



30. APRIL

NR. 542

Næringsværdien af botanisk definerede møllerifraktioner af byg

4. Effekten af den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm hos rotter på fordøjeligheden af protein og energi i pericarp- testa-, kim-, aleuron- og endospermrige afskalningsfraktioner fra Bomi.

K. E. Bach Knudsen¹, J. Wolstrup² og B. O. Eggum¹

¹ *Afdelingen for dyrefysiologi og biokemi, Statens Husdyrbrugsforsøg*

² *Afdelingen for almen mikrobiologi og økologi, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole*

Den mikrobielle aktivitet var stærkt influeret af mængden og typen af næringsemner, der nåede den nedre del af tarmkanalen. Det kunne således vises, at de aleuronrige fraktioner, der havde en relativ lav fordøjelighed i den øvre del af tarmkanalen, bidrog med signifikante mængder letforgærlig energi og protein. ATP i blind- og tyktarm nåede et niveau af henholdsvis 696 og 355 $\mu\text{g/g}$ tørstof, når der blev fodret med disse fraktioner. På den anden side resulterede fraktioner, der var rige i endosperm eller pericarp og testa, i relativt lave ATP-værdier i blind- og tyktarm. Årsagen var, at begrænsede mængder protein og energi nåede blind- og tyktarm ved fodring med de endospermrige fraktioner, medens omvendt en langsom frigørelse af næringsemner fra den cellulose og hemicelluloserige pericarp og testa resulterede i en lav mikrobiel aktivitet.

Ud fra regressionsanalyser mellem ATP i blind- og tyktarm og foderets indhold af protein og totalfibre (TDF) blev det sluttet, at såvel protein som energi (fibre) kunne begrænse den mikrobielle aktivitet. Der blev endvidere fundet en lineær sammenhæng mellem den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm og foderets indhold af TDF op til et niveau på 270–310 g TDF/kg tørstof.

Indledning

Indvirkningen af to forskellige typer af endosperm (Bomi og M-1508 endosperm) og inderavner på den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm er tidligere beskrevet i meddelelse nr. 538. Denne meddelelse vil derimod omhandle indflydelsen af den mikrobielle forgæring i blind- og tyktarm på energi og N-omsætningen ved fodring med fraktioner med et højt indhold af pericarp, testa, kim aleuron og endosperm. Disse fraktioner blev beskrevet kemisk og ernæringsmæssigt i meddelelse nr. 540.

Til kvantificering af den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm blev benyttet adenosin 5'-triphosphate (ATP), der i tidligere undersøgelser har vist sig at være velegnet til at studere betydningen af foderets sammensætning på mikrofloraen i tarmkanalen.

Materiale og metoder

Fraktionerne var identiske med dem der blev beskrevet i meddelelse nr. 540. Ved afslutningen af rotteforsøget blev der udtaget prøver fra blind-

og tyktarm til ATP og tørstofbestemmelse. Fæces blev opsamlet fra de samme dyr og indholdet af VFA og dennes fordeling i fæces bestemt.

Resultater

I tabel 1 er vist variationen i blind- og tyktarmens ATP koncentration ved fodring med de forskellige afskalnings- og sigtefraktioner. ATP koncentrationen i blind- og tyktarm varierede fra 119 $\mu\text{g/g}$ tørstof i hold 11 til 696 $\mu\text{g/g}$ tørstof i hold 8. Der blev generelt fundet de laveste niveauer af ATP ved fodring med fraktioner med et højt indhold af endosperm (hold 10 og 11) og det højeste ATP niveau ved fodring med fraktioner med et højt indhold af aleuronceller (hold 3–8). I tyktarmen var variationen mindre. ATP koncentrationen var 75 $\mu\text{g/g}$ tørstof i hold 2 og 355 $\mu\text{g/g}$ tørstof i hold 8.

Tabel 1. Adenosin 5'-triphosphate (ATP) koncentrationen i blind- og tyktarm hos rotter fodret med afskalnings- og sigtefraktioner fra Bomi

Hold no.	Afskalning (%)	Sigte (μ)	ATP ($\mu\text{g/g}$ tørstof)	
			Blindtarm	Tyktarm
1	—	—	242 ^{de}	121 ^{bc}
2	7.2–11.1	—	256 ^d	75 ^c
3	11.2–16.9	—	433 ^c	154 ^{bc}
4	11.2–16.9	32–63	400 ^c	126 ^{bc}
5	11.2–16.9	63–125	593 ^{ab}	169 ^{bc}
6	17.0–24.6	—	623 ^a	186 ^b
7	17.0–24.6	63–125	456 ^{bc}	193 ^b
8	17.0–24.6	125–250	696 ^a	355 ^a
9	24.7–33.6	—	430 ^c	157 ^{bc}
10	33.7–54.2	—	182 ^{de}	162 ^{bc}
11	54.3–100	—	119 ^e	83 ^{bc}

Hold i samme kolonne med samme bogstaver er ikke signifikant forskellige ($P < 0.05$).

Sammenhængen mellem foderets indhold af protein og den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm fremgår af figur 1. I blindtarmen kunne sammenhængen udtrykkes ved en eksponentiel regressionslinie, medens sammenhængen i tyktarmen var lineær.

Figur 2 viser relationen mellem diæternes indhold af totalfibre (TDF) og ATP koncentrationen i henholdsvis blind- og tyktarm. For begge tarm-

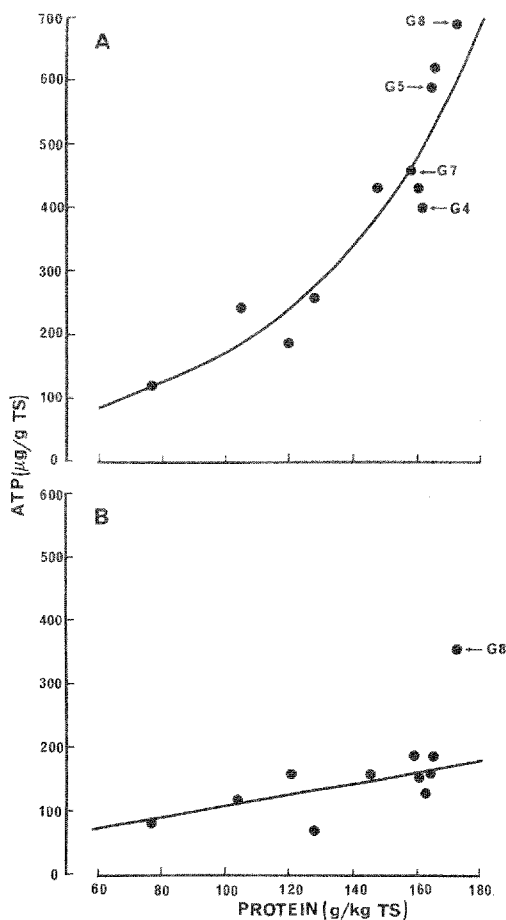


Fig. 1. Sammenhængen mellem adenosin 5'-triphosphate (ATP) og foderets proteinindhold (x) i blindtarm (A): $ATP = 30.486 e^{0.0173x}$, $R^2 = 89.7\%$ og tyktarm (B): $ATP = 15.078 + 0.917 \cdot x$, $R^2 = 46.9\%$ (—G8).

afsnit kunne relationen beskrives ved to konkave andengradsregressionslinier. De højeste ATP koncentrationer blev fundet både for blind- og tyktarm ved et indhold af totalfibre (TDF) på 270–310 g TDF/kg tørstof.

Udskillelse og fordeling af VFA i fæces fremgår af tabel 2. Den daglige VFA udskillelse var højest i hold 2 med 180 $\mu\text{mol/dag}$ og lavest i hold 10 med 69 $\mu\text{mol/dag}$. Endnu lavere værdier ville formodentlig være blevet fundet for hold 11, men på grund af den lave fæcesudskillelse kunne dette ikke bestemmes. Det relative indhold af eddike-

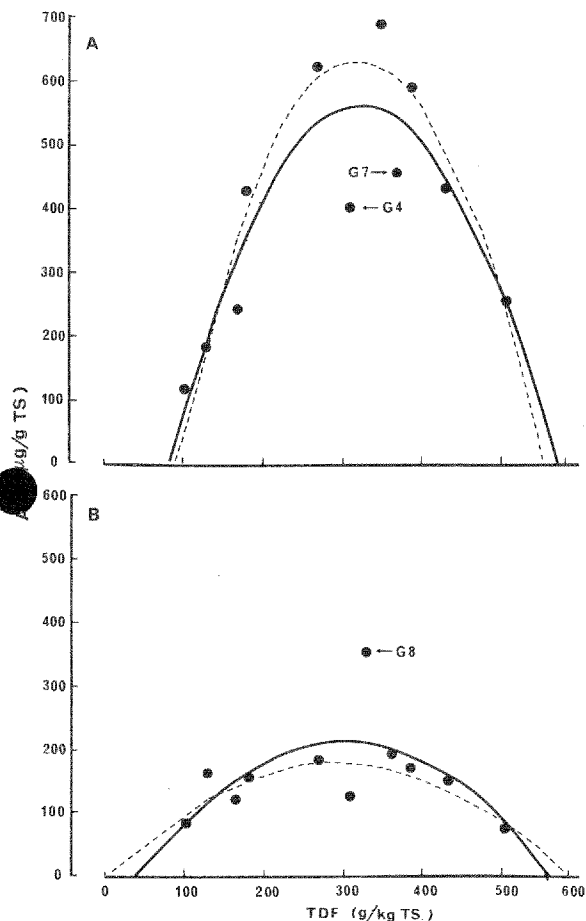


Fig. 2. Sammenhængen mellem adenosin 5'-triphosphate (ATP) og foderets totale fiberindhold (TDF) i blindtarm (A): $ATP = -449.12 + 6.2325 \cdot TDF - 0.0096 \cdot TDF^2$, $R^2 = 77.5\%$ (alle hold). $ATP = -605.33 + 7.7148 \cdot TDF - 0.0120 \cdot TDF^2$, $R^2 = 92.3\%$ (-G4 og -G7) og tyktarm (B). $ATP = -73.31 + 1.8677 \cdot TDF - 0.031 \cdot TDF^2$, $R^2 = 38.6\%$ (alle hold); $ATP = -0.51 + 1.2045 \cdot TDF - 0.020 \cdot TDF^2$, $R^2 = 56.7\%$ (-G8).

syre, fulgte generelt samme mønster, som for VFA udskillelsen. Det højeste relative indhold af eddikesyre blev fundet i hold 2 (0,84) og det laveste i hold 10 (0,59). I hold 2 blev der derimod fundet det laveste indhold af propionsyre og smørsyre, (henholdsvis 0,08 og 0,05), medens det højeste indhold af propionsyre blev fundet i hold 7 (0,18) og af smørsyre i hold 4 (0,17).

Diskussion

Resultatet af nærværende undersøgelse viste, at den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm var stærkt influeret af mængden og typen af næringsemner, der nåede den nedre del af tarmkanalen. Den mikrobielle aktivitet var således signifikant højere, når rotterne blev fodret med fraktioner med et højt indhold af aleuronceller (hold 3–8), end når foderet hovedsageligt bestod af endosperm (hold 10–11) eller pericarp og testa (hold 2). Dette kan forklares ved den kemiske sammensætning af de forskellige botaniske komponenter.

Aleuroncellevæggene er således hovedsagelig opbygget af arabinoxylan, cellulose og phenolsyrer. Disse bestanddele beskytter celleindholdet mod enzymatisk hydrolyse i den øvre del af tarmkanalen. I den nedre del af tarmkanalen bliver aleuroncellerne imidlertid nedbrudt af mikrofloraen og omdannet til mikrobiel biomasse. Efter som aleuroncelleindholdet består af let forgærlig protein og energi, sker der en drastisk forøgelse af den mikrobielle aktivitet. Modsat effekten af aleuroncellerne er effekten af endosperm. Endospermcellevæggene er til 75% opbygget af vandopløselige 1,3:1,4 β -glukan, der er let forgærlig. Den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm er imidlertid lav som følge af et lavt indhold af protein og en begrænset tilførsel af energi. På den anden side resulterer de cellulose- og hemicelluloserige pericarp og testa også i en relativ lav mikrobiel aktivitet i blind- og tyktarm. Dette er sandsynligvis en effekt af en høj passagehastighed og en langsom frigørelse af næringsemnerne fra de cellulose- og hemicelluloserige cellevægge.

Regressionsanalyserne indikerer, at såvel protein som energi (fibre) kan være begrænsende for den mikrobielle aktivitet i blind- og tyktarm. Sammenhængen mellem foderets indhold af protein og ATP kan beskrives ved en eksponentiel regressionslinje i tyktarm. På den anden side kan sammenhængen mellem foderets indhold af totalfibre og ATP i blind- og tyktarm beskrives ved to andengradsregressionslinjer. Op til et niveau på 270–310 g TDF/kg tørstof synes der endvidere at være linearitet mellem mængden af fibre og den

Tablet 2. Den daglige udskillelse af flygtige fede syrer (VFA) og VFA fordelingen i fæces hos rotter, der blev fodret med afskalnings- og sigtefraktioner fra Bomi

Hold nr.	Afskalning (%)	Sigte (μ)	VFA udskillelse μ mol/dag	VFA fordeling		
				C-2	C-3	C-4
1	—	—	90 ^{cd}	0.77 ^b	0.13 ^{ab}	0.08 ^{bc}
2	7.2–11.1	—	180 ^a	0.84 ^a	0.08 ^c	0.05 ^c
3	11.2–16.9	—	137 ^b	0.74 ^b	0.17 ^{ab}	0.06 ^{bc}
4	11.2–16.9	32–63	115 ^{bc}	0.65 ^{cd}	0.15 ^{ab}	0.17 ^a
5	11.2–16.9	63–125	125 ^b	0.71 ^{bc}	0.16 ^{ab}	0.11 ^b
6	17.0–24.6	—	94 ^{cd}	0.72 ^{bc}	0.16 ^{ab}	0.09 ^{bc}
7	17.0–24.6	63–125	95 ^{cd}	0.72 ^{bc}	0.18 ^b	0.08 ^{bc}
8	17.0–24.6	125–250	141 ^b	0.78 ^b	0.14 ^{ab}	0.06 ^{bc}
9	24.7–33.6	—	80 ^d	0.71 ^{bc}	0.13 ^b	0.08 ^{bc}
10	33.7–54.2	—	65 ^d	0.59 ^d	0.16 ^{ab}	0.11 ^b

Hold i samme kolonne med samme bogstaver er ikke signifikant forskellige ($P < 0.05$).

mikrobielle aktivitet. Ved et indhold ud over 310 g TDF/kg tørstof falder den mikrobielle aktivitet drastisk, hvilket er en følge af den formindskede transittid, der resulterer i mindre tid for mikrobiel forgøring.

Af figur 1 og 2 kan også sluttes, at der er sammenhæng mellem foderets partikelfordeling og den mængde næringsstof, der kommer til blind- og tyktarm. Dette kan ses af, at ATP niveauerne for holdene, der blev fodret med fraktionerne med fine partikler (G4 og G7) generelt ligger under regressionslinierne, medens omvendt ATP niveauerne for holdene fodret med grove partikler (G5 og G8) ligger over regressionslinierne. Årsagen er, at små partikler har en større overflade, hvorved en større del af næringsstofferne frigøres i tyndtarmen. Hermed tilføres blind- og tyktarm en mindre mængde protein og energi. Det omvendte er tilfældet ved fodring med de grove partikler.

I overensstemmelse med resultaterne i meddelelse nr. 539, ser man, at fibrene favoriserer pro-

duktionen af eddikesyre. Dette sker primært på bekostning af propionsyredannelsen.

Tilstedeværelsen af en aktiv forgøring i blind- og tyktarm vil have både en positiv og en negativ indflydelse på energi- og proteinomsætningen. Den mængde protein, der er associeret til aleuroncellerne (ca. 13–15% af kernens protein), vil således hovedsagelig blive nedbrudt til mikrobiel biomasse og som sådan gå tabt for dyret. På den anden side ser man, at energien i hvedeklid, der har et højt indhold af aleuronceller (30–50% af hvedeklids tørstof), vurderes langt højere til kvæg og svin end til fjerkræ. I forhold til byg vurderes hvedeklid til henholdsvis 77, 75 og 58% i henholdsvis kvæg, svin og fjerkræ. Forklaringen er sandsynligvis, at den mikrobielle forgøring i vom (kvæg) og blind- og tyktarm (svin) bidrager med signifikante mængder nettoenergi til værtsdyret. Det er endvidere et spørgsmål, om ikke aleuroncellerne, der stimulerer den mikrobielle aktivitet, resulterer i en bedre udnyttelse af energien i fiberholdt materiale.