



Statens Husdyrbrugsforsøg 1986

Meddelelse

26. SEPTEMBER

NR. 633

Blindtarmens betydning for transittiden og fordøjeligheden af energi, cellulose, hemicellulose og β -glukan

Knud Erik Bach Knudsen¹⁾, Niels Agergaard¹⁾ og Henning Peder Olesen²⁾

¹⁾Afdelingen for dyrefysiologi og biokemi, Statens Husdyrbrugsforsøg

²⁾Institut for eksperimentel kirurgisk forskning, Københavns Universitet

Normale rotter og rotter, hvor blindtarmen var fjernet ved et operativt indgreb, blev fodret med henholdsvis byg og byg tilsat fraktioner rige på inderavne og aleuronceller.

Sammensætningen af ikke-stivelsesholdige polysakkarider (NSP), der består af cellulose, hemicellulose og β -glukan, tillige med NSP-fraktionens lignificeringsgrad var af afgørende betydning for fordøjeligheden. β -glukan fordøjes næsten fuldstændigt (98–100%) i normale rotter. Fordøjeligheden af cellulose var 19–37% og af hemicellulose 33–39%. For både cellulose og hemicellulose var der en signifikant forskel i fordøjeligheden mellem blandingerne. I rotter uden blindtarm faldt fordøjeligheden kraftigt specielt for cellulose og hemicellulose, hvorimod der kun var et svagt fald i fordøjeligheden af β -glukan. På grundlag af forsøget er det beregnet, at den mikrobielle forgæring af NSP kan bidrage med 12–13% af energibehovet til vedligehold.

Indledning

Den mikrobielle omsætning i blind- og tyktarm hos enmavede dyr har afgørende indflydelse på udnyttelsen af protein og energi. Den væsentligste energikilde for mikroorganismene er ikke-stivelsesholdige polysakkarider (NSP), der består af polymere forbindelser som cellulose, hemicellulose, β -glukan, pektin m.m. (se Meddelelse nr. 632).

Ved den mikrobielle omsætning nedbrydes NSP til kortkædede fedtsyrer (SCFA), der absorberes fra blind- og tyktarm og dermed bidrager til dyrets energiforsyning.

NSP findes primært i plantecellevægge. Sammensætningen af NSP varierer mellem forskellige planter, ligesom sammensætningen af plantecellevæggene vil variere inden for samme plante. I byg består cellevæggene i skalfractionen (inderavne, perikarp og testa) af lige dele cellulose og hemicellulose. Disse cellevægge er gennemgående hårdt lignificeret. Aleuroncellevæggene består derimod af ca. 70% hemicellulose og 30% β -glukan. I endospermcellevæggene er forholdet mellem hemicellulose og β -glukan omvendt, idet disse består af ca. 25% hemicellulose og ca. 75% β -glukan. Hverken endosperm- eller aleuroncel-

levæggene er lignificeret. Det er kendt, at cellevæggens NSP-sammensætning, opløselighedsforhold og lignificeringsgrad har afgørende indflydelse på fordøjeligheden af de enkelte komponenter samt for energiudnyttelsen af hele blandingen.

I Meddelelse nr. 632 er beskrevet nye metoder til kvantificering og karakterisering af fodermidlernes kulhydratfraktion. I denne meddelelse er disse metoder benyttet ved bestemmelse af fordøjeligheden af cellulose, hemicellulose og β -glukan. De undersøgte blandinger bestod af hel byg samt byg tilsat fraktioner rige i henholdsvis inderavne- og aleuronceller. Som forsøgsdyr blev benyttet normale rotter samt rotter, hvor blindtarmen var fjernet ved et operativt indgreb.

Tabel 1. Kemisk sammensætning af byg samt aleuron- og inderavnerig fraktion af byg (g/kg tørstof).

	Byg	Aleuronrig fraktion	Inderavnerig fraktion
<i>Lavmolekylære kulhydrater (sukker):</i>			
Glukose	4.0	3.5	8.5
Fruktose	1.5	0.8	4.4
Sukrose	8.4	27.5	13.0
Total	13.9	32.2	25.9
Stivelse	624.2	441.9	147.3
Fruktan	4.5	6.3	6.3
<i>Ikke-stivelsesholdige polysakkarider (NSP):</i>			
Cellulose	31.9	41.2	184.2
Hemicellulose	66.8	107.5	256.0
β -glukan	39.4	32.3	5.0
Total NSP	138.1	181.0	445.2
Klason lignin	35.2	39.7	166.2
Total fibre	173.3	220.7	611.4
Protein (Nx6,25)	106.9	161.9	91.9
Fedt	38.4	66.9	36.5
Aske	21.6	42.6	59.2

Materialer og metoder

Den mekaniske fraktionering blev foretaget på forsøgsmøllen på Bioteknologisk afdeling, Carlsberg Forskningscenter. Ved formalingen blev der ud fra byg fremstillet fraktioner med et højt indhold af henholdsvis inderavne og aleuron. Den kemiske sammensætning af hel byg og af de aleuron- og inderavnerige fraktioner fremgår af tabel 1. Ud fra fraktionerne i tabel 1 blev der fremstillet

3 blandinger som vist i tabel 2. Blanding B bestod af byg justeret til en N-koncentration på 1,5% med N-fri blanding.

I blanding BA og BI blev en del af byggen ombytet med fraktioner, der var rige på henholdsvis aleuron og inderavne.

Tabel 2. Sammensætningen af forsøgsfoderblandingerne (g/kg tørstof).

Blanding	B	BA	BI
Byg	866.3	88.2	701.7
Aleuronrig fraktion	-	517.9	-
Inderavnerig fraktion	-	-	197.9
N-fri blanding	77.7	337.9	44.4
Mineraler	16.0	16.0	16.0
Vitaminer	40.0	40.0	40.0

Blandingerne i tabel 2 blev undersøgt på normale rotter og på rotter, hvor blindtarmen var fjernet ved et operativt indgreb ca. 30 dage før forsøgets begyndelse. Vægten af rotterne var 390-430 g ved starten af forsøgene. Balanceforsøget med rotter blev i øvrigt gennemført efter SH's sædvanlige procedure.

Transittiden blev bestemt ved iblanding af radioaktivt krom ($^{51}\text{Cr}_2\text{O}_3$) til foderet. Fæces opsamledes hver anden time de første 48 timer, derefter hver tolvte time. Den totale opsamlingsperiode var 120 timer. Transittiden blev beregnet ved 50% og 90% genfindelse af isotopen i fæces.

Kulhydratanalyserne blev udført i henhold til meddelelse nr. 632 og de øvrige analyser efter rutineprocedurer ved SH.

Resultater og diskussion

Resultaterne i figur 1 viser klart, at NSP er den væsentligste energikilde for mikrofloraen. Udskillelsen af NSP med fæces er således signifikant højere i rotter uden blindtarm end i normale rotter. At udskillelsen af Klason lignin med fæces var højere i rotter uden blindtarm end i normale rotter fodret med blanding B og BI skyldes formentlig unøjagtigheder ved den benyttede analysemetode. Klason lignin bestemmes gravimetrisk som restfraktionen efter hydrolyse af fiberpolysakkariderne med svovlsyre. At dette er en sandsynlig forklaring støttes af, at genfindel-

sen i fæces (% af indtag) var henholdsvis 149% og 137% ved fodring med blanding B og BI til rotter uden blindtarm. Ved fodring med samtlige blandinger til normale rotter og med blanding BA til rotter uden blindtarm varierede genfindelsen mellem 91% og 115% ($s = \pm 25\%$). Dette er i overensstemmelse med, at mikrofloraen ikke kan nedbryde lignin anaerobt. Hverken udskillelsen af protein, fedt eller aske med fæces var forskellige de to dyregrupper imellem.

Tabel 3. Blindtarmens og fodersammensætningens indflydelse på transit tiden (timer) målt som henholdsvis 50% og 90% genfindelse af markøren ($^{51}\text{Cr}_2\text{O}_3$) i fæces.

Genfindelse (%)	50		90	
Blindtarm	+	-	+	-
Blanding B	25 ^A	16 ^{***1)}	57 ^A	28 ^{***1)}
Blanding BA	25 ^A	16 ^{***}	59 ^A	28 ^{***}
Blanding BI	18 ^{B2)}	17 ^{***}	37 ^{B2)}	28 ^{***}

1) Signifikant forskellig ($P < 0.001$) fra modsvarende værdi for rotter med blindtarm.

2) Signifikant forskellig ($P < 0.001$) fra øvrige blandinger i samme kolonne.

NSP-fractionens sammensætning og lignificeringsgrad har en afgørende indflydelse på fraktionens fordøjelighed samt på fordøjeligheden af hele blandingen. Cellevæggene i endosperm, der for 75%’s vedkommende består af β -glukan, fordøjes næsten fuldstændigt i normale rotter. I dette forsøg varierede fordøjeligheden fra 98% til 100% i de tre blandinger. Dette er modsat forholdene hos fjerkræ, hvor β -glukan har en negativ indflydelse på fordøjeligheden og giver problemer med klæbrig fæces. Hos rotter uden blindtarm er fordøjeligheden af β -glukan også høj (79–88%) hvilket klart viser, at β -glukan er en meget let omsættelig energikilde for mikrofloraen. I modsætning til β -glukan var fordøjeligheden af både cellulose og hemicellulose væsentlig lavere og forskellig i alle tre blandinger hos rotter uden blindtarm. Fordøjeligheden af cellulose og hemicellulose i blanding B var således henholdsvis 31% og 55%. Ved tilsætning af aleuronceller til blandingen (blanding BA) steg fordøjeligheden af cellulose til 37% og af hemicellulose til 59%. Dette kan tages som udtryk for, at aleuroncelle-

væggene er en forholdsvis let omsættelig energikilde for mikrofloraen. I modsætning hertil faldt fordøjeligheden af både cellulose og hemicellulose til 19% og 33% ved indblanding af cellevægge fra inderavnen. De væsentligste årsager hertil er den højere lignificeringsgrad af cellevæggene, samt en stærk reduktion i transit tiden ved fodring med blanding BI.

Fordøjeligheden af cellulose er lavere end fordøjeligheden af hemicellulose. Dette skyldes, at cellulose er hårdere associeret til lignin end hemi-

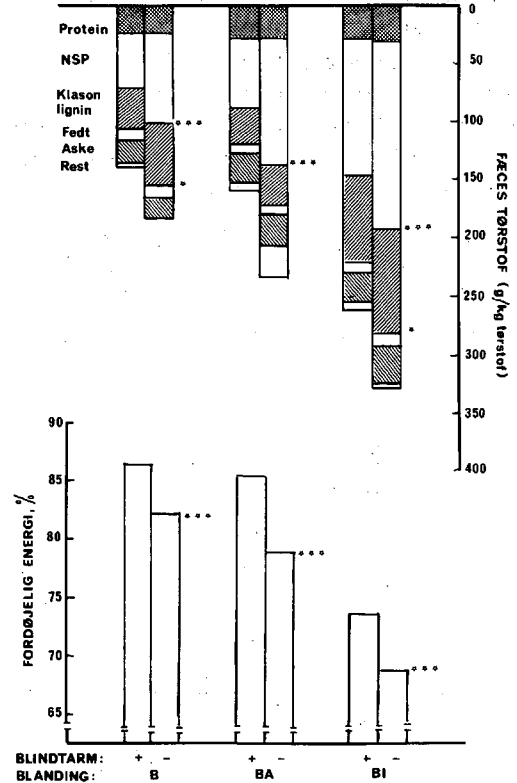


Fig. 1. Blindtarmens betydning for fordøjeligheden (%) af energi og sammensætning af fæces (g/kg foræret tørstof).

cellulose samt at cellulose har en højere polymeriseringsgrad end hemicellulose. Polymeriseringsgraden af cellulose ligger normalt i størrelsesordenen 10.000, medens den kun er 50–200 for hemicellulose. Ved nedbrydningen af både cellulose og hemicellulose er tiden en afgørende faktor. Efter fjernelse af blindtarmen falder transit-

den målt som 90% genfindelse af markøren i fæces fra 37-59 timer til 28 timer (tabel 3). Dette forklarer, hvorfor både cellulose- og hemicellulosefordøjeligheden hos rotter uden blindtarm falder forholdsvis meget mere end fordøjeligheden af β -glukan.

I rotter uden blindtarm var fordøjeligheden 4,1-6,5% lavere end hos normale rotter. Den lavere fordøjelighed medførte en større udskillelse af NSP med fæces, medens udskillelsen af de øvrige komponenter var næsten konstant (figur 1).

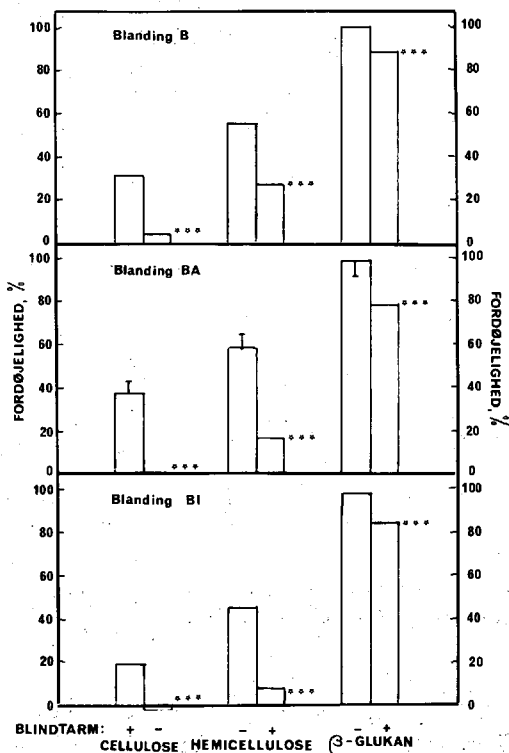


Fig. 2. Blindtarmens og fodersammensætnings betydning for fordøjeligheden af cellulose, hemicellulose og β -glukan.

Den øgede energimængde som udskildtes ved den lavere fordøjelighed modsvarede 6,0-9,5% af energien til vedligehold. Denne størrelse er imidlertid næppe udtryk for den totale energimængde, der frigøres ved mikrobiel forgæring. Som det fremgår af figur 2, foregår der også i rotter uden blindtarm en betragtelig nedbrydning af NSP specielt af β -glukan. Da der i tyndtarmen ikke udskilles enzymer, der kan hydrolysere bindingerne i NSP, må nedbrydningen nødvendigvis foregå ved mikrobiel forgæring. Antages det således, at den nedbrudte NSP hos rotter uden blindtarm omsættes mikrobielt, andrager dette 12-13% af energien til vedligehold. Også dette er sandsynligvis en undervurdering af den totale energimængde, der frigøres ved forgæring af endogene og exogene substanser i tarmkanalen. Ud over NSP omsættes der betragtelige mængder endogent materiale i form af mucopolysakkarider. Hvor meget dette udgør er vanskeligt at kvantificere. Det er dog ikke usandsynligt, at der ved forgæring af mucopolysakkarider kan omsættes, hvad der svarer til 2-3% af energien til vedligehold. Totalt vil den mikrobielle forgæring således bidrage med ca. 15% af energien til vedligehold for denne størrelse rotter. Dette estimat er ikke væsentlig forskellig fra, hvad den mikrobielle forgæring bidrager med hos grise.

Konklusion

Resultatet af denne undersøgelse viser, at en detaljeret karakterisering af kulhydratfraktionens sammensætning er væsentlig for forståelsen af, hvorledes forskellige cellevægsbestanddele fordøjes og omsættes hos enmavede dyr. NSP-fraktionens sammensætning og lignificeringsgrad har således en afgørende indflydelse på dennes fordøjelighed og fordøjeligheden af hele diæten.