



20. APRIL

NR. 472

Undersøgelser over forskellige fodermidlers proteinnedbrydning i vommen målt med nylonposeteknikken

ved P. D. Møller, P. E. Petersen og T. Hvelplund
Afd. for forsøg med kvæg og får

Proteinnedbrydningen i vommen af kornarterne byg, havre, rug og hvede samt proteinrige fodermidler som sojaskrå, bomuldsfrøkager, rapsskrå og fiskemel blev bestemt ved hjælp af nylonposeteknikken. Den effektive proteinnedbrydning (EPN), der både tager hensyn til nedbrydningen i vommen og den mængde protein, der passerer unedbrudt gennem vommen, blev beregnet ved forskellige passagehastigheder.

Ved en passagehastighed på 8% pr. time svarende til fodring på produktionsniveau fandtes følgende EPN-værdier: Byg 72%, havre 84%, rug 81%, hvede 84%, sojaskrå 64%, bomuldsfrøkager 64%, rapsskrå 67% og fiskemel 46%.

Indledning

Undersøgelser har vist, at malkekøer i første del af laktationen ikke kan få dækket deres proteinbehov gennem den mikrobielle proteinsyntese i vommen. Der er derfor behov for et tilskud af foderprotein, som mikroorganismene kun nedbryder i mindre omfang, således at en del af proteinet passerer unedbrudt gennem vommen til tyndtarmen. Dette betyder, at foderproteinets nedbrydningsgrad i vommen er en væsentlig parameter for vurderingen af kvægets proteinforsyning.

Ved hjælp af tarmfistulerede køer kan nedbrydningsgraden bestemmes *in vivo*. Det er imidlertid en meget ressourcekrævende teknik, hvorfor der er behov for en alternativ metode, som er hurtig, enkel og præcis. Nylonposeteknikken, ved hvilken nedbrydningsgraden kan bestemmes *in situ* er en af disse alternativer. Ved denne teknik inkuberes nylonposer med foder-

prøver i vommen i forskellige tidsintervaller. Herefter måles, hvor meget protein der nedbrydes. Da det unedbrudte protein ikke kan forlade posen, må der korrigeres for den passage fra vommen af unedbrudt foderprotein, der under normale forhold finder sted i de tilsvarende tidsintervaller. Den effektive proteinnedbrydningsgrad, som herved bestemmes, kommer således til at afhænge både af nedbrydningshastigheden af proteinet og af den hastighed, hvormed partiklerne passerer ud af vommen. Passagehastigheden er imidlertid påvirket af flere forhold, bl.a. partikelstørrelse, struktur, osmotisk tryk og foderniveau. Med stigende foderniveau vil f.eks. passagehastigheden øges. Den effektive proteinnedbrydning er derfor beregnet ved forskellige passagehastigheder i den foreliggende undersøgelse. Passagehastigheden defineres som den fraktion af foderprotein, der forlader vommen pr. tidsenhed.

Materiale og metoder

De anvendte nylonposer er fremstillet af polyamid fra Scrynel, Züricher Beuteltuchfabrik AG, Schweiz, med en porestørrelse på 36μ og et hularreal på 30%. Poserne måler $7,5 \times 10$ cm og er syet med runde hjørner.

Foderprøven formales, så den kan passere et 2 mm sold, og ca. 0,8 g prøve fyldes i hver enkelt nylonpose. Poserne spændes fast til en gummiprop og placeres i vommen på en vomfistuleret ko, som fodres med høg. Gummipropkerne holdes ned i vommen ved hjælp af lodder.

Ved afslutningen af inkubationsperioden fjernes nylonposerne fra vommen, skylles først i koldt og derefter grundigt i 30 minutter i lunkent, rindende vand. Dette har til formål at få alle nedbrudte proteinrester, incl. bakterier, ud af poserne. Indholdet af poserne overføres herefter på kvælstoffrie filtre og tørres. Kvælstofindholdet bestemmes ved Kjeldahl-analyse.

Der anvendes inkubationsperioder på 1, 3, 5, 8, 16, 24 og 48 timer med dobbeltbestemmelser for hvert tidsinterval. Ved 8 og 16 timers inkubation anvendes dog 4 prøver for hver, idet spredningen på resultaterne erfaringsmæssigt er størst ved disse inkubationsperioder.

Følgende udvalgte fodermidler blev undersøgt:

Fodermiddel	% tørstof	% råprotein i tørstof
Havre	89,03	12,46
Hvede	87,82	12,65
Rug	89,77	10,42
Byg	86,47	10,97
Rapsskrå (»Line«)	87,56	43,06
Sojaskrå	86,08	51,55
Bomuldsfrøkager	90,64	42,06
Fiskemel	94,62	73,75

Protein nedbrydningen kan derefter bestemmes som en funktion af tiden. Da nylonposerne har så små porer, at foderet ikke kan forlade poserne uden at være nedbrudt, og en del af proteinet under normale forhold vil forlade vommen som uforgæredede partikler, er det nødvendigt at korrigere disse resultater for passagehastighed og beregne den effektive protein nedbrydning.

Ved beregning af den effektive protein nedbrydningsgrad (EPN) anvendtes den ved afdelingen udarbejdede formel, der tager hensyn til både

protein nedbrydningen bestemt med nylonpose-teknikken og passagehastigheden af partikler ud af vommen.

$$EPN = NP_0 + \sum_{i=1}^n (NP_{i+1} - NP_i) (e^{-k} \cdot (i+1) + e^{-k \cdot i}) / 2$$

hvor NP_0 betegner % nedbrudt protein efter 1 time
 t_i betegner inkubationstiden (timer)
 k betegner passagehastigheden (time^{-1})

Ved en konstant eller øget nedbrydningshastighed efter 24 timers inkubation ekstrapoleres nedbrydningsgraden mellem 24 og 48 timer til den skærer 100%, hvorved den ekstrapolerede inkubationstid bestemmes efter følgende formel:

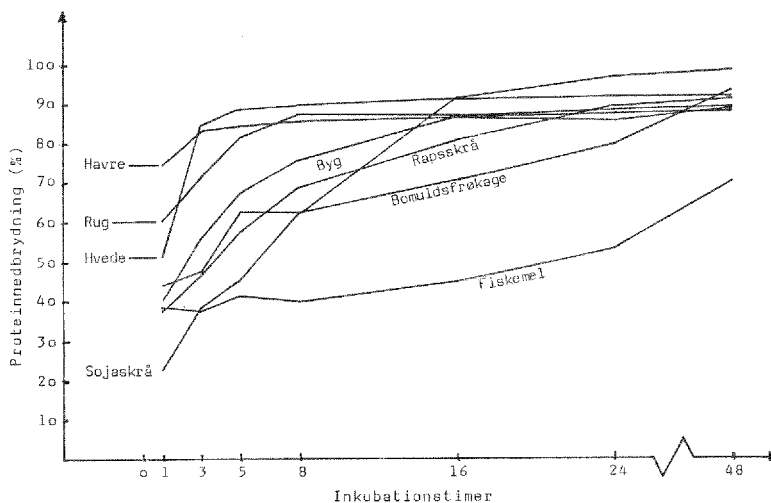
$$t_{\text{extr}} = 48 + (100 - NP_{48}) \times (24) / (NP_{48} - NP_{24})$$

Resultater

I figur 1 er nedbrydningen af protein i de undersøgte fodermidler vist. De fire kornarter adskiller sig indbyrdes i det procentiske indhold af protein, som nedbrydes inden for den første time. Denne fraktion kaldes opløseligt protein. Derimod er nedbrydningsgraden nogenlunde ens ved 48 timer. Det er karakteristisk her, at nedbrydningskurven stiger mest i begyndelse af inkubationen. Derefter aftager stigningen for til sidst næsten at ophøre. For havre er stigningen og dermed nedbrydningen allerede efter 3 timers inkubation næsten ophørt. For hvede er stigningen næsten ophørt efter 5 timer og for rug og byg efter henholdsvis 8 og 16 timer.

Nedbrydningen af proteinet i de proteinrige fodermidler udviser ligeledes store forskelle som vist i figur 1. Nedbrydningen af proteinet i rapsskrå foregår langsomt og stiger jævnt op til 24 timers inkubation for derefter næsten at ophøre. For sojaskrå ophører protein nedbrydningen derimod næsten efter 16 timer, men til gengæld har det et lavere indhold af opløseligt protein sammenlignet med rapsskrå.

For bomuldsfrøkager og fiskemel adskiller nedbrydningsforløbet sig væsentligt fra de førnævnte proteinfodermidler. Nedbrydningskurven for bomuldsfrøkager stiger relativt hurtigt indtil 5 timers inkubation, hvorefter nedbrydningen ophører og først begynder langsomt igen efter



Figur 1. Forskellige fodermidlers proteinnedbrydningsgrad i nylonposer ved forskellige inkubationstider i vommen.

8 timers forløb. Dette kan muligvis skyldes, at bomuldsfrøkager indeholder en letnedbrydelig proteinfraktion, som nedbrydes fuldstændigt inden for 5 timer, samt en proteinfraktion, som er vanskeligere at nedbryde (muligvis bundet til plantefibre), og som her først frigøres til fortsat nedbrydning efter 8 timers inkubation. En beskyttelse af proteinet mod nedbrydning findes ligeledes hos fiskemel, hvor nedbrydningen først begynder 8 timer efter, at den opløselige proteinfraktion har forladt nylonposen. Da proteinnedbrydningen tilsyneladende her vil fortsætte ud over de 48 timer, skal kurven ekstrapoleres til 100% nedbrydning, hvorved nedbrydningstiden kan beregnes til 90 timer.

Passagehastighedens indflydelse på den effektive proteinnedbrydningsgrad (EPN) er vist i tabel 1 og figur 2. Generelt ligger havre, hvede og rug højest med en lille indbyrdes forskel. Herefter kommer byg efterfulgt af de undersøgte skrå og kager, mens fiskemel klart udskiller sig som det fodermiddel med den laveste EPN ved alle passagehastigheder. Dette er således i overensstemmelse med, at proteinnedbrydningen i fiskemel starter så sent, at en stor del af foderet vil være forsvundet fra vommen forinden.

Endvidere viser de undersøgte kager og skrå samt fiskemel det største fald i EPN ved øget passagehastighed. Dette skyldes, at passagehastigheden kun har indflydelse på den effektive

nedbrydning af den langsomt nedbrydelige proteinfraktion. Da denne fraktion er forholdsvis stor hos disse fodermidler og/eller nedbrydes langsommere end hos kornarterne, vil passagehastigheden i højere grad indvirke på EPN i disse fodermidler.

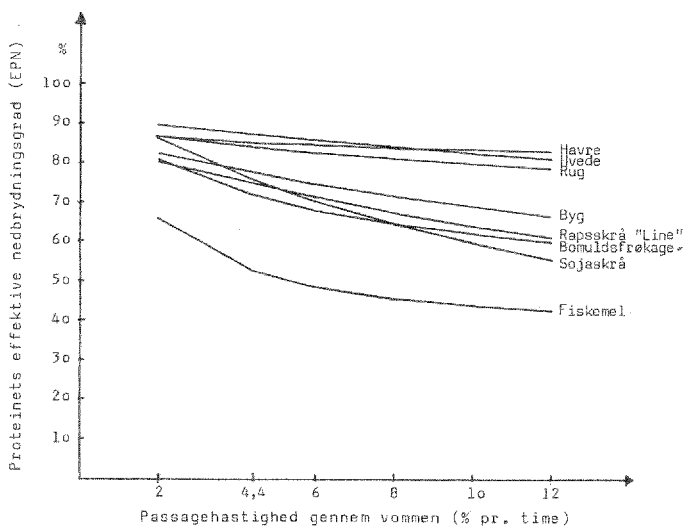
Tabel 1. Effektiv proteinnedbrydning beregnet ved forskellige passagehastigheder (time^{-1}).

Passagehastighed	2%	4,4%	6%	8%	10%	12%
Havre	87	85	85	84	83	83
Hvede	90	87	86	84	83	81
Rug	86	84	83	81	80	78
Byg	82	77	75	72	69	67
Sojaskrå	86	76	70	64	60	56
Bomuldsfrøkager	81	72	68	64	62	60
Rapskrå (»Line«)	80	75	71	67	64	61
Fiskemel	66	53	49	46	44	43

Diskussion

Den effektive proteinnedbrydning (EPN) er et resultat af den hastighed, hvormed proteinet nedbrydes i formaverne, og af proteinpartiklernes passage ud af vommen. En bestemmelse af den EPN kræver derfor både en bestemmelse af nedbrydningshastigheden og af passagehastigheden af proteinpartiklerne ud af vommen.

Nedbrydningshastigheden af foderprotein er påvirket både af miljøforholdene i vommen som f.eks. pH og af egenskaber ved proteinet, der medfører forskellig modstand mod bakterienes



Figur 2. Proteinets effektive nedbrydningsgrad ved forskellig passagehastighed gennem vommen.

protein nedbrydende enzymer i vomvæsken. Faktorer som kemisk behandling af protein med f.eks. formalin eller varmepåvirkning under fremstilling vil ligeledes nedsætte proteinets nedbrydning i vommen. I den foreliggende undersøgelse er vommiljøet søgt holdt konstant, idet den anvendte fistelko er fodret med hør efter ædelyst, således at forskellene i nedbrydningshastigheden kan tilskrives de forskellige proteinfodermidlers modstand mod nedbrydning ved et standardiseret vommiljø.

Da passagehastigheden af foderpartiklerne gennem vommen øver indflydelse på den EPN, blev denne beregnet ved stigende passagehastighed af foderpartiklerne fra 2–12% pr. time. Foderpartiklernes passagehastighed ud af vommen er ligeledes påvirket af fodringsniveauet. Ved sektionen blev bestemt en passagehastighed på 5,6% og 6,7% pr. time ved en foderoptagelse på henholdsvis 14 og 18 kg tørstof pr. dag. En passagehastighed på 4,4% pr. time er fundet i udenlandske forsøg for kraftfoder. En passagehastighed på ca. 8% pr. time må antages for passende for køer med en tørstofoptagelse på ca. 20 kg pr. dag, medens en passagehastighed for lavtydende

eller goldkøer på et lavere foderniveau vil være lavere.

Beregningerne af EPN ved forskellige passagehastigheder (fig. 2) viste en høj men forholdsvis ringe påvirkning af EPN inden for et stort interval for kornarterne havre, hvede og rug. I gennemsnit af de 3 kornarter faldt EPN kun fra 85% til 83% ved en stigning i passagehastigheden fra henholdsvis 4,4% til 8% pr. time. Ved samme stigningsgrader i passagehastigheden faldt EPN for byg fra 77 til 72% og i gennemsnit for de tre oliekråger fra 74 til 65%, hvilket er den største virkning af en øget passagehastighed. For fiskeemel var EPN lavest og faldt fra 53 til 46%.

Værdierne af EPN ved forskellige passagehastigheder antyder, at man for brug i praksis kan danne fodermiddelgrupper, inden for hvilke den samme EPN kan benyttes. Der må dog i denne forbindelse gøres opmærksom på, at der forekommer betydelige variationer i proteinets nedbrydningsprofil inden for proteinfodermidler, således at en bestemt EPN for et parti ikke altid gælder for et andet parti. Årsagen hertil kan bl.a. være forskellige behandlingsmetoder under forarbejdning og fremstilling af oliekrågerne.