

## EL MIDÓ EN ELS DIFERENTS ALIMENTS PER A VAQUES DE LLET

És un carbohidrat de reserva. La molècula està formada per dos tipus de polímers: AMILOSA i AMILOPECTINA. L'amilosa és lineal i l'amilopectina és ramificada. La composició en els aliments és variable, i hi ha components genètics que ho regulen.

El blat de moro amb la maduresa augmenta el contingut en amilosa. La qualitat del gra de midó depèn de la composició de cada polímer. Els d'endosperma farinós (blat de moro dentat, *dent corn* –*Zea mays indentata*) tenen més amilosa, i els d'endosperma corni (*flint corn* –*Zea mays indurata*) tenen més amilopectina. Quan l'endosperma és més corni que farinós, els grans de midó estan rodejats de proteïna, i això limita la seva digestibilitat. En el dentat (endosperma farinós) la digestibilitat del midó en els ensitjats és del 72,3 % i si és corni és del 61,6% (Johnson L *et al.* 1999).

Les cadenes o polímers del midó amb aigua calenta (60°C) tenen tendència a desenrotllar-se i formar una solució viscosa. Cada font de midó té la seva temperatura de gelatinització (ordi, 59-64°C; civada, 65-67°C; blat de moro dentat o farinós, 62-72°C, blat de moro corni, 66-69°C). Si després es refreda es pot produir una reassociació (*retrogradació*), que serà una forma resistent als enzims (*amilases*).

L'amilosa és responsable de que els cristalls siguin més grans i més forts, i, per tant, en general, requereixen temperatures més altes per a la gelatinització. L'amilosa pot recristalitzar (*retrogradació*), tornant-se més refractària a la digestió. En canvi, l'amilopectina tendeix a la formació de gel amb una retrogradació més limitada.

Tanmateix la digestibilitat dels grans de blat de moro en el rumen és molt variable, de 50 a 90%. Això i els fenòmens d'interacció dificulten les respostes a la ingestió d'una o altra forma de midó (segons la procedència del gra).

## PROPIETATS DEL MIDÓ DE DIFERENTS ALIMENTS

A la taula següent hi ha els principals aliments (ordenats alfabèticament) que complementen les racions per als remugants, amb les característiques associades al contingut del midó (**Sauvant D, et al. 1994; INRA Prod. Anim. 7(2), 115-124**).

És important observar les dades d'aquesta taula per entendre tot això de la degradabilitat del midó en el rumen, de la digestibilitat final, de la necessitat o no de subministrar un tipus o un altre de cereal, etc.

Aliments ordenats alfabèticament	Solubilitat %	Progressivament degradable %	Velocitat degradació % per hora	DT Degradabilitat teòrica %	Midó g/kg MS	Midó soluble g/kg MS	Midó digestible al rumen g/kg MS	Midó protegit g/kg MS
arròs	26	74	7,6	67,4	890	231	696	194
blat	70,8	29,3	19,4	93,1	690	489	625	65
blat de moro	23,4	76,6	4,9	57,9	740	173	545	195
civada	95,7	4,3	11	98,5	400	383	373	27
farina blat	86	14	17,8	96,5	730	628	674	56
faves	42,5	57,5	10,1	78,6	450	191	376	74
<b>glutenfeed</b>	<b>58,3</b>	<b>41,7</b>	<b>10,2</b>	<b>84,6</b>	<b>225</b>	<b>131</b>	<b>195</b>	<b>30</b>
<b>glutenmeal</b>	<b>23</b>	<b>77</b>	<b>28,6</b>	<b>86,6</b>	<b>190</b>	<b>44</b>	<b>166</b>	<b>24</b>
hominyfeed	39	61	5,3	67,5	510	199	399	111
mandioca	67,3	32,7	12,2	89,3	820	552	728	92
mill	41	59	8,3	75,2	620	254	508	112
mongetes	14	86	10	67,8	440	62	345	95
ordi	59,3	40,7	32,2	93,6	595	353	541	54
patata	26	74	4,9	59,3	740	192	549	190
pèsol	73,2	58,6	16,3	84,2	520	215	449	71
pèsol extruss.	41,4	26,8	39	96,4	520	380	479	41
remòlta blat	85			96,5	360	306	333	27
segó arròs	23,7	76,3	11,8	74,2	310	73	252	57
segó bast blat	81,9	18,1	23,1	96,3	150	123	138	12
segó fi blat	84,5	15,5	24,2	96,9	240	203	221	19
sorgo	17,8	82,3	4,4	52,5	740	132	525	215

Per exemple, observem les diferències entre el *glutenfeed* (farina de blat de moro, segó, gluten i aigua de condensació) i el *glutenmeal* (gluten i midó): el *glutenfeed* té més midó (225 vs 190 g/kg MS), i és molt més soluble (58,3 vs 23), en canvi, és de degradació lenta (10,2 vs 28,6 %/h) (tot i ser més soluble). La degradabilitat teòrica final és molt semblant en els dos (84,6 vs 86,6). A l'hora de triar un o altre, en aquest cas, s'haurà de fer en funció dels altres ingredients de la ració, ja que aporten més o menys la mateixa quantitat de midó digerit al rumen (i, per tant, aprofitat pels microbis) i igualment de midó protegit o *bypass*. És possible que s'haurà de saber el preu d'un i altre, però potser primer de tot haurem de saber que el *glutenfeed* és menys apetible que el *glutenmeal* (són qüestions organolèptiques).

En general, a més solubilitat hi ha més degradabilitat, amb excepcions com la comentada.

A continuació es posa la taula ordenada segons el contingut en midó.

Aliments ordenats en contingut en midó	Solubilitat %	Progressivament degradable %	Velocitat degradació % per hora	DT Degradabilitat teòrica %	Midó g/kg MS	Midó soluble g/kg MS	Midó digestible al rumen g/kg MS	Midó protegit g/kg MS
arròs	26	74	7,6	67,4	890	231	696	194
<i>mandioca</i>	67,3	32,7	12,2	89,3	820	552	728	92
<i>blat de moro</i>	23,4	76,6	4,9	57,9	740	173	545	195
<i>patata</i>	26	74	4,9	59,3	740	192	549	190
sorgo	17,8	82,3	4,4	52,5	740	132	525	215
farina blat	86	14	17,8	96,5	730	628	674	56
blat	70,8	29,3	19,4	93,1	690	489	625	65
mill	41	59	8,3	75,2	620	254	508	112
ordi	59,3	40,7	32,2	93,6	595	353	541	54
pèsol	73,2	58,6	16,3	84,2	520	215	449	71
pèsol extruss.	41,4	26,8	39	96,4	520	380	479	41
<i>hominyfeed</i>	39	61	5,3	67,5	510	199	399	111
faves	42,5	57,5	10,1	78,6	450	191	376	74
mongetes	14	86	10	67,8	440	62	345	95
civada	95,7	4,3	11	98,5	400	383	373	27
remòlta blat	85			96,5	360	306	333	27
segó arròs	23,7	76,3	11,8	74,2	310	73	252	57
segó fi blat	84,5	15,5	24,2	96,9	240	203	221	19
<i>glutenfeed</i>	58,3	41,7	10,2	84,6	225	131	195	30
<i>glutenmeal</i>	23	77	28,6	86,6	190	44	166	24
segó bast blat	81,9	18,1	23,1	96,3	150	123	138	12

El blat de moro i la patata tenen el mateix contingut en midó, i si observem les altres característiques en relació al midó es comprova que són pràcticament idèntics. De fet, la patata podria ser un aliment interessant per a la vaca de llet, en cas d'excedents. El problema està en el subministrament, que s'ha de fer, sempre, a ras de terra, i en que la pela no contingui solanina. En qualsevol cas, la patata incorporada a la ració s'haurà de considerar més pròxima als concentrats que al farratges pel que fa al comportament digestiu. La patata i el blat de moro són molt insolubles; la solubilitat només és del 24-26 %.

La mandioca conté més midó que el blat de moro (820 vs 740), però la velocitat de degradació en el rumen és més del doble que la del blat de moro (12,2 vs 4,9), i això fa que la degradabilitat total sigui molt superior (89,3 vs 57,9). La mandioca es degrada molt ràpidament i extensament (en passa poca cap a l'intestí). Pel fet de la rapidesa en la degradació, i no tant per el poc midó protegit que té (92 vs 195) fan que les recomanacions d'incorporació a les racions per a vaques de llet són limitar fins un màxim del 30 % de la part concentrada de les racions, i, en canvi, el blat de moro pot arribar fins el 80 %. La rapidesa en la degradació, i, lògicament, l'elevat contingut en midó, poden causar acidosis ruminals (fermentació del midó cap a àcid làctic, amb la successiva baixada en el pH).

Per últim, es posa la taula ordenada segons la degradabilitat teòrica.

Aliments ordenats per degradabilitat teòrica	Solubilitat %	Progressivament degradable %	Velocitat degradació % per hora	DT Degradabilitat teòrica %	Midó g/kg MS	Midó soluble g/kg MS	Midó digestible al rumen g/kg MS	Midó protegit g/kg MS
civada	95,7	4,3	11	98,5	400	383	373	27
segó fi blat	84,5	15,5	24,2	96,9	240	203	221	19
farina blat	86	14	17,8	96,5	730	628	674	56
remòlta blat	85			96,5	360	306	333	27
pèsol extruss.	41,4	26,8	39	96,4	520	380	479	41
segó bast blat	81,9	18,1	23,1	96,3	150	123	138	12
ordi	59,3	40,7	32,2	93,6	595	353	541	54
blat	70,8	29,3	19,4	93,1	690	489	625	65
mandioca	67,3	32,7	12,2	89,3	820	552	728	92
glutenmeal	23	77	28,6	86,6	190	44	166	24
glutenfeed	58,3	41,7	10,2	84,6	225	131	195	30
pèsol	73,2	58,6	16,3	84,2	520	215	449	71
faves	42,5	57,5	10,1	78,6	450	191	376	74
mill	41	59	8,3	75,2	620	254	508	112
segó arròs	23,7	76,3	11,8	74,2	310	73	252	57
mongetes	14	86	10	67,8	440	62	345	95
hominyfeed	39	61	5,3	67,5	510	199	399	111
arròs	26	74	7,6	67,4	890	231	696	194
patata	26	74	4,9	59,3	740	192	549	190
blat de moro	23,4	76,6	4,9	57,9	740	173	545	195
sorgo	17,8	82,3	4,4	52,5	740	132	525	215

Observem que la patata, el blat de moro i el sorgo ocupen les últimes posicions. Està clar que són aliments amb molt de midó, però de degradabilitat lenta i escassa en total. En canvi la civada, el blat, l'ordi, etc. ocupen posicions altes. L'ordi en comparació amb el blat de moro és de degradació ràpida (32,2 vs 4,9) i en gran extensió (93,6 vs 57,9).

En general, si la velocitat de degradació és petita hi haurà més midó *bypass*, lògicament en proporció del contingut total de midó. La pregunta que s'ha de fer és si interessa que hi hagi més midó protegit (o *bypass*) (o menys degradable en el rumen). Sembla que el que està clar és que la velocitat de degradació no ha de ser massa alta, ja que en les condicions actuals de racionament (altes concentracions energètiques, baix contingut en farratges), el risc de provocar acidosis és alt. Per contestar el problema de saber si cal o no que hi hagi midó protegit, que no es degradi en el rumen, s'ha de saber que la capacitat amilàsica a l'intestí és baixa, els enzims no tenen la capacitat de trencar (digerir) les cadenes de midó en l'extensió que podria semblar desitjable. Cal recordar que la saliva del remugant no té amilasa (enzim que trenca les cadenes de midó).

La destinació del midó no degradat en el rumen és molt ineficaç en comparació a la proteïna no degradada en el rumen.

L'intestí, en certa manera, té el paper de fer allò que no fa el rumen, de manera que el midó no digereix el 10 % del que ingereix.

## PROTECCIÓ DEL MIDÓ

PDIME (proteïna digestible intestinal que prové dels microbis segons la riquesa energètica disponible en el rumen), si es protegeix el midó es calcula que de cada 100 g de midó protegit es deixen de formar 9,3 g PDIME, no hi ha suficient energia. Per tant,  $PDIME = PDIME_{esperat} - 9,3g \text{ PDIME}/100g \text{ midó protegit}$ , i, en conseqüència baixa la PDI, que és en definitiva la proteïna directament aprofitable a l'intestí. I això està d'acord amb el fet principal del metabolisme de la vaca de llet, que no és altre que el ja sabut de que la neoglucogènesis és la via prioritària.

Per contestar a tots els interrogants del racionament pel que fa a la classe de midó, en definitiva a la classe de complement en gra, s'ha d'estudiar la ració i els paràmetres productius a llarg termini.

### Exemple

Si un tipus d'alimentació dóna valors baixos de taxa de greix, com es pot variar (pujar) a través del midó?

La taxa d'àcids grassos volàtils  $T_{AGV} = (C_2 + C_4)/C_3$  és funció de la naturalesa del midó, entre moltes altres variables. Els règims alimentaris a base de farratges té taxes altes ja que produeix més  $C_2$  i menys  $C_3$ . Els règims amb molt de concentrats tenen la taxa més baixa, ja que la producció de propiònic ( $C_3$ ) augmenta.

El midó de fermentació ràpida (ordi, blat, civada, mandioca, etc.) augmenta la producció de propiònic, per tant, la  $T_{AGV}$  baixa.

El midó de fermentació lenta (blat de moro, sorgo, etc.) baixa la producció de propiònic, per tant, la  $T_{AGV}$  puja.

- Si a la ració estudiada li afegim midó més lent (de velocitat de degradació ruminal més baixa – blat de moro, sorgo, etc.), la producció de  $C_3$  baixa i la  $T_{AGV} = (C_2 + C_4)/C_3$  puja i s'afavoreix la síntesi de greixos a la llet (via acètic).  
Si la ració base (farratgera equilibrada) d'aquesta ració és pobre, hi haurà pocs substrats per alimentar la flora ruminal, per tant, no estarà tan necessitada (la flora) d'agafar el midó. En canvi, si la ració base és rica, es produirà una proliferació de microbis ruminals, de cada cop més necessitats en agafar el midó, i, en aquest cas, la digestió del midó en el rumen serà més alta que no a la ració pobre. És evident que la ració base ha de ser rica per revaloritzar la resta d'ingredients.
- Si a la ració estudiada li afegim midó més ràpid (de velocitat de degradació ruminal més alta – ordi, blat, civada, mandioca, etc.), la producció de  $C_3$  puja i la  $T_{AGV} = (C_2 + C_4)/C_3$  baixa i se deprimeix encara més la taxa de greix.

A la pràctica si la taxa de greix està entre 3,7 i 4, tant li fa el midó lent com el midó ràpid en la seva degradació ruminal.

I si la taxa de greix és inferior o igual a 3, el midó lent la farà pujar. Tot això en el supòsit que no es puguin variar les quantitats de farratges.

En la majoria de casos, sembla que el midó de degradació ràpida fa augmentar l'àcid làctic i baixar, en conseqüència, el pH. Podem afirmar que el midons de fermentació lenta són una seguretat contra les acidosis en règims alimentaris alts en concentrats.

Hi ha equacions que permeten estimar la matèria orgànica fermentescible (MOF) dels aliments. Segons Sauvart (1997) si el contingut en midó digestible en el rumen és superior al 25 % de la MS, sembla que hi ha una inhibició relativa de la proteosíntesi ruminal (que normalment s'afavoreix amb la MOF) i no hi ha resposta a la velocitat de degradació (que és indiferent a lent o ràpid). Per exemple, si el contingut

ruminal fos de 10 kg MS (4 kg EBM i 6 kg de bm això representa aproximadament el 43 % de midó) s'inhibiria la proteosíntesi.

---

## BIBLIOGRAFIA

- Johnson L, Harrison JH, Hunt C, Shinnors K, Doggett CG, Sapienza D. 1999. **Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: A contemporary review.** J Dairy Sci 82: 2813-2825.
- Sauvant D, Chapoutot P, Archimède H. 1994. **La digestion des amidons par les ruminants et ses conséquences.** INRA Prod. Anim., 7(2), 115-124
- Sauvant D. 1997. **Conséquences digestives et zootechniques des variations de la vitesse de digestion de l'amidon chez les ruminants.** INRA Prod. Anim., 10(4), 287-300
- Van Soest PJ. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant.** O B Books, Inc. New York.