina B1** = Proteina solubile - Proteina A
- ▣ **Proteina C** = Proteina legata ADF
- ▣ **Proteina B3** = proteina legata NDF - Proteina legata ADF
- ▣ **Proteina B2** = PG - Prot. A- prot. B1 - prot. B3 - prot. C
- ▣ **CHO C** = Lignina x 2.4
- ▣ **CHO B2** = NDF - CHO C – proteina legata NDF
- ▣ **NFC** = 100 - Lipidi - Ceneri - NDF - PG
- ▣ **CHO B1** = NFC x % Amido+fibra solubile (pectine) in NFC
- ▣ **CHO A** = NFC - CHO B1

Nei software CNCPS, LRNS e SRNS: Amido = amido + pectine

70

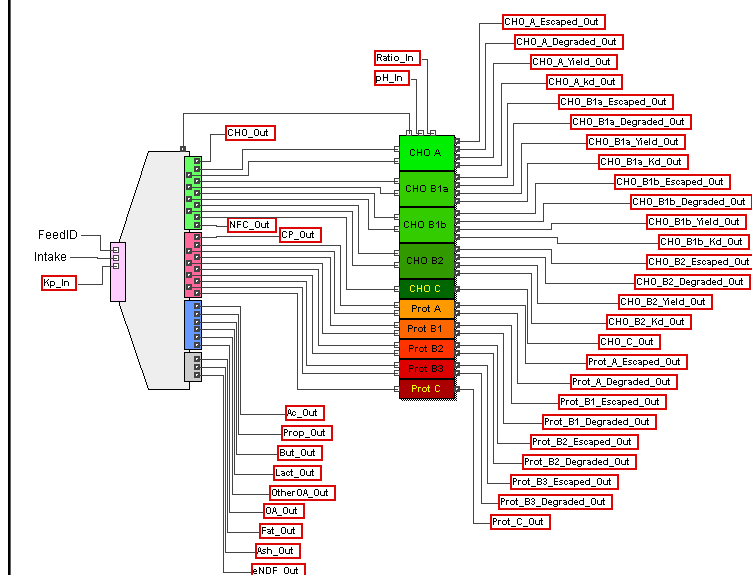
Calcolo delle frazioni glucidiche e proteiche dall'analisi degli alimenti

- ▣ Proteina A = Proteina solubile x % NPN
- ▣ Proteina B1 = Proteina solubile - Proteina A
- ▣ Proteina C = Proteina legata ADF
- ▣ Proteina B3 = proteina legata NDF - Proteina legata ADF
- ▣ Proteina B2 = PG - Prot. A- prot. B1 - prot. B3 - prot. C

- ▣ CHO C = Lignina x 2.4
- ▣ CHO B2 = NDF - CHO C – proteina legata NDF
- ▣ NFC = 100 - Lipidi - Ceneri - NDF - PG
- ▣ CHO B1 = NFC x % Amido+fibra solubile (pectine) in NFC
- ▣ CHO A = NFC - CHO B1

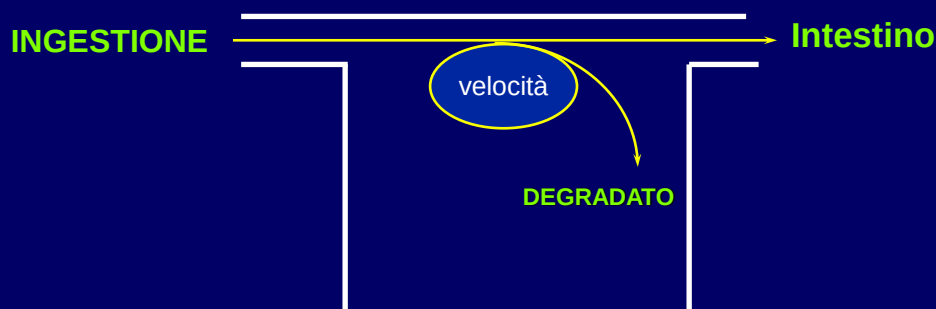
71

Frazionamento e degradazione



72

La velocità di degradazione e transito delle frazioni alimentari determinano la degradazione nel rumine



73

Velocità di transito (Kp)

- Velocità (%/h) con cui l'alimento attraversa il rumine
- **Dipende dall'alimento nel suo insieme**
 - tutte le frazioni dello stesso alimento viaggiano assieme
- **E' influenzata dal tipo di alimento**
 - foraggi più lenti dei concentrati
 - alimenti più sminuzzati o densi più veloci
- **Aumenta al crescere del livello di ingestione**
- $Kp = 1 / MRT$ **MRT** = tempo medio di ritenzione rumin., h
- Es. $Kp = 5\%/h = 0.05$, $MRT = 1/0.05 = 20$ h

74

Transito ruminale (**Kp**) e tempo medio di ritenzione ruminale (**MRT**)

Liquidi: 4 - 12 %/hr
Concentrati: 2 – 10 %/hr
Foraggi: 1 – 4 %/hr

Esempio

Vacca ingerisce 20 kg/d
mantiene 15 kg di SS mediamente nel rumine e 0.35 kg di
SS/h fluiscono verso abomaso e duodeno

Transito = $0.35 \text{ kg/h} / 15 \text{ kg} = 0.023/\text{h}$ o 2.3%/h

Tempo di ritenzione (MRT): $1/0.023 = 45.3 \text{ ore}$

Transito (Kp) = $1/\text{MRT}$

In realtà questi calcoli si fanno sulle **frazioni indigeribili** (ad es. ADL, iNDF) della razione, nell'ipotesi che le stesse si muovano con la stessa velocità di quelle digeribili

75

**Fattori che influenzano
la velocità di transito**

76

Fattori che influenzano la velocità di transito

- **Livello di ingestione**

- Con l'aumento del livello di ingestione (SS ingerita in % del peso corporeo):
 - Aumenta la velocità di transito dei **liquidi** e dei **solidi**
 - In realtà il fattore che più influenza il transito è il livello di ingestione (% del PV) di NDF ruminabile

<u>Livello ingest., % PV</u>	<u>Kp, %/h</u>		
	<u>Liquidi</u>	<u>Concentrati</u>	<u>Foraggi</u>
< 1.24	4.4	3.6	1.8
1.25 – 1.75	6.2	3.6	3.1
1.75 – 2.25	7.8	4.5	3.9
> 2.25	8.6	6.3	4.5

77

- **Osmolarità**

- Aumento osmolarità ruminale con aggiunta di NaCl o NaHCO₃ → Aumento della velocità di transito del liquido ruminale e delle sue particelle

- **Velocità di degradazione**

- se aumenta le particelle alimentari vengono frantumate prima → aumento della velocità di transito

- **Forma fisica**

- La macinazione e la pellettatura aumentano il Kp e l'ingestione alimentare

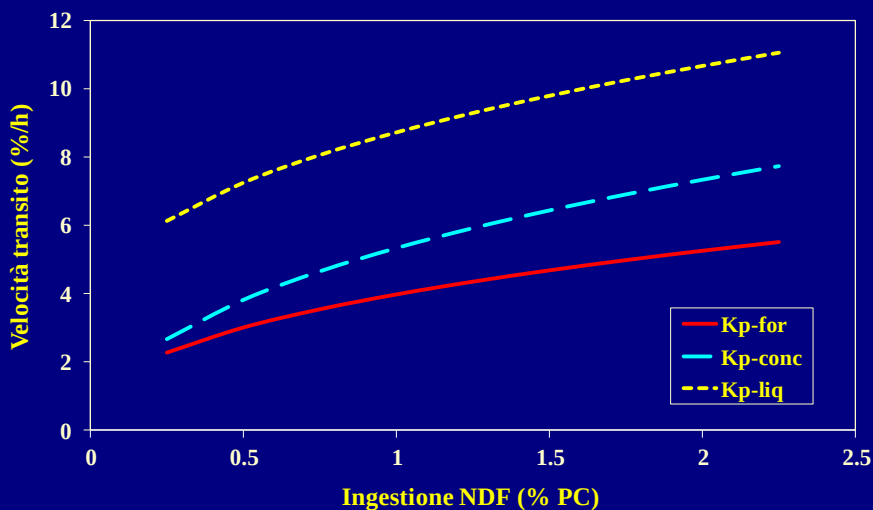
- **Quantità totale di NDF ingerita per giorno:** agisce come un "pistone" in un cilindro, spinendo fuori l'alimento residente

- **Peso specifico funzionale (acqua inclusa)**

- > 1.2 aumenta la Kp delle particelle alimentari
- > 1.4 la Kp delle particelle alimentari diminuisce (particelle troppo pesanti, si depositano nel reticolo e nella parte ventrale del rumine)

78

CNCPS Ovini: velocità di transito (Kp)



79

- **Specie e razze**

- Kp simile se animali alimentati allo stesso livello di ingestione di NDF

- **Gravidanza**

- A partire dal terzo trimestre di gravidanza, l'utero toglie spazio al rumine, causando un aumento della KP dei solidi e dei liquidi

- **Lattazione**

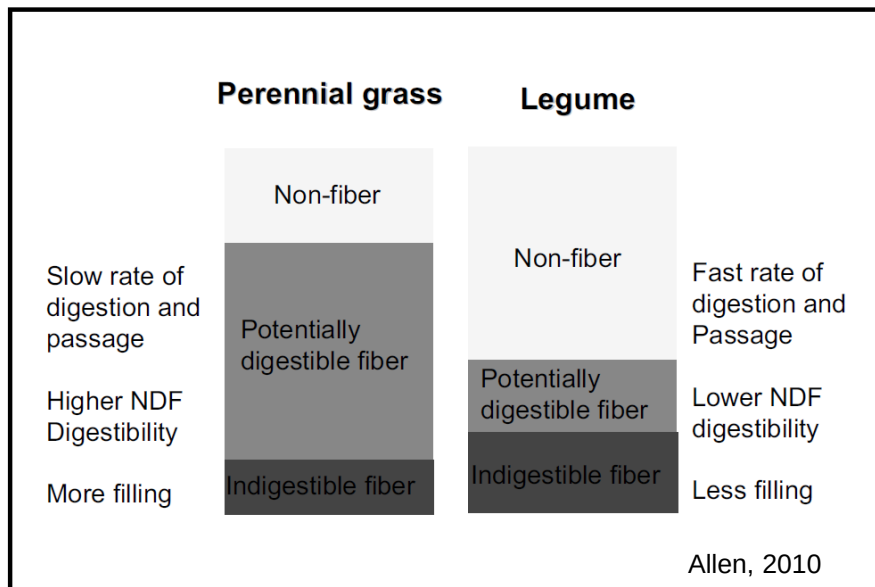
- Tanto maggiore la produzione di latte, tanto maggiore ingestione e Kp dei liquidi e dei solidi

- **Ambiente**

- Basse temperature aumentano ingestione → maggiore Kp liquidi e solidi
- Alte temperature diminuiscono ingestione → minore Kp liquidi e solidi

80

Qualità dei foraggi



81

Stima velocità di transito (Kp)

$$Kp[\text{foraggio}] (\%/h) = 1.82 \text{ D-NDFI}^{0.40} \exp(0.046 \text{ D-PG}\%)$$

$r^2 = 0.53$; (45 ovini, 100 bovini, 8 capr., 4 bufali) (Cannas & Van Soest, 2000)

$$Kp[\text{concentrato}] (\%/h) = 1.572 Kp[\text{foraggio}] - 0.925$$

$r^2 = 0.65$; (6 ovini, 4 capre, 26 bovini) (Cannas and Van Soest, 2000)

$$Kp[\text{liquido}] (\%/h) = 0.976 Kp[\text{concentrato}] + 3.516$$

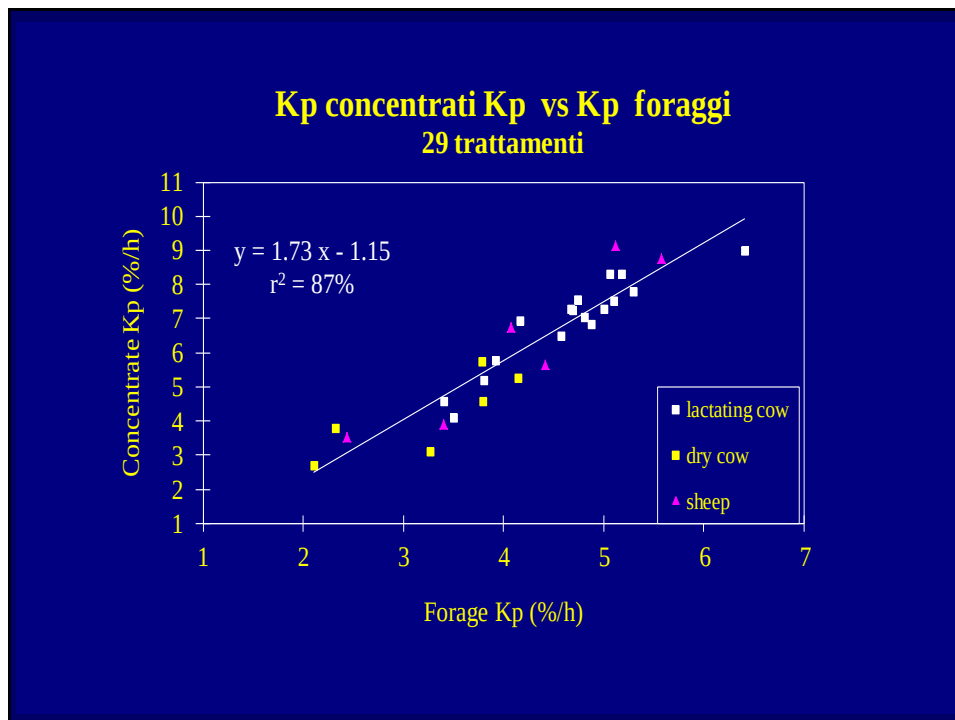
$r^2 = 0.45$, $n=28$ (6 ovini, 22 bovini) (Cannas et al., 2003)

dove:

D-NDFI = ingestione totale NDF, % peso corporeo

D-PG% = concentrazione PG razione, % SS

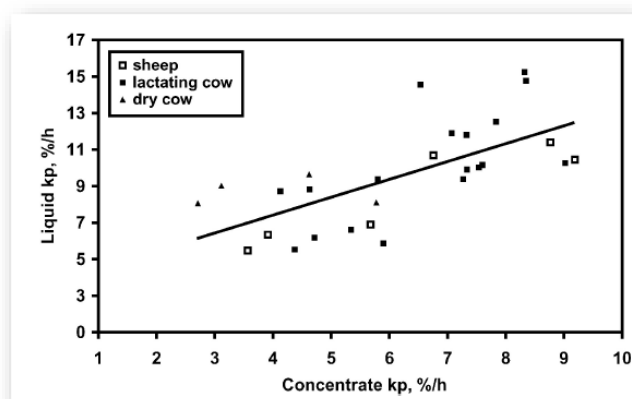
82



83

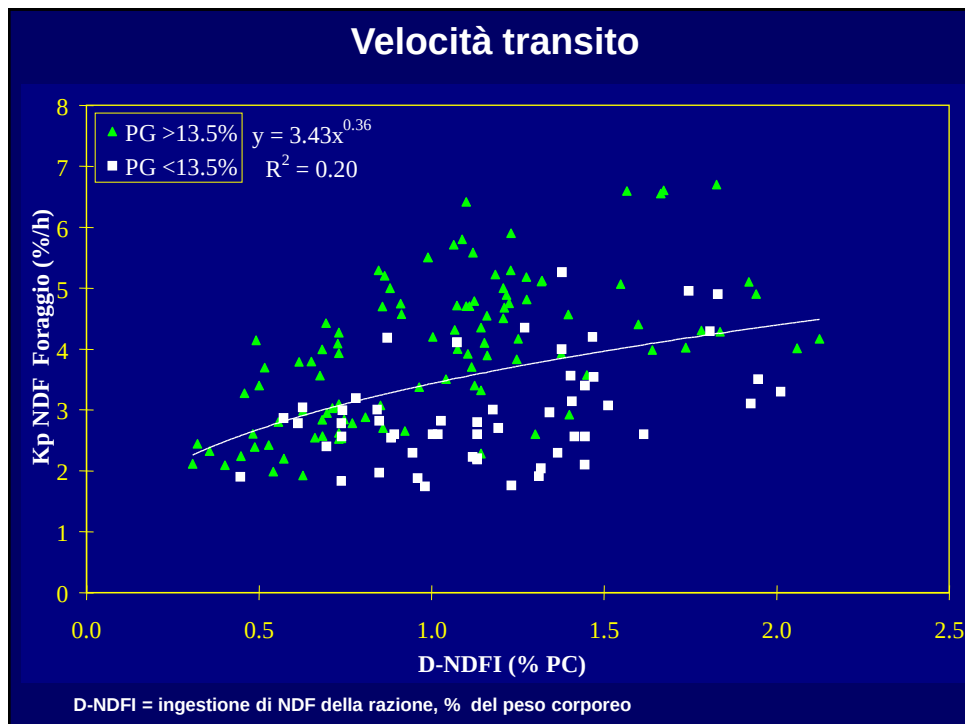
Velocità di transito ruminale dei liquidi

- Relazione lineare con $Kp_{Concentrati}$
- $Kp_{Liquidi} = 0.976 \times Kp_{Concentrati} + 3.516$ ($r^2 = 45\%$)

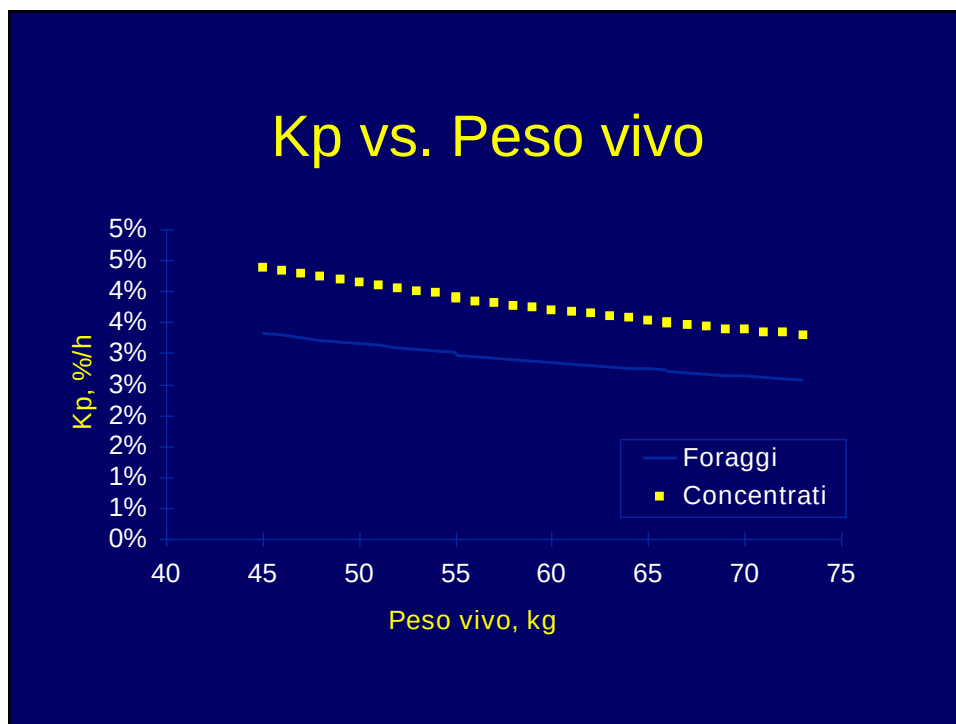


Cannas et al. (2007; JAS 82:149)

84

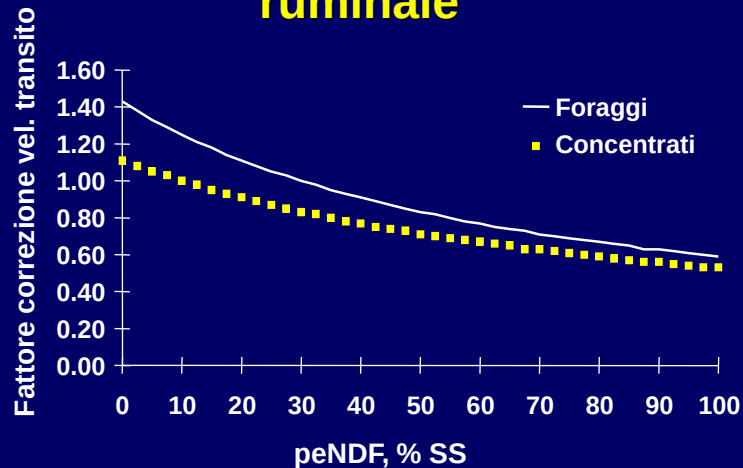


85



86

Effetto del peNDF sul transito ruminale



peNDF = NDF fisicamente effettivo = % di NDF con dimensione > 1.2 mm (ruminabile)

87

CNCPS = correzione Kp in funzione della % di fibra effettiva della razione

Kp è corretto per tener conto della dimensione media degli alimenti che ne condiziona la ruminabilità (peNDF, fibra > 1.2 mm):

$$Af[\text{foraggi}] = 100 / (\text{peNDF} + 70)$$

$$Af[\text{concentrati}] = 100 / (\text{peNDF} + 90)$$

Dove peNDF è la concentrazione (rispetto all'unità) di fibra fisicamente effettiva (ruminabile) in ciascun alimento della razione

88

Tempo di ritenzione ruminale e sequenza pasti

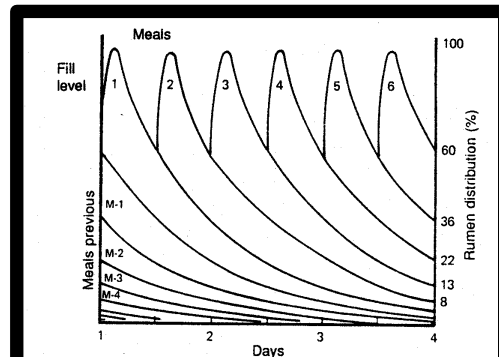


Figure 23.1. The influence of previous meals on cumulative fill, which is the sum of the residues from previous meals (M) remaining in the digestive tract or the rumen. The disappearance of ingesta through digestion and passage causes diurnal variation in cumulative fill. Residues from earlier meals are denoted M-1, M-2, and so on. Rumen distribution is the theoretical rumen composition over time, constrained by twice-daily feeding, 4-h lag to maximum intake, and mean retention time of 24 h for total dry matter. Figure 23.4 plots the mathematical treatment of an individual meal curve. The assumption is made in passage measurements that an individual pulse is representative of the other meal pulses.

89

Degradabilità ruminale

$$Rd = I * \frac{kd}{kd + kp}$$

□ Calcolata per ciascun alimento e sua frazione separatamente, dove:

- ✓ **Rd** = Quantità degradata nel rumine, g/d
- ✓ **I** = Ingestione di un certa frazione di un certo alimento, g/d
- ✓ **kd** = velocità di degradazione di una certa frazione, %/h
- ✓ **kp** = Velocità di transito, %/h

90

CNCPS – Degradabilità ed escape ruminale

- La % di una certa frazione proteica (ad es. fraz. B1) di un certo alimento fermentata nel rumine è pari a:

$$\text{Degradabilità ruminale B1} = \frac{Kd_{B1}}{Kd_{B1} + Kp}$$

- La % di una certa frazione proteica (ad es. fraz. B1) di un certo alimento che lascia il rumine indegradata è pari a:

$$UIP_{B1} = 1 - \text{Diger. Ruminale B1}$$

Kd = velocità di degradazione (%/h) fraz. B1 di un certo alimento

Kp = velocità di transito (%/h) dell'alimento in cui la frazione B1 è contenuta

91

Esempio: proteina di farina di soia degradata nel rumine con diverse velocità di degradazione e transito

		velocità degradazione	Velocità transito			
			3%	5%	7%	9%
NPN	A	Istant.	100%	100%	100%	100%
Proteina veloce	B1	230%	98.7%	97.9%	97.0%	96.2%
Proteina media	B2	11%	78.6%	68.8%	61.1%	55.0%
Proteina lenta	B3	0.2%	6.3%	3.8%	2.8%	2.2%
Digeribilità rumin. totale PG			77.0%	69.5%	63.6%	59.0%

Farina Soia : Frazioni proteiche (% della PG)

A = 9.0% **B1** = 9 % **B2** = 75.0% **B3** = 3.0% **C** = 4.0%

92

Proteina di farina di soia degradata nel rumine con diverse velocità di degradazione e transito

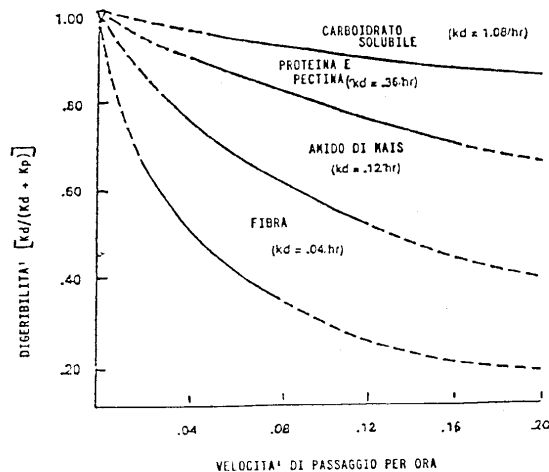
		velocità degradazione	Velocità transito			
			3%	5%	7%	9%
NPN	A	Istant.	100%	100%	100%	100%
Proteina veloce	B1	230%	98.7%	97.9%	97.0%	96.2%
Proteina media	B2	11%	78.6%	68.8%	61.1%	55.0%
Proteina lenta	B3	0.2%	6.3%	3.8%	2.8%	2.2%
Digeribilità rumin. totale PG			77.0%	69.5%	63.6%	59.0%

Farina Soia : Frazioni proteiche (% della PG)

A = 9.0% B1 = 9 % B2 = 75.0% B3 = 3.0% C = 4.0%

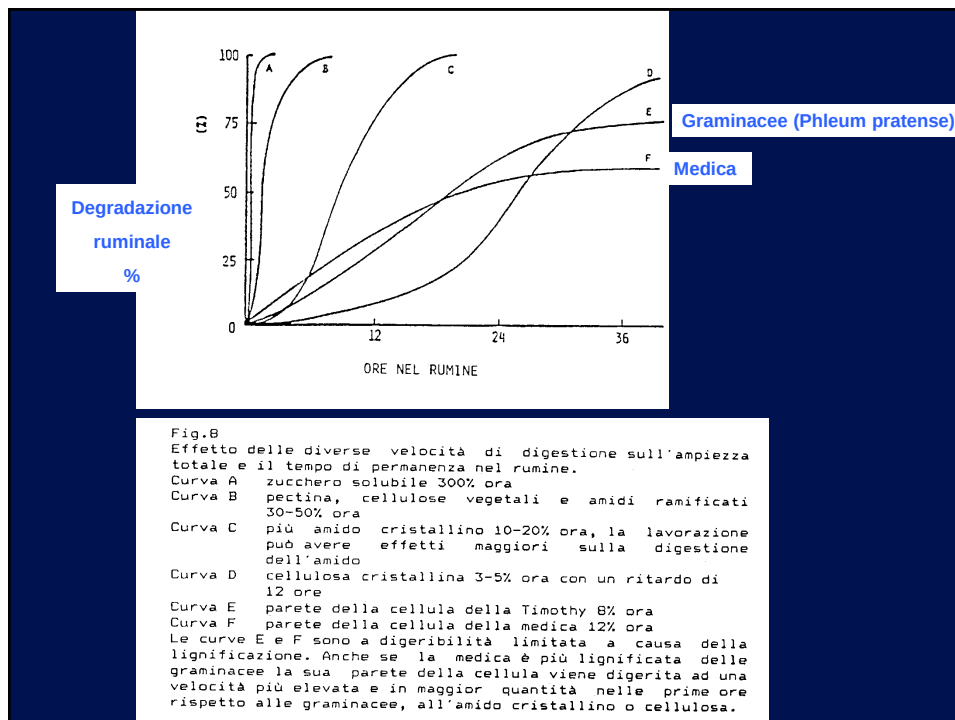
93

Fig. 4

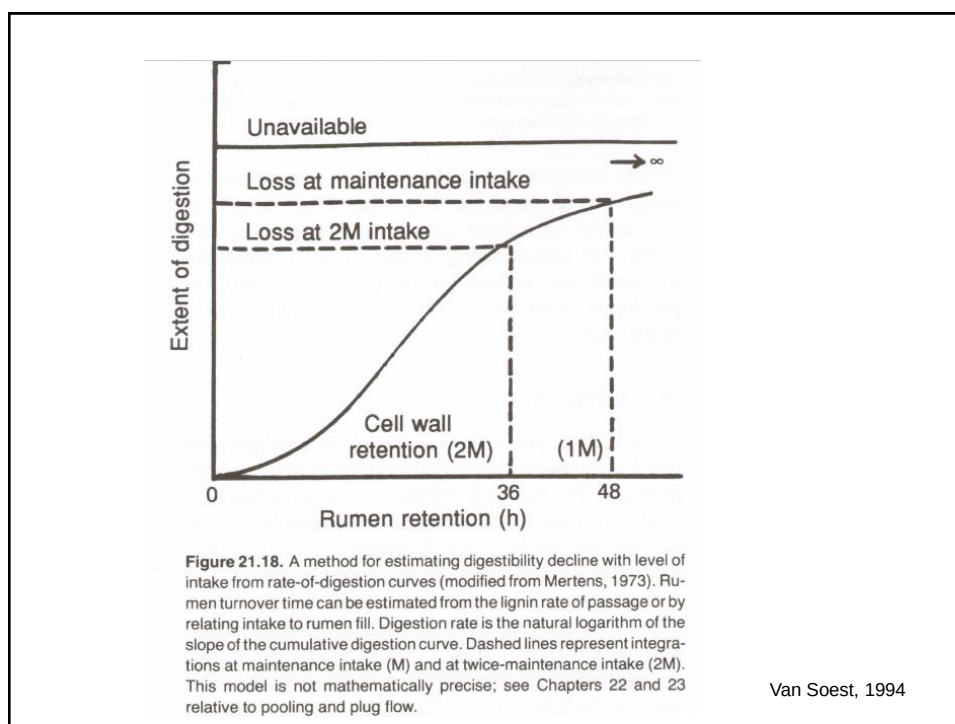


Effetto delle variazioni della velocità di transito (rispetto all'unità), dovuta a variazioni di ingestione alimentare, con la digeribilità di frazioni con diverse velocità di degradazione

94

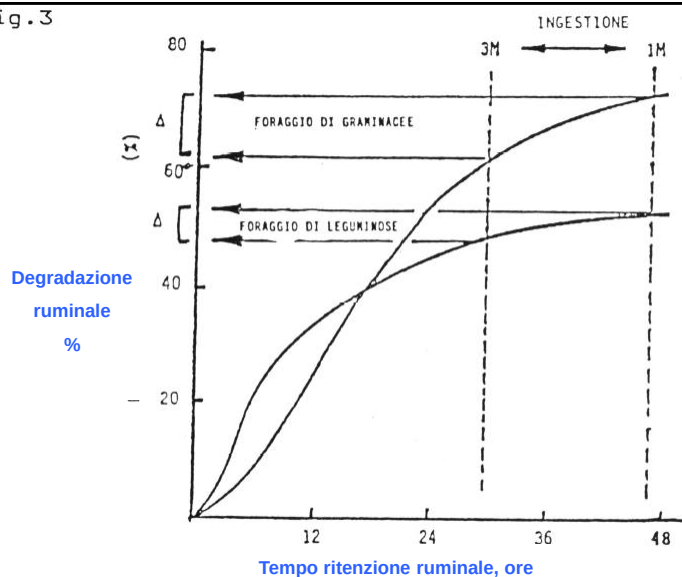


95



96

Fig.3



Con **tempi di ritenzione ruminali bassi** (poche ore di fermentazione, ad es. animali in lattazione) **la medica è più digerita**, con molte ore (ad esempio animali in asciutta) le graminacee sono favorite (Van Soest, 1994).

97

Esempio del valore degli alimenti nel CNCPS

	Velocità transito	RDP %PG	NEL -- Mcal/kg --	NEg	MTP g/kg
Medica	Asciutta	71	1.43	0.78	51
	lattaz., pH = 6.2	54	1.27	0.57	41
	lattaz., pH = 5.7	54	1.12	0.36	20
Mais	Asciutta	52	2.07	1.52	61
	lattaz., pH = 6.2	39	1.98	1.42	48
	lattaz., pH = 5.7	39	1.95	1.39	27
Farina soia	Asciutta	75	2.14	1.60	66
	Lattaz., pH = 6.2	63	2.10	1.57	33

RDP = proteina fermentata nel rumine

MTP = proteina vera microbica digerita nell'intestino

98

Sintesi microbiche

Meccanismi

99

Fermentazioni e sintesi batteriche nei ruminanti

- **Essenziali per utilizzare i CHO strutturali (NDF, pectine)**
- **Principale (50-80%) fonte di proteine ed aminoacidi essenziali per i ruminanti**
- **Proteine batteriche: alto valore biologico (AA essenziali in proporzioni ottimali, comunque migliori rispetto alle proteine vegetali)**
- **Le più convenienti dal punto di vista economico**
- **Principale fonte di vitamine idrosolubili e azione detossificante**

100

Proteina digerita nell'intestino (PDI) = proteina metabolizzabile (MP)

- **proteina alimentare non fermentata nel rumine e digerita nell'intestino**
(proteina **by-pass** o **escape**, chiamata anche **RUP** o **UIP** a seconda dei sistemi)
- **proteina microbica** (soprattutto **batterica**) **digerita nell'intestino**
- **proteina endogena** (residui epiteli, enzimi, microrganismi)

101

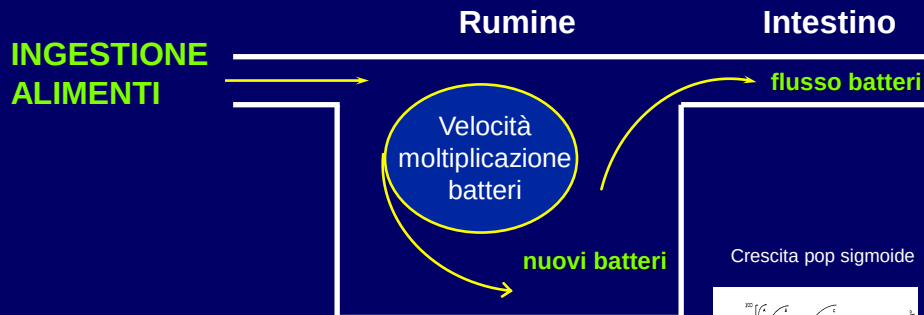
Classi di batteri

Sintesi microbiche → 2 classi di batteri:

- **Batteri NFC:**
 - fermentano zuccheri semplici, amidi, pectine
 - substrati con **Kd alto**
 - fabbisogni di mantenimento alti: 0.15 g CHO/g batteri x ora
 - Usano **peptidi o NH₃** come fonte N
 - Sino a 2/3 dei fabbisogni coperti da peptidi
- **Batteri SC:**
 - fermentano fibra (cellulosa, emicellulose)
 - substrati con **Kd basso**
 - fabbisogni mantenimento bassi: 0.05 g CHO/g batteri x ora
 - Usano **solo NH₃** come fonte N

102

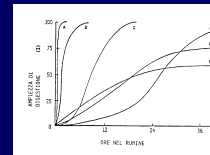
Sintesi batteriche ruminali e flusso batterico verso intestino



Obiettivi

- max efficienza uso substrato (**g di batteri/g CHO**)
- max flusso batterico verso intestino (**↑ proteina batterica digerita nell'intestino**)

Crescita pop sigmoide



103

CNCPS (1992-2003)

- Il flusso dei batteri dal rumine all'intestino è stimato sulla base della Kp dei liquidi e della fibra
- **Fabbisogno di N dei batteri prodotti da fermentazione CHO = 10 g di N per 100 g di batteri**
 - Se N nel rumine è carente, ↓ sintesi batteriche e kd
- **Composizione batteri = 62.5% PG**, di cui il **60% è proteina vera** (il restante N non è metabolizzabile)
- **Digeribilità proteina batteri nell'intestino = 100%**

104

Efficienza microbica

- **Efficienza microbica: g batteri/g substrato fermentato.** Tanto più è elevata tanto maggiore è la capacità dei batteri di sfruttare gli alimenti
- **Efficienza microbica variabile** a seconda di molti fattori:
 - Sincronizzazione dei nutrienti: **si abbassa se c'è bassa sincronizzazione**
 - Quantità e tipo (fibra vs. NFC) di CHO fermentati nel rumine : **> quanto è più alto il Kd**
 - Fabbisogni di mantenimento dei batteri: **minori nei cellulolitici, maggiore efficienza**

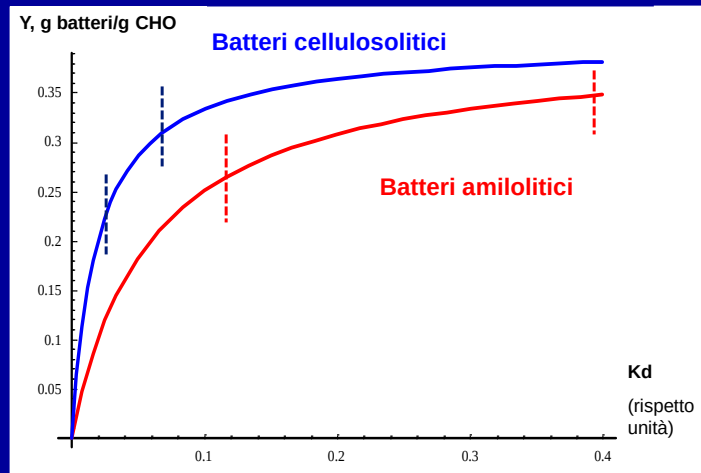
105

Efficienza microbica

- **Efficienza microbica:**
 - Bilancio N e peptidi del rumine: **si abbassa se mancano NH_3 o peptidi**
 - Velocità di transito dei solidi e dei liquidi: **tende ad aumentare aumenta al crescere del Kp (cicli vitali batterici più veloci)**
 - pH ruminale: **si abbassa quando il pH diminuisce**
 - Predazione protozoi: **riducono l'efficienza microbica**

106

Efficienza microbica: batteri amilolitici vs. cellulosolitici



107

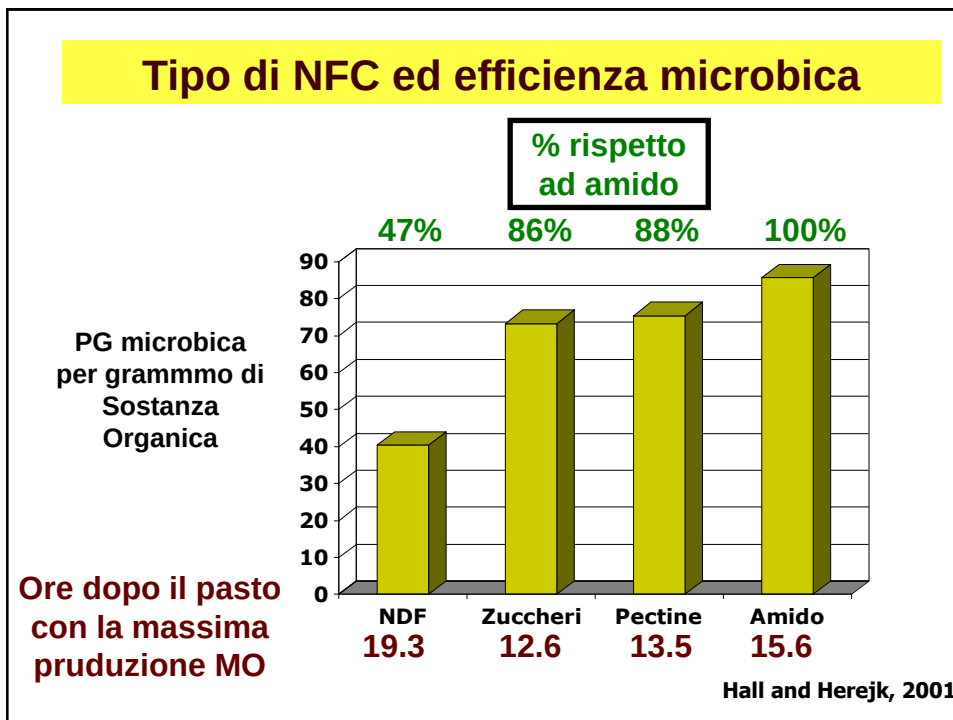
CNCPS (1992-2003)

Produzione batteri da una certa frazione CHO

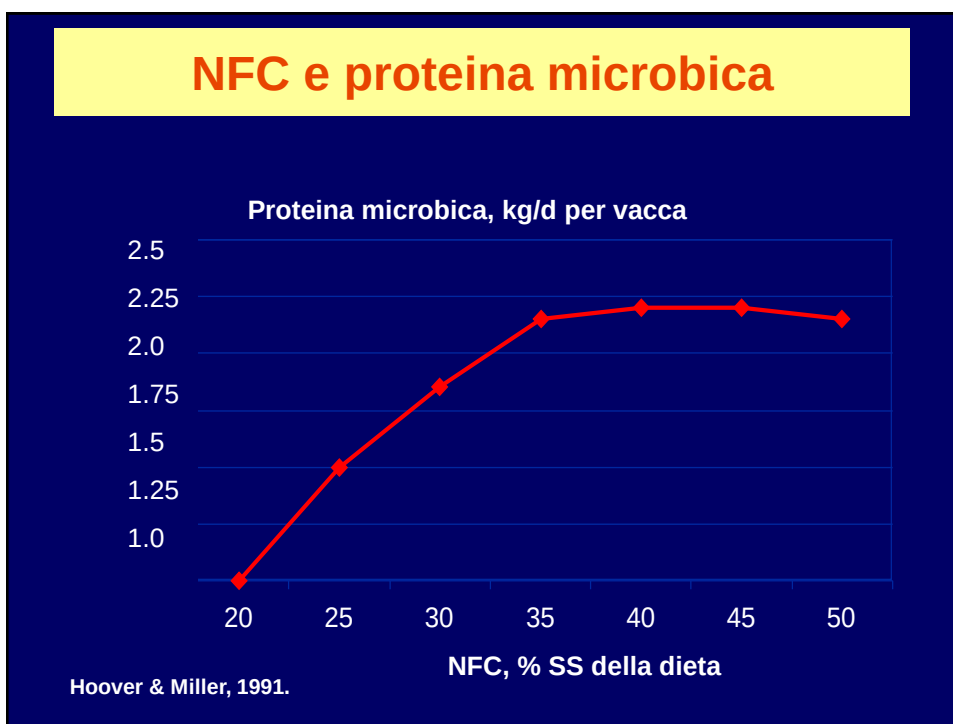
$$Prod. Batteri (g/d) = S \times Y \times (1 + Pept_{ADJUST})$$

- **S** = substrato fermentato (g/d)
- **Y** = efficienza batteri (g batteri/g CHO) → $\frac{1}{Y} = \frac{m}{Kd} + \frac{1}{Y_{MAX}}$
- **Y_{MAX}** = efficienza crescita max teorica **0.05 g batteri/ g CHO**
 - ridotto del 20% per tener conto di predazione protozoi
 - diminuisce se il pH ruminale diminuisce
- **m** = fabbisogno di mantenimento dei batteri (g CHO/g batteri x ora)

108

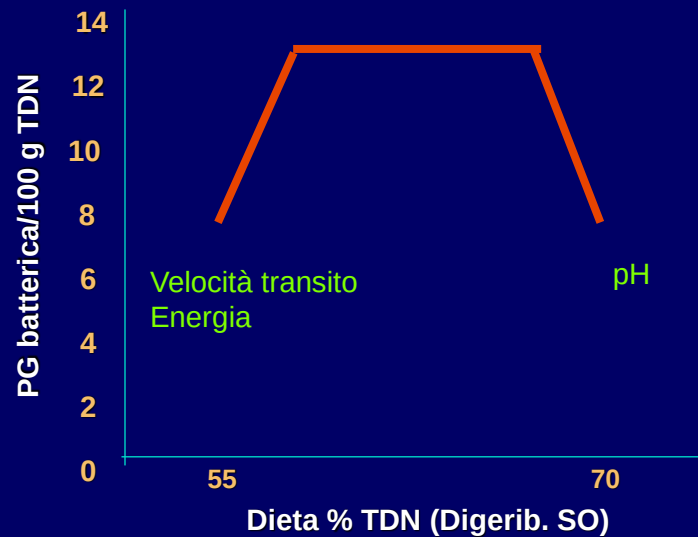


109



110

Effetto della velocità di degradazione e transito sulla produzione di proteina microbica



111

Sintesi ruminale e flusso batteri verso intestino

Multiplic. batterica	Flusso intestinale batteri	Cause	Effetti
↑ ↑ ↑	↑	Basso Kp liquidi e solidi (ad es. troppa fibra lunga)	↑ Costi mant. batteri ↓ Efficienza batterica ↓ MP batterica intestino
↑	↑ ↑	Basso pH rumine Lunghi intervalli fra pasti Razione sbilanciata	Pochi batteri nel rumine ↓ digerib. alimenti
↑ ↑ ↑	↑ ↑ ↑	Razione bilanciata Alta ingestione	Max MP batterica Max efficienza batterica

112

Rapporto concentrato:fieno e AGV ruminali

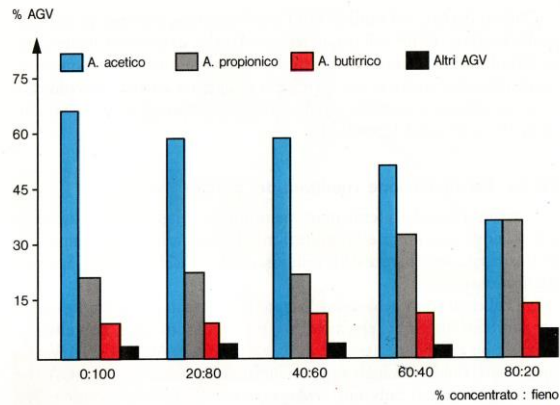
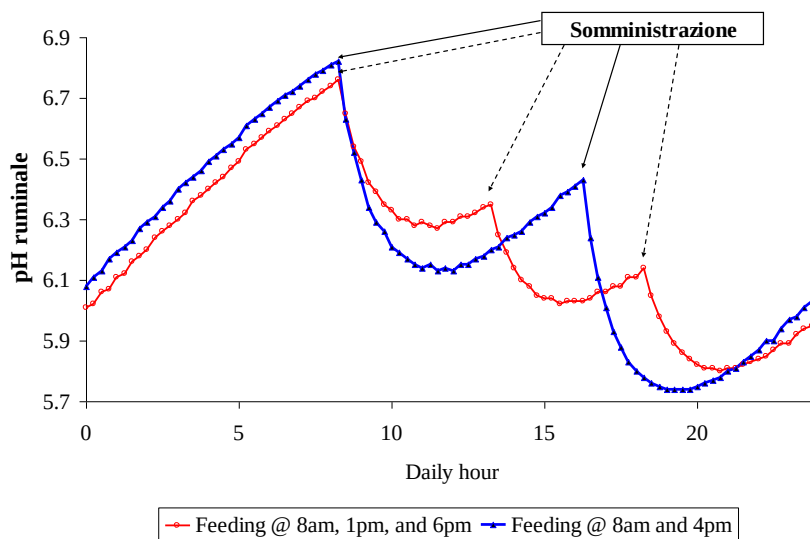


Fig. 117. Effetto del rapporto foraggi: concentrati sulla proporzione molare di AGV in pecore (da McDonald, 1981).

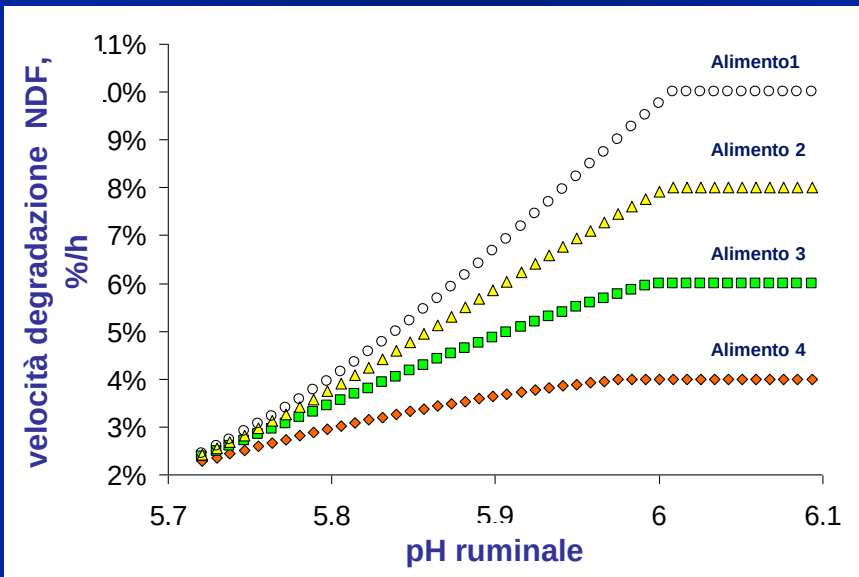
113

Frequenza pasti e pH ruminale



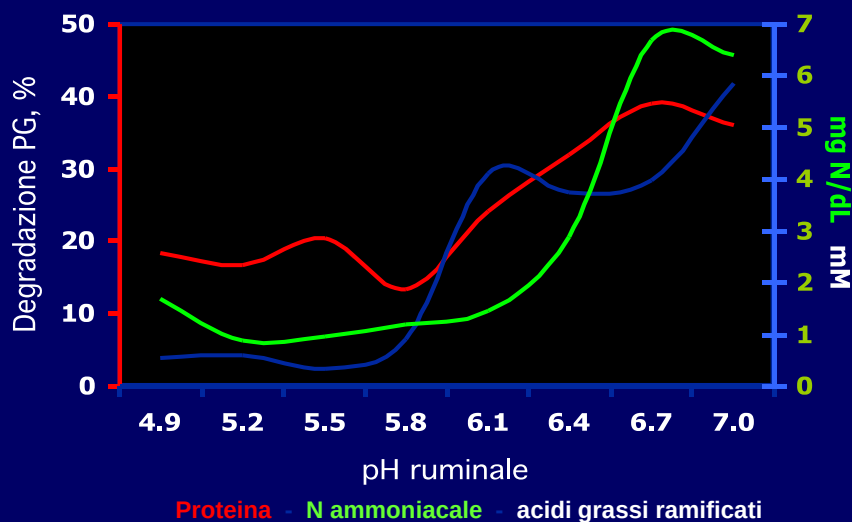
114

pH ruminale vs. velocità degradazione NDF



115

Effetto del pH sulla degradazione delle proteine



Cardozo et al. (2001)

116

Esempio del valore degli alimenti nel CNCPS

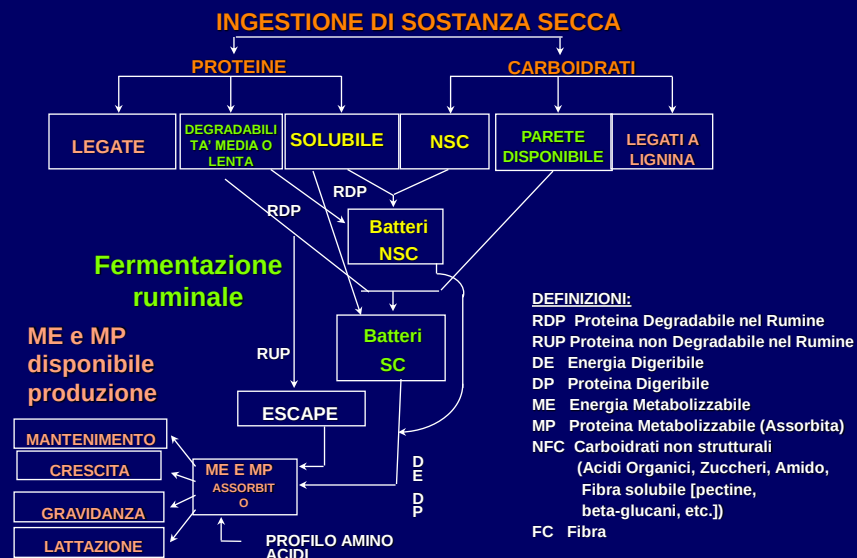
	Velocità transito	RDP %PG	NEL -- Mcal/kg --	NEg	MTP g/kg
Medica	Asciutta	71	1.43	0.78	51
	lattaz., pH = 6.2	54	1.27	0.57	41
	lattaz., pH = 5.7	54	1.12	0.36	20
Mais	Asciutta	52	2.07	1.52	61
	lattaz., pH = 6.2	39	1.98	1.42	48
	lattaz., pH = 5.7	39	1.95	1.39	27
Farina soia	Asciutta	75	2.14	1.60	66
	Lattaz., pH = 6.2	63	2.10	1.57	33

RDP = proteina fermentata nel rumine

MTP = proteina vera microbica digerita nell'intestino

117

CNCPS: flusso dei principi nutritivi



118