

Quanto conta l'amido nella dieta dei suini

L'amido è la principale fonte di energia nelle diete dei monogastrici e ha un potenziale di digestione eterogeneo tra i diversi cereali. Utilizzare cereali con minori percentuali di amido resistente può essere quindi molto vantaggioso

di **Francesco Masoero, Gianluca Giuberti, Antonio Gallo**

L'amido dei cereali rappresenta circa il 30-35% della dieta dei monogastrici, mentre nei ruminanti costituisce la maggiore componente della frazione identificata come carboidrati non strutturali (Nsc). Tuttavia, una considerevole variazione

nelle dinamiche di digestione dell'amido è stata osservata sia tra le diverse specie animali, sia all'interno degli stessi cereali.

Poiché le caratteristiche fisico-chimiche e strutturali dell'amido variano notevolmente tra le specie botaniche (Singh *et al.*, 2010), l'individuazione dei fattori, intrinseci ed estrinseci, che possono giocare un ruolo fondamentale nel ridurre la digeribilità risulta essere di fondamentale importanza nell'ambito dell'allevamento zootecnico. Per questo, un nuovo approccio nella valutazione degli alimenti deve prendere in considerazione tutti gli aspetti legati ai principali componenti che entrano a far parte della dieta. In questo articolo verranno trattate le caratteristiche dell'amido dei diversi cereali crudi, con particolare attenzione all'alimentazione dei monogastrici.

Componenti associati al granulo di amido

I granuli di amido sono associati ad altri costituenti non amidacei (lipidi, proteine e minerali) che ne possono influenzare la degradabilità. La digestio-

GLOSSARIO	
● Waxy	
● Proteine idrofobiche	
● Frazione amorfe	
● Risposta insulinica/Risposta glicemica	
● Post-prandiale	
● Idrolisi enzimatica	
● Post-prandiale	
● Curva (Auc)	●

ne del granulo di amido di solito è un processo che avviene dall'interno verso l'esterno («inside-out»). Conseguentemente, tali componenti, essendo maggiormente localizzati sulla sua superficie, possono agire da barriera fisica all'attacco digestivo-enzimatico.

Quantitativamente parlando, uno dei maggiori componenti non amidacei è la matrice lipidica (Hoover e Vasanthan, 1994) che solitamente consiste in acidi grassi in forma libera e fosfolipidi comunemente associati con le catene di amilosio.

Una porzione significativa di questi lipidi si trova sulla superficie del granulo di amido (Baldwin *et al.*, 1997).

I cereali, con i più alti contenuti di prolamine come mais e sorgo, possiedono un potenziale di idrolisi dell'amido inferiore perché le matrici proteiche ostacolano l'attacco enzimatico al granulo di amido

APPROFONDIMENTO

Caratteristiche strutturali dell'amido

L'amido nativo (cioè l'amido ottenuto per semplice estrazione dalla fonte di partenza) è un polisaccaride con struttura semicristallina composto principalmente da α -glucani nella forma di amilosio e di amilopectina. In entrambi i casi si tratta di polimeri del glucosio che si differenziano l'uno dall'altro per la struttura e il peso molecolare. L'amilosio è un polimero lineare con un peso molecolare di circa 1×10^5 Dalton in cui le unità di glucosio sono legate da legami glicosidici $\alpha(1-4)$, mentre l'amilopectina è un polimero ramificato che presenta catene di base con struttura simile all'amilosio, ma con frequenti ramificazioni dovute ai legami $\alpha(1-6)$. Di conseguenza possiede un peso molecolare decisamente superiore (circa 1×10^8 Dalton) (Biliaderis, 1989). La maggior parte degli amidi contiene circa il 20-25% di amilosio, tuttavia variazioni genetiche possono formare amidi che ne contengono solo una piccola percentuale ($< 10\%$, amidi waxy ??), oppure amidi che possono contenerne anche il 60-70% (amidi *amilose-estender* oppure *high-amilose*).

Inoltre, l'amido viene accumulato sotto forma di granuli di diverse dimensioni nell'endosperma dei cereali dove crea strati alternati semicristallini e amorfi costituiti dai due polimeri precedentemente descritti. La dimensione, la distribuzione, la struttura e la superficie dei granuli di amido sono quindi tutti fattori importanti per definire le sue proprietà funzionali che giocano un ruolo di primaria importanza nell'influenzarne la digeribilità (Singh *et al.*, 2010).

Questa matrice lipidica-amidacea può influenzare il potenziale di digeribilità dell'amido riducendo il contatto tra enzimi e substrato stesso (Vasanthan e Bhatti, 1996).

Oltre alla matrice lipidica, anche le proteine possono influenzare l'accesso degli enzimi al granulo di amido. In particolare, le proteine idrofobiche prolamine (denominate zeine nel mais, ordeine nell'orzo, gliadine nel frumento, ecc.) incapsulano il granulo di amido e possono interferire con la sua degradabilità (Larson e Hoffman, 2008).

Il loro contenuto varia notevolmente tra i cereali (Lasztity, 1984) ed è influenzato da diversi fattori, tra cui lo stato di maturazione del cereale (Masoero *et al.* 2010 - in stampa), lo stato nutrizionale della pianta (Lasztity, 1984) e da fattori genetici (Landry *et al.*, 2004).

Anche le caratteristiche fisiche proprie dell'endosperma (cioè del tessuto che avvolge l'embrione all'interno del seme) delle cariossidi nel quale i granuli di amido sono inseriti possono influenzarne la degradabilità. È dimostrato che granelle caratterizzate da endosperma vitreo e compatto, notevolmente meno degradabili rispetto a cariossidi con endosperma farinoso o ceroso (Philippeau *et al.*, 2000), possono risultare meno digeribili e, se non adeguatamente macinate, sono in grado di ridurre la produzione di latte (Taylor e Allen, 2005).

In una recente prova sperimentale, condotta dal nostro Istituto, analizzando campioni di mais granella raccolti a 3 differenti stadi di maturazione (lattea, cerosa e fisiologica) è stato osservato come la vitrosità aumenti significativamente passando da uno stadio di maturazione all'altro (25-30% circa) e come questo aumento condizioni in modo negativo il successivo potenziale di digestione enzimatica dell'amido (Masoero *et al.* 2010).

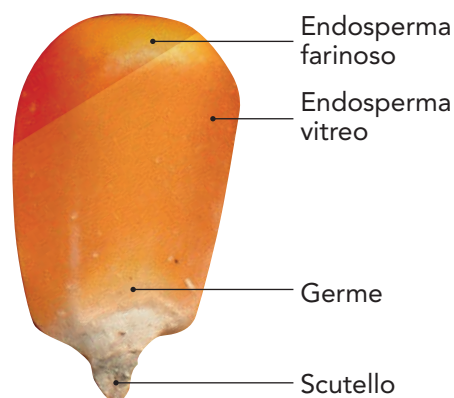
Inoltre, anche le frazioni minerali, associate alle frazioni amorfe nel granulo di amido, possono rappresentare un ostacolo per gli enzimi digestivi.

Per questi motivi il controllo costante del processo di macinazione e della granulometria delle farine è fondamentale nella tecnica di preparazione dei mangimi per garantire le massime performance digestive degli animali.

Cinetiche di digestione dell'amido

Nei monogastrici l'amido digerito è principalmente idrolizzato (cioè l'amido tramite reazione chimica viene scisso in due o più parti per effetto dell'acqua) a glucosio grazie all'azione sinergica di enzimi salivari, gastrici, pancreatici e intestinali (Knudsen *et al.*, 2006). Tuttavia, è facilmente intuibile come la struttura e le caratteristiche proprie dell'amido possano influenzare notevol-

FIGURA 1 - Dettaglio della granella di mais



mente le cinetiche di digestione e quindi il relativo assorbimento.

A prescindere quindi dagli effetti dovuti alla granulometria, amidi waxy ?? con più alti contenuti di amilopectina presentano un potenziale di degradabilità più alto rispetto ai vitrei o a quelli tipo *amilose-estender* grazie alla maggiore superficie disponibile per gli attacchi enzimatici. In particolare, le differenze si manifestano nella velocità di digestione rappresentando quindi un fattore di regolazione della conseguente risposta insulinica e dell'appetito.

La quota di amido potenzialmente digeribile può essere ulteriormente influenzata anche dall'accessibilità al granulo stesso (Owens, 2005) e dalla presenza di amido resistente, che viene difficilmente attaccato dagli enzimi degradativi. Ad esempio, i cereali con più alti contenuti di prolamine (mais e sorgo) possiedono un potenziale di idrolisi dell'amido notevolmente inferiore, in quanto queste matrici proteiche ostacolano l'attacco enzimatico al granulo stesso.

Tutte le tecniche di cottura cui sono sottoposti i vari cereali amidacei (fiocatura, estrusione, ecc.) possono alterare queste matrici proteiche, permettendo una parziale gelatinizzazione dell'amido e quindi un forte incremento della digeribilità, con una conseguente riduzione significativa dei tempi di idrolisi e di assorbimento del glucosio. Inoltre, la dimensione del granulo stesso gioca un ruolo importante nell'influenzarne la degradabilità. **Cereali con granuli piccoli (avena e riso per esempio) hanno un potenziale di digestione dell'amido maggiore rispetto a cereali con granuli grossi (mais).** Predire e controllare le dinamiche di assorbimento del glucosio risulta quindi di cruciale importanza per

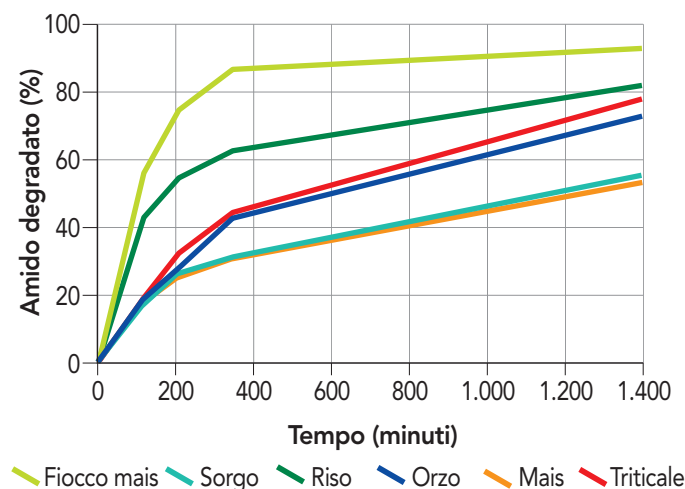
la formulazione delle diete destinate a monogastrici soprattutto nelle fasi critiche di allevamento.

Come classificare l'amido per i monogastrici

L'amido e i prodotti amidacei destinati all'alimentazione dei monogastrici possono essere classificati (in linea con l'approccio largamente adottato in nutrizione umana) in funzione della loro digeribilità e della successiva influenza sul grado e sulla durata della risposta glicemica. Inoltre, da quando il concetto di **indice glicemico (Ig)** è stato introdotto per la classificazione di alimenti in base alla risposta glicemica post-prandiale, l'attenzione si è notevolmente spostata verso il ruolo che i singoli componenti possono avere nel determinare l'effetto fisiologico dell'intera dieta.

Va inoltre ricordato che la **quota digerita di amido convertita in glucosio oltre a possedere un notevole effetto sia sulla glicemia sia sul successivo rilascio di insulina, può influenzare il rilascio di una serie di altri ormoni**. Per esempio, la secrezione dell'ormone responsabile dello stimolo dell'appetito, la grelina (e quindi dell'ormone leptina, suo antagonista), può essere condizionata sia dalla percentuale sia dal tipo di amido nella dieta.

GRAFICO 1 - Dinamiche di idrolisi enzimatica dell'amido di cereali crudi



È stato dimostrato che il triticale può rappresentare una valida alternativa al mais e/o al frumento nelle diete per suinetti.

Ne deriva quindi che non solo il livello di energia di una dieta influisce sulle performance dell'animale, ma anche le caratteristiche di digestione dell'amido possono modificare, ad esempio, le dinamiche dell'appetito e dell'accumulo di grasso. La maggior parte degli amidi contiene una porzione che viene digerita rapidamente (Rds, Rapidly digesting starch), una porzione digerita lentamente (Sds, Slowly digesting starch) e un'ultima porzione che resiste alla digestione per venire successivamente fermentata nel colon (Rs, Resistant starch).

Utilizzare cereali con minori percen-

tuali di amido resistente può essere quindi molto vantaggioso nella formulazione delle diete per il controllo delle fermentazioni nel grosso intestino. Ad esempio, in una recente prova sperimentale condotta su 160 suinetti (peso vivo 6,5 kg \pm 0,5 kg), la sostituzione del mais con amido di riso (caratterizzato da più bassi valori di Rs) nella dieta ha determinato un miglioramento delle performance di crescita del 29% (Vicente *et al.*, 2008).

Valutare il potenziale di digestione dell'amido

Le tecniche comunemente utilizzate per lo studio del potenziale di digestione dell'amido sono sostanzialmente classificabili in due macrocategorie: le tecniche *in vivo* e quelle *in vitro*.

Le metodiche di analisi *in vivo* sono associate alla cateterizzazione arteriosa e/o venosa e necessitano di animali dotati di cannule permanenti o temporanee nei diversi comparti gastro-intestinali.

Tuttavia, per motivi etici, pratici ed economici e per l'alta variabilità dei dati ottenuti, la determinazione sperimentale delle cinetiche di digestione dell'amido *in vivo* è utilizzata solo in specifiche condizioni sperimentali che vengono impiegate come modello di riferimento alle più rapide tecniche *in vitro*.

Le metodiche di digestione *in vitro*, facilmente riproducibili in laboratorio e senza l'impiego di animali, si basano sui processi di idrolisi enzimatica dell'amido.

Diverse metodiche, che differiscono nella preparazione del campione, del pool di enzimi e nella successiva validazione attraverso esperimenti condotti *in vivo* sono state proposte e pubblicate nel corso degli ultimi dieci anni (Crowe *et al.*, 2000; Alonso *et al.*, 2000; Frei *et al.*, 2003; Mishra *et al.*, 2008). Questi metodi, utilizzati per la classificazione degli amidi in base alla loro velocità di reazione chimica di digestione *in vitro*, stanno avendo sempre più spazio applicativo nell'ambito zootecnico, grazie anche alla loro capacità di prevedere le risposte negli animali.

Generalmente, dopo una digestione *in vitro* dell'amido tramite attacchi

In una prova condotta su 160 suinetti di circa 6,5 kg di peso vivo la sostituzione del mais con amido di riso nella razione ha determinato un miglioramento delle performance di crescita del 29%

I cereali come l'avena o il riso, con granuli piccoli, hanno un maggior potenziale di digestione rispetto a cereali con granuli grossi (come il mais)

multienzimatici, si definiscono le dinamiche di liberazione del glucosio e possono essere utilizzate anche per la determinazione dell'indice glicemico (Ig) direttamente *in vitro*. L'Ig è definito come l'area sotto la curva (Auc) dell'incremento post-prandiale di glucosio nelle 2 ore successive l'ingestione di un alimento (Jenkins *et al.*, 1980).

Poiché la determinazione *in vivo* dell'Ig è soggetta alle stesse problematiche viste in precedenza, anche in questo caso l'impiego di metodiche *in vitro* può risultare favorevole. Nel nostro Istituto stiamo sviluppando una metodica multi-enzimatica che simula le condizioni dello stomaco e dell'intestino dei suini (compreso il transito e lo svuotamento gastrico), al fine di creare una banca dati dei cereali, comunemente impiegati nell'alimentazione zootecnica, basata sia sulle velocità di idrolisi dell'amido sia su un **indice glicemico stimato (Igs)**. In particolare, calcolando il rapporto tra l'area sotto la curva di idrolisi per un dato campione e la corrispondente area di un alimento di riferimento, abbiamo prima calcolato gli **indici di idrolisi (Ih)** da cui successivamente sono stati ricavati i diversi Igs per le varie categorie di cereali.

Tale classificazione potrà risultare certamente utile in fase di formulazione. Come è possibile osservare dal *grafico 1*, esistono notevoli variazioni nel potenziale di idrolisi enzimatica fra i diversi cereali di uso comune. Il mais, per esempio, costituente fondamentale dell'alimentazione dei suini, a causa dell'azione della matrice proteica che avvolge e protegge il granulo di amido, possiede un potenziale di idrolisi tra i più bassi. L'amido del triticale, invece, possiede un notevole potenziale di digestione. Recentemente è

stato dimostrato che il triticale può rappresentare una valida alternativa al mais e/o al frumento nelle diete per suinetti (Beltranena *et al.*, 2008).

I cereali waxy (??) hanno Ih nettamente maggiori (+50%) e più alti Igs, se confrontati con i rispettivi cereali comuni. Questi aspetti, oltre ai tradizionali parametri, potranno quindi rappresentare una nuova via nella formulazione, al fine di adattare, per esempio, una particolare tipologia di amido a una determinata fase di crescita dell'animale controllando quindi l'assorbimento del glucosio in funzione della necessità o meno di accumulo di grasso (finissaggio) e agendo sulla risposta insulinica e sui fattori ormonali che regolano l'appetito.

L'amido, principale fonte di energia nelle razioni dei monogastrici, possiede quindi un potenziale di digestione notevolmente eterogeneo tra i diversi cereali. Poiché il grado di digestione e conseguentemente di assorbimento, insieme ad altri fattori, può influenzare le performance degli animali, il moderno approccio nella valutazione degli alimenti deve anche prevedere nuovi parametri metodologici e di caratterizzazione degli alimenti come supporto alla formulazione di routine dei mangimi.

Francesco Masoero

Gianluca Giuberti

Antonio Gallo

*Istituto di scienze degli alimenti
e della nutrizione - Facoltà di agraria
Università Cattolica del Sacro Cuore Piacenza*

 Per commenti all'articolo, chiarimenti o suggerimenti scrivete a: **redazione@informatoreagrario.it**