

## RELACIÓ ENTRE FERMENTACIÓ I PRODUCCIÓ D'ÀCIDS AL RUMEN I NECESSITATS DE FIBRA FÍSICAMENT EFECTIVA

Relation between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. Michael S. Allen 1997 J Dairy Sci 80: 1447-1462.

Els remugants necessiten farratges per mantenir un entorn estable al rumen, la qual cosa servirà per maximitzar la producció i mantenir la salut.

Balch (1971) va proposar que el **temps de mastegar per unitat de MS** s'hauria d'emprar com un índex de valoració dels farratges, i molts aliments per al bestiar tenen una caracterització segons el temps total de mastegar (**TCT**) expressat en **minuts per kg MS**. També s'expressa en **minuts per kg de NDF ingerits**. Però aquestes expressions relacionades amb els conceptes químics no són gaire adequades. Hi ha moltes diferències segons les partícules dels aliments, ja que l'eficàcia de la fibra entre farratges i no farratges és molt variable.

Les característiques físiques i químiques no es poden emprar soles com a mesures de les necessitats en fibra, ja que la fermentació ruminal de la fibra és molt variable, i, a més a més, el contingut de fibra a la ració afecta la fermentació i la producció d'àcids per dilució o concentració de la fracció no fibrosa de la ració.

La **taxa de greix** sempre s'ha relacionat amb la **fibra**, i s'empra per determinar el contingut mínim en NDF de les racions. Però a l'inici de la lactació no és tan fàcil d'aplicar aquesta relació. Al postpart les racions amb baix contingut de fibra i alt contingut en midó fan que s'augmenti la ingestió d'energia però també fan aparèixer el risc d'acidosi ruminal.

S'ha cercat que sigui el **pH ruminal** el que millor reflecteixi les necessitats en fibra durant l'inici de la lactació, de manera que les dietes es poden equilibrar o compondre amb l'objectiu de mantenir un pH adequat al rumen.

↓ pH ⇒ ↓ gana, ↓ mobilitat ruminal, ↓ producció microbiana, ↓ digestibilitat de la fibra

↓↓ pH ⇒ ↑ problemes de salut (laminitis, ulceració ruminal, abscessos al fetge, etc.)

La variació en el pH ruminal està estretament relacionada amb el **maneig de l'alimentació** (freqüència de menjars, adaptació a la dieta), i no tant amb la formulació de la dieta. Per tant, aquesta variació del pH s'ha de considerar quan es vulgui elegir l'òptim pH.

La taxa de greix (%) a la llet i el pH ruminal estan relacionats, significativament ( $p < 0,0001$ ), però amb un  $R^2$  de 0,39 (**pH = 4,44 + 0,46 x tg**). Tot i això, sembla que serà més útil predir el pH ruminal a través de la formulació de dietes.

### Producció d'àcids i neutralització.

El pH ruminal s'afecta molt amb els menjars i el mastegar. Després de menjar el pH baixa. Durant el remuc el pH puja. Si l'àpat és gran (molt aliment per àpat) la baixada del pH després de l'àpat és més ràpida. També aquesta baixada del pH és ràpida quan la concentració de NDF a la ració és baixa.

La concentració alimentària de NDF no està relacionada amb el pH ruminal. Per a les dietes farratgeres la concentració alimentària de NDF està relacionada amb el temps total de mastegar, i per tant amb el flux salivar que entra al rumen. Tot i això, la concentració alimentària de NDF no està altament relacionada amb el temps de mastegar o la degradació ruminal de MO per a la majoria de racions usals a les vaques.

La concentració en **AGV** està negativament relacionada amb el pH, però no és una relació estreta, segurament per la variació que hi ha en la tamponització i la neutralització al rumen.

↑[NDF] ⇒ ↑ temps de mastegar total ⇒ ↑ flux salivar ⇒ ↓ fermentació àcida

Però també,

↑[NDF] ⇒ ↑ atipament ruminal ⇒ ↓ MSI ⇒ ↓ temps de mastegar total

Augmentar l'eficàcia física de la NDF per tal d'incrementar el flux salivar, pot ser una alternativa desitjable per mantenir el pH ruminal, ja que això faria augmentar la fermentació ruminal i la producció de proteïna microbiana.

El pH ruminal està relacionat positivament amb el % NDF farratger de la MS de la ració ( $R^2 = 0,63$   $p < 0,0001$ ), però no amb d'altres factors (% NDF de la ració, % ADF, ingestió MO, MO digerida al rumen, etc.). Hi ha una interrelació molt acusada entre tots ells, de manera que si es fa una regressió múltiple s'obté que el pH ruminal està relacionat segons la següent equació:

$$\text{pH ruminal} = 3,98 + 0,011 \times \text{NDF} + 0,004 \times \text{MOI} + 0,031 \times \text{FaNDF} + 0,18 \times \text{PLI2} - 0,15 \times \text{PLI3}$$

( $R^2 = 0,95$   $p < 0,0001$ )

NDF, % sobre la MS

MOI, kg MO ingerida per dia

FaNDF, % NDF farratger

PLI2, índex de longitud de partícules ( $\geq 0,3$  cm)

PLI3, índex de longitud de partícules (fenc llarg)

PLI1 = 0

PLI2 = 0,0519

PLI3 = -0,2145

#### Producció ruminal d'àcids

Els àcids produïts al rumen provenen de la fermentació de la MO, i també del consum d'ensitjats (làctic). La fermentació dels carbohidrats (més del 65 % MS a dietes per a vaques) és molt variada entre els diferents aliments i racions.

La variació a la **degradació ruminal** entre aliments tendeix a ser més alta per als farratges picats més fins i per a les fonts de fibra no farratgera, a causa de les diferències en el temps de retenció, i a que la consistència ruminal afecta aquest temps de retenció.

Exemple:

Variació de la degradació ruminal de la farina de blat de moro : 51 a 93%

Variació de la degradació ruminal de la farina de sorgo : 41 a 91%

#### Sortida dels àcids

Per absorció a través de la paret ruminal i per pas a través de l'orifici omasal. L'**absorció d'AGV** no es fa en forma ionitzada sinó que és resultat de la transferència de  $H^+$ . Si el pH és alt hi ha pocs AGV a la forma associada ( $Ac^- H^+$ ) i el flux de transferència es redueix.

$C_2$   $C_3$   $C_4$  a pH neutre s'absorbeixen a la mateixa o similar velocitat.  $\downarrow$  pH  $\Rightarrow$  l'absorció és més àmplia a major massa molecular de cada àcid. Sembla, però que el  $C_2$  té una velocitat d'absorció de 0,32/hora més o menys constant, però en els altres si el pH baixa de 7,2 a 4,5, el  $C_3$  passa de 0,35/h a 0,68/h i el  $C_4$  passa de 0,28/h a 0,85/h, amb les conseqüències que això tindrà sobre el metabolisme.

La **saliva** és la primera font del flux d'aigua que entra al rumen, superior a **308 l/dia** a vaques. L'**aigua** que beuen depèn molt del tipus d'aliment i de l'estat fisiològic (per exemple, a l'inici de la lactació beu un promig de **89 l/dia**).

### Neutralització i predicció del temps emprat en mastegar.

El flux salivar varia amb l'activitat masticatòria. El flux en el postpart, segons les experiències realitzades, durant el temps de repòs era de 151 ml/min, i durant el temps de menjar era de 177 ml/min. De la 4<sup>a</sup> a la 8<sup>a</sup> setmana el flux durant el temps de repòs passava de 130 a 173 ml/min.

La capacitat tampó del flux total salivar (SBF) en meq/dia depèn de:

- el **temps** dedicat a **descansar (IT)** en min/dia
- el **temps** dedicat a **menjar (ET)** en min/dia
- el **temps** dedicat a **rumiar (RT)** en min/dia
- el **flux** en el **descans (IF)** en l/min
- el **flux** en el **menjar (EF)** en l/min
- el **flux** en la **rumia (RF)** en l/min
- i de la **capacitat tampó de la saliva (BCS)** que és 152 meq/l

I s'expressa mitjançant la següent equació:

$$SBF = [(IT \times IF) + (ET \times EF) + (RT \times RF)] \times BCS$$

Una vaca que menja durant 279 min/dia i rumia durant 400 min/dia s'estima un flux de 273 l/dia emprant els següents fluxos: 0,151 l/min en el descans, 0,177 l/min en el menjar i 0,272 l/min en el remuc, en conseqüència la capacitat tampó del total de saliva secretada serà aproximadament de 41.500 meq/dia.

Cal recordar que els aliments també tenen capacitat tampó, però és molt variable entre d'ells:

Grans de cereals	Baixa capacitat tampó
Farratges amb baixa proteïna	Intermèdia
Gramínies	Intermèdia
Farratges amb alt contingut de proteïna	Alta
Lleguminoses	Alta

Per a cada farratge la capacitat tampó augmenta amb la maduresa, i, també, quan s'ensitja.

Per fer la predicció de la capacitat tampó del total de saliva segregada s'han de conèixer els temps dedicats a cada activitat (ET i RT).

Existeix una relació entre el **temps dedicat a mastegar**, en min/dia, i el **nombre de mastegades per dia**:

**Mm** : nombre de mastegades al dia durant el **menjar**

**Mr**: nombre de mastegades al dia durant la **rumia**

**Mmr**: nombre **total** de mastegades al dia

**ET**: temps dedicat a **menjar** en min/dia

**RT**: temps dedicat a **rumia** en min/dia

**TCT**: temps **total** de mastegar

*Durant el menjar*                    **Mm** = -5.854 + 84,75 x ET ( $R^2 = 0,89$ ,  $p < 0,0001$ )

*Durant la rumia*                    **Mr** = -4.281 + 71,29 x RT ( $R^2 = 0,95$ ,  $p < 0,0001$ )

*Durant el dia*                        **Mmr** = - 12.390 + 80,59 x TCT ( $R^2 = 0,94$ ,  $p < 0,0001$ )

El TCT es relaciona amb **factors alimentaris** de la següent manera:

$$TCT = 544,6 + 159,9 \times PLI2 + 317,1 \times PLI3 - 12,1 \times MSI + 9,2 \times FaNDF \quad (R^2 = 0,69, p < 0,01)$$

La MSI (kg per dia) està negativament relacionada amb el total del temps dedicat a mastegar, i el % de NDF provinent dels farratges (FaNDF) ho està positivament.

La longitud de les partícules té un ampli efecte sobre el TCT; si la longitud del farratge és més gran de 0,3 cm en lloc del farratge picat molt finament el TCT augmenta en 160 min, i si és farratge llarg augmenta 217 min.

S'estableixen tres categories de grandària de les partícules farratgeres:

Ø sedàs < 0,3 cm → PLI1

Ø sedàs ≥ 0,3 cm → PLI2

fenc llarg → PLI3

Per tal de calcular el **flux salivar** a partir de l'equació ( $SBF = [(IT \times IF) + (ET \times EF) + (RT \times RF)] \times BCS$ ) el TCT s'ha de dividir en temps emprat en menjar (ET) i en temps dedicat en remugar (RT), i per això existeix una equació que relaciona el **% del TCT dedicat a remugar (RP)**:

$$RP = 57,50 - 4,70 \times PLI3 - 0,26 \times FaNDF + 1,52 \times NDFI \quad (R^2 = 0,76, p < 0,01)$$

NDFI, és la NDF ingerida en kg/dia.

### Conclusions

Les necessitats en fibra s'han de calcular considerant l'eficàcia física i la producció fermentativa d'àcids.

Les dietes es poden formular per mantenir un adequat pH ruminal mitjà, i que les variacions estiguin minimitzades pel maneig del racionament.