

458. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsøg

J. Madsen, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Husdyrbrugsinstitut

P. D. Møller, K. Vestergaard Thomsen og T. Hvelplund,
Statens Husdyrbrugsforsøg, Afdelingen for forsøg med kvæg og får.

Indflydelsen af kemisk behandlet foderprotein på drøvtyggenes kvælstofomsætning

The influence of chemical treated feed protein on the nitrogen metabolism of the ruminant

With English summary and subtitles



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1977

Forord

Drøvtyggernes kvælstofomsætning har i mange år ved Statens Husdyrbrugsforsøg været genstand for intensiv forskning. På afdelingen for forsøg med kvæg har det specielt været mulighederne for at anvende ikke-protein kvælstof (NPN) til malkekøer, der har haft stor opmærksomhed.

I nærværende beretning behandles et andet aspekt af kvælstofomsætningen hos drøvtyggere: Mulighederne for gennem kemisk behandling af foderprotein at begrænse proteinets nedbrydning i formaverne og derved opnå en højere proteinudnyttelse og større muligheder for at udnytte NPN.

Undersøgelserne, der er beskrevet, er udført ved afdelingen for forsøg med kvæg og får, sektionerne for anvendt fysiologi og fodermiddelvurdering af J. Madsen i forbindelse med licentiatstudium. Ud over beretningens forfattere har forsøgsassistenterne og laboranterne Ina Brendstrup, Nina Göranson, Henny Jakobsen, Edith Olsen, H. Handt og J.B. Laursen deltaget ved forsøgenes gennemførelse. Manuskriptet er renskrevet af Lillian Nørup.

København, april 1977.

A. Neimann-Sørensen

INDHOLDSFORTEGNELSE

I. Indledning	5
II. Oversigt over kvælstofomsætningen	6
A. Modelberegning over kvælstofomsætningen	6
B. Muligheder for en påvirkning af kvælstoffets omsætning i mave-tarmkanalen gennem forskellig behandling og kombination af fodermidler	7
C. Metoder til måling af kvælstoffets omsætningsveje	8
D. Perspektiver i at ændre kvælstofomsætningen	9
III. Bestemmelse af proteinets opløselighed ved hjælp af in vitro teknik	9
A. Indledning	9
B. Materialer og metoder	9
1. Uopløselig rest-N metoden	10
2. Regressionsmetoden	10
C. Resultater og diskussion	10
1. Proteinopløseligheden i naturlige fodermidler	10
2. Indflydelsen af kemisk behandling på proteinopløseligheden	11
a. Uopløselig rest-N metoden	11
b. Regressionsmetoden	13
c. Sammenligning af regressionsmetoden og uopløselig rest-N metoden	15
d. Proteinets opløselighed efter forgæring + pepsin-saltsyre behandling	16
e. Aldehyds virkning på proteinet	17
f. Proteinets opløselighedshastighed	17
D. Konklusion	17
IV. Forsøg med kemisk behandlet protein til køer og kalve	19
A. Indledning	19
B. Teoretiske betragtninger vedrørende beskyttelse af protein	20
C. Materialer og metoder	22
D. Resultater og diskussion	24
1. Kvælstofomsætningen hos tarmfistulerede køer	24
2. Kalvenes kvælstofomsætning	26
E. Konklusion	29
V. Sammendrag	29
VI. Summary	31
VII. Litteraturliste	33

I. Indledning

Det første afsnit af drøvtyggernes fordøjelseskana (vom, netmave og blad-mave) kan på grund af fermentationsprocesserne, der finder sted i disse afsnit, betegnes som et gæringskammer, medens den resterende del af fordøjelseskana (løbe, tyndtarm og tyktarm) svarer til fordøjelseskana hos enmavede dyr. Denne anatomiske opbygning udruster drøvtyggerne med særlige muligheder for udnyttelse af fodermidler, der er mindre værdifulde for enmavede dyr. Fodring af drøvtyggere er i første omgang en forsyning af formavernes mikroorganismer med næringssubstrat, der under den mikrobielle nedbrydning resulterer i dannelse af flygtige fedtsyrer m.v. samt mikrobiel cellemasse. Den mikrobielle omsætning af foderet, inden det passerer videre til løben og tyndtarmen, påvirker foderproteinets i både positiv og negativ retning.

Som det positive kan fremhæves, at mikroorganismene kan udnytte den ammoniak (NH_3), der dannes ved nedbrydning af foderprotein samt ikke-protein-kvælstof (NPN). Efter mikroorganismernes passage fra vommen til løben og tyndtarmen kan det mikrobielle protein fordøjes her, og de frigjorte aminosyrer absorberes i tyndtarmen, der er det eneste sted i drøvtyggernes fordøjelseskana, hvor denne absorption kan finde sted. Det negative ved den mikrobielle aktivitet i formaverne er, at en væsentlig del af det værdifulde protein, som f.eks. olieprotein, nedbrydes til ammoniak (NH_3) og flygtige fedtsyrer. Foderprotein af høj kvalitet (BV) hindres derved i at nå intakt til løbe og tyndtarm, og drøvtyggerne undrages derved en del af foderproteinets aminosyrer.

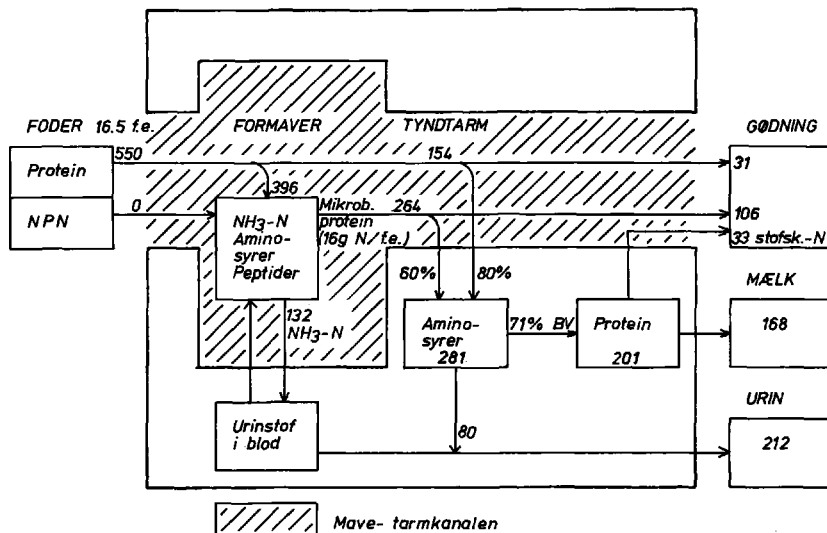
Proteinforsyning af drøvtyggere er som for enmavede dyr et spørgsmål om mængden og arten af aminosyrer, der er tilgængelige for absorption i tyndtarmsafsnittet.

I beretningen er foderproteinets (kvælstoffets) hovedomsætningsveje omtalt for herved at søge belyst, hvad der sker når der gribes ind i kvælstofomsætningen, og hvilke muligheder der ligger i dette. Det efterfølgende omhandler hvorledes kemisk behandling af protein påvirker dets opløselighed, og hvorledes dyrenes kvælstofomsætning ændres, når der fodres med kemisk behandlet protein.

II. Oversigt over kvælstofomsætningen

A. Modelberegning over kvælstofomsætningen

I figur 1 er foderproteinets omsætningsveje i den dyriske organisme vist skematisk for en ko med en ydelse på 30 kg mælk daglig. Modellen viser kun de væsentligste passageveje, og kan benyttes til en illustration af den proteinbesparelse, der kan opnås, når størrelsesforholdene for de enkelte omsætningsveje ændres.



Figur 1. Kvælstofomsætningen i mave-tarmkanalen hos en malkeko (30 kg 4% mælk).
Nitrogen metabolism in the alimentary tract of a dairy cow (30 kg FCM).

Følgende forudsætninger er anvendt for beregningerne:

1. Foderproteinets nedbrydningsgrad i formaverne: 72%, d.v.s. at 28% passerer formaverne unedbrudt ($550 \times 0,28 = 154$ g N).
2. Den mikrobielle proteinsyntese: 16 g N pr. f.e. ($16,5 \text{ f.e.} \times 16 = 264$ g N).
3. Fordøjeligheden i tyndtarmen af ikke nedbrudt foderprotein: 80%. Fordøjeligheden af mikrobielt protein i tyndtarmen: 60%.
4. Biologisk værdi af absorberede aminosyrer: 71.
5. Stofskifte N pr. f.e.: 2 g ($16,5 \times 2 = 33$ g N).
6. Kvælstofindhold pr. kg mælk: 5,6 g ($30 \times 5,6 = 168$ g N).

Det angivne behov for total-N i foderet (550 g N) svarer til den danske norm på 65 g ford. råprotein pr. kg 4% mælk og 420 g ford. råprotein til vedligehold

(600 kg ko), når der regnes med en tilsyneladende fordøjelighed af råprotein på 70% på dette foder- og ydelsesniveau.

Figur 1 viser, at der sker en nedbrydning af foderproteinet i formaverne til NH_3 (deaminering), aminosyrer og peptider (ialt 396 g N). Af det nedbrudte protein overføres 132 g N til blodet og udskilles som urinstof-N i urinen. Desuden sker der en deaminering af aminosyrerne efter absorptionen fra tyndtarmen, fordi sammensætningen af de absorberede aminosyrer eller BV ikke er optimal men under 100 (i alt 80 g N). Af de resterende 201 g N går 168 g til mælkeprotein og 33 g udskilles som stofskifte-N i gødningen. Af den samlede mængde kvælstof i foderet er således udskilt 31% i gødningen og 39% i urinen. udnyttelsen af kvælstoffet har i dette eksempel således andraget 30%. Et øget kendskab til de benyttede forudsætningers variationsbredde under anvendelse af forskellige protein- og energikilder vil give mulighed for at optimere protein-tildelingen på en sådan måde, at både mikroorganismernes behov og dyrets behov dækkes bedst muligt under de forskelligt forekommende produktionsstadier.

B. Muligheder for påvirkning af kvælstoffets omsætning i mave-tarmkanalen gennem forskellig behandling og kombination af fodermidler

I det følgende skal kort nævnes de muligheder, der foreligger for en forskydning af proteinomsætningen gennem benyttelse af det naturlige variationsområde for de under figur 1 opstillede punkter.

Ad forudsætning 1. Gennem en nedsættelse af foderproteinets nedbrydningsgrad i formaverne vil en større andel af proteinet passere til tyndtarmen, og tildelingen af foderprotein kan mindskes, når der tilstræbes samme mængde protein tilført tyndtarmen. Ved nedsættelse af proteinets opløselighed og proteintildelingen så meget, at der bliver mangel på ammoniak til den mikrobielle proteinsyntese, kan der eventuelt tildeles NPN til at dække dette ammoniakbehov.

Med den variation, der er i proteinopløseligheden (16–100%) imellem forskellige naturlige proteinkilder, og med de muligheder, der ligger i at nedsætte proteinopløseligheden ved kemisk behandling (Madsen 1976), synes der at ligge visse muligheder for en bedre udnyttelse af foderprotein til drøvtyggere på denne måde.

Ad forudsætning 2. En proteinsyntese på 100 g pr. f.e. (16 g N), som er anvendt i beregningerne, svarer til en gennemsnitsværdi på ca. 20 g mikrobielt protein syntetiseret pr. 100 g organisk stof, fordøjet i formaverne. Denne størrelse vil i nogen grad afhænge af forsyningen med ammoniak og renprotein og ligeledes være afhængig af den sammenhæng, der er mellem proteinkilden i foderet og forgæringen af forskellige kulhydrater (cellulose, stivelse) i formaverne (Thomsen og Neimann-Sørensen, 1975).

Udførte forsøg med urea som kvælstofkilde har vist, at NPN specielt kan udnyttes, når der blev givet stivelsesrige foderemner, eller når foderet indeholdt letforgærbare kulhydrater (Møller, 1973). Udenlandske resultater tyder ligeledes på, at den mikrobielle proteinsyntese er afhængig af synkroniseringen mellem kvælstoffrigørelsen og energifrigørelsen (forgæringen) i formaverne.

Ad forudsætning 3. Fordøjeligheden af proteinet i tyndtarmen vil være bestemmende for mængden af protein, der skal tilføres tyndtarmen for at dække behovet. Der er udenlandske forsøg, der tyder på, at fordøjeligheden af proteinet fra bakterier varierer fra 39–70%, afhængig af foderets sammensætning (Salter & Smith, 1974). Der er ligeledes udført danske forsøg, der tyder på, at man ikke uden videre – gennem en kemisk behandling, der medfører en nedsættelse af proteinets opløselighed – kan øge mængden af foderprotein, der passerer til tyndtarmen, uden dermed at nedsætte fordøjeligheden af proteinet i tarmen (Madsen, 1976).

Ad forudsætning 4. Den biologiske værdi af de absorberede aminosyrer er hos drøvtyggerne i stor udstrækning bestemt af det mikrobielle proteins aminosyresammensætning; mikrobielt protein er mængdemæssigt grundlaget for den største optagelse af aminosyrer fra tarmen (56%, fig. 1). Øges mængden af foderprotein, der passerer unedbrudt til tarmen, vil den biologiske værdi af foderproteinet spille en større rolle. Der findes muligheder for at beskytte naturligt protein eller enkelte aminosyrer mod mikrobiel nedbrydning, hvorved den biologiske værdi af de absorberede aminosyrer kan øges.

Ad forudsætning 5. Mængden af stofskifte-N er i figur 1 sat til 2 g N pr. f.e. Dette svarer til størrelsen, der findes hos enmavede dyr. Hos drøvtyggere bestemmes mængden af stofskifte-N ofte til en størrelse på ca. 5 g N pr. kg optaget tørstof. Årsagen må søges i den store mikrobielle aktivitet i mavetarmkanalen hos drøvtyggere. Mængden af produceret mikrobielt protein står, lige som mængden af stofskifte protein, i forhold til den optagne tørstofmængde.

C. Metoder til måling af kvælstoffests omsætningsveje

I produktionsforsøg med malkekøer måles mælkeproduktionen og køernes vægtændring. I mere intensive kvælstofbalanceforsøg måles desuden udskillelsen af kvælstof i henholdsvis gødning og urin. Ønskes yderligere oplysninger om vommikroorganismernes forsyning med ammoniak, kan ammoniakkoncentrationen i vommen måles gennem en vomfistel. I de senere år er der desuden taget en ny forsøgsmetode i anvendelse som synes velegnet til at undersøge forskellige faktorerers indflydelse på drøvtyggernes proteinforsyning og kvælstofomsætning (Madsen et al., 1973, Hvelplund et al., 1976). Ved denne metode indopereres kanyler i tyndtarmen, hvorved mængden af tarmindehold og dets sammensætning kan måles kvantitativt. Ved en analysering af det opsamlede tarmindehold er det bl.a. muligt at bestemme den mikrobielle proteinsyntese i formaverne samt mængden af foderprotein, der har undgået den mikrobielle

nedbrydning. Ved hjælp af tarmfistulerede køer er det ligeledes muligt at måle optagelsen af aminosyrer i tarmen og derved få et skøn over mængden af aminosyrer, som absorberes fra tyndtarmen til blodet ved en given ration. Mængden af aminosyrer, der optages fra tyndtarmen og aminosyresammensætningen, udtrykker bedre dyrets proteinforsyning, end den mængde råprotein, der tilføres med foderet og fordøjes af dyret.

D. Perspektiver i at ændre kvælstofomsætningen

De opstillede forudsætninger for beregningerne i figur 1 viser, at kendskab til disse er nødvendigt for at kunne forudsige, hvor meget protein og dermed hvor mange aminosyrer en given ration stiller til rådighed for dyrets produktion og vedligehold. Forudsætningsernes variationsområde indikerer samtidig, at der foreligger betydelige muligheder for at opnå positive udslag i produktionsmæssig henseende enten gennem proteinbesparelse, større anvendelse af NPN eller højere animalsk produktion ved at manipulere med kvælstofomsætningen.

Disse forhold er i afsnit IV omtalt i forbindelse med anvendelse af kemisk behandlet protein.

III. Bestemmelse af proteinets opløselighed ved hjælp af in vitro teknik

A. Indledning

Såfremt man i kvægfodringen skal kunne tage hensyn til de forskellige naturlige proteinstoffers evne til at forsyne henholdsvis formavernes mikroorganismer med kvælstof og tilføre dyrets tyndtarm intakt foderprotein, er det nødvendigt med en målemetode til måling af dette på de enkelte fodermidler. Dette gælder for såvel naturligt forekommende proteinfodermidler, som for proteinfodermidler der er blevet behandlet (f.eks. kemisk) for at nedsætte proteinets opløselighed.

I denne undersøgelse er proteinets modstandsdygtighed mod mikrobiel nedbrydning målt i nogle ubehandlede og kemisk behandlede fodermidler ved hjælp af in vitro teknik.

Der er yderligere foretaget en sammenligning af 2 principielt forskellige in vitro metoder.

B. Materialer og metoder

I undersøgelsen indgår 17 ubehandlede fodermidler. Derudover er effekten af 6 forskellige behandlingsmidlers indflydelse på proteinopløseligheden i sojaskrå og solsikkekager undersøgt. Alle prøverne blev inden påsprøjtning af behandlingsmidlerne formålet (0,75 mm). Behandlingsvæsken blev påsprøjtet

under omrøring i en mængde svarende til 25% af tørstofmængden i fodermidlerne. Efter tilsætning af behandlingsmidlerne forløb reaktionen mellem behandlingsmiddel og proteinstof ved stuetemperatur i 24 timer, hvorefter prøverne enten blev nedfrosset eller tørret ved 60°C i 24 timer.

Koncentrationen af behandlingsmiddel vil i det følgende blive angivet som procent af tørstof i fodermidlerne.

Proteinopløseligheden blev målt ved hjælp af 2 forskellige metoder, henholdsvis regressionsmetoden og uopløselig rest-N metoden.

1. Uopløselig rest-N metoden

Uopløselig rest-N metoden består i at 450 mg af proteinkilden (fodermidlet) forgæres i 48 timer med 10 ml vomvæske + 50 ml stødpudeopløsning. Efter forgæringen nedcentrifugeres den uopløselige del ved 3200 g i 5 min., og væskefasen afhældes. Bundfaldet vaskes 2 gange med afioniseret vand efterfulgt hver gang af 10 minutters centrifugering, hvorefter væskefasen afhældes. Der foretages kvælstofbestemmelse i den uopløselige rest, i en blindprøve af vomvæsken samt i det uforgærede fodermiddel. Den procentdel af proteinet, der opløses ved behandlingen, betegnes som procent opløseligt N.

Der er yderligere foretaget en sammenligning af proteinopløseligheden i afhængighed af inkubationstiden for 3 forskellige fodermidler.

2. Regressionsmetoden

Regressionsmetoden bygger på, at vommikroorganismene til forgæring af kulhydrater har behov for kvælstof, og at den in vitro forgærede mængde kulhydrat er lineært afhængig af den mængde kvælstof, mikroorganismene kan nedbryde (udnytte), når der kun anvendes lidt vomvæske (1 ml) til meget substrat (450 mg kulhydrat) + forskellig mængde proteinstof (minimumsloven).

En reduktion af den del af foderproteinet, som mikroorganismene kan udnytte til nedbrydning af stivelse og cellulose, vil sandsynligvis også bevirke en reduktion af den del, mikroorganismene i formaverne kan nedbryde.

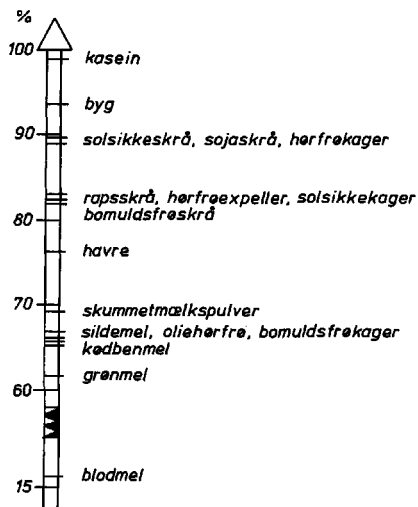
Forgæringerne med 1 ml vomvæske forløb i 48 timer, efterfulgt af 48 timers behandling med pepsin-HCl.

Hædningskoefficienterne for linierne (figurerne 5 og 6), der fremkommer ved forgæring med stigende mængde protein, er et udtryk for, hvor stor en andel af proteinet, der kan nedbrydes. Forholdet imellem hædningskerne for behandlet protein og ubehandlet protein er et udtryk for, hvor stor en andel, der efter behandling kan udnyttes sammenlignet med ubehandlet protein.

C. Resultater og diskussion

1. Proteinopløseligheden i naturlige fodermidler

Proteinopløseligheden i 17 ubehandlede fodermidler, målt efter uopløselig rest-N metoden, er vist i fig. 2.



Figur 2. Proteinopløseligheden i ubehandlede fodermidler. (Uopløselig rest-N metoden).
Protein solubility of untreated feedstuffs. (Unsoluble rest-N method).

Figuren viser, at vommikroorganismene er i stand til at opløse en stor del af foderproteinet. Med undtagelse af blødmel, ligger proteinopløseligheden for alle de undersøgte fodermidler over 60%.

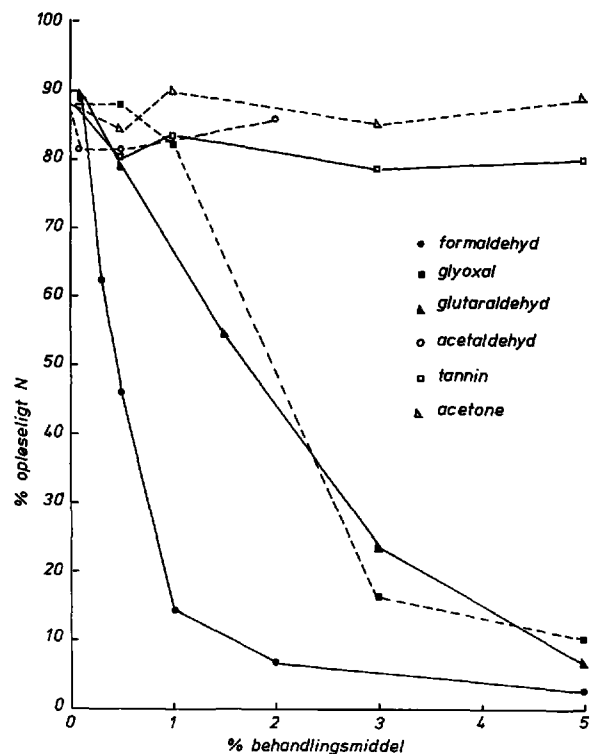
Variationen i den andel af proteinet, der er uopløseligt, er betydelig mellem de enkelte fodermidler. Dette tyder i retning af, at proteinkilden har stor betydning i drøvtyggers fodring, specielt hos dyr med høj produktion, hvor der for at dække dyrets behov for absorberbare aminosyrer, skal passere foderprotein intakt gennem formaverne til tyndtarmen.

2. Indflydelsen af kemisk behandling på proteinopløseligheden

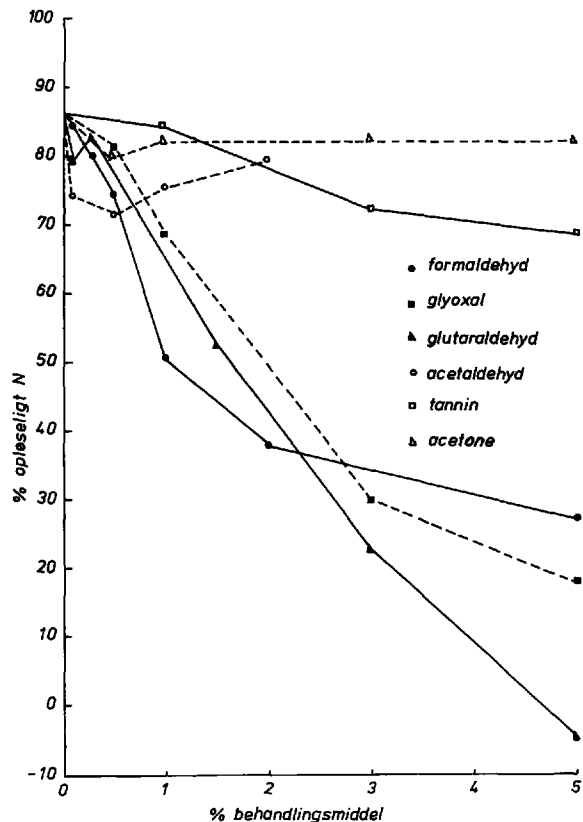
a) Uopløselig rest-N metoden

Ved behandling af proteinholdige fodermidler med visse kemiske stoffer er det muligt at sænke proteinets opløselighed væsentligt. Indflydelsen af 6 forskellige behandlingsmidler på proteinopløseligheden i sojaskrå og solsikkekager er vist i henholdsvis figur 3 og 4.

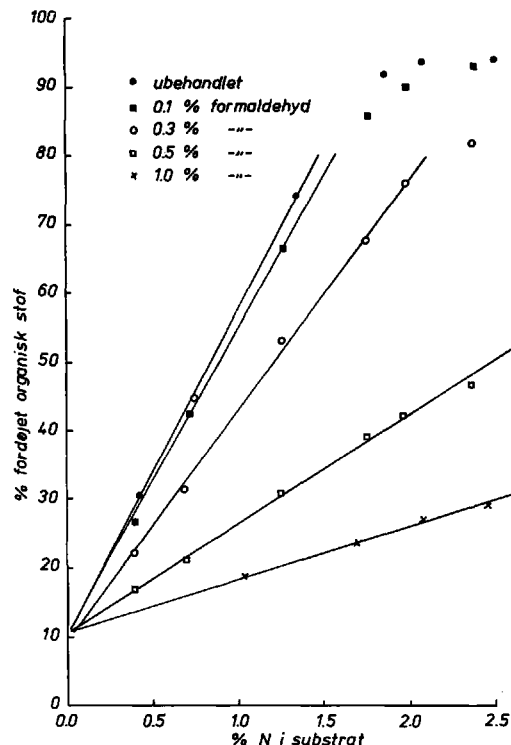
Figurene viser, at proteinopløseligheden kan nedsættes ved behandling med formaldehyd, glutaraldehyd og glyoxal, hvorimod behandling med acetaldehyd, acetone og tannin ikke har nedsat den nævneværdigt. Tannin har dog haft en svag virkning. Ved sammenligning af figur 3 og 4 ses, hvorledes formaldehyd virker betydeligt kraftigere sænkende på proteinopløseligheden i sojaskrå end i solsikkekager.



Figur 3. Sojaskråproteinets opløselighed efter forskellig kemisk behandling (uopløselig rest-N metoden).
Protein solubility of soyabeanmeal after different chemical treatment (unsoluble rest-N method).

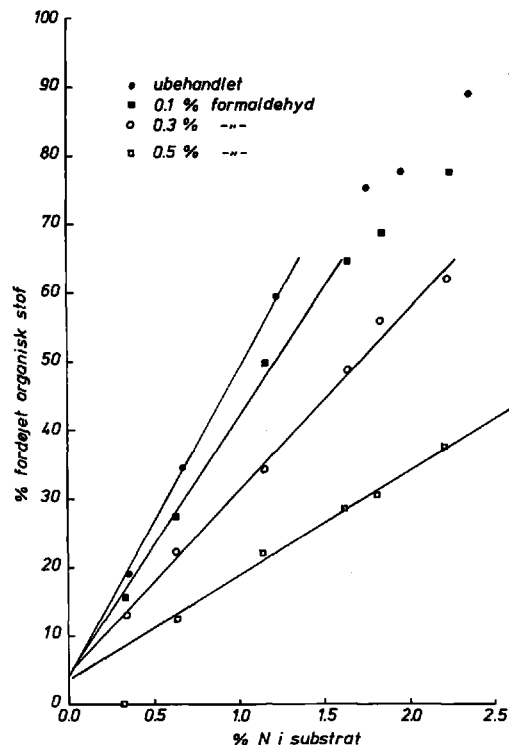


Figur 4. Solsikkekegkeproteinets opløselighed efter forskellig kemisk behandling (uopløselig rest-N metoden).
Protein solubility of sunflowermeal after different chemical treatment (unsoluble rest-N method).



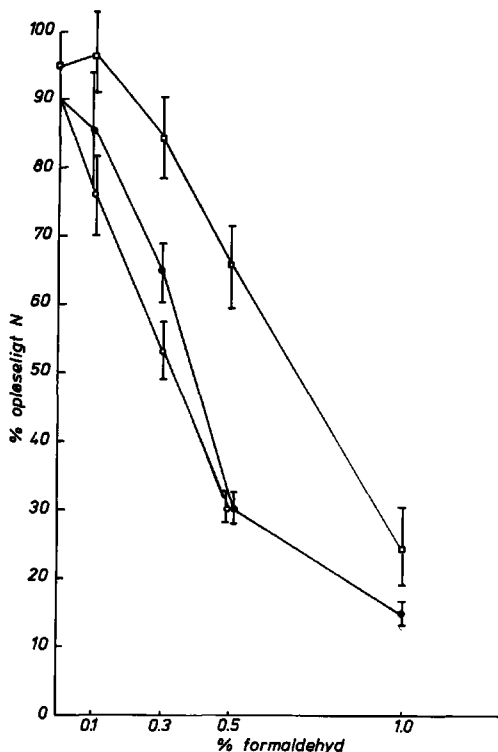
Figur 5. In vitro fordøjeligheden af stivelse + sojaskrå ved stigende mængder sojaskrå og formaldehyd. Regressionsmetoden til bestemmelse af proteinets beskyttelse.

In vitro digestibility of starch + soyabeanmeal by increased amounts of soyabeanmeal and formaldehyde. Regression method for determining the protection of protein.



Figur 6. In vitro fordøjeligheden af cellulose + sojaskrå ved stigende mængder sojaskrå og formaldehyd. Regressionsmetoden til bestemmelse af proteinets beskyttelse.

In vitro digestibility of cellulose + soyabeanmeal by increased amounts of soyabeanmeal and formaldehyde. Regression method for determining the protection of protein.



Figur 7. Sojaproteinets opløselighed med stigende formaldehydbehandling målt efter regressionsmetoden (stivelse ●, cellulose ○) og uopløselig rest-N metoden □. Incl. 95% sandsynlighedsgrænser.

The solubility of the protein in soyabeanmeal by treatment with increased amounts of formaldehyde. Regression method: starch ●, cellulose ○. Unsoluble rest-N method □. Incl. 95% confidence limits.

c. Sammenligning af regressionsmetoden og uopløselig rest-N metoden

I figur 7 er der foretaget en sammenligning af regressionsmetoden og uopløselig rest-N metoden til måling af nedsættelsen i proteinets opløselighed. De angivne opløseligheder – målt efter regressionsmetoden – er fremkommet ved at multiplicere 90 (opløseligheden af ubehandlet sojaskrå) med forholdet mellem hældningerne af linierne (i figur 5 og 6) for behandlet protein relativt til ubehandlet protein. Udregningerne er vist i tabel 1.

Regressionsmetoden udviser et kraftigere nedslag i opløseligheden end uopløselig rest-N metoden ved behandling med små mængder formaldehyd. Det kan skyldes, at nogle aminosyrer gøres uanvendelige til den mikrobielle forgæ-

ring ved anvendelse af små mængder formaldehyd, samtidig med at proteinet dog visse steder kan angribes, så det opløses. Faldet i opløseligheden ved stigende mængde formaldehyd er ret ens, men regressionsmetoden giver på alle behandlingsniveauer det laveste mål for opløseligheden.

d. Proteinets opløselighed efter forgæring + pepsin-saltsyre behandling.

For at få et udtryk for, om en nedsættelse af proteinets opløselighed i vommen også kunne tænkes at blive fulgt af en lavere opløselighed i løben, hvor proteinets spaltning til peptider begynder, blev der efter forgæringen med vomvæske foretaget en behandling med pepsin-saltsyre, hvorefter proteinets opløselighed måltes. Resultaterne er vist i tabel 2. Yderligere er i tabellen vist procent protein, der opløses i vomvæske alene og differencen mellem disse tal. Differencen er et udtryk for den del af proteinet, der kan passere formaverne og optages som aminosyrer i tyndtarmen.

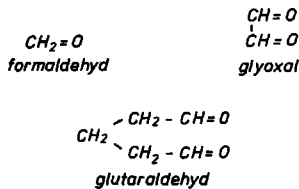
Resultaterne sandsynliggør, at aldehydbehandling af foderproteinet til drøvtyggere kan øge mængden af foderprotein, der passerer til løben og tyndtarmen, og mængden af aminosyrer, der absorberes fra tyndtarmen.

Tabel 2. Opløseligheden af protein i vomvæske og vomvæske + pepsin-saltsyre
Table 2. The solubility of protein in rumen fluid and rumen fluid + pepsin-HCl

Proteinkilde <i>Protein source</i>	% N opløst i vomvæske + pepsin- saltsyre <i>% N soluble in rumen fluid + pepsin-HCl</i>	% N opløst i vomvæske <i>% N soluble in rumen fluid</i>	Difference <i>Difference</i>
Sojaskrå ubehandlet	93.5	89.0	4.5
<i>Soyabeanmeal untreated</i>			
Sojaskrå 0.5% formaldehyd	91.4	46.1	45.3
<i>Soyabeanmeal 0.5% formaldehyde</i>			
Sojaskrå 1.0% formaldehyd	86.3	14.5	61.8
<i>Soyabeanmeal 1.0% formaldehyde</i>			
Sojaskrå 1.0% glyoxal	94.4	82.4	12.0
<i>Soyabeanmeal 1.0% glyoxal</i>			
Sojaskrå 1.5% glutaraldehyd	90.3	54.7	35.6
<i>Soyabeanmeal 1.5% glutaraldehyde</i>			
Solsikkekager ubehandlet	89.0	83.3	5.7
<i>Sunflowermeal untreated</i>			
Solsikkekager 0.5% formaldehyd	89.5	74.6	14.9
<i>Sunflowermeal 0.5% formaldehyde</i>			
Solsikkekager 1.0% formaldehyd	87.9	50.6	37.3
<i>Sunflowermeal 1.0% formaldehyde</i>			
Solsikkekager 1.0% glyoxal	87.4	68.4	19.0
<i>Sunflowermeal 1.0% glyoxal</i>			
Solsikkekager 1.5% glutaraldehyd ...	85.0	52.5	32.5
<i>Sunflowermeal 1.5% glutaraldehyde</i>			

e. Aldehyds virkning på proteinet

Virkningen af aldehyderne består i, at der mellem aldehydgruppen ($-\text{CH}=\text{O}$) og de frie aminogrupeer ($-\text{NH}_2$) i proteinet dannes bindinger, der gør proteinet uopløseligt ved neutralt og højt pH. Ved lavt pH opløses bindingen mellem aldehydgruppen og aminogruppen, hvorved proteinet kan opløses. Det er netop denne egenskab, der skaber mulighed for en udnyttelse af aldehydbehandlet protein i kvægfodringen, da det behandlede protein opløses og fordøjes i løben og den forreste del af tyndtarmen, hvor pH er lavt. Eksempelvis er i figur 8 vist strukturformlerne for de aldehyder, der i denne undersøgelse har nedsat proteinets opløselighed.



Figur 8. Strukturformler på 3 virksomme aldehyder til nedsættelse af proteinets opløselighed.

The structural formula of 3 effective aldehydes in lowering the protein solubility.

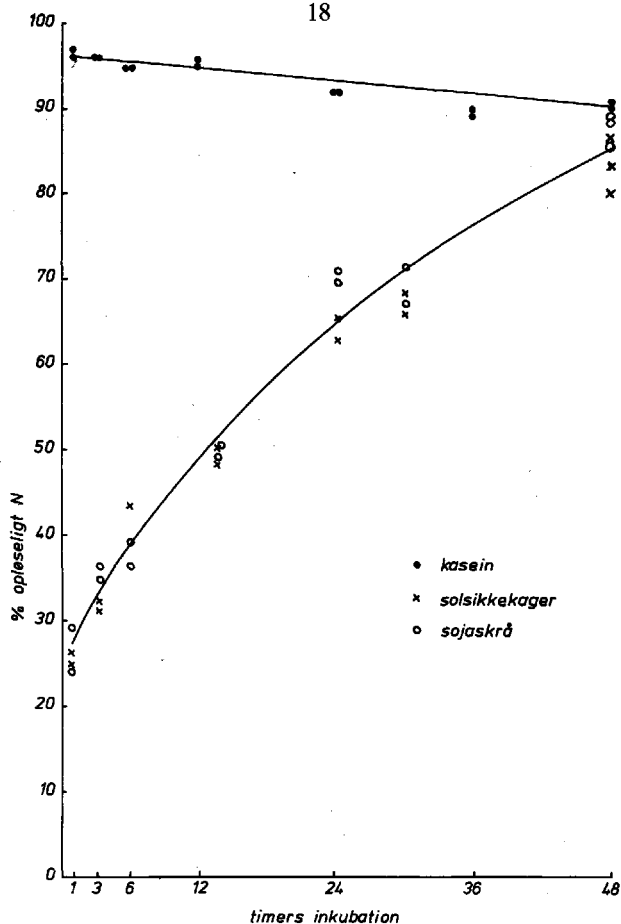
f. Proteinets opløsningshastighed

Figur 9 viser, hvorledes opløsningen i vomvæske af proteinet er en proces, der forløber over længere tid, og tilsyneladende ikke er tilendebragt efter 48 timer. Der er ingen væsentlig forskel i opløseligheden af proteinet i sojaskrå og solsikkekager, ej heller i den hastighed, hvormed proteinet opløses. Kasein opløses sandsynligvis uden mikroorganismernes hjælp i vomvæsken. Ved sammenligning af in vitro mål for proteinets opløselighed må der således tages hensyn til, hvilken forgæringstid der er anvendt. Kun sammenligning med in vivo forsøg kan klarlægge, hvilken forgæringstid, der mest præcist afspejler forholdene i dyret. Nedbrydningsgraden af proteinet i formaverne vil, med den her viste forholdsvis langsomme nedbrydning, være stærkt influeret af foderets passagehastighed og derigennem af foderniveau og foderstruktur.

D. Konklusion

Der er udført undersøgelser af to in vitro metoder til måling af proteinstoffers opløselighed og tilgængelighed for vommikroorganismer. Der er fundet, at det ved hjælp af in vitro teknik er muligt at måle proteinopløseligheden og proteinets opløsningshastighed i forskellige fodermidler.

Den fundne variation i proteinopløseligheden mellem forskellige naturlige (ikke kemisk behandlede) proteinkilder bevirker, at værdien af de forskellige proteinkilder kan variere. Dette i afhængighed af, om de anvendes til en



Figur 9. Proteinets opløsningshastighed i 3 fodermidler (uopløselig rest-N metoden).
The solubility rate of the protein in 3 feedstuffs (unsoluble rest-N method).

produktion, hvor der ønskes, at meget protein skal passere til tyndtarmen (højt proteinbehov), eller de anvendes til en produktion, og i en foderration, hvor det primære er at forsyne formavernes mikroorganismer med kvælstof til forgæring af foderet (lavt proteinindhold i foderrationen).

Forsøgene viser, at en effektiv behandling til nedsættelse af proteinopløseligheden kan efterspores med stor nøjagtighed ved anvendelse af in vitro teknik.

Formaldehyd er – af de afprøvede behandlingsmidler – fundet at være det stof, der virker kraftigst nedsættende på sojaproteinets opløselighed. Glyoxal og glutaraldehyd er ligeledes virksomme på sojaskrå, og for solsikkekager virker de 3 nævnte behandlingsmidler ret ens. Der er således forskel mellem forskellige fodermidler i henseende til hvor stor en mængde behandlingsmiddel, der

nedsætter proteinopløseligheden i en given grad. Mængden er ikke proportional med foderets tørstofmængde, proteinindhold eller lysinindhold. Dette viser nødvendigheden af, at de mulige kombinationer af proteinstof og behandlingsmiddel, der kunne tænkes anvendt, nødvendigvis må undersøges for at se, hvor effektive behandlingerne har været.

Proteinets opløsningshastighed og dermed sandsynligvis nedbrydningshastigheden varierer mellem forskellige fodermidler, og opløsningshastigheden er tilsyneladende – i de fleste tilfælde – så langsom, at foderets passagehastighed er en betydelig faktor for udstrækningen af proteinets nedbrydning i formaverne.

IV. Forsøg med kemisk behandlet protein til køer og kalve

A. Indledning

Ud fra teoretiske betragtninger over kvælstofomsætningen hos drøvtyggere kan der opnås en fordel ved at sænke foderproteinets opløselighed, svarende til at mere af foderproteinet passerer unedbrudt gennem formaverne til tyndtarmen.

Fordelene, der kan opnås, kan opdeles i tre hovedgrupper:

1. Øget produktion
2. Nedsat proteinbehov.
3. Øget anvendelse af NPN.

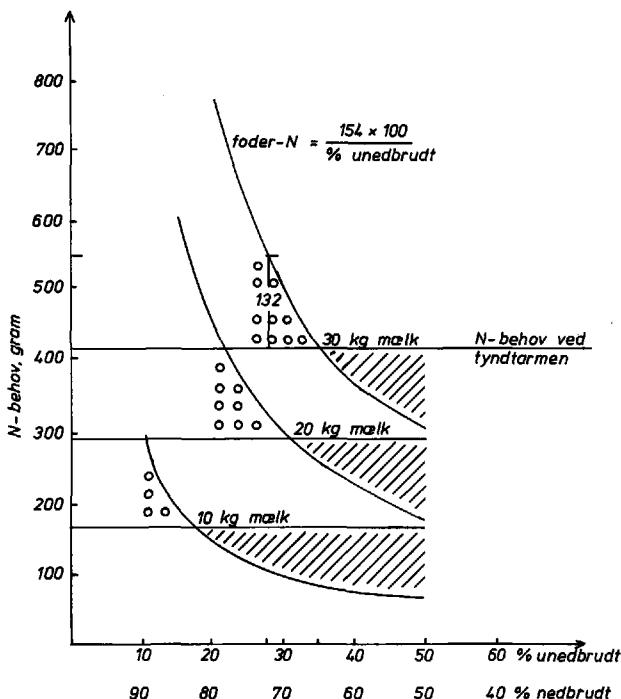
Ad 1. Den øgede produktion kan f.eks. forventes i det tidlige laktationsstadium hos malkekøer, hvor det er svært at tilføre tarmkanalen tilstrækkeligt protein, dels på grund af det meget høje proteinbehov pr. energienhed i denne produktionsfase, men også på grund af køernes begrænsede kapacitet til at optage tilstrækkeligt foder i begyndelsen af laktationen. Yderligere viser beregninger over højt producerende malkekøers glukoseomsætning, at glukose sandsynligvis i nogle tilfælde kan være begrænsende for mælkeproduktionen. Ved øget proteinpassage til tyndtarmen i denne situation vil de ekstra optagne glukogene aminosyrer kunne indgå i glukosedannelsen (glukoneogenesen).

Ad 2. Nedsat proteinbehov målt som foderprotein vil kunne fremkomme i alle de tilfælde, hvor der uden kemisk behandling sker et stort tab igennem ammoniakdannelse ud fra foderprotein i formaverne, og hvor det dannede ammoniak overføres til blodet og udskilles som urinstof i urinen.

Ad3. Øget anvendelse af NPN som følge af kemisk behandling af foderproteinet kan fremkomme som følge af, at den kemiske behandling af foderproteinet nedsætter ammoniakkoncentrationen i formaverne til et niveau, hvor ammoniak er begrænsende for den mikrobielle proteinsyntese. I en sådan situation kan ammoniakkoncentrationen hæves ved at tilsætte ikke-protein kvælstof (NPN) til foderet.

B. Teoretiske betragtninger vedrørende beskyttelse af protein

I figur 10 er illustreret, hvorledes der på hver af de 3 ydelsesniveauer, 10, 20 og 30 kg mælk, skal tildeles forskellige mængder protein med foderet for at dække proteinbehovet ved tyndtarmen, når proteinets opløselighed i formaverne ændres. En nedsættelse af proteinets opløselighed resulterer i, at behovet for foderprotein nedsættes betydeligt.



Figur 10. Sammenhæng mellem proteinets nedbrydningsgrad og kvælstofomsætningen i formaverne. ○ N-overskud, //// recirkuleret N.

The connection between the extent of protein degradation and the nitrogen metabolism in the forestomachs. ○ N-surplus, //// recycled N.

Beregningerne, der ligger til grund for figur 10, er vist i tabel 3. Ved disse beregninger er behovet for foderprotein udregnet ud fra kvælstofudskillelsen i mælken (5,6 g/kg), mængden af stofskifte-N (2 g/f.e.), de absorberede aminosyrers BV (71), fordøjeligheden af mikrobielt protein i tarmen (60%), fordøjeligheden af unedbrudt foderprotein i tarmen (80%) og mikrobiel proteinsyntese i formaverne (16 g N/f.e.).

Tabel 3. Beregning af N-behovet (gN/dag)
Table 3. Calculation of the nitrogen requirement (gN/day)

	kg mælk kg milk		
	10	20	30
N i mælk	56	112	168
<i>N in milk</i>			
Stofskifte-N	17	25	33
<i>Metabolic-N</i>			
I alt	73	137	201
<i>Total</i>			
Forsyning fra mikrobielt protein (netto) (f.e. x 16 x 0,60 x 0,71)	58	85	113
<i>Supply by microbial-protein (net)</i>			
Manglende forsyning (netto) (201-113)	15	52	88
<i>Shortage in supply (net)</i>			
Behov for unedbrudt foderprotein til duodenum (mangel/0.71/0.80)	26	92	154
<i>Requirement of unfermented feedprotein at duodenum (shortage/0.71/0.80)</i>			
Behov for nedbrydeligt protein (f.e. x 16)	136	200	264
<i>Requirement of fermentable protein</i>			
Behov ved tyndtarmen	162	292	418
<i>Requirement at duodenum</i>			

Tages som eksempel en ko, der yder 30 kg mælk, og en nedbrydningsgrad af foderproteinet i formaverne på 72%, skal der tilføres følgende mængde foder-N, for at behovet for intakt foderprotein ved duodenum kan dækkes:

$$\text{Foder-N (30 kg mælk)} = \frac{154 \times 100}{100 - 72} = 550 \text{ g}$$

Differencen mellem den på denne måde udregnede mængde foderkvælstof, og kvælstof der passerer til tyndtarmen, i dette tilfælde $550 - 418 = 132 \text{ g N}$, deamineres i formaverne og overføres til blodet som ammoniak.

Ved sænkning af foderproteinets nedbrydningsgrad vil dette tab nedsættes, og der kan spares foderprotein. Ved sænkning af nedbrydningsgraden til 63% eller derunder, vil der blive mangel på NH_3 til den mikrobielle proteinsyntese, med mindre der sker en netto recirkulering til formaverne af urinstof. I en sådan situation kan NPN udnyttes. Figur 10 viser, at NPN kan udnyttes ved lav mælkeydelse (10 kg) selv op til en nedbrydningsgrad på ca. 80% af proteinet, hvorimod dette ikke er tilfældet ved høj ydelse. Dette stemmer overens med mælkeproduktions- og N-balanceforsøg med malkekøer (Møller, 1973). Omvendt vil der kunne forventes en proteinbesparelse hos højtydende malkekøer ved sænkning af proteinets nedbrydningsgrad.

Forudsætningerne for, at de skitserede positive udslag kan opnås er, at passagen af protein til tyndtarmen fra formaverne øges ved kemisk behandling af proteinet, og at den ekstra mængde protein, der passerer til tyndtarmen, også kan fordøjes og optages som aminosyrer i tyndtarmen.

For at undersøge disse forhold, blev der udført et forsøg med 2 tarmfistulerede køer og 2 kvælstofbalanceforsøg med kalve, hvor der fodredes med kemisk behandlede oliekræder.

C. Materialer og metoder

Ud fra in vitro undersøgelserne, der viste, at henholdsvis ca. 40% og 75% af proteinet i sojaskrå blev gjort uopløseligt ved tilsætning af 0,5% og 1% formaldehyd på tørstofbasis, blev disse mængder af formaldehyd anset for værende tilstrækkelige og måske rigelige til at opnå en målelig effekt af kemisk behandling af foderproteinet. Forsøgene med tarmfistulerede køer blev derfor udført med henholdsvis ubehandlet sojaskrå og sojaskrå behandlet med 0,5% og 1% formaldehyd som proteinkilde. Sojaskrå udgjorde 70% af den totalt tilførte

Tabel 4. Foderrationens sammensætning og beregnet indhold af f.e. og protein
Table 4. Composition of the ration and calculated content of sk. f.u. and protein

Foder Feedstuff	Ko nr. 21 niveau 50 Cow no 21 level 50	Ko nr. 157 niveau 100 Cow no 157 level 100
Kraftfoderblanding, kg	2,1	4,2
Concentrate mixture, kg		
Fodersukkerroer, kg	12,0	24,0
Foddersugarbeet, kg		
Byghalm, kg	1,0	2,0
Barley straw, kg		
f.e. pr. dag	4,8	9,6
sk. f.u. per day		
g ford. råprotein/f.e.	108	108
g dig. crude prot./sk. f.u.		

Tabel 5. Forsøgsplan for koforsøget
Table 5. Experimental plan for the cow experiment

Ko nr.	21			157		
Cow no.						
Foderniveau	50			100		
Feeding level						
Periode	I	II	III	I	II	III
Period						
Ration (% formaldehyd)	0,5	0,0	1,0	0,5	0,0	1,0
Ration (% formaldehyd)						

proteinmængde. Kvælstofindholdet i tørstoffet i den totale foderration var 2,3%. Sammensætningen af rationen er vist i tabel 4.

Forsøgsplanen er vist i tabel 5.

Der blev opsamlet og udført analyser på foder, tarmindehold og gødning.

Kalveforsøgene blev udført med behandlet sojaskrå + solsikkekager. Henholdsvis ca. 33% og 24% af foderrationens totale kvælstofindhold kom fra sojaskrå og solsikkekager.

I det ene kalveforsøg var denne proteinkilde henholdsvis ubehandlet og behandlet med 0,5% og 1% formaldehyd, og i det andet forsøg, hvor foderet havde samme sammensætning som i det første, var proteinkilden henholdsvis ubehandlet og behandlet med 1% glutaraldehyd og 3% glutaraldehyd. Kvælstofindholdet i tørstof i den totale foderration var 2,0%.

Tabel 6. Kraftfoderblandings sammensætning i kalveforsøgene
Table 6. Composition of the concentrate mixture in the calf experiments

Tapiokamel	63,0%
Tapioca meal	
Behandlet sojaskrå	10,0%
Treated soyabeanmeal	
Behandlet solsikkekager	10,0%
Treated sunflowermeal	
Havre	10,0%
Oats	
Melasse	5,0%
Molasses	
Mineraler + vitaminer	2,0%
Minerals + vitamins	
Beregnet f.e. pr. kg	0,89
Calculated sk.f.u. per kg	
g ford. råprot./f.e.	90
g dig. crude prot./sk.f.u.	

Tabel 7. Forsøgsplan for kalveforsøgene
Table 7. Experimental plan for the calf experiments

Forsøg <i>Experiment</i>	Forsøg 1 <i>Experiment 1</i> Formaldehyd <i>Formaldehyde</i>									Forsøg 2 <i>Experiment 2</i> Glutaraldehyd <i>Glutaraldehyde</i>										
	Kalv nr. <i>Calf no.</i>			1 2 3			4 5 6			7 8 9			10 20 30			40 50 60			70 80 90	
I periode <i>I period</i>	1,0%			0,5%			0,0%			3,0%			0,0%			1,0%				
II periode <i>II period</i>	0,0%			1,0%			0,5%			1,0%			3,0%			0,0%				
III periode <i>III period</i>	0,5%			0,0%			1,0%			0,0%			1,0%			3,0%				

Der blev tildelt kalvene 400 g hø pr. dag + stigende mængder (fra 2,7–3,5 kg) af en kraftfoderblanding, hvis sammensætning er vist i tabel 6.

Forsøgene blev udført som 3 × 3 romersk kvadrat forsøg med 3 gentagelser i hvert kvadrat, som vist i tabel 7. Kalvene blev fordelt på de forskellige hold under hensyntagen til afstamning og vægt. Rationerne betegnes i henhold til deres procentiske indhold af behandlingsmiddel. Kalvene havde ved forsøgets begyndelse en vægt på ca. 110 kg.

I kalveforsøgene blev opsamlet og udført analyser på foder, gødning og urin.

D. Resultater og diskussion

1. Kvælstofomsætningen hos tarmfistulerede køer

Tabel 8 viser kvælstofomsætningen hos de tarmfistulerede køer i afhængighed af proteinets behandlingsgrad med formaldehyd.

Enzym-N er her regnet til henholdsvis 15 g N og 30 g N for foderniveau 50 og 100, svarende til ca. 3 g N pr. kg optaget tørstof.

Med omtrent den samme kvælstoftilførsel ved de 3 behandlingsgrader er der observeret en øget passage af kvælstof til duodenum ved kraftigere behandling med formaldehyd. Den øgede kvælstofpassage er fremkommet ved en øget passage af ikke $\text{NH}_3\text{-N}$ og specielt øget passage af aminosyrer til duodenum. Mængden af kvælstof, der er passeret ud af maverne til tyndtarmen, overstiger mængden, der er tilført med foderet, hvilket betyder, at der er tilført maverne kvælstof. Dette er sket dels i form af en kvælstoftilførsel til formaverne med spyttet og igennem vomvæggen (recirkuleret kvælstof) og dels med fordøjelsessekreter til løben og den del af tyndtarmen, der er placeret før tarmkanylerne. Regnes den mængde kvælstof, der tilføres løben og tarmen med fordøjelsessekreter, for værende uafhængig af behandlingen, viser det sig, at der ved behandling af foderproteinet med formaldehyd, er udnyttet betydeligt større mængder recirkuleret kvælstof i den mikrobielle proteinsyntese end på ubehandlet. På

Tabel 8. Kvælstofomsætningen hos tarmfistulerede køer (g N/dag)*Table 8. The nitrogen metabolism of the re-entrant duodenal fistulated cows (g N/day)*

Foderniveau	50			100		
<i>Feeding level</i>						
% formaldehyd	0,0	0,5	1,0	0,0	0,5	1,0
<i>% formaldehyde</i>						
Foder-N	108	110	111	217	220	222
<i>Feed-N</i>						
Passeret til duodenum	136	156	168	255	281	276
<i>Passed to duodenum</i>						
Opdeling af duodenal-N						
<i>Partition of duodenal-N</i>						
NH ₃ -N	7	5	4	15	13	9
<i>NH₃-N</i>						
Ikke NH ₃ -N	129	151	164	240	268	267
<i>Non NH₃-N</i>						
Aminosyre-N	100	127	138	197	234	233
<i>Aminoacid-N</i>						
Netto recirkuleret N*)	13	31	42	8	31	24
<i>Netto recycled-N</i>						
N i gødning	32	45	52	64	76	137
<i>N in faeces</i>						
N absorberet i tarm	104	111	116	191	205	139
<i>N absorbed in the intestine</i>						
Aminosyre-N absorberet i tarm	83	94	103	160	181	131
<i>Aminoacid-N absorbed in the intestine</i>						
N fordøjet totalt	76	65	59	153	144	85
<i>N digested total</i>						

*) Netto recirkuleret N = duodenal-N – foder-N – enzym-N tilblandet i løben samt fra bugspytkirtel- og galdesekret.

Netto recycled-N = duodenal-N – feed-N – enzym-N added in abomasum and from the pancreas-and bile secretions.

foderniveau 100 og 1% formaldehyd, er passagen af protein til duodenum ikke øget over den mængde, der er passeret ved behandling med 0,5% formaldehyd, hvilket sandsynligvis kan forklares ved, at recirkuleringen af kvælstof ikke har kunnet øges yderligere, hvorfor den mikrobielle proteinsyntese er faldet i samme omfang som passagen af intakt foderprotein til duodenum er øget. I dette tilfælde kunne der sandsynligvis udnyttes NPN til at øge den mikrobielle proteinsyntese i formaverne og dermed proteinpassagen til duodenum. Dette specielle forhold for foderniveau 100 og 1,0% formaldehyd afspejler sig i hele kvælstofomsætningen.

Mængden af kvælstof og aminosyrer, der er absorberet i tarmen, er ligeledes øget ved behandling af proteinet, dog med den nævnte undtagelse. Den totale mængde kvælstof, der er fordøjet, er derimod faldet stærkt med behandlingen. Dette viser, at den fordøjede kvælstofmængde ikke udtrykker kvælstofkildens værdi, og kan være direkte misvisende i sådanne tilfælde, hvor proteinkilder med forskellig opløselighed sammenlignes. Mason (1975) har således ved beregninger på 62 enkeltforsøg i litteraturen fundet en bedre sammenhæng mellem total-N i foderet og kvælstof absorberet i tyndtarmen, end mellem g fordøjeligt N i foderet og g kvælstof optaget i tyndtarmen.

Af den ekstra mængde kvælstof og aminosyrer, der er passeret til duodenum ved behandling med formaldehyd, er kun fra 40 til 60% absorberet i tarmkanalen, sammenlignet med en absorption i tarmen på 75% af kvælstoffet, der er passeret til duodenum på den ubehandlede foderration.

2. Kalvenes kvælstofomsætning

Tabellerne 9 og 10 viser kvælstofomsætningen hos kalvene i forsøget med henholdsvis formaldehydbehandlet og glutaraldehydbehandlet protein.

Kvælstofomsætningen hos kalvene har kun været påvirket i yderst ringe grad af en behandling med formaldehyd og glutaraldehyd. Der er observeret en svag nedsættelse af kvælstoffordøjeligheden ved behandling med formaldehyd, hvilket er i overensstemmelse med forsøget med de tarmfistulerede køer. Der er yderligere en tendens til faldende udskillelse af urinstof-N og total-N i urinen samt til en nedsat kvælstofbalance og tilvækst ved anvendelse af begge behand-

Tabel 9. Indflydelsen af formaldehydbehandling på kvælstofomsætningen og tilvæksten hos kalve (g/dag)

Table 9. The influence of formaldehyde treatment on the nitrogen metabolism and daily gain of the calves (g/day)

% formaldehyd % formaldehyde	0,0	0,5	1,0	$s_{\bar{x}}$	$P \leq$
N optaget	61,0	60,6	60,6		
<i>N-intake</i>					
N i gødning	23,7	24,2	25,9	0,48	0,01
<i>N in faeces</i>					
N i urin	9,9	9,3	9,1	0,38	NS
<i>N in urine</i>					
Urinstof-N i urin	2,4	2,4	1,9	0,08	NS
<i>Urea-N in urine</i>					
N balance	27,6	27,2	25,6	0,69	0,06
<i>N-balance</i>					
Tilvækst	681	760	725	53	NS
<i>Daily gain</i>					

Tabel 10. Indflydelsen af glutaraldehydbehandling på kvælstofomsætningen og tilvæksten hos kalve (g/dag)

Table 10. The influence of glutaraldehyde treatment on the nitrogen metabolism and daily gain of the calves (g/day)

% glutaraldehyd % glutaraldehyde	0,0	1,0	3,0	$s_{\bar{x}}$	P $\leq$
N optaget <i>N intake</i>	60,5	60,2	60,1		
N i gødning <i>N in faeces</i>	25,2	24,2	25,7	1,30	NS
N i urin <i>N in urine</i>	9,3	10,0	8,8	0,53	NS
Urinstof-N i urin <i>Urea-N in urine</i>	1,8	1,5	1,2	0,26	NS
N-balance <i>N-balance</i>	26,0	26,0	25,6	1,32	NS
Tilvækst <i>Daily gain</i>	728	724	646	29	0,05

lingsmidler. Fordøjeligheden af tørstof, træstof og Stoldt fedt blev ikke påvirket af behandlingerne.

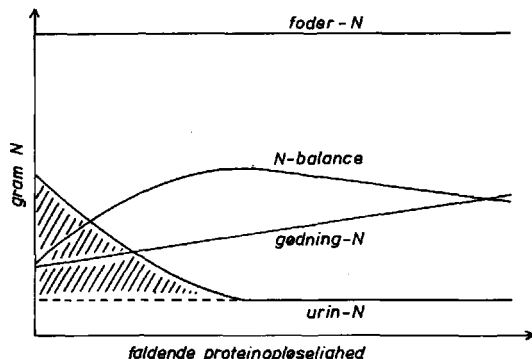
Årsagerne til, at der ikke er observeret nogen positiv effekt af nedsættelse af proteinets opløselighed hos kalvene, kan søges i:

1. At kalvenes behov for absorberbare aminosyrer, tilført tyndtarmen, har kunnet dækkes af den mikrobielle proteinsyntese i formaverne samt af den mængde protein fra fodermidlerne der naturligt passerer intakt til tyndtarmen, eller
2. At mængden af aminosyrer, der passerede fra formaverne til tyndtarmen, ikke har kunnet øges ved behandling igennem en øget netto recirkulering af kvælstof til formaverne.

Det meget lave indhold af urinstof i urinen, selv ved fodring med ubehandlet protein, tyder i retning af, at recirkuleringen af kvælstof til formaverne ikke har kunnet øges.

Proteinindholdet i foderrationen samt dyrets behov for absorberede aminosyrer er to størrelser af stor betydning, når foderets proteinkvalitet skal undersøges, f.eks. ubehandlet kontra beskyttet protein i kvælstofbalance eller produktionsforsøg.

Hos én-mavede dyr er det almindeligt, at foderets proteinindhold sænkes, når proteinkvaliteten skal undersøges. Dette princip gælder kun til en vis grænse hos drøvtyggere, da den mikrobielle proteinsyntese i formaverne, i den udstrækning den nedsættes på grund af kvælstofmangel, eliminerer effekten af en øget beskyttelse af proteinet, som kan have en gunstig indflydelse på produktionen, hvor denne er proteinkrævende.



Figur 11. Indflydelsen af proteinets opløselighed på kvælstofomsætningen. //// nettotransport af $\text{NH}_3\text{-N}$ fra formaver til blod.

The influence of protein solubility on the nitrogen metabolism. //// netto transport of $\text{NH}_3\text{-N}$ from the forestomachs to the blood.

Hvorledes kvælstofomsætningen og dermed den dyriske produktion forventes at variere med forskellig proteinopløselighed, er illustreret i figur 11. Forudsætningen for figurens indhold er, at der er tale om dyr med et større behov for absorberbare aminosyrer ved duodenum, end formavernes mikroorganismer kan forsyne dem med.

Ved høj opløselighed af foderproteinet (f.eks. ubehandlet foderprotein) vil der være et stort tab af protein under passagen gennem formaverne; dette overføres til blodet som ammoniak og udskilles i urinen som urinstof. Dette tab er illustreret ved skravering i figur 11. Yderligere er der et uundgåeligt tab af kvælstof i urinen (erstatnings-N). Nedsættes proteinets opløselighed, f.eks. ved behandling med formaldehyd, vil kvælstofudskillelsen i urinen falde som følge af et lavere ammoniakoverskud i formaverne. Samtidig vil kvælstofudskillelsen i gødningen stige, men denne stigning er ikke af samme størrelsesorden som faldet i kvælstofudskillelsen i urinen, hvorfor kvælstofbalancen øges. Når proteinets opløselighed nedsættes over en vis grænse, kan kvælstofudskillelsen i urinen ikke nedsættes mere, d.v.s., der er intet nettotab af kvælstof gennem deamineringen af protein i formaverne, og det protein, der deamineres intermedært, på grund af at den biologiske værdi af de absorberede aminosyrer er under 100, recirkuleres i stor udstrækning til formaverne. Ved yderligere nedsættelse af proteinopløseligheden vil kvælstofbalancen igen aftage, da kvælstofudskillelsen i gødningen stiger.

Det ses af figur 11, at både en for høj og en for lav opløselighed er uønskelig.

Når proteinets opløselighed nedsættes udover det ønskelige, tales om overbehandling af proteinet. Dette er dog ikke noget, der sker ved en bestemt mængde behandlingsmiddel, men er helt afhængig af den opløselighed, der netop er optimal til den givne produktion, og ved den givne proteintildeling.

Med det kvælstofindhold i foderrationen (2% i tørstof), der har været anvendt til kalvene, har selv en svag behandling været en overbehandling, da der intet overskud har været af ammoniak i formaverne. I de udførte forsøg har de anbefalede fodermængder til kalve i dette vægtinterval været reduceret med ca. 20%, hvorfor tilvæksttallene er lave. Indholdet af ford. råprotein pr. f.e. var 90 g, hvilket er ca. 25% under den anbefalede mængde. Hvorvidt der er mulighed for et positivt udslag af kemisk behandling af protein til kalve, når disse fodres med større proteinmængder, kan forsøgene ikke give svar på, men givet er det, at sandsynligheden for at få et positivt udslag er større, når dyrenes vækstkapa-citet udnyttes bedre, end det her har været tilfældet.

E. Konklusion

Forsøgene med tarmfistulerede køer har vist, at den nedsættelse af proteinets opløselighed i sojaskrå, som fremkommer ved behandling med formaldehyd, bevirker, at mere protein passerer til løben og tyndtarmen, og at flere aminosyrer absorberes i tarmen.

I praksis vil det sige, at proteintildelingen til dyr med et højt proteinbehov kan nedsættes, hvis der anvendes formaldehydbehandlet protein. I tilfælde, hvor proteinbehovet og/eller proteintildelingen er lav, kan der kun forventes negative udslag af en kemisk behandling af foderproteinet til nedsættelse af dets opløselighed, da kvælstoffordøjeligheden falder, og der er sandsynlighed for, at mikroorganismene i vommen underforsynes med kvælstof. Dette negative udslag vil dog sandsynligvis kun fremkomme, hvor proteinbehovet eller proteintildelingen er så lav, at dyrets kvælstofforsyning ligesåvel kunne dækkes i form af ikke-protein kvælstof som af proteinkvælstof, da der i sådanne tilfælde er mangel på opløseligt kvælstof til den mikrobielle proteinsyntese.

V. Sammendrag

For i størst mulig udstrækning at kunne udnytte symbiosen mellem drøvtyggere og mikroorganismene i drøvtyggernes formaver er det nødvendigt at kende de gæringsprocesser, der finder sted i formaverne. Ligeledes er det nødvendigt at have kendskab til, hvorledes ændringer i næringsstofomsætningen i formaverne påvirker omsætningerne i den øvrige del af dyret.

På grundlag af modelberegninger over den kvantitative kvælstofomsætning hos malkekøer er det konstateret, at med de variationer der – ifølge litteraturen og herværende undersøgelser – er, i flere af de betydningsfulde faktorer, må der ligge betydelige muligheder i at manipulere med drøvtyggernes kvælstofomsætning.

I de her beskrevne undersøgelser er der sat fokus på proteinets nedbrydningsgrad i formaverne. Fordelen, der kan opnås ved at sænke nedbrydningsgraden, vil kunne henføres til et – eller i sjældnere tilfælde flere – af følgende forhold. 1. Øget produktion, 2. Nedsat proteinbehov eller 3. Øget anvendelse af ikke-protein kvælstof.

Det er ved hjælp af in vitro teknik muligt at måle proteinopløseligheden og proteinets opløsningshastighed i forskellige fodermidler.

I denne undersøgelse er to forskellige in vitro metoder anvendt. En regressionsmetode er anvendt til at måle proteinopløseligheden i formaldehydbehandlet sojaskrå. En uopløselig rest-N metode er anvendt til at måle proteinopløseligheden i 17 forskellige kraftfodermidler. Derudover er med denne metode undersøgt effekten af 6 forskellige kemiske behandlingsmidler (formaldehyd, acetaldehyd, glutaraldehyd, glyoxal, acetone og tannin) tilsat i forskellig mængde til sojaskrå og solsikkekager.

In vitro forsøgene viste, at en effektiv kemisk behandling med stor nøjagtighed kan efterspores med begge metoder. Proteinopløseligheden i sojaskrå blev sænket fra 90% til ca. 15% ved behandling med 1% formaldehyd, 3% glyoxal eller 4% glutaraldehyd. Der var ingen eller kun mindre effekt af behandling med acetaldehyd, acetone og tannin.

Indflydelsen af den kemiske behandling på proteinopløseligheden i solsikkekager svarede til virkningen på sojaskrå med den undtagelse, at formaldehyd ikke sænkede proteinopløseligheden mere end glyoxal og glutaraldehyd.

Der blev ligeledes udført in vivo forsøg med 2 re-entrant tarmfistulerede køer i 3 perioder. Kraftfoderet indeholdt sojaskrå, henholdsvis ubehandlet og behandlet med 0,5% og 1% formaldehyd. Rationen indeholdt 2,3% kvælstof (14,4% protein). Behandlingen med 0,5% og 1% formaldehyd øgede kvælstofpassagen til duodenum med henholdsvis 18 og 29%, når der blev fodret på vedligeholdelsesniveauet med henholdsvis 12%, og 10% når der blev fodret på 2 × vedligeholdelsesniveauet.

Årsagen til den lavere effekt af behandling med 1% formaldehyd på det høje foderniveau kan tilskrives en begrænset evne hos dyret til at recirkulere kvælstof fra organismen til formaverne. Af den øgede kvælstofmængde, der passerede til tyndtarmen, blev 40–60% absorberet i tarmen, og heraf udgjorde aminosyrer en større andel (tabel 8).

Endelig blev der udført to 3×3 latin square kvælstofbalance forsøg med 9 kalve (3 kalve eller gentagelser pr. periode). Der blev ikke fundet nogen effekt, sammenlignet med ubehandlet, af en behandling af en blanding indeholdende sojaskrå og solsikkekager med enten 0,5% og 1% formaldehyd eller 1% og 3% glutaraldehyd på kvælstofbalancen, tilvækst eller fordøjelighed af tørstof, træstof eller Stoldt fedt. Der blev fundet et lille fald i kvælstoffordøjeligheden ved behandling med formaldehyd. Dette blev ikke observeret ved behandling med glutaraldehyd.

Den udeblevne effekt på kvælstofbalancen og tilvæksten, tilskrives rationens lave kvælstofindhold (2,0% N i tørstoffet). På dette lave niveau er der ikke noget nettotab af kvælstof i formaverne. Dette underbygges af, at kvælstofudskillelsen i urinen ikke overstiger mængden af endogent kvælstof.

Det er af største betydning ved en kemisk behandling af foderprotein, at man sammenholder dyrets proteinbehov med opløseligheden og mængden af det protein, der findes i rationen, når det skal vurderes i hvilke tilfælde, der kan forventes et positivt udslag. Forsøgene med kalve viste, at en beskyttelse af proteinet er unødvendig, når rationen indeholder mindre end 2% kvælstof i tørstoffet, medmindre man samtidig erstatter en del af foderproteinet med NPN.

VI. Summary

In order to benefit from the symbiosis between the ruminant and the micro-organisms in the rumen, it is necessary to understand the fermentation process involved as well as the influence of metabolic changes in the rumen which affect the metabolism in the whole animal.

From quantitative model calculations, it is concluded that within the range of variation that is found in several of the important parameters determining the ruminant's nitrogen status, there seems to be a considerable gain by manipulating the ruminant's nitrogen metabolism.

In these investigations the protein degradation in the rumen has been brought into focus. The advantage of lower protein breakdown can be ascribed to one-or in rare cases to more of the following points:

1. Higher production.
2. Lower protein requirement.
3. Greater use of non protein nitrogen.

It is possible by means of the introduced in vitro technique to measure the protein solubility and the solubility rate in different feedstuffs.

In this investigation two different in vitro methods have been carried out. A so called regression method was applied to measure the protein solubility in formaldehyde treated soyabeanmeal, while an insoluble rest-N-method was employed to measure the protein solubility in 17 different concentrates. This latter method has also been used to measure the effect of 6 different chemicals i.e. formaldehyde, acetaldehyde, glutaraldehyde, glyoxal, acetone and tannin added in different amounts to soyabeanmeal and sunflowermeal. The in vitro experiments showed that effective chemical treatment can be measured with great accuracy by this method. The protein solubility of soyabeanmeal was

lowered from 90% to approximately 15% by treatment with either 1% formaldehyde, 3% glyoxal or 4% glutaraldehyde. The effect of treatment with acetaldehyde, acetone or tannin was insignificant. The effect of the chemicals on the protein solubility in sunflowermeal was equal to the effect on soyabeanmeal with the exception that formaldehyde produced results similar to glyoxal and glutaraldehyde.

In vivo experiments with two duodenal re-entrant fistulated cows were carried out in three periods. The concentrates contained soyabeanmeal either untreated or treated with 0,5% and 1% formaldehyde. The ration contained 2,3% nitrogen. This treatment resulted in an increase in the flow of nitrogen to the duodenum by 18% and 29% respectively, when fed on maintenance level, and by 12% and 10% when fed on twice the maintenance level. The reason for the small effect of treatment with 1% formaldehyde is ascribed to limited ability of the animal to recycle nitrogen to the forestomachs. It was found that 40–60% of the extra nitrogen passing into the duodenum disappeared in the intestine, and a higher percentage of this nitrogen consisted of amino acid.

Finally, two 3×3 latin square nitrogen balance experiments (3 repetitions) with calves were carried out. No effect on the nitrogen balance, weight gain, or digestibility of the dry matter, crude fiber, or Stoldt fat was observed when treating a mixture of soyabeanmeal and sunflowermeal with either 0,5% or 1,0% formaldehyde and 1,0% or 3,0% glutaraldehyde.

Treatment with formaldehyde produced a small decrease in nitrogen digestibility while glutaraldehyde did not.

The absence of effect on the nitrogen balance and weight gain is ascribed to the low nitrogen content in the treated feed i.e. 2,0% of the dry matter. At this low level there is no net loss of nitrogen through deamination in the rumen. This is confirmed by finding that excretion of nitrogen in the urine does not exceed the amount of endogenous nitrogen.

It is of great importance that the animal's nitrogen requirement is compared to the amount and solubility of the protein in the original ration, when it is evaluated in which cases a positive effect of chemical treatment of the feed protein can be expected. The calf experiments show that it is of no benefit to protect the protein when the ration contains less than 2 per cent nitrogen in the dry matter (half soyabeanmeal, half sunflowermeal), unless some of the original protein in the ration is substituted with non protein nitrogen.

VII. Litteraturliste

1. Hvelplund, T., P.D. Møller, J. Madsen & M. Hesselholt. 1976. Flow of digesta through the gastro-intestinal tract in the bovine with special reference to nitrogen. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Årsskrift. 173-192.
2. Madsen, J., P.D. Møller & P. Hjorth. 1973. Undersøgelser over kvantitative fordøjelsesprocesser hos malkekøer. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums årbog. 428-439.
3. Madsen, J. 1976. Kemisk behandling af foderproteinet i relation til kvælstofudnyttelsen hos drøvtyggere. Licentiatafhandling. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. 76 pp.
4. Mason, V.C. 1975. Kvantitative aspekter af kvælstofomsætningen i fordøjelseskanalen hos drøvtyggere. Ugeskr. Agron. Horton. 27-28: 537-539.
5. Møller, P.D. 1973. Forskellige kulhydraters indflydelse på udnyttelsen af urea til malkekøer. Doktorafhandling. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. 204 pp.
6. Salter, D.N. & R.H. Smith. 1974. Digestibility of ^{15}N -labelled proteins in the small intestine of the ruminating calf. Proc. Nutr.Soc. 33. 42A-43A.
7. Thomsen, K. Vestergaard & A. Neimann-Sørensen. 1975. Fertilizer Influence on the Nutritional Value of Pasture and Forage in View on Proteins (for Ruminants). Proc. 11. Colloquium of the Internat. Patash.Inst. Denmark. 97-112.