

---

## Hvad sker der i fordøjelseskanalen med fiberrige fodermidler?

---

Helle Nygaard Lærke  
*Afd. for Husdyrnæring og Fysiologi, DJF*

De senere års store interesse for anvendelse af grovfoder og fiberrige fodermidler til svin har sit afsæt i produktionsøkonomi, husdyrsundhed og velfærd samt miljø. Dette har naturligt afstedkommet et ønske om mere viden og information om disse fodertypers næringsværdi og fysiologiske effekter i nutidens svineproduktion.

Men hvad er grovfoder og fiberrige fodermidler? Hvad sker der med dem i svins fordøjelseskanal? Og hvilke positive og negative effekter kan det have på svinenes ernæringsstatus, sundhed og trivsel?

### DEFINITION AF GROVFODER OG FIBERRIGE FODERMIDLER

En egentlig definition på grovfoder ud fra en kemisk/næringsværdi betragtning er ikke helt ligetil.

Fælles for grovfoderemnerne er, at de *generelt* har et højt kostfiberindhold og et lavt energiindhold. Dette gælder dog ikke i alle tilfælde, som f.eks. kartofler og sukkerroer, mens andre foderemner, som har højt fiberindhold og lavt energiindhold (f.eks. klid og halm), normalt ikke betegnes som grovfoder. At tale om fiberrige fodermidler, er derfor en mere dækkende betegnelse i relation til fodermidlernes fysiologiske effekter og deres næringsværdi.

### KOSTFIBER SAMMENSÆTNING

Kostfibrene, som er hovedbestanddelen i fiberrige fodermidlers kulhydratfraktion, består af ikke-stivelses polysakkarider (NSP) og lignin. NSP er en meget heterogen gruppe af stoffer. Deres sammensætning,

mængde og egenskaber afhænger af deres herkomst. I tabel 1 er fibersammensætning for nogle forskellige fiberrige fodermidler angivet.

Forskelle i den kemiske sammensætning, strukturelle opbygning, lokalisering i plantevævet og planternes udviklingstrin (cellevægstykkelse og lignificeringsgrad) bevirker, at de fiberrige fodermidler kan have yderst forskellige egenskaber og nedbrydelighed i tarmkanalen og dermed påvirke foderets fordøjelighed og energiværdi.

For mange grovfodertyper (f.eks. græs og helsæd) sker der en udvikling i fiberindhold (cellevægstykkelse) og lignificeringsgrad hen over vækstsæsonen. Dermed er der langt større variation i næringsværdi af denne type fodermidler end tilfældet er for de traditionelle foderemner, som høstes ved modenhed.

### FODERETS ARKITEKTUR

Kostfibrene fra fiberrige fodermidler indtages jo som regel i form af plantemateriale med en helt eller delvis intakt arkitektur af vævet og ikke som isolerede komponenter. Arkitekturen er meget væsentlig for tilgængeligheden af næringsstofferne, idet cellevæggene (kostfibrene) omkranser og beskytter makronæringsstofferne inde i cellerne, medens nogle mineraler er stærkt associeret til det strukturelle netværk af cellevæggene (Figur 1). Skal tilgængeligheden af næringsstofferne i tyndtarmen øges, skal volumen af den tredimensionelle struktur reduceres ved f.eks. formaling og snitning.



Selvom kemiske analyser kan indikere, hvor let det er at bryde strukturen (indhold af cellulose og lignin), er den faktiske partikelstørrelse af afgørende betydning for næringsstoffilgængeligheden navnlig ved anvendelse af fiberrige fodermidler.

#### EFFEKTER I TARMKANALEN

Kostfibre kan ikke nedbrydes af grisens egne enzymer, som produceres i maven, bugspytkirtlen og i tyndtarmen. Derimod kan de i varierende grad nedbrydes af den bakterieflora, som findes i grisens tarmkanal.



Figur 1. Tredimensionel præsentation af en plantecelle. Cellevæggen omkranser cellens indhold.

Tabel 1. Eksempler på kostfibersammensætning i forskellige fiberrige fodermidler

|               | Byg-ært<br>hel-<br>sæds-<br>ensila-<br>ge | Græs | Græs-<br>ensila-<br>ge | Havre-<br>vikke-<br>lupin-<br>ensila-<br>ge | Grøn-<br>mel | Hø   | Hve-<br>deklid | Havre-<br>skal-<br>mel | Roe-<br>piller | Roer |
|---------------|---|------|------------------------|---|--------------|------|----------------|------------------------|----------------|------|
| Rhamnose      | 0.1                                       | 0.1  | 0.0                    | 0.2   | 0.2          | 0.1  | 0.1            | 0.1                    | 1.3            | 0.2  |
| Arabinose     | 2.4                                       | 2.8  | 2.5                    | 2.3   | 3.4          | 3.1  | 9.3            | 2.8                    | 18.4           | 3.3  |
| Xylose        | 12.4                                      | 7.2  | 8.8                    | 13.4  | 10.7         | 16.2 | 15.1           | 21.2                   | 1.5            | 0.3  |
| Mannose       | 0.4                                       | 0.7  | 0.4                    | 0.3   | 0.4          | 0.3  | 0.4            | 0.3                    | 0.6            | 0.2  |
| Galactose     | 1.0                                       | 1.5  | 1.2                    | 1.3   | 1.6          | 1.6  | 1.1            | 0.9                    | 4.6            | 0.8  |
| Glukose       | 1.3                                       | 2.6  | 1.6                    | 1.4   | 2.4          | 2.7  | 3.4            | 2.0                    | 1.0            | 0.2  |
| Uronsyrer     | 2.5                                       | 5.7  | 4.6                    | 3.1   | 2.3          | 2.1  | 1.2            | 3.6                    | 14.3           | 3.7  |
| Cellulose     | 19.5                                      | 17.7 | 21.5                   | 26.7  | 20.3         | 26.7 | 7.3            | 19.6                   | 14.2           | 3.2  |
| NSP           | 39.7                                      | 38.4 | 41.0                   | 48.7  | 41.5         | 52.7 | 38.0           | 50.5                   | 56.1           | 11.9 |
| Klason lignin | 10.7                                      | 7.2  | 8.3                    | 12.2  | 13.4         | 12.4 | 7.0            | 14.8                   | 6.9            | 0.6  |
| Kostfibre     | 50.4                                      | 45.6 | 49.3                   | 61.0  | 54.9         | 65.1 | 45.0           | 65.3                   | 63.0           | 12.5 |
| % Uopl. NSP   | 94  | 87   | 87                     | 97  | 95           | 95   | 89             | 97                     | 60             | 62   |

Kostfibre= ikke-stivelses polysakkarider (NSP) + Klason lignin

Allerede i tyndtarmen kan der ske en vis nedbrydning vha. herboende bakterier, men den kvantitativt langt største mikrobielle fermentering sker i blind- og tyktarmen. Imidlertid kan fibre påvirke fordøjelsesprocesserne i alle dele af tarmkanalen.

#### Maven

Når foderet blandes med vand og bearbejdes i maven kan en del af fibre opløses fra fodermatrixen. De proteinspaltende enzymer, der findes i maven kan muligvis lette frigørelsen af fibre, som sidder bundet med strukturelle proteiner.

Når fibre opløses er de potentielt i stand til at øge viskositeten af mavens indhold. Den viskositetsforøgende effekt er dog stærkt afhængig af hvor stor en mængde af fibre, der går i opløsning og fibreens egenskaber. Hvor meget af fibre, der opløses, er dels afhængig af fibertypen (kemisk sammensætning) og dens integration cellevægsmatrixen.

Foderets evne til at binde væske påvirkes også af fiberindhold og -sammensætning. Selvom fibre sidder i fodermatrixen kan de svulle op og gøre maveindholdet mere voluminøst.



De viskositetsforøgende og vandbindende egenskaber påvirkes desuden af foderets partikelstørrelse. Med hensyn til viskositeten gælder det at jo mindre partikelstørrelsen er, jo højere viskositet opnås, fordi fibre lettere kan frigives til den omkring liggende væske. Omvendt vil de vandbindende egenskaber typisk reduceres ved en formindskelse af partikelstørrelsen. Partikelstørrelsen har også i sig selv en betydning for foderemneres passage fra maven til tyndtarmen. Store partikler passerer således langsommere fra maven til tyndtarmen end små partikler. Særligt grønfoder må da forventes at passere maven langsommere end mere koncentreret og fint-formalet foder.

Fibre kan med disse forskellige egenskaber påvirke den hastighed, hvormed føden forlader maven. Det er blandt andet målt ved udtømning fra en fistel i maven. Man har også været i stand til at registrere, at forskellige fibertyper påvirkede muskelaktiviteten i maven forskelligt.

En langsommere mavetømning øger mæthedsfornemmelsen dels direkte ved fysisk/kemiske stimuli af receptorer i mave og duodenum og dels indirekte ved neurohormonel påvirkning som følge af, at absorptionen fra tyndtarmen strækker sig over længere tid. Dette aspekt af kostfibres effekter i mavetarmkanalen er særdeles relevant for søer, hvor sult i drægtighedsperioden kan modvirkes af foder med et højt kostfiberindhold. I et igangværende forskningsprojekt i samarbejde mellem DJF, Husdyrsundhed og Velfærd, Husdyrernæring og Fysiologi og Danske Slagterier belyses sammenhænge mellem fiberkilder, mavetømning, mæthedsgrad og adfærd hos drægtige søer.

Sekretionen af gastrin og syre i maven kan øges som følge af et øget kostfiberindtag. Mekanismerne bag er ikke klarlagt, men hænger formodentlig sammen med foderets bufferevne. I den sammenhæng menes større partikler at stimulere sekretionen mere end små partikler.

Både mavens tømningshastighed og sekretionen af mavesyre må formodes at have en betydning for mavesundheden hos svin.

### Tyndtarmen

Nogle studier har vist, at udskillelsen af pankreassaft kan stimuleres ved et øget indhold af kostfiber i foderet. Der er dog ikke entydige resultater, som viser en øget udskillelse af enzymer. Derimod kan en øget udskillelse af pankreassaft være et respons på en øget syreproduktion i maven, da pankreas- og galdesekretionen neutraliserer den syre, som kommer ned i tyndtarmen.

Ved passage gennem tyndtarmen kan der ske en fortsat opløsning af kostfibre fra fodermatrixen, hvis foderet indeholder opløselige fibre. Bakterier i tyndtarmen kan frigøre flere fibre og dermed potentielt øge viskositeten, men samtidig kan bakterierne starte en nedbrydning af fibre med en reduktion i deres viskositetsforøgende egenskaber til følge. Hvor viskositeten som regel er ret lav i den øverste del af tyndtarmen, fordi der sker fortykning med endogent sekret, sker der en opkoncentring af de opløste fibre ned langs tyndtarmen med en øget viskositet til følge.

En høj viskositet af tarmindeholdet kan hæmme absorptionen af næringsstoffer, så den enten bliver langsommere og flyttet længere ned i tyndtarmen, og kan i høj dosis have negative effekter på tyndtarmsfordøjeligheden af næringsstoffer.

De uopløselige fibres funktionelle egenskaber i tyndtarmen består primært i deres vandbindende egenskaber, som kan gøre tarmindeholdet til en mere homogen matrix. Udover det er nogle uopløselige fibre istand til at kompleksbinde mineraler og andre stoffer, hvilket kan medføre at de ikke absorberes i tyktarmen men udskilles sammen med fibre i gødningen.

Nogle opløselige fibertyper (pektiner) har kationbindende egenskaber. Dvs. at også de kan specifikt binde mineraler til sig og dermed reducere tyndtarmsfordøjeligheden. Dette medfører dog næppe nogen nedsat absorption af mineralerne, fordi de fri-



gives i blind- og tyktarmen, når de fermenterbare fibre nedbrydes.

De funktionelle egenskaber af fibre påvirker både tarmmotorik og passagehastighed gennem tyndtarmen. Uopløselige fibre (cellulose) giver kraftige kontraktioner af kort varighed, medens opløselige fibre resulterer i kontinuerte svage kontraktioner af lang varighed. Fibrene påvirker også passagetiden gennem tyndtarmen forskelligt, men sammenhænge mellem tarmmotorik og passagetid er ikke entydige. Generelt mener man at de opløselige fibre giver en langsommere passage gennem tyndtarmen, medens uopløselige fibre har medført kortere, længere eller uændret passagehastighed.

Opløselige fibre kan muligvis lægge sig som en beskyttende hinde på tarm-epithelet og derved hindre (patogene) bakteriers muligheder for at etablere sig på tarmepithelet. Ved farvning af tarmepithel fra smågrise, der har fået pektin i fravænningsfoderet, undersøger vi øjeblikket om dette kan have betydning for forekomsten af fordøjelsesforstyrrelser.

#### **Blind- og tyktarmen**

Opløselige fibre fermenteres let af bakteriefloraen i blindtarmen og den forreste del af tyktarmen. De uopløselige fibre fermenteres langsommere og kun delvist længere nede i tyktarmen, medens resistente ofte stærkt lignificerede NSP komponenter udskilles unedbrudt i gødningen.

Ved fermenteringen dannes der kortkædede fedtsyrer, som energetisk kan udnyttes af grisen. Der dannes desuden gasser og varme. Ved fermentering af kostfibre bindes en del kvælstof, der udskilles med gødningen i form af mikrobielt protein.

Mineraler og andre næringsstoffer, der er stærkt bundet i den uopløselige fibermatrix vil forblive i matrixen og dermed udskilles

med gødningen. Derimod kan mineraler fra de fermenterbare fibre frigøres, og absorptionen lettes ved det reducerede pH, som opstår som følge af fermenteringen.

Kostfibre stimulerer tarmmotorikken i tyktarmen. Fibrene øger i sig selv volumen af tyktarmsindholdet, men ydermere i kraft af deres evne til at binde vand. Dette virker som en fysisk stimulering af peristaltikken, som får tarmindeholdet til at passere hurtigere gennem tyktarmen. Det betyder samtidig at den totale transit tid (fra hoved til hale) forkortes, fordi passagetiden i tyktarmen udgør langt den største del af den totale opholdstid i tarmsystemet. Ydermere kan den kortere opholdstid i tyktarmen og det øgede volumen mindske eksponeringen af skadelige stoffer i tarmsystemet.

#### **DE PROBLEMATISKE FODERMIDLER**

Der findes ikke mange studier vedrørende grovfoders/fiberrige fodermidlers næringsværdi til svin. Dels er det problematisk at opnå tilstrækkeligt høje (styrede) indtag af grovfoder til at få præcise estimater for næringsværdien.

Ofte kan der være problemer med foderrester, og at grisene selekterer i foderet, så deres reelle næringsstofindtag ikke er i overensstemmelse med det tildelte foders indhold. For forsøg med fistulerede grise (mave/tyndtarm) kan der endvidere være problemer med separation af mave- eller tarmindeholdet, så der ikke udtages repræsentative prøver til analyse.

For at undgå disse problemer vælger man tit at tørre og formale de foderemner, som ønskes undersøgt. Men som det fremgår af ovenstående gennemgang kan netop den behandling påvirke både de fysiske-kemiske egenskaber i tarmkanalen og næringsstoffordøjeligheden.