

Ensilering af byghelsæd og majs tilsat ammoniak eller urea

Ensiling of barley whole crop and maize treated with ammonia or urea

E. J. Nørgaard Pedersen og Norman Witt

Resumé

Ved tilsætning af ammoniak eller urea stiger ensilagens kvælstofindhold med den tilsatte mængde, idet der ikke er noget tab under ensileringen. Der opnås en betydelig forøgelse af fordøjeligheden af ensilagens organiske stof ved tilsætning af ammoniak – ved tilsætning af 3% (beregnet på tørstofbasis) ca. 10 procentenheder. For overhovedet at opnå en effekt må dog tilsættes en vis mindste mængde, ca. 1%. Tilsætning af urea har kun ringe indflydelse på fordøjeligheden.

En stor del af det tilsatte ammoniak fandtes i ensilagen som NH_3 eller NH_4^+ , men ca. $\frac{1}{3}$ var bundet til ensilagens tørstof og heraf $\frac{1}{3}$ i ufordøjelig form. Ca. 10% af det tilsatte ammoniak var således bundet i ufordøjelige forbindelser.

Ved tilsætning af ammoniak eller urea er mælkesyreindholdet i ensilagen gennemgående formindsket og eddikesyreindholdet forøget. I nogle tilfælde har ammoniaktilsætningen også bevirket et forøget smørsyreindhold. Indholdet af alkohol påvirkedes ikke.

Alle ensilager tilsat ammoniak lugtede mere eller mindre af ammoniak. I nogle tilfælde havde ensilagen tilsat 3% ammoniak en stank af andre ildelugtende stoffer.

Ensilagerne uden tilsætning var i de fleste tilfælde stabile i ca. 14 dage efter udtagning af siloerne. Ensilagerne tilsat ammoniak eller urea var stabile i endnu længere tid, indtil ca. 2 måneder.

Ved forsøgene blev anvendt en teknik, der gjorde det muligt at opnå en jævn fordeling af store mængder ammoniak. Med det apparatur, der er til rådighed i praksis kan formodentlig opnås en jævn fordeling, men tabet af ammoniak er meget stort, og det kan ikke på forhånd fastlægges, hvilket ammoniakindhold ensilagen vil få ved en given dosering.

Ved ammoniaktilsætningen dannes 4-methyl-imidazol, der er stærkt giftigt, i større eller mindre mængder.

I praksis synes der at være så mange problemer ved anvendelse af ammoniak eller urea ved ensilering, at det i hvert fald indtil videre må anbefales at udvise tilbageholdenhed med anvendelse af metoden og stor agtpågivenhed ved opfodring af ensilage og hø behandlet med ammoniak eller urea.

Nøgleord: Helsædsensilage, majsensilage, ammoniak, urea.

Summary

The report shows the results of 10 experiments with barley whole crop and 4 experiments with maize, where ammonia and urea were added in varying amounts at ensiling.

There was no N-loss from the silage, and therefore the N-content was raised with the added amount of N. A considerable increase of digestibility of OM was obtained, about 10 units when 3% NH_3 was

added. However, to obtain an effect a minimum amount of about 1% NH_3 must be added. Treatment with urea showed an insignificant effect probably due to slow and uncomplete hydrolyses during ensilage.

A great part of the ammonia was present in the silage as NH_3 or NH_4^+ , but about $\frac{1}{3}$ was bound to the silage dry matter and of that about $\frac{1}{3}$ was indigestible. Thus about 10% of the added N was bound in indigestible compounds.

With addition of ammonia the content of lactic acid in most cases increased and the content of acetic acid decreased. In some cases the addition of ammonia caused an increased content of butyric acid. The content of alcohol was not influenced.

All silages with added ammonia had a smell of ammonia. In some cases the silages with added 3% ammonia (DM-basis) had a strong smell of other compounds.

In most cases the silages without additives were stable for about 14 days after removal from the silos. The silages with added ammonia were more stable, in some cases for up to 2 months.

In the experiments a technique which allowed even distribution of great amounts of ammonia in the silages was applied. However, with the technique which is offered for practical purpose an even distribution may be obtained but the loss of ammonia is very high and it cannot be stated beforehand, what the content of ammonia in the silage will be at a given application rate.

With the ammonia treatment 4-methyl-imidazol, which is a strong poison, is found in smaller or greater amounts.

In practice there seems to be so many problems associated with application of ammonia or urea at ensiling or hay making that some restraints with the method and great attention when ammonia or urea treated silage or hay are fed must be recommended.

Key words: Barley whole crop silage, maize silage, ammonia, urea.

Indledning

Tilsætning af ammoniak eller urea ved ensilering kan have flere formål:

1. Forøgelse af ensilagens N-indhold («råproteinindhold»).
2. Forbedring af foderets fordøjelighed.
3. Forbedring af ensilagens kvalitet.
4. Modvirkning af oxidationsprocesser i ensileringsperioden, hvis ensilagen ikke er helt lufttæt tildækket.
5. Forbedring af ensilagens stabilitet under opfodringen.

Howdan tilsat ammoniak eller urea udnyttes ved proteinsyntesen i køernes vom vil naturligvis afhænge af den totale foderration og af ydelsesniveauet. Disse problemer er diskuteret af *Refsgaard Andersen* (1). Ud fra erfaringer med tilsætning af ammoniak til halm og hø (2, 8, 12, 14, 15) vil det være rimeligt at forvente en ret betydelig forøgelse af ensilagens fordøjelighed, hvis der til-

sættes så meget ammoniak, at der opnås en stærk pH-stigning. Om der vil kunne opnås en virkning af urea vil formodentlig afhænge af både, hvor stor en del der hydrolyseres, og hvor hurtigt hydrolysen sker.

Ved ensilering af majs og helsæd uden nogen form for tilsætning fås, hvis ensileringsmetoden er i orden, altid ensilage af meget fin kvalitet. På forhånd kan der således ikke forventes nogen kvalitetsforbedring ved tilsætning af ammoniak eller urea. Det kan endog frygtes, at den forhøjelse af pH, som tilsætningen vil bevirke, kan favorisere smørtsyregæringen på mælkesyregæringens bekostning. Er ensilagen derimod ikke dækket helt lufttæt, kan det ikke udelukkes, at tilsætning af ammoniak eller urea kan modvirke oxidationsprocesser i ensileringsperioden. Ud fra erfaringer med tilsætning af ammoniak til hø, må det antages, at ammoniaktilsætning vil forbedre holdbarheden i opfodringsperioden.

Med henblik på at belyse de skitserede problemer er der gennemført en række forsøg, hvis resultater refereres i det følgende.

Forsøg og forsøgsplaner

Der blev gennemført i alt 10 forsøg med helsød og 4 med majs i store forsøgssiloer. De anvendte forsøgsplaner var noget varierende gennem årene, som det fremgår af følgende oversigt.

1980. 4 forsøg med helsød høstet ved forskellig udviklingstrin. 1 forsøg med majs.

1. Uden tilsætning
2. Tilsat 1,5% ammoniak
3. Tilsat 3% ammoniak

1981. 3 forsøg med helsød høstet ved forskellig udviklingstrin. 1 forsøg med majs.

1. Uden tilsætning
2. Tilsat 1% ammoniak
3. Tilsat 2% ammoniak
4. Tilsat 3,6% urea

1982. 2 forsøg med helsød høstet ved forskellig udviklingstrin. 1 forsøg med majs.

1. Uden tilsætning
2. Tilsat 1% ammoniak
3. Tilsat 2% ammoniak
4. Tilsat 3% ammoniak
5. Tilsat 3,6% urea

1983. 1 forsøg med helsød. 1 forsøg med majs.

1. Uden tilsætning
2. Tilsat 1% ammoniak
3. Tilsat 2% ammoniak
4. Tilsat 3% ammoniak
5. Tilsat 1,8% urea
6. Tilsat 3,6% urea

Det bemærkes, at de tilsatte mængder er angivet i procent af tørstof. 1,8% urea svarer i N-indhold til 1% ammoniak.

Der blev desuden udført nogle orienterende forsøg i små laboratoriesiloer, ligesom der i forbindelse med forsøgene blev udført nogle laboratorieundersøgelser til belysning af ammoniaks momentane reaktion med afgrøden.

Endvidere blev foretaget nogle undersøgelser over de muligheder, der er for tilsætning af ammoniak i praksis med det apparatur, der for tiden er til rådighed.

Forsøgenes gennemførelse

Afgrøderne blev findelt med finsnitter og ensileret i 3 m³ lufttætte siloer.

Ammoniak blev tilsat i gasform efter fyldning af siloerne. Da fordampningen af ammoniak tager temmelig lang tid, varede tilsætningen omkring 1 time pr. silo, afhængig af, hvor meget ammoniak, der skulle tilsættes. For at sikre jævn fordeling blev siloen under tilførslen uafbrudt roteret om tværaksen.

Det bemærkes her, at der ikke findes apparatur til anvendelse i praksis, der muliggør jævn fordeling af store mængder ammoniak, og heller ikke apparatur, der muliggør, at ensilagen får et på forhånd fastlagt indhold. Forsøgsresultaterne er således ikke udtryk for, hvad der kan nås med apparatur, der er til rådighed, men for hvad der kan opnås, hvis der måtte blive udviklet apparatur, der kan sikre en præcis dosering og en jævn fordeling.

Urea blev fordelt ved udstrøning med hånd under siloernes fyldning.

I afgrøde og ensilage bestemtes tørstof, aske, sand, total-N, træstof og vandopløselige kulhydrater (VOK). I ensilagen bestemtes desuden NH₃-N, mælkesyre, eddikesyre, smørsyre og pH. Alle analyser undtagen aske, sand og træstof blev foretaget uden forudgående tørring af materialet.

I alle ensilager blev fordøjeligheden af organisk stof og råprotein bestemt ved forsøg med får.

Afgrødernes tørstofindhold og kemiske sammensætning

Afgrødernes tørstofindhold og tørstoffets kemiske sammensætning fremgår af tabel 1.

Det bemærkes især, at tørstofindholdet er stærkt varierende. Ligeledes er indholdet af træstof, vandopløselige kulhydrater (VOK) og total-N stærkt varierende.

Resultater og diskussion

Ensilagens kemiske sammensætning fremgår af tabel 2 og 3.

I helsædsensilage har tilsætningen af ammoniak i alle koncentrationer med enkelte undtagelser bevirket en formindskelse af mælkesyreind-

Table 1. Tørstofindhold og kemisk sammensætning af de ensilerede afgrøder.
Content of DM and the chemical composition of DM in the ensiled crops.

Forsøgsår og høstdato	%	I % af tørstof					træ- stof	VOK
		tør- stof	org- stof	aske	sand	total N		
<i>Year and date of harvest</i>	<i>% DM</i>	<i>% of DM</i>					<i>CF</i>	<i>WSC</i>
<i>Byg-helsæd – Barley whole crop</i>		<i>OM</i>	<i>ash</i>	<i>sand</i>	<i>N</i>	<i>CF</i>	<i>WSC</i>	
1980	29/7	22,8	89,6	10,4	4,0	1,90	28,0	3,0
	8/8	33,8	90,2	9,8	3,7	1,71	27,6	1,5
	15/8	39,5	91,3	8,7	4,0	1,70	27,8	1,1
	26/8	58,9	95,1	4,9	2,1	2,01	18,4	0,3
1981	15/7	31,2	92,9	7,1	3,4	1,32	26,4	11,7
	21/7	34,3	94,1	5,9	2,4	1,15	27,4	7,6
	30/7	39,1	94,4	5,6	2,3	0,97	28,4	1,7
1982	21/7	33,7	94,7	5,3	1,2	1,28	25,3	2,7
	28/7	42,3	95,2	4,8	1,0	1,21	25,0	4,4
1983	26/7	43,3	94,3	5,7	2,0	0,94	25,4	8,3
<i>Majs – Maize</i>								
1980	3/11	33,4	95,3	4,7	1,7	1,25	20,8	–
1981	22/10	21,5	93,4	6,6	2,9	1,41	20,9	27,0
1982	4/10	26,1	95,8	4,2	1,0	1,42	18,7	8,7
1983	27/9	24,1	96,1	3,9	0,8	1,18	17,6	21,2

holdet og en forøgelse af eddikesyreindholdet. I flere forsøg har tilsætningen medført en ret betydelig smørsyregæring. Indvirkningen på smørsyregæringen er i næsten alle tilfælde størst ved tilsætning af de mindste mængder ammoniak. Ved tilsætning af så meget ammoniak, at pH er over ca. 8,5 er smørsyreindholdet ubetydeligt. Alkoholindholdet er gennemgående reduceret lidt ved tilsætningen. Den totale mængde syre er svagt faldende med stigende mængde ammoniak, og pH stærkt stigende, i flere tilfælde til værdier over 9.

I majs har de mindste mængder ammoniak bevirket en forøgelse af mælkesyreindholdet og de største mængder en vis reduktion.

I helsædsensilage har tilsætning af urea bevirket en større stigning i ammoniakindholdet end den tilsvarende mængde ammoniak, hvilket har resulteret i, at også pH er højere, og det samme gælder indholdet af mælkesyre, eddikesyre,

smørsyre og alkohol, mens indholdet af alkohol og vandopløselige kulhydrater er lavere.

I majsensilage har tilsætning af urea ikke påvirket gæringsforløbet væsentligt.

Ensilagens N-indhold er naturligvis forøget ved tilsætning af ammoniak eller urea. Det er vanskeligt at udtage repræsentative prøver af ensilagen, hvorfor N-bestemmelsen er behæftet med betydelig usikkerhed. Men i gennemsnit af alle forsøg findes N-indholdet meget nær at være forøget med den tilsatte mængde N.

Den største del af det forøgede N-indhold forekommer som NH_3 eller NH_4^+ , men en del er bundet til ensilagens tørstof. I helsædsensilagen er der en tydelig tendens til, at den del, der findes som ammoniak, er lavere jo senere byggen er høstet. Det forekommer rimeligt at antage, at reaktionen mellem ammoniak og tørstof forudsætter, at ammoniakken forekommer som fri ammoniak.

Table 2. Byghedsædsensilagens tørstofindhold og tørstoffets kemiske sammensætning.
Content of DM in silage of barley whole crop and the chemical composition of DM.

Forsøgsår og høst dato	Forsøgs- led	% tør- stof	1% af tørstof								VOK	pH	
			aske	total N	NH ₃ - N	mælke- syre	eddi- syre	smør- syre	alko- hol				
<i>Year and date of harvest</i>	<i>Treatment</i>	<i>% DM</i>	<i>ash</i>	<i>N</i>	<i>NH₃- N</i>	<i>lactic acid</i>	<i>acetic acid</i>	<i>but. acid</i>	<i>alco- hol</i>	<i>WSC</i>	<i>pH</i>		
1980	29/7	Uden tils.	23,7	9,9	1,91	0,23	6,8	3,5	0,0	0,9	0,5	4,07	
		1,5% NH ₃	23,2	10,9	3,17	1,36	3,0	5,1	1,34	1,0	0,7	5,64	
		3,0% NH ₃	24,3	14,4	4,30	2,28	1,4	6,9	1,32	1,1	0,0	7,65	
	8/8	Uden tils.	32,2	9,4	1,74	0,19	5,5	1,6	0,00	0,5	0,9	4,24	
		1,5% NH ₃	34,9	9,7	2,90	1,13	1,8	3,0	0,37	0,4	0,2	7,49	
		3,0% NH ₃	33,7	10,4	3,73	1,77	2,4	3,0	0,27	0,2	0,4	8,68	
	15/8	Uden tils.	41,3	10,9	1,79	0,16	3,8	1,2	0,00	0,3	0,9	4,55	
		1,5% NH ₃	40,5	9,1	2,75	1,10	1,1	2,3	0,15	0,2	0,3	8,27	
		3,0% NH ₃	41,9	12,0	3,36	1,32	1,8	1,6	0,00	0,1	0,4	9,01	
	26/8	Uden tils.	62,2	5,9	1,64	0,10	1,3	0,3	0,00	0,3	0,2	6,14	
		1,5% NH ₃	59,7	6,3	2,66	0,66	0,4	0,9	0,00	0,1	0,4	8,74	
		3,0% NH ₃	57,8	5,6	3,17	1,02	1,7	0,7	0,00	0,1	0,3	8,91	
1981	15/7	Uden tils.	29,8	7,6	1,38	0,15	5,9	1,5	0,30	1,3	5,5	4,29	
		1,0% NH ₃	28,9	7,0	2,12	0,67	7,0	1,0	2,39	0,7	3,0	4,78	
		2,0% NH ₃	29,6	7,4	3,22	1,18	2,9	2,9	2,40	0,7	7,2	5,84	
		3,6% urea	28,8	9,8	3,41	1,77	4,8	2,4	3,61	2,2	0,6	8,07	
	21/7	Uden tils.	32,7	7,3	1,26	0,14	5,5	0,7	0,80	0,8	2,1	4,16	
		1,0% NH ₃	33,3	7,1	2,08	0,66	4,6	1,2	1,47	0,9	1,8	5,10	
		2,0% NH ₃	33,1	6,6	3,10	1,22	1,7	3,4	0,42	0,9	0,9	7,86	
		3,6% urea	32,6	7,0	3,01	1,45	4,5	2,3	1,69	1,4	0,0	8,06	
	30/7	Uden tils.	37,5	6,4	1,13	0,14	2,9	0,8	0,69	0,9	1,2	4,84	
		1,0% NH ₃	38,6	6,7	2,02	0,69	1,3	2,2	0,73	0,3	0,7	6,48	
		2,0% NH ₃	38,2	6,4	2,80	1,15	1,0	2,3	0,10	0,2	0,8	8,14	
		3,6% urea	37,8	6,5	2,69	1,29	1,6	3,2	0,61	0,5	0,0	8,41	
1982	21/7	Uden tils.	33,3	5,5	1,38	0,12	6,0	0,9	0,09	0,6	2,1	3,98	
		1,0% NH ₃	33,6	5,6	2,32	0,82	5,2	0,7	1,70	0,4	2,2	5,14	
		2,0% NH ₃	34,2	5,3	2,90	1,14	2,6	3,4	0,26	0,5	1,7	6,38	
		3,0% NH ₃	34,3	5,1	3,54	1,48	1,4	1,7	0,03	0,1	3,5	9,04	
		3,6% urea	32,4	5,7	3,51	1,76	6,7	1,7	1,67	1,3	0,0	8,02	
	28/7	Uden tils.	42,3	5,2	1,18	0,10	3,0	0,5	0,24	0,9	0,0	4,75	
		1,0% NH ₃	43,5	7,1	2,09	0,80	0,9	2,4	0,99	0,2	0,7	6,97	
		2,0% NH ₃	43,0	5,4	2,64	1,07	0,7	1,6	0,09	0,1	0,6	8,59	
		3,0% NH ₃	43,7	5,5	2,86	1,41	1,4	1,6	0,00	0,1	0,6	9,20	
		3,6% urea	43,6	8,6	2,45	1,26	1,6	2,4	0,87	0,3	0,6	8,39	
	1983	26/7	Uden tils.	42,7	5,0	1,10	0,05	3,6	0,9	0,07	0,8	4,4	4,75
			1,0% NH ₃	43,0	4,5	2,02	0,73	3,2	1,6	0,21	0,1	5,6	6,32
		2,0% NH ₃	43,7	4,3	2,52	0,99	1,2	2,4	0,00	0,1	6,7	8,20	
		3,0% NH ₃	43,4	4,5	3,03	1,40	1,8	1,7	0,00	0,0	7,7	9,04	
		1,8% urea	41,9	4,9	2,05	0,90	6,3	1,1	0,17	1,4	1,5	6,95	
		3,6% urea	42,6	4,5	2,83	1,29	5,5	0,9	0,26	1,6	0,5	8,38	

Tabel 3. Majsensilagens tørstofindhold og tørstoffets kemiske sammensætning.
Content of DM in silage of maize and the chemical composition of DM.

Forsøgsår og høstdato	Forsøgs- led	% tør- stof	I % af tørstof									
			aske	total N	NH ₃ - N	mælke- syre	eddi- syre	smør- syre	alko- hol	VOK	pH	
		% of DM										
Year and date of harvest	Treatment	% DM	ash	N	NH ₃ - N	lactic acid	acetic acid	but. acid	alco- hol	WSC	pH	
1980 3/11	Uden tils.	33,4	5,2	1,29	0,13	3,9	1,2	0,00	0,8	2,6	4,24	
	1,5% NH ₃	34,1	5,0	2,15	0,79	4,0	1,7	0,00	0,4	2,6	5,00	
	3,0% NH ₃	34,3	5,3	3,25	1,44	2,1	2,7	0,00	0,2	0,9	8,25	
1981 22/11	Uden tils.	23,2	6,2	1,42	0,08	6,2	2,5	0,13	2,4	6,7	3,94	
	1,0% NH ₃	20,4	6,2	2,45	0,87	13,5	4,5	0,20	1,2	2,6	4,19	
	2,0% NH ₃	20,2	6,0	3,33	1,19	14,8	5,9	0,20	1,3	5,8	4,17	
	3,6% urea	22,2	6,7	3,16	0,39	5,6	2,5	0,18	3,5	3,1	4,29	
1982 4/10	Uden tils.	25,2	4,6	1,29	0,08	5,0	2,1	0,12	0,6	8,6	3,92	
	1,0% NH ₃	25,6	4,5	2,22	0,68	7,5	3,3	0,12	0,5	3,1	4,25	
	2,0% NH ₃	26,1	4,0	2,95	0,91	7,9	3,7	0,69	0,3	3,7	4,35	
	3,0% NH ₃	26,5	4,2	3,60	0,83	3,7	2,5	0,38	0,3	4,8	5,23	
	3,6% urea	27,3	4,0	2,85	0,21	5,2	1,6	0,18	0,6	5,5	3,93	
1983 27/ 9	Uden tils.	24,4	4,0	1,29	0,06	4,2	2,1	0,00	0,3	10,7	4,25	
	1,0% NH ₃	23,9	4,0	2,03	0,62	5,3	2,9	0,04	0,1	9,4	4,64	
	2,0% NH ₃	23,7	4,0	3,17	1,20	3,8	3,6	0,42	0,4	12,1	6,15	
	3,0% NH ₃	24,0	3,8	3,82	1,12	3,7	3,6	0,00	0,4	11,4	6,89	
	1,8% urea	23,9	4,0	2,20	0,21	4,6	2,2	0,04	2,7	4,2	4,40	
	3,6% urea	24,7	3,7	3,29	0,37	5,0	2,2	0,12	0,8	7,8	4,43	

Dvs. at for at reaktionen overhovedet kan ske, må pH hæves til over 8.

Med henblik på bl.a. at fastlægge, hvor meget ammoniak, der må tilsættes for momentant at opnå denne pH-værdi, blev der foretaget titrering af forskellige helsæds- og majsafgrøder. En typisk titrerkurve er vist i fig. 1.

Det ses, at først ved tilsætning af mere end 0,2 g ammoniak pr. 100 g tørstof stiger pH over 8. Ved tilsætning af mere ammoniak stiger pH yderligere, indtil pH ved tilsætning af 0,5 g ammoniak pr. 100 g tørstof når ca. 9,2, hvorefter stigningen ved yderligere tilsætning er meget svag.

I intervallet mellem 0, 2 og 0,5 g ammoniak pr. 100 g tørstof stiger koncentrationen af fri ammoniak stærkt, dels fordi den totale koncentration (NH₃ + NH₄⁺) stiger, men især fordi pH er stærkt stigende, hvorfor ammoniakens dissociationsgrad er stærkt faldende som vist i fig. 2, der er ba-

seret på fysisk-kemiske beregninger over lige-vægte i vand- og luftfase.

Hvis den mængde ammoniak, der reagerer med ensilagens tørstof, regnes at være proportio-

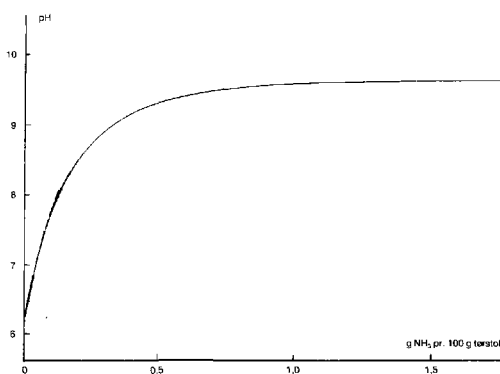


Fig. 1. Titreringskurve. Helsæd med 32% tørstof.
Titration curve. Barley whole crop with 32% DM.

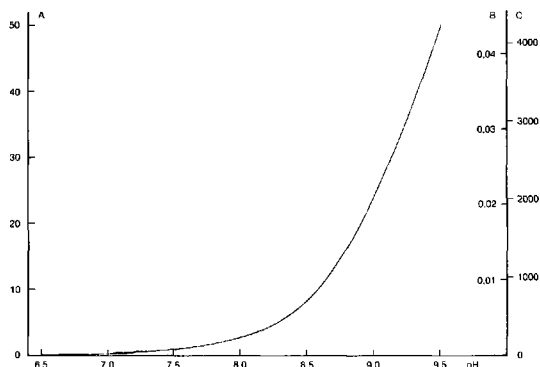


Fig. 2. Ammoniaks tilstandsform som funktion af pH.
 A. NH_3 i vandfasen i % af $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
 B. % af NH_3 i luft, når ensilagens luftvolumen er $1,5 \text{ m}^3$ og vandfasen udgør 1000 l
 C. ppm NH_3 i ligevægtsluft, når indholdet af $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ er 1% af vandindholdet.

State of ammonia as dependent of pH.

- A. NH_3 in the aqueous phase as % of $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
 B. % of NH_3 in air in equilibrium with the aqueous phase when the air-volumen of silage is $1,5 \text{ m}^3$ per 1000 l of water
 C. ppm NH_3 in air in equilibrium with silage when the content of $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ in the aqueous phase is 1% of the water content.

nal med koncentrationen af fri ammoniak, kan det ud fra figur 2 udledes, at hvis der ikke tilsættes så meget ammoniak, at pH stiger til over 9 (ca. 0,5% ammoniak), vil reaktionen få et ubetydeligt omfang. Ved tilførsel af yderligere ammoniak vil ske en stigning af reaktionen nogenlunde proportionel med mertilførslen.

Med henblik på at undersøge, om forsøgsresultaterne er i rimelig overensstemmelse med denne hypotese, blev sammenhængen mellem forøgelsen af total-N som følge af tilsætning af ammoniak eller urea og forøgelsen af bunden N bestemt ved ortogonal regression. Det bemærkes, at beregningen principielt forudsætter, at deaminering af protein under ensileringen er uafhængig af tilsætningen, men betydningen af afvigelser fra denne forudsætning er meget ringe. Resultaterne er vist i tabel 4.

Det ses, at både for helsæd og majs tilsat ammoniak er resultaterne i ret pæn overensstemmelse med den opstillede hypotese, idet den værdi for forøgelse af det totale N-indhold, for hvilken forøgelsen af bunden N bliver 0, er henholdsvis 0,124 og 0,681% svarende til tilsætning af henholdsvis 0,152 og 0,827% NH_3 .

For majs tilsat urea ses, at indholdet af bunden N er forøget proportionalt med forøgelsen af N-indholdet med faktoren 0,85. Dette tilsyneladende urimelige forhold beror formodentlig på, at »bundet N« her væsentligt består af uomsat urea-N. Med denne tolkning viser ligningen, at kun ca. 15% af det tilsatte urea er hydrolyseret under ensileringen. For byghelsæd er forholdet et helt andet, idet der er opnået et resultat, der i hvert fald formelt minder meget om det, der er opnået ved tilsætning af ammoniak. Resultatet må antagelig tolkes således, at hovedparten af det tilsatte urea er hydrolyseret under ensileringen. Om resten reelt er bundet eller blot er uomsat urea-N kan ikke afgøres.

Tabel 4. Forøgelse af bunden N i ensilage (y) som funktion af forøgelsen af total-N (x).

The increment of bound N (Total-N - NH_3) in silage (y) as dependent of the increment of total N (x) caused by addition of ammonia or urea.

Afgrøde Crop	Tilsat Added	n	Ligning Equation	r
Helsæd Barley whole crop	Ammoniak Ammonia	23	$y = -0,040 + 0,324 x$	0,636
Majs Maize	Ammoniak Ammonia	10	$y = -0,525 + 0,771 x$	0,866
Helsæd Barley whole crop	Urea	7	$y = -0,262 + 0,365 x$	0,934
Majs Maize	Urea	4	$y = 0,008 + 0,850 x$	0,985

Tabel 5. Byghelsædsensilagens fordøjelighed.
Digestibility of barley whole crop silage.

Forsøgsår og høstdato	Led	Fk	
		org. stof	N
		<i>Digestibility of</i>	
<i>Year and date of harvest</i>	<i>Treatment</i>	<i>OM</i>	<i>N</i>
1980 29/7	1.	63,5	65,5
	2.	68,7	79,2
	3.	72,0	83,8
8/8	1.	59,8	54,4
	2.	65,6	73,6
	3.	74,0	79,3
15/8	1.	58,2	56,0
	2.	66,5	68,6
	3.	71,8	70,2
26/8	1.	59,3	49,1
	2.	66,8	61,5
	3.	70,2	66,8
1981 15/7	1.	61,4	55,4
	2.	56,5	69,0
	3.	64,5	77,8
	4.	61,6	82,8
21/7	1.	59,3	54,2
	2.	60,4	68,5
	3.	64,2	74,7
	4.	61,2	78,1
30/7	1.	57,3	44,8
	2.	58,6	59,1
	3.	65,0	68,1
	4.	57,1	73,4
1982 21/7	1.	68,3	54,2
	2.	71,9	72,3
	3.	76,4	75,5
	4.	78,4	74,4
	5.	69,0	81,1
28/7	1.	67,0	50,5
	2.	74,9	70,7
	3.	76,6	71,0
	4.	80,3	73,1
	5.	72,5	76,0
1983 26/7	1.	68,6	53,0
	2.	75,8	71,2
	3.	76,8	71,2
	4.	80,2	77,4
	5.	70,5	74,9
	6.	72,9	81,7

Fordøjeligheden af organisk stof og N i ensilagerne er vist i tabel 5 og 6.

Tabel 6. Majsensilagens fordøjelighed.
Digestibility of maize silage.

Forsøgsår og høstdato	Led	Fk	
		org. stof	N
		<i>Digestibility of</i>	
<i>Year and date of harvest</i>	<i>Treatment</i>	<i>OM</i>	<i>N</i>
1980 3/11	1.	65,5	42,2
	2.	70,0	63,9
	3.	72,9	72,4
1981 22/10	1.	72,3	57,4
	2.	74,4	72,3
	3.	76,0	78,8
	4.	73,8	80,2
1982 4/10	1.	71,3	52,7
	2.	74,2	72,7
	3.	75,4	73,8
	4.	78,3	82,8
	5.	73,9	77,6
1983 27/ 9	1.	68,7	47,5
	2.	72,8	65,1
	3.	71,3	73,7
	4.	74,2	75,7
	5.	71,3	69,2
	6.	71,1	79,2

Ammoniaktilsætningen har i næsten alle tilfælde medført en forøgelse af fordøjeligheden af ensilagens organiske stof og desto mere jo mere ammoniak, der blev tilsat. Den gennemsnitlige sammenhæng mellem % ammoniak tilsat og forhøjelsen af fordøjelighedskoefficienten for organisk stof (Fk) fremgår af regressionsligningen

$$y = \div 0,774 + 3,602 x \quad r = 0,701$$

hvor y er forhøjelsen af Fk og x % ammoniak tilsat.

Det bemærkes, at bestemmelsen af fordøjelighed er behæftet med en ret betydelig usikkerhed, hvorfor regressionsberegningen naturligvis også bliver noget usikker. Af regressionsligningen kan beregnes, at først ved tilførsel af mere end 0,21% ammoniak opnås en forøget fordøjelighed, hvil-

ket er i god overensstemmelse med det tidligere anførte om binding af kvælstof.

Også ved tilsætning af urea er der opnået en vis virkning på fordøjeligheden af organisk stof. Ved tilsætning af 3,6% i gennemsnit af 9 forsøg er forhøjelsen af Fk på 2 enheder. Samme gennemsnitlige virkning er opnået ved tilsætning af 1,8% urea, men denne mængde indgik kun i 2 forsøg. Virkningen af urea er meget beskeden i forhold til den virkning, der er opnået ved tilsætning af en tilsvarende mængde ammoniak. For majsensilagens vedkommende er dette ikke overraskende, da den største del af det tilsatte urea formodentlig ikke er hydrolyseret. Derimod kan det måske overraske, at der heller ikke i helsædsensilage kan konstateres nogen større effekt til trods for, at næsten al den tilsatte urea synes at være hydrolyseret, således at der endog er opnået en højere ammoniakkoncentration og et højere pH end ved tilsætning af den tilsvarende mængde ammoniak.

Ved tilsætning af 2% ammoniak, der svarer til 3,6% urea, opnås momentant en pH-værdi på ca. 10 (sml. fig. 1). En rimelig forklaring på den manglende effekt af urea kan være, at hydrolysen er sket så langsomt, at denne pH-værdi langt fra er nået, idet ammoniakken er blevet delvis neutraliseret i samme tempo, som den er dannet. Følgelig har den maksimale effektive mængde ammoniak været langt mindre end ved tilsætning af ammoniak og indvirkningstiden kortere.

I øvrigt bør det bemærkes, at flere af ensilagerne uden tilsætning har et så lavt kvælstofindhold, at det er tvivlsomt, om optimal vomgæring og dermed maksimal fordøjelighed af organisk stof er opnået. Det kan derfor ikke udelukkes, at der kunne have været opnået samme virkning ved at tilsætte urea til ensilagen ved fodringen som ved ensileringen. Dette betyder, at det ikke kan udelukkes, at den konstaterede virkning af urea udelukkende skyldes det tilsatte kvælstofs indflydelse på vomgæringen, således at der slet ingen ludningseffekt har været. Er dette tilfældet, vil virkningen af urea være uafhængig af den anvendte mængde, blot den er tilstrækkelig til at optimere vomgæringen. Ligeledes kan en del af den virkning, som ammoniaktilsætningen har vist,

være en virkning på vomgæringen. Antages denne virkning at være 2 Fk-enheder, altså den virkning som er fundet ved tilsætning af urea, kan af regressionsligningen side 104 beregnes, at den mindste mængde ammoniak, der må tilsættes for at opnå en ludningseffekt, er 0,77%.

Ved tilsætning af ammoniak kan fordøjeligheden naturligvis ikke forbedres for den del af det organiske stof, som i forvejen er fordøjeligt. Det er derfor en ret selvfølgelig hypotese, at effekten af ammoniaktilsætning vil være aftagende med stigende fordøjelighed. Imidlertid er i nærværende forsøg variationen i Fk for lille og usikkerheden på bestemmelsen for stor til at hypotesen kan verificeres.

Den ret høje fordøjelighed af organisk stof i den ubehandlede ensilage taget i betragtning synes den opnåede virkning af ammoniak på fordøjeligheden at være meget stor, større end den, *Winther et al.* fandt ved ammoniakbehandling af h^ø (15) og af samme størrelsesorden, som den *Møller et al.* fandt ved behandling af halm (12, 13).

Som tidligere vist bindes en betydelig del af den tilsatte ammoniak til ensilagens tørstof. Det kan ikke udelukkes, at en del kan være så stærkt bundet, at den er totalt ufordøjelig. Dette problem kan belyses ved den marginale fordøjelighed af N.

Hvis afgrødens N-indhold er lavt, kan en del af den tilsatte ammoniak udnyttes i proteinsyntesen. For denne del bliver den marginale fordøjelighed den sande fordøjelighed af mikrobeprotein, ca. 75%. For den resterende del vil den marginale fordøjelighed være 100%, hvis der ikke er sket en reaktion med afgrødens organiske stof, hvorved ammoniakken er bundet i ufordøjelig form. Er en sådan reaktion sket vil den marginale fordøjelighed være 100 minus den procentdel, der er bundet.

Den marginale fordøjelighed kan med god tilnærmelse bestemmes som 100 gange den regressionskoefficient, som findes ved beregning af % fordøjeligt N som funktion af total-N. Det må dog nok forventes, at den regressionskoefficient, der findes, vil være lidt for lav, idet en del af ensila-

Tablet 7. % fordøjeligt N (y) som funktion af % total-N (x).
% digestible N (y) as dependent of total-N (x).

Afgrøde Crop	Tilsat Added	n	Ligning Equation	r
Byghelsød Barley whole crop	Ammoniak Ammonia	33	$y = -0,520 + 0,909 x$	0,988
	Urea	13	$y = -0,557 + 0,979 x$	0,998
Majs Maize	Ammoniak Ammonia	14	$y = -0,570 + 0,936 x$	0,995
	Urea	7	$y = -0,622 + 0,989 x$	0,999

gerne uden tilsætning har et så lavt N-indhold, at det må antages at være under optimum, hvor sammenhængen mellem de variable må antages at være krumlineær (14).

Resultatet af regressionsberegningen er vist i tabel 7.

Det ses, at for ensilagerne tilsat ammoniak er regressionskoefficienterne for henholdsvis byg-helsød og majs 0,909 og 0,936 svarende til en marginal fordøjelighed på 90,9 og 93,6%. For en-

silagerne tilsat urea bliver den tilsvarende fordøjelighed 97,7 og 98,9%, altså nær 100.

Det ufordøjelige N må som tidligere nævnt antages at være en del af det bundne N. I tabel 8 er vist resultatet af en regressionsberegning med forøgelsen af mængden af bunden N ved tilsætning af ammoniak som uafhængig variabel og den tilsvarende forøgelse af mængden af ufordøjeligt N som afhængig variabel.

Tablet 8. Forøgelsen af % ufordøjeligt N som funktion af forøgelsen af % bunden N i forsøg med tilsætning af ammoniak.

The increment of % indigestible N as dependent of the increment of % bound N in experiments with added ammonia.

Afgrøde - Crop	n	Ligning - Equation	r
Byghelsød - Barley whole crop	23	$y = -0,024 + 0,340 x$	0,454
Majs - Maize	10	$y = -0,043 + 0,073 x$	0,643

Det ses, at for byg-helsød tilsat ammoniak er ca. 1/3 af det bundne N ufordøjeligt. For majs tilsat ammoniak, er det kun en mindre del af det bundne N, som er ufordøjeligt.

En del af den stigning af bunden N, som tilsætningen af ammoniak har forårsaget, kan tilskrives, at ammoniakken er bundet irreversibelt til ensilagens tørstof. Men en - måske ikke ubetydelig del - af stigningen kan skyldes reduceret proteolyse (5, 7), og mikrobiel syntese af protein synes også at kunne spille en rolle (10).

Den mængde N, der i nærværende forsøg er bundet, er af samme størrelsesorden, som de mængder, der bindes ved ammoniakbehandling af hø og halm (7, 12). Men den mængde, der er bundet i ufordøjelig form synes at være væsentligt

mindre, end hvad der er fundet ved ammoniakbehandling af hø og halm (3, 4, 6, 14).

For ensilagen tilført urea var der ingen sammenhæng mellem bundet N og ufordøjeligt N, hvilket er i overensstemmelse med, at en betydelig del af »bundet N« formentlig findes i uom-sat urea, og at kun en meget lille del af det tilsatte N er ufordøjeligt.

Ved optagningen blev ensilagens kvalitet vurderet skønsomt. Alle ensilager uden tilsætning var af fin kvalitet. Ensilagerne tilsat ammoniak havde et fint udseende, men de fleste lugtede mere eller mindre stærkt af ammoniak. I flere tilfælde var de præget af andre ildelugtende stoffer, og ved tilførsel af de største mængder ammoniak var der ligefrem tale om stank. Også ensi-

lagerne tilsat urea lugtede i de fleste tilfælde af ammoniak.

I de fleste forsøg blev ensilagerens stabilitet vurderet ved, at en portion ensilage blev hensat i store plasticbaljer frit udsat for luftadgang. Ensilagerne uden tilsætning viste sig at være stabile i 14 døgn, i et enkelt tilfælde dog kun i 6 døgn. Dvs. at de var så stabile, at en forbedring af stabiliteten oftest vil være uden reel betydning.

Ensilagerne tilsat ammoniak eller urea var stabile i længere tid. Ved anvendelse af de mindste mængder i 14-30 døgn, ved de største mængder i nogle tilfælde over 2 måneder. Generelt var ensilagerne stabile, så længe de endnu lugtede af ammoniak. For de ensilager, der ved optagningen havde en mere eller mindre dårlig lugt ved optagningen, forsvandt den under opbevaringen, og afløstes af lugt af ammoniak.

Som nævnt skulle den forøgede stabilitet være af ret underordnet betydning ved opfodring af ensilagen. Derimod kan den antagelig være af reel betydning for holdbarheden i ensileringsperioden, hvis ensilagen ikke er helt effektivt dækket, således at der i hele ensileringsperioden sker et større eller mindre luftskifte, idet ensilagen synes at være modstandsdygtig over for iltning, så længe den kan afgive så meget ammoniak, at den kan lugtes, hvilket vil sige, at luften indeholder 5 ppm ammoniak eller mere.

I ensilagebeholdningen vil der være en ligevægt mellem ammoniak opløst i ensilagens saft og ammoniak i den luft, der står i ensilagen. Denne ligevægt vil være bestemt af koncentrationen af fri ammoniak i ensilagen, der er bestemt af den tilsatte mængde ammoniak, ensilagens indhold af syrer, herunder de syrer der dannes under ensileringen og (især) af den opnåede pH-værdi. Sammenhængen, der er bestemt ved kemisk-fysiske beregninger, er vist i fig. 2. Af figuren fremgår, at selv i de mest ekstreme tilfælde, hvor der er tilsat store mængder ammoniak og opnået en pH-værdi over 9, er det en meget lille del af den totale mængde ammoniak ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), der findes i ensilageluften. Den højeste pH-værdi målt i ensilagerne var 9,2, og af figuren kan aflæses, at ved denne høje pH-værdi findes kun 0,03% af den to-

tale mængde ammoniak i ensilageluften. Det kan heraf udledes, at for at fjerne blot halvdelen af ensilagens ammoniak må luften totalt udskiftes flere hundrede gange, hvilket vil kræve en temmelig kraftig ventilation.

Ammoniakkens oxidationshæmmende virkning skulle således kunne strække sig over lang tid, hvilket er i overensstemmelse med resultaterne af nærværende forsøg og erfaringer med hø tilsat ammoniak (14), og det synes således rimeligt at regne med, at ammoniaktilsætning i nogen grad kan kompensere for en ikke helt effektiv dækning.

I alle forsøgene blev ammoniakkoncentrationen i siloluften bestemt umiddelbart før siloernes tømning. Resultaterne af disse målinger var i rimelig god overensstemmelse med fig. 2, og kun i de tilfælde, hvor pH i ensilagen var over 9, blev målt ammoniakkoncentrationer over 700 ppm, der var det højeste indhold, der kunne måles med den anvendte teknik (Draeger-rør). I forsøgene i 1980 blev ammoniakkoncentrationen målt flere gange i ensileringsperioden. Resultaterne af disse målinger var, at der i alle siloer, hvor der var tilsat ammoniak, var et større eller mindre ammoniakindhold i luften, og at koncentrationen formindskedes, efterhånden som ammoniakken reagerer med ensilagen, neutraliseres af dannede syrer eller – hvilket især er af betydning – jf. fig. 2 – efterhånden som pH sænkes på grund af disse reaktioner.

Bestemmelse af ensileringsstabene er behæftet med en betydelig usikkerhed. Der kunne ikke spores nogen tendens til, at tilsætningen af urea eller ammoniak har påvirket gæringstabene for organisk stof og kvælstof. For byghelsæd er de gennemsnitlige tab af organisk stof ved gæring uden tilsætning og med tilsætning af ammoniak eller urea henholdsvis 0,67% og 1,71% og tabene af kvælstof ved gæring henholdsvis -3,63% og 2,14%. For majs er tilsvarende tabet af organisk stof 4,08% og 1,82% og tabet af kvælstof 1,83% og 1,61%.

Tilsætning af ammoniak under praktiske forhold

I forsøgene er ammoniakken tilsat på en måde,

der sikrer rimelig jævn fordeling og praktisk taget intet tab. Men den anvendte teknik er naturligvis ikke praktisk anvendelig. I praksis kan ammoniakken tænkes tilsat med spyd på samme måde som ved ammoniakbehandling af halm, men da al tilsat ammoniak kan opløses i mindre end 5% af ensilagemassen, må det forventes, at hovedparten opløses i den ensilage, der er nærmest tilledningsstedet. I denne kerne bliver ammoniakindholdet meget højt, og ensilageluftens ammoniakindhold bliver derfor højt. Imidlertid er lufttrumfanget i fugtig ensilage forholdsvis ringe, og det vil være en helt ubetydelig del af ammoniakken, der findes i ensilageluften. Da den videre fordeling af ammoniakken væsentligst må ske ved, at ammoniak med ensilageluften føres fra ensilage med høj ammoniakkoncentration til ensilage med lavere koncentration, vil fuldstændig jævn fordeling kræve en meget kraftig cirkulering af ensilageluften, hvilket i praksis betyder, at der ikke efter tilsætningen vil ske nogen fordeling af betydning.

I overensstemmelse hermed har forsøg ved Silstrup forsøgsstation, hvor ammoniakken blev tilsat gennem perforerede rør, vist, at næsten al ammoniak blev absorberet i en cirkulær zone omkring tilledningsrøret.

En i hvert fald nogenlunde jævn fordeling kan opnås, når ammoniakken tilsættes i marken samtidig med snitningen.

Tilsætning kan ske på forskellige måder, men uanset hvordan ammoniakken tilsættes, udsættes afgrøden umiddelbart efter iblandingen for udluftning i en stærk luftstrøm. Herved sker et betydeligt tab af ammoniak.

Ved Silstrup forsøgsstation er udført nogle forsøg, hvor der er tilsat ammoniak ved høst af halsød (byg). Resultaterne ses af tabel 9.

I forsøg 1 og 2 blev afgrøden høstet med finsnitte uden transportsnegl, hvorfor ammoniakken blev tilsat direkte i snittehuset. I forsøg 3 og 4 blev ammoniakken tilsat via en converter uden vandtilsætning (forsøg 3) og med tilsætning af 2-3 l vand pr. kg ammoniak (forsøg 4). Prøverne blev udtaget i siloen.

Som det ses, er det en meget betydelig del af

Tabel 9. Absorption i afgrøden af ammoniak tilsat med markudstyr. Helsød.

Absorption in crop of ammonia added by field equipment.

For-søg	%	NH ₃ tilsat		
		% af friskvægt	% af tørstof	% af NH ₃ absorberet
		<i>NH₃ added</i>		
<i>Experiment</i>	<i>% DM</i>	<i>% of material</i>	<i>% of DM</i>	<i>% of NH₃ absorbed</i>
1	25,3	1,0	3,95	49
2	31,2	0,73	2,33	21
3	40,0	0,53	1,25	50
4	39,7	0,55	1,31	61

det tilsatte ammoniak, der tabes inden afgrøden når i siloen. Formodentlig vil det ikke være muligt at tilsætte en sådan mængde, at der opnås et på forhånd fastlagt indhold i ensilagen.

Appendix

Efter at forsøgsarbejdet er afsluttet, har der i flere tilfælde i praksis vist sig alvorlige sygdomsproblemer ved fodring med ammoniakbehandlet frøgræs og hø. Det synes sikkert, at problemerne skyldes et giftstof, 4-methylimidazol, der dannes ved en reaktion mellem afgrødens sukkerstoffer og ammoniak.

Ved analyse af ensilageprøver fra en del af forsøgene viste det sig, at alle indeholdt større eller mindre mængder 4-methylimidazol. Der var i de fleste tilfælde tale om meget små mængder, og det højeste konstaterede indhold var 21 mg pr. kg tørstof. Analyserne blev udført på Statens veterinære Serumlaboratorium.

Ved et samarbejde mellem Statens Husdyrbrugsforsøg, Afdelingen for Forsøg med Kvæg og Får, Statens Planteavlsvforsøg, Afdeling for Grovfoder, Statens veterinære Serumlaboratorium og Afd. for Farmakologi og Toksikologi, Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole er der nu iværksat et forskningsprojekt med det mål at fastlægge hvilke omstændigheder, der bevirker dannelsen af 4-methylimidazol, bestemme toksicitetsgrænser, kontamineringsrisiko m.m. Indtil resultater fra dette projekt foreligger, bør der udvises tilbage-

holdenhed med ammoniakbehandling af andre afgrøder end halm og agtpågivenhed ved fodring med eventuelt ammoniakbehandlet foder.

Konklusioner

Ved tilsætning af ammoniak – også i mindre mængder – kan opnås stabilitet under opfodringen. En lignende virkning kan opnås ved tilsætning af urea. Ligeledes kan ensilagens fordøjelighed forbedres betydeligt ved ammoniaktilsætningen, men der synes dog at måtte tilsættes en vis mindste mængde for at opnå en ludningseffekt. Tilsætning af urea forbedrer ikke fordøjeligheden væsentligt, hvilket formodentlig skyldes, at hydrolysen sker langsomt og undertiden ufuldstændigt. Skal ureatilsætningen have nogen effekt på fordøjeligheden, må det derfor sikres, at hydrolysen kan ske hurtigt og meget nær fuldstændigt.

Ved tilsætning af større mængder ammoniak er der den ulempe, at ensilagen kan få en ubehagelig lugt. Hertil kommer, at ammoniakindholdet kan være så højt, at det overstiger, hvad dyrene kan tåle. Udluftning af ensilagen er en langsom proces og vil utvivlsomt give store problemer i praksis.

Med det apparatur, som er til rådighed for praksis, kan store mængder ammoniak ikke tilsættes uden et urimeligt spild, og mindre mængder kan ikke doseres, så ensilagen får et på forhånd ønsket indhold.

Til trods for ammoniaktilsætningens tilsyneladende store potentielle muligheder, må der nok tilrådes nogen tilbageholdenhed med anvendelsen af ammoniak – og urea – også på grund af faren for 4-methyl-imidazolforgiftning.

Litteratur

1. Andersen, H. Refsgaard 1977. Majsensilagens foderværdi og anvendelse til kvæg. Statens Husdyrbrugsforsøg. 454. beretning.
2. Bengtsson, N., Ciszuk, P., Kasperson, A. & Lingvall, P. 1985. Ammoniak ock urea som konserveringsmedel för vallfoder ock halm. Jordbrugstekniska Institutet, Meddelande nr. 408.

3. Borhami, B. E. A. & Johnsen, F. 1981. Digestion and duodenal flow of ammoniatreated straw, and sodium hydroxide treated straw supplemented with urea, soybean meal or fish viscera silage. Acta Agric. Scand. 31, 245–250.
4. Farries, E. & Küntzel, K. 1983. Einsatz von NH_3 -begastem, feuchtem Heu bei Milchkühen. Wirtschaftseigene Futter 29, 150–157.
5. Halverson, A. W. & Emerick, R. J. 1982. Nitrogen distribution and an acid production in corn silage treated with ammonium hydroxide. J. Agric. Food Chem. 30, 474–477.
6. Horton, G. M. J., Nicholson, H. H. & Christensen, D. A. 1982. Ammonia and sodium hydroxide treatment of wheat straw in diets for fattening steers. Anim. Feed Sci. and Techn. 7, 1–10.
7. Huber, J. T., Foldager, J. & Smith, N. E. 1979. Nitrogen distribution in corn silage treated with varying levels of ammonia. J. Anim. Sci. 48, 1509.
8. Küntzel, U., Lesham, Y. & Pahlow, G. 1980. Anhydrous ammonia as a moist hay preservative. Forage Conservation in the 80's, E.G.F. Brighton, 252–256.
9. Küntzel, U. & Pahlow, G. 1980. Wasserfreies Ammoniak zur Konservierung von »Feuchtheu«. Wirtschaftseigene Futter 26, 39–52.
10. Lessard, J. R., Erfle, J. D., Sauer, F. D. & Mahadevon, S. 1978. Protein and free amino acids patterns in maize ensiled with or without urea. J. Sci. Fd. Agric. 29, 506–512.
11. Madsen, K. K. & Kristensen, V. F. 1985. Forgiftningstilfælde ved fodring med ammoniakbehandlet foder. Dansk Veterinær Tidsskr. nr. 29, 307–308.
12. Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. L. 1986. Halm til foder IV. Tilsætning af ammoniak. Tidsskr. Plan-teavl 90, 45–59.
13. Pedersen Nørgaard, E. J. 1978. Vurdering af proteinkvalitet i grovfoderplanter. Ugeskrift for Agronomer, Hortonomer, Forstkandidater og Licentiat 123, 639–647.
14. Pahlow, G. 1981. Einfluss von Ammoniak auf das Wachstum gesundheitsschädlicher Actinomyceten bei der Konservierung von feuchtem Heu. Landbauforschung Völkenrode, 31, 69–71.
15. Winther, P., Skovborg, E. B., Kristensen, V. F., Wolstrup, J., Holm, E. & Lund, A. 1983. Forskellige konserveringsmetoder for hø. Fællesudvalget for Statens Planteavl- og Husdyrbrugsforsøg, 9. beretning, 40 pp.

Manuskript modtaget den 11. april 1986.