

594 Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Michael Vorting og Henning Staun

Fordøjeligheden af ubehandlet og kemisk behandlet halm til heste

*The digestibility of untreated and chemical
treated straw by horses*

With English summary and subtitles



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 Frederiksberg C.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1985

Forord

I 1980 bevilligede Landbrugets Samråd for forskning og forsøg, under forskningsprogrammet "Muligheder for mere økonomisk udnyttelse af landbrugets halmproduktion", midler til opførelse af en fordøjelighedsstald til heste på Favrholt, samt til gennemførelse af en række fordøjelighedsforsøg. Formålet var, at få undersøgt næringsstofferne fordøjelighed i ubehandlet og kemisk behandlet halm fra forskellige kornarter.

Forsøgene startede i 1981 og forsøgsteknikkerne T. Olsen, O.H. Olsen, P. Nielsen, S. Lindholt og J.Y. Clausen har, i samarbejde med agronom F. Linnemann, stået for den daglige fodring og pasning af hestene.

Den kemiske behandling af halmen er foretaget dels på Favrholt dels hos gdr. E. Pedersen, Bøgebjerggård, Svenninge.

De kemiske analyser er udført af Statens Husdyrbrugsforsøg, afd. for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi.

Databehandlingen er foretaget på NEUCC, det regionale edb-center ved Danmarks tekniske Højskole, Lyngby.

Afdelingen takker for den hjælp, der fra forskellig side er ydet under planlægningen og gennemførelsen af forsøget.

København, juni 1985

Henning Staun

Indholdsfortegnelse

	side
Forord	3
Sammendrag	5
Summary	6
I. Indledning	7
1. Halmens kemiske sammensætning og fordøjelighed	7
2. Kemisk behandling af halmen	7
2. Materiale og metoder	9
1. Forsøgsmetodik	9
2. Forsøgsplan	10
3. Forsøgsdyr	12
4. Foder	12
5. Forsøgsbeskrivelse	13
6. Kemiske analyser	13
7. Statistiske metoder	14
3. Resultater	15
4. Diskussion	19
5. Konklusion	21
6. Litteratur	21

Sammendrag

Formålet med dette forsøg var, at fastlægge, hvorvidt en kemisk behandling af halm, kunne øge halmens fordøjelighed til heste, samt om der er artsforskelle i fordøjeligheden af halmen.

Fordøjeligheden blev bestemt for tørstof, organisk tørstof, træstof, NFE og energi, i ubehandlet, NaOH-behandlet og NH₃-behandlet halm fra byg, hvede og havre.

Forsøget blev udført efter regressionsmetoden med 6 heste og 3 eller 4 gentagelser pr foderstof. Forsøgsdyrene var udvoksede val-lakker af forskellig alder og vægt. Hestene fik 1600 g foder / 100 kg legemsvægt pr dag. Foderet indeholdt mellem 20 og 80 % halm og et kraftfoder bestående af valset havre, proteintilskudsfoder og krom. Kromen virkede som gødningsindikator. Hestene fik en 9 dages for-periode, hvorefter der blev opsamlet gødning i 5 dage.

De gennemsnitlige fordøjeligheder for halmens næringsstoffer var, tørstof: 43 %, organisk tørstof: 43 %, træstof: 47 %, NFE: 40 % og energi: 40 %.

Resultaterne viste ingen artsforskelle, men alle næringsstoffer-nes fordøjelighed steg med ca 10 % efter kemisk behandling. Der var ingen forskel på de to anvendte behandlingsmetoder.

Konklusionen er, at heste både kan og vil æde kemisk behandlet halm. Den fundne forøgelse i fordøjeligheden af energi fra ca 33 til ca 43 % svarer til knap en fordobling af nettoenergiindholdet.

Summary

The aim of this project was to investigate whether chemical treatment increases the digestibility of the nutrients in straw and whether there are differences between straw from different varieties of grain.

The digestibility was estimated for dry matter, organic matter, crude fibre, NFE and gross energy, in untreated, NaOH-treated and NH₃-treated straw from barley, wheat and oats.

In the experiment the regression method was used, comprising six horses and 3 or 4 replicates per feedstuff. Mature geldings of different age and weight was used in the study. The horses were fed 1600 gram of diet / 100 kg of body weight. The diet contained between 20 and 80 % of straw, and a concentrate with rolled oat, protein supply and chromic oxide. The chromic oxide acts as a faeces indicator. The horses had a 9 days preparation period and after that faeces was collected for 5 days.

The overall average digestibility of the nutrients in the straw were: dry matter: 43 %, organic matter: 43 %, crude fibre: 47 %, NFE 40 % and gross energy: 40 %.

The results indicate no differences between varieties, but the digestibility of all nutrients increased about 10 % after chemical treatment of the straw. There was no significant difference between the two methods of treatment.

The conclusion is, that horses can easily and will readily eat chemical treated straw. The increase in digestibility of energy from about 33 % to about 43 % approximate a double up in net energy content of the straw.

1. INDLEDNING

Halmens kemiske sammensætning og fordøjelighed

Cellulose, hemicellulose og lignin er de væsentligste bestanddele i halms celle vægge. I kraft af deres kemiske og fysiske egenskaber tjener de som strukturstoffer i planterne. Hos den modne kornplante er næsten alt letopløseligt kulhydrat, stivelse, fedt og protein koncentreret i kernerne, mens strået næsten udelukkende består af tungtopløselige cellevægsstoffer, 85-90 % af halmtørstoffet. Cellevægstørstoffet indeholder ca 35 % cellulose, ca 35 % hemicellulose og 16-18 % lignin (Fris Kristensen et al., 1978).

Heste danner ikke enzymer, der kan spalte cellevægsstofferne. I blind- og tyktarmen findes imidlertid en række mikroorganismer, der analogt med mikrofloraen i drøvtyggers vovm producerer cellulose nedbrydende enzymer. Hvidsten (1945) har således fundet en fordøjelighed af organisk tørstof i fodercellulose på ca 80% hos heste, dog med stor variation. Anonym (1975) fandt hos heste en træstoffordøjelighed i fodercellulose på 91 %. Til sammenligning kan anføres, at hos drøvtyggerne er fordøjeligheden af træstof i fodercellulose 95 % (Andersen & Just, 1983). Heste er altså i stand til at nedbryde og fordøje ren cellulose med op til 90 %, afhængigt af den mængde cellulose, protein og lettilgængeligt kulhydrat, der er til stede for mikroorganismene i blind- og tyktarmen. Fordøjeligheden af ren hemicellulose er af samme størrelsesorden, hvorimod lignin er næsten ufordøjeligt.

I halm findes lignin som en bestanddel af den forvædede cellevæg. Det danner en lukket skal omkring cellulosen som det formentlig er både kemisk og fysisk bundet til. Lignin er et højmolekylært stof, der er meget modstandsdygtigt over for kemisk påvirkning og i særdeleshed over for angreb af enzymer og mikroorganismer (Fris Kristensen et al., 1978).

I almindelig halm, har fordøjelsesenzymene derfor kun lille effekt på cellulosen, hemicellulosen og celleindholdsstofferne, og fordøjeligheden af træstoffet er hos heste helt nede på ca 40 %.

Kemisk behandling af halmen

Ved behandling af halmen med base (ludbehandling) sker en række kemiske og fysiske ændringer, som forbedrer fordøjeligheden af halmens næringsstoffer. Opløseligheden af lignin i neutral opløs-

ningsvædske stiger meget, og det samme er tilfældet med hemicellulosen. Cellulosens opløselighed ændres derimod ikke særlig meget, men basen bryder en række esterbindinger mellem cellulosekæderne.

Den væsentligste fysiske forandring med halmen er en bedre evne til at kvælde (svulme op i vædske). Herved lettes mikroorganismernes og deres enzymeres mulighed for at nedbryde halmen.

Resultater fra fordøjelighedsforsøg med drøvtyggere viser en kraftig forøgelse af fordøjeligheden af alle næringsstofferne efter ludbehandling af halmen (Friis Kristensen et al., 1978).

Der er hidtil kun lavet 2 undersøgelser af effekten af ludning på halmens fordøjelighed til heste (Mundt, 1978 og Slagsvold et al., 1978). Ingen af disse forsøg har dog samtidig undersøgt de ubehandlede halmarter, således at en sammenligning har været mulig. Resultaterne af forsøgene tyder dog på, at også heste udnytter halm bedre, hvis den er blevet ludbehandlet. Tabel 1 viser fordøjeligheden af nogle næringsstoffer fra disse forsøg.

Resultaterne fra Anonym (1975) er gennemsnit af en lang række fordøjelighedsforsøg. Tallene kan derfor dække over en betydelig variation.

Tabel 1. Næringsstoffernes fordøjelighed i ubehandlet og kemisk behandlet halm.

Digestibility of the nutrients in untreated and chemically treated straw.

		Tørstof	Træstof	NFE	Org. tørstof
NaOH-beh. rug- og hvedehalm	1)	-	59	52	52
NH ₃ -beh. bygghalm	1)	-	58	48	50
NH ₃ -beh. havrehalm	2)	60	-	-	-
Ubeh. halm	3)	-	29-37	33-48	33-38

1) Mundt, 1978.

2) Slagsvold et al., 1979.

3) Anonym, 1975.

På grundlag af de meget få forsøgsresultater er det vanskeligt, at foretage en korrekt vurdering af halms foderværdi til heste. Effekten af kemisk behandling og artsforskelle kendes endnu ikke, ligesom eventuelle praktiske problemer i forbindelse med anvendelse af kemiske behandlet halm til heste er utilstrækkeligt belyst.

Med det formål, at afklare disse problemer, blev et forsøg udført, der skulle vise:

- om kemisk behandling af halm øger næringsstoffernes fordøjelighed.
- om der forskel mellem NaOH-behandlet og NH₃-behandlet halm med hensyn til næringsstoffernes fordøjelighed.
- om der er forskelle i næringsstoffernes fordøjelighed mellem halm fra byg, hvede og havre.

Endvidere skulle forsøget belyse, om heste vil æde og kan tåle kemisk behandlet halm.

2. MATERIALE OG METODER

Forsøgsmetodik

Næringsstoffernes fordøjelighed blev bestemt ved regressionsmetoden. Ved denne metode gives alle hestene den samme mængde totalfoder i forhold til deres legemsvægt, men med forskellige procent halm i rationen.

Den ufordøjede mængde næringsstof i gødningsen (NsGødn) bestemmes, hvorefter fordøjelighedskoefficienten for næringsstoffet i totalfoderet (FK) beregnes således,

$$FK = \frac{NsH + NsG - NsG\ddot{o}dn}{NsH + NsG} \cdot 100$$

hvor NsH = indholdet af næringsstof i halmen

NsG = indholdet af næringsstof i grundfoderet

FK er en funktion af p og kan skrives som

$$FK(p) = a + b \cdot p$$

hvor p = proportionen af næringsstof i totalfoderet, stammende fra halmen.

$FK(0) = a$ (intercepten) er fordøjeligheden af grundfoderet, og $FK(1) = a + b$ er fordøjeligheden af halmen.

Sikkerheden på estimerne a og $(a + b)$ vil blandt andet være afhængig af, hvor meget det er muligt, at sprede p-værdierne i intervallet 0 til 1.

Gødningsmængden er i dette forsøg bestemt ved indikatormetoden, med grøn krom-oxid (Cr_2O_3) som indikator. Ved denne metode til sættes foderet en kendt mængde ufordøjelig indikator, og efter analyse af indikatorkoncentrationen i gødningen, kan gødningsmængden beregnes ved simpel forholdsregning. Der korrigeres for genfindingsprocenten, der i et forforsøg blev fundet til 95,0 %.

Forsøgsplan

FK er bestemt på ubehandlet, NaOH-ludet og NH_3 -behandlet byg-, hvede- og havrehalm, i alt 9 foderstoffer.

Gentagelserne er udført som "repeated measurement" på de samme 6 heste. En eventuel effekt af tiden er i et design med "repeated measurement" delvis sammenblandet med behandlingerne. Da fordøjelighedscoefficients ikke regnes for afhængige af årstid o. lign. antages effekten at være uden betydning.

Forsøgsfoderprocenten varierede fra 20 til 80 % og blev tildelt under hensyntagen til praktiske forhold. Nogle af hestene var ikke i stand til at æde de rationer, der havde meget høj eller meget lav andel af halm. For ikke gentagne gange at måtte udelukke observationer, fordi hesten ikke kunne æde op, valgtes det at tage hensyn til appetitten ved designet, selvom man derved gik på kompromis med princippet om randomisering. Det blev dog tilstræbt at hesten fik både høje og lave forsøgsfoderprocenter, idet estimerne nøjagtighed derved øges.

Under hensyntagen til det ovenfor anførte er hestene indsat i forsøget som vist i tabel 2.

Tabel 2. Halmprocenternes fordeling på behandlinger, heste og gentagelser.

The distribution of straw percentage on treatments, horses and replicates.

Foderstof	Gentagelse	Hest						Total antal
		1	2	3	4	5	6	
Ubehandlet byghalm	1	45	25	35	30	20	40	18
	2	20	30	40	25	45	35	
	3	36	52	20	28	60	44	
NaOH-beh. byghalm	1	(52)	20	60	36	44	(28)	19
	2	(20)	28	44	52	60	36	
	3	44	(32)	68	80	20	56	
	4	32	56	80	44	68	(20)	
NH ₃ -beh. byghalm	1	(56)	32	20	80	68	44	22
	2	(44)	56	80	68	20	32	
	3	56	32	68	20	80	44	
	4	44	20	32	80	68	56	
Ubehandlet hvedehalm	1	(32)	68	80	20	56	44	13
	2	(44)	32	56	68	(80)	(20)	
	3	32	56	80	20	(68)	44	
NaOH-beh. hvedehalm	1	32	68	20	56	80	44	18
	2	44	32	68	80	20	56	
	3	32	56	80	20	68	44	
NH ₃ -beh. hvedehalm	1	(56)	32	80	68	20	44	23
	2	44	68	20	32	80	56	
	3	32	56	80	20	68	44	
	4	44	32	68	80	20	56	
Ubehandlet havrehalm	1	32	68	20	56	(80)	44	16
	2	44	32	68	80	20	56	
	3	32	56	80	20	(68)	44	
NaOH-beh. havrehalm	1	32	(68)	20	56	80	(44)	16
	2	44	32	68	80	20	56	
	3	32	56	80	20	68	44	
NH ₃ -beh. havrehalm	1	(32)	68	20	56	(80)	44	14
	2	(44)	32	68	80	20	56	
	3	32	56	80	20	(68)	44	
Total antal		21	28	30	30	24	26	159

() Tal i parentes er udgået.

Forsøgsdyr

Forsøgshestene var seks udvoksede vallaker af forskellig vægt og alder. Tabel 3 viser hestenes vægt og alder.

Tabel 3. Hestenes vægt og alder.

Body weight and age of the horses.

Hest	1	2	3	4	5	6
Vægt, kg	475	500	450	400	350	275
Alder, år	6	10	6	5	5	5

Hestene har i forsøgsperioden gennemgående været raske og i god kondition. Af og til har der optrådt manglende ædelyst. Som senere omtalt, er hesten da taget ud af forsøget, og observationen udgået.

Hestene motioneredes 5 timer 2 gange om ugen i en jordfold. Dette har været tilstrækkeligt til at undgå problemer med hævede ben.

Foder

Grundfoderet bestod af valset havre, dyrket, høstet og valset på Trollesminde, Heste-T fra DLG samt en Cr_2O_3 -forblanding indeholdende byg, sojaskrå og 12,5 % Cr_2O_3 . Grundfoderets sammensætning og næringsstofindhold ses i tabel 4.

Den ubehandlede og NaOH-behandlede byghalm, samt al hvedehalmen stammede fra høsten 1981 på Favrholt. Al havrehalmen var fra høsten 1982 på Trollesminde. NH_3 -behandlingen blev foretaget af gdr. F. Pedersen, Bøgebjerggård, Svenninge, som også leverede den NH_3 -behandlede byghalm. NaOH-ludningen blev foretaget på et JF SP 2000-ludningsanlæg, med tilsætning af 120 l 27.65 % NaOH-opløsning pr ton halm. Halmen blev snittet før udfodringen. Foderstofanalyserne for halmen er vist i tabel 5, 6 og 7.

Hestene blev tildelt 1600 gram foder pr 100 kg legemsvægt. Heste, der gennemgående vægrede sig ved at æde op, blev dog sat lidt ned i foder, og heste, der afmagredes eller viste stor sult, blev sat lidt op i foder. Der blev fodret to gange dagligt, kl 7.30 og kl 15.30. Grundfoderet blev udvejet med 1 g's nøjagtighed, mens halmen blev afvejet med 10 g's nøjagtighed.

Tabel 4. Fodermiddelsammensætning og kemisk sammensætning af grundfoderet.

Composition and nutrient content of the basic diet.

	Gns.	SD
<u>Sammensætning</u>		
Valset havre, %	83.3	
Heste-T, %	9.3	
Cr ₂ O ₃ -blanding, %	7.4	
<u>Beregnet kemisk sammensætning:</u>		
Tørstof, %	86.6	0.3
Aske, % af tørstof	5.1	0.1
Råprotein, % af tørstof	16.0	0.2
Råfedt, % af tørstof	5.6	0.1
Træstof, % af tørstof	10.1	0.4
NFE, % af tørstof	62.2	0.1
Cr ₂ O ₃ , % af tørstof	1.0	0.1
Energi, MJ/kg foder	18.45	0.13

Forsøgsbeskrivelse

Forsøgsperioden var 14 dage pr gentagelse. Den bestod af en 9 dages forperiode, hvori hestenes fordøjelsessystem kom i balance med den nye foderration og kromen fik tid til at nå en konstant koncentration i gødningen.

Derefter fulgte en 5 dages opsamlingsperiode. Klokket 9 hver morgen blev der udtaget ca 0.5 kg gødning fra gulvet bag hestene. Det tilstræbtes, at opsamle så nyafsat gødning som muligt, og helst gødning, der ikke var forurenset eller trådt i. Gødningen opsamledes i en plasticpand med tætsluttende låg og straks anbragt i køleskab ved 5°C.

Den sidste dag i opsamlingsperioden blev gødningen tilsat vand og grundigt omrørt. Derefter blev der udtaget én prøve pr hest. Prøverne blev straks nedfrosset indtil de skulle analyseres.

Kemiske analyser

Der blev foretaget en fuldstændig fodermiddelanalyse (Jakobsen og Weidner, 1973) på både foder- og gødningsprøverne. Denne analyse

omfatter bestemmelse af tørstof, aske, kvælstof, fedt (Stoldt), og træstof. Endvidere blev der analyseret for bruttoenergi og kromindhold.

Statistiske metoder

Hvis ingen observationer var udgået, ville datamaterialet have bestået af 180 observationer. 19 observationer måtte dog udgå allerede ved indsamlingen af materialet fordi hestene ikke åd op. Ved analysen af materialet fandtes 2 observationer der afveg mere end 4 gange standardafvigelsen fra de estimerede værdier. Disse stammede fra hest nr 2 og nr 6 i den samme gentagelse. Det anses derfor for sandsynligt, at der er sket en fejl, og observationer udelukkes som "outliers".

Forsøgsfoderprocenten varierede i forsøgets start kun fra 20-45 %. Senere viste det sig, at hestene kunne æde op til 80 % forsøgsfoder, og intervallet øgedes til 20-80 %.

Datamaterialet består således af 159 observationer med sammenhørende værdier af fordøjjet næringsstof, næringsstof i grundfoderet og næringsstof i forsøgsfoderet for henholdsvis tørstof, aske, kvælstof, fedt, træstof og energi. Heraf beregnes,

$$\text{Org.tørstof} = \text{Tørstof} - \text{Aske}$$

$$\text{NFE} = \text{Tørstof} - \text{Aske} - \text{N} \cdot 6,25 - \text{Fedt} - \text{Træstof}$$

Alle næringsstofferne blev først analyseret efter følgende model,

$$(1) \quad \text{FK}_{ijk} = a + b_i(p_{ijk}) + H_k + e_{ijk}$$

hvor FK_{ijk} = fordøjeligheden af totalfoderet fra det i 'te forsøgsfoderstof, den j 'te gentagelse og den k 'te hest.

a = intercepten.

b = regressionen af FK_{ijk} på proportionen af forsøgsfoder i .

p_{ijk} = proportionen af forsøgsfoder-næringsstof i til den k 'te hest og den j 'te gentagelse.

H_k = effekten af hest k .

- e_{ijk} = den tilfældige rest. (e_{ijk}) forudsættes uafhængig og $N(0, \sigma^2)$
 i = (1, ..., 9)
 j = (1, ..., r_i)
 k = (1, ..., 6)
 r_i = antal gentagelser pr foderstof.

Variansanalyserne viste dog, at der ikke var nogen effekt af heste for NFE- eller energifordøjeligheden. Denne effekt blev derfor udeladt og model (2) blev anvendt for disse to næringsstoffer.

$$(2) \quad FK_{ijl} = a + b_i(p_{ijl}) + e_{ijl}$$

hvor FK_{ijl} = den l'te observation af fordøjeligheden af totalfoderet fra det i'te forsøgsfoderstof og den j'te gentagelse.

a = intercepten.

b_i = regressionen af FK_{ijl} på proportionen af forsøgsfoder i

p_{ijl} = den l'te observation af proportionen af forsøgsfoder-næringsstof i, i den j'te gentagelse.

e_{ijl} = den tilfældige rest. (e_{ijl}) forudsættes uafhængig og $N(0, \sigma^2)$.

i = (1, ..., 9)

j = (1, ..., r_i)

l = (1, ..., 6)

r_i = antal gentagelser pr foderstof.

Modellerne forudsætter, at fordøjeligheden af forsøgsfoderet er uafhængig af grundfoderet.

Alle analyser blev udført ved hjælp af SAS-proceduren GLM (Helwig & Council, 1979) på Neucc.

3. RESULTATER

Variansanalyserne viste for alle næringsstofferne, at der var signifikante forskelle ($P < 0.001$) mellem foderstoffer.

I tabel 5, 6 og 7 er estimaterne og disses middelfejl vist for fordøjeligheden af tørstof, organisk tørstof, NFE, træstof og energi for de 9 foderstoffer

Som det ses, er der relativt store vekselvirkninger mellem arter og behandlinger.

Tabel 5. Byghalms kemiske sammensætning og næringsstofferne fordøjelighed.

Chemical composition and digestibility coefficients of the nutrients in barley straw.

	Ubehandlet byghalm				NaOH-behandlet byghalm				NH ₃ -behandlet byghalm			
	Gns.	SD	Min.	Max.	Gns.	SD	Min.	Max.	Gns.	SD	Min.	Max.
<u>Kemisk sammensætning:</u>												
Antal prøver	3				3				2			
Tørstof, %	88.0	1.0	87.2	89.2	82.6	5.7	77.2	88.6	85.9	3.1	83.7	88.1
Aske, % af tørstof	6.1	1.5	4.8	7.8	11.5	0.3	11.2	11.8	7.2	0.0	7.2	7.2
Råprotein, % af tørstof	4.9	1.0	3.9	5.8	4.0	0.2	3.7	4.1	13.6	1.1	12.8	14.4
Råfedt, % af tørstof	2.2	0.8	1.6	3.1	2.1	0.3	1.8	2.3	2.8	0.2	2.6	2.9
Træstof, % af tørstof	46.6	4.0	43.9	51.2	44.0	0.6	43.4	44.7	47.0	0.1	46.9	47.0
NFE, % af tørstof	40.2	2.6	37.6	43.7	38.4	0.7	38.1	39.0	29.4	0.8	28.5	30.6
Energi, MJ/kg foder	17.84	-			17.10	0.08	17.03	17.20	20.60	1.11	19.82	21.38
<u>Næringsstofferne fordøjelighed:</u>												
Antal observationer	18				19				22			
Tørstof, %	40	3			56	2			44	2		
Organisk tørstof, %	41	3			54	2			44	2		
Træstof, %	41	3			57	2			39	2		
NFE, %	40	4			53	2			46	2		
Energi, %	35	3			48	2			49	2		

Tabel 6. Hvedehalms kemiske sammensætning og næringsstofferne fordøjelighed.

Chemical composition and digestibility coefficients of the nutrients in wheate straw.

	Ubehandlet hvedehalm				NaOH-behandlet hvedehalm				NH ₃ -behandlet hvedehalm			
	Gns.	SD	Min.	Max.	Gns.	SD	Min.	Max.	Gns.	SD	Min.	Max.
<u>Kemisk sammensætning:</u>												
Antal prøver	3				5				5			
Tørstof, %	92.8	0.3	92.6	93.1	88.6	0.8	87.5	89.5	91.6	0.4	90.9	91.9
Aske, % af tørstof	4.9	0.1	4.8	5.0	8.5	0.4	8.3	9.3	5.2	0.7	4.0	5.8
Råprotein, % af tørstof	5.0	0.2	4.9	5.3	4.0	0.1	3.8	4.2	9.0	0.8	8.2	10.0
Råfedt, % af tørstof	1.8	0.2	1.6	2.0	1.9	0.1	1.8	2.1	1.4	0.2	1.1	1.7
Træstof, % af tørstof	45.8	0.6	45.1	46.3	47.0	0.3	46.6	47.3	50.0	0.9	48.5	51.2
NFE, % af tørstof	42.5	0.4	42.3	42.7	38.6	0.2	38.2	39.0	34.4	0.6	33.3	35.3
Energi, MJ/kg foder	18.46	0.29	18.20	18.78	17.93	0.19	17.59	18.05	18.36	0.21	18.06	18.63
<u>Næringsstofferne fordøjelighed:</u>												
Antal observationer	13				18				23			
Tørstof, %	36	2			47	2			49	2		
Organisk tørstof, %	36	2			47	2			51	2		
Træstof, %	37	2			53	2			55	2		
NFE, %	35	2			39	2			46	2		
Energi, %	33	2			44	2			47	2		

Tabel 7. Havrehalms kemiske sammensætning og næringsstoffernes fordøjelighed.

Chemical composition and digestibility coefficients of the nutrients in oat straw.

	Ubehandlet havrehalv				NaOH-behandlet havrehalv				NH ₃ -behandlet havrehalv			
	Gns.	SD	Min.	Max.	Gns.	SD	Min.	Max.	Gns.	SD	Min.	Max.
<u>Kemisk sammensætning:</u>												
Antal prøver	5				6				5			
Tørstof, %	85.7	0.6	84.9	86.4	78.3	1.8	75.9	80.8	87.7	1.6	85.1	89.6
Aske, % af tørstof	3.8	0.5	3.3	4.3	8.4	0.6	7.6	9.4	3.6	0.5	2.9	4.1
Råprotein, % af tørstof	4.1	0.4	3.7	4.7	3.9	0.3	3.5	4.2	7.6	0.7	6.8	8.3
Råfedt, % af tørstof	1.9	0.6	1.2	2.4	1.9	0.4	1.5	2.5	1.8	0.5	1.2	2.3
Træstof, % af tørstof	47.7	1.8	45.7	49.6	44.7	0.7	44.1	45.6	46.6	2.9	43.8	49.7
NFE, % af tørstof	41.5	2.0	41.0	43.5	41.1	1.0	39.9	41.3	40.4	3.1	35.9	44.1
Energi, MJ/kg foder	18.59	0.33	18.25	18.99	18.05	0.16	17.87	18.26	18.82	0.22	18.49	19.02
<u>Næringsstoffernes fordøjelighed:</u>												
Antal observationer	16				16				14			
Tørstof, %	35	2			38	2			42	2		
Organisk tørstof, %	36	2			38	2			44	2		
Træstof, %	39	2			52	2			47	3		
NFE, %	35	2			29	2			37	2		
Energi, %	33	2			32	2			41	3		

Ved en kontrastanalyse blev det undersøgt, om der var forskel mellem ubehandlet og behandlet halm, eller forskel mellem de to behandlinger. Tabel 8 viser kontrasterne og de poolede estimater for behandlingerne.

Tabel 8. Poolede estimater for behandlinger samt kontraster med signifikansniveauer.

Pooled estimates of treatments and contrasts with confidence levels.

	n	Tørstof	Organisk tørstof	Træstof	NFE	Energi
Behandlinger						
Ubehandlet	47	37	38	39	37	33
NaOH-beh.	53	47	46	54	40	41
NH ₃ -beh.	59	45	46	47	45	46
Kontraster						
Beh. - Ubeh.	-	10 ^{***}	8 ^{***}	13 ^{****}	6 ^{**}	10 ^{***}
NaOH - NH ₃	-	1 ^{ns}	0 ^{ns}	8 ^{***}	-5 ^{ns}	-5 ^{ns}

Kontrastanalysen viste, at der for alle næringsstofferne sker en signifikant stigning i fordøjeligheden efter kemisk behandling af halmen på mellem 6 og 13 procentenheder.

Fordøjeligheden af tørstof og organisk tørstof var ikke signifikant forskellige for de to behandlingsmetoder, mens fordøjeligheden af træstof viste sig signifikant forskellig. Træstoffordøjeligheden i NaOH-behandlet halm var 8 procentenheder bedre ($P < 0.001$) end i NH₃-behandlet halm. Der var en tendens til at NH₃-behandlet halm gav en 5 procentenheder bedre fordøjelighed af NFE og energi, men forskellene var ikke signifikante, ($P = 0.08$).

4. DISKUSSION

Resultaterne stemte stort set overens med det forventede, nemlig at der ingen artsforskelle var i fordøjeligheden, og at der var en positiv effekt af kemisk behandling.

De relativt store vekselvirkninger kan skyldes reelle forskelle i de kemiske behandlingers effekt på de forskellige halmarter. Det

kan dog også skyldes, at behandlingerne i nogle tilfælde delvis har slået fejl. Sandheden er nok en kombination, men da der kun har været afprøvet et enkelt parti af hvert forsøgsfoderstof, er det ikke muligt, at undersøge forholdet nærmere.

Gentagelserne er udført som "repeated measurement", og en vis overslæbningseffekt kan ikke udelukkes. Heller ikke en vis niveauforskydning over det tidsrum, hvori forsøget har kørt, men resultaterne tyder dog ikke på det.

Forsøgsmetoderne synes at have været tilstrækkeligt sikre, idet estimaternes standardfejl kun er 2 - 4 procentenheder. Da indholdet af råprotein og råfedt er så lavt i halm, var det ikke muligt med den anvendte metodik, at bestemme fordøjeligheden af disse to næringsstoffer.

Undersøgelser udført på drøvtyggere har vist, at en forøgelse af fordøjeligheden af energi fra 33 % til 44 % giver knap en fordobling af nettoenergi-indholdet (Thomsen & Henriksen, 1976). Forklaringen er, at ca 18% af bruttoenergien i grovfoder anvendes til fordøjelsesarbejde, således at der kun er ca 15 % af bruttoenergien tilbage til produktion. Efter ludbehandling stiger fordøjeligheden med ca 11 procentenheder, men energien til fordøjelsesarbejdet er det samme som for ubehandlet halm. Der bliver derfor ca 26 % af bruttoenergien til produktion i ludbehandlet halm, svarende til knap en fordobling.

Resultaterne viser altså, at heste udmærket kan tåle kemisk behandlet halm, og at de fra et ernæringsmæssigt synspunkt udnytter det bedre end det ubehandlede halm.

Et praktisk fodringsforsøg, udført hos gdr. H. Beck, Lyngø, viste, at udfodringen af NaOH-ludet halm direkte på gulvet hos hestene giver problemer med et uacceptabelt stort foderspild. Hestene sviner ofte meget med halmen og bruger den som strøelse. Halmen bør derfor udfodres i specielle foderkasser.

Forbruget af halm er oftest ikke større i traditionelt hestehold, end at merudnyttelsen ved ludbehandling ikke kan betale investeringerne i et anlæg til kemisk behandling. Forefindes sådanne anlæg imidlertid i besætningen kan kemisk behandlet halm udmærket anvendes.

5. KONKLUSION

Forsøget viste, at der ikke var forskelle i næringsstoffernes fordøjelighed i ubehandlet byg,- hvede- og havrehalm.

Endvidere viste forsøget en betydelig effekt af at behandle halmen kemisk. NaOH- og NH₃-behandling øgede i gennemsnit næringsstoffernes fordøjelighed med mellem 6 og 13 %.

Hvis der økonomisk og praktisk baggrund for det, kan det derfor godt anbefales, at anvende op til 4 kg kemisk behandlet halm / dag til heste.

6. LITTERATUR

- Andersen, P.E. og A. Just. 1983. Tabeller over foderstoffers sammensætning m.m. Det kgl. danske Landhusholdningsselskab. København. 102 pp.
- Anonym. 1975. Feed Composition Tables for Horses. F.Hoffmann-La Roche Information Service. Switzerland. 57 pp.
- Friis Kristensen, V., P.E. Andersen, P. Stigsen, K. Vestergaard Thomsen, H. Refsgaard Andersen, M. Sjøernsen, C.S. Ali, V.C. Macon, F. Rexen, M. Israelsen og J. Wolstrup. 1978. Natriumhydroxydbehandlet halm som foder til kvæg og får. 464. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København. 218 pp.
- Helwig, J.T. og K.R. Council. 1979. SAS User's Guide. SAS Institute, North Carolina. 494 pp.
- Hvidsten, H. 1945. Erfaringer med tre cellulose og lute halm til hester. 59. Beretning fra Foringsforsøkene ved Norges Landbruks-høgskole, Norge. 43 pp.
- Jakobsen, P.E. og K. Weidner. 1973. Chemistry of feedstuffs and animals. Veterinærfakultetet for FAO-studerende, København.
- Mundt H.-C. 1978. Untersuchungen über die Verdaulichkeit von aufgeschlossenen Stroh beim Pferd. Vet. Diss. Hannover.
- Slagsvold, P., H.F. Hintz og H.F. Schryver. 1979. Digestibility by ponies of oat straw treated with anhydrous ammonia. Anim. Prod. 28, 347-352.
- Thomsen, K. Vestergaard og J. Henriksen. 1976. Laboratoriemetode til vurdering af fodermidlers og foderblandingers energetiske næringsværdi til drøvtyggere. 436. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København. 29 pp.