

Fraktionering af grønafgrøder ved udpresning af saft og konservering af presset afgrøde og saft

III. Relationen mellem afgrødens og saftens kemiske sammensætning

Fractionation of green crops and preservation of pressed crops and juice

III. The relationship between chemical composition of crop and juice

E. J. Nørgaard Pedersen, Norman Witt og J. Mortensen

Resumé

Den kemiske sammensætning af afgrøde og udpresset saft blev bestemt i 200 prøver af alm. rajgræs godet med stærkt varierende mængder N og høstet på forskelligt udviklingstrin. På basis af analyserne er sammenhængen mellem afgrødens og saftens kemiske sammensætning bestemt. Saftudpresningen blev foretaget med en laboratoriepresse. Under udviklingsarbejdet blev det klart, at ekstraktionsforholdet for saft var stærkt afhængigt af afgrødens findelingsgrad, anvendt tryk, pressetid m.m. Den statistiske behandling af resultaterne omhandler derfor alene sammenhængen mellem den kemiske sammensætning af afgrøde og saft, idet det skønnedes, at de ekstraktionsforhold for saft, der bestemmes under laboratorieforhold, ikke vil være relevante i praksis, idet man her vil afpasse ekstraktionsmetoden efter afgrødens egenskaber.

Den udpresede safts tørstof er karakteriseret ved et meget højt mineralstofindhold, mere end dobbelt så højt som i afgrøden, og et højt råproteinindhold, ca. 50% højere end i afgrøden. En meget stor del af det udpresede råprotein er imidlertid amidstoffer, og renproteinindholdet i saften er kun ca. 15% højere end i afgrøden.

Ud fra aminosyreanalyser i 6 afgrøder og saft er fundet, at saftens aminosyresammensætning ikke afviger meget fra afgrødens, idet dog indholdet af glutaminsyre og asparaginsyre er noget højere, og tilsvarende bliver indholdet af andre aminosyrer, især arginin, glycin, alanin, tyrosin og phenylalanin, noget lavere.

Tørstofindholdet i den udpresede saft var lavt, og var 2 procentenheder lavere end indholdet i den intakte plantes saft beregnet ud fra den forudsætning, at NDF + sand repræsenterer den uopløselige del af tørstoffet. En del af forskellen skyldes, at den uopløselige del af tørstoffet naturligvis er noget underestimeret ved denne forudsætning, men det skønnedes, at dette ikke kan forklare hele forskellen, hvorfor det må formodes, at der ved udpresningen sker en vis tilbageholdelse af opløseligt stof, således at den udpresede saft reelt har et lavere tørstofindhold end saften i den intakte plante. Under saftudpresningen synes at ske en ret betydelig proteolyse, hvorved renproteinindholdet formindskes og indholdet af amid-stoffer forøges.

Med denne beretning har vi afsluttet vort forskningsprogram vedrørende fraktionering af grønafgrøder ved udpresning af saft. Vore erfaringer fra forsøgsarbejdet giver anledning til den generelle konklusion, at fremgangsmåden frembyder store potentielle muligheder for en forbedret udnyttelse af hjemmeavlet protein, specielt de meget store mængder, der kan produceres i græsmarken. Imidlertid er en effektiv udnyttelse af saften forbundet med mange komplikationer, og det apparatur, som for tiden kan fremskaffes til saftudpresning, har alt for lille kapacitet i forhold til prisen. Fremgangsmådens anvendelse i praksis er derfor betinget af både højere proteinpriser end de nugældende og en flerdobling af apparaturets kapacitet i forhold til prisen.

Nøgleord: Fraktionering af grønafgrøder, kemisk sammensætning, afgrøde, saft.

Summary

The chemical composition of crop and juice was determined in 200 samples of perennial ryegrass fertilized with varying amounts of N and harvested at different stages of development. The relationship between the chemical composition of crop and juice was estimated on the basis of the analyses. The extraction of juice was carried out with a hydraulic laboratory press. During the experimental work it became evident that the juice extraction ratio was highly dependent on the degree of maceration of the crop, the employed pressure, the time of pressing etc. In our view the juice extraction ratio determined in laboratory experiments is rather irrelevant since under practical conditions the technique of extraction will be adjusted according to the properties of the crop. Therefore, in the statistical treatment of the results only the relationship between chemical composition of crop and juice was considered.

The DM of the extracted juice was characterized by a very high mineral content, more than twice of that in the crop and a high content of crude protein about 50% higher than in the crop. A large part of the extracted crude protein, however, was NPN and the content of true protein was only 15% higher than in the crop.

From amino acid analyses in 6 crops and the corresponding juice it was found that the amino acid composition of the juice deviated only slightly from that of the crop, yet, the contents of glutamic and aspartic acids were somewhat higher and correspondingly the content of other amino acids in particular, arginine, glycine, alanine, tyrosine and phenylalanine, somewhat lower.

The DM-content of the extracted juice was low, about 2 per cent units lower than the content of the sap of the intact plant calculated on basis of the hypothesis that NDF + sand represent the insoluble part of the DM. This difference may be due to the fact that NDF + sand is an underestimate of insoluble DM. However this cannot explain the whole difference and therefore it must be assumed that a certain part of the soluble DM is restrained during extraction and consequently the extracted juice has in fact lower DM-content than that of the plant sap. A rather considerable proteolysis seems to take place during extraction resulting in a decrease of the content of true protein and an increase of the content of NPN.

We have with this report completed our research work on green crop fractionation. We conclude that the prospects this method offers for a more efficient utilization of home grown protein are very great. However, an efficient utilization of the juice involves many difficulties and the capacity of machinery available for green crop fractionation is far too low in relation to the price. Therefore, the practical adoption of the method will presuppose both a rise of protein prices and development of much more efficient machinery.

Key words: Green crop fractionation, chemical composition, crop, juice.

Indledning

Sædvanligvis vil man ved saftudpresning tilstræbe, at ekstraktionsforholdet for protein bliver størst muligt. Det er derfor vigtigt at vide, hvilke faktorer ved afgrøden og den anvendte teknik, der er bestemmende for ekstraktionsforholdet.

Der er udført et betydeligt arbejde med henblik på at udvikle effektivt materiel til saftudpresning til brug i forsøg og praksis. En oversigt over dette arbejde er givet af *Shepperson et al.* (1977).

Nogle undersøgelser over sammenhængen mellem afgrødens tørstofindhold og kemiske sammensætning og ekstraktionsforholdene for saft og protein er refereret af *Heath og King* (1977). Som det måtte ventes, er ekstraktionsforholdet for saft og dermed også for protein snævert forbundet med afgrødens tørstofindhold, men også tørstoffets indhold af uopløselige stoffer (udtrykt ved indholdet af NDF + sand) er af betydning. *Wieringa* (1978) undersøgte ekstraktionsforholdene i græs gødet med forskellige mængder N og høstet med forskellige intervaller, og fandt, at ekstraktionsforholdet for råprotein var stigende med stigende N-tilførsel (dvs. stigende råproteinindhold) og højst ved største slætinterval.

Skal ekstraktionsforholdenes afhængighed af afgrødens tørstofindhold og kemiske sammensætning bestemmes for et stort antal afgrøder, må der nødvendigvis benyttes en laboratorteknik. Under arbejdet har vi imidlertid vundet den erfaring, at den mængde saft, der kan presses ud af en afgrøde med et givet apparatur, foruden af afgrødens tørstofindhold også er stærkt afhængig af dens struktur. Eksempelvis kan der praktisk taget ikke presses saft ud af fiberfattige afgrøder, specielt roetop, med en skruepresse, selv om tørstofindholdet er meget lavt. Noget tilsvarende gælder den laboratorteknik, som vi udviklede til de undersøgelser, der refereres i nærværende beretning. Endvidere viste det sig, at ekstraktionsforholdet for saft er afhængigt af afgrødens findelingsgrad, anvendt tryk, pressetid m.m. Det er derfor vor erfaring, at ekstraktionsforholdet for saft, der bestemmes ved laboratorieforsøg, ikke umiddelbart kan overføres til praktiske forhold. Eller, udtrykt mere direkte: Vil man undersøge, hvor meget saft, der kan presses ud af en given

afgrøde med et givet apparatur, må vedkommende apparatur benyttes. I erkendelse af, at den udpressede mængde saft er så afhængig af benyttet apparatur, har vi ikke lagt vægt på at bestemme ekstraktionsforholdet for saft, men blot tilstræbt at bestemme relationen mellem afgrødens og saftens sammensætning. Hvis saftens sammensætning er nogenlunde uafhængig af, hvor meget saft, der presses ud, vil man, når forholdet mellem saftens og afgrødens tørstofindhold og forholdet mellem safttørstoffets og afgrødetørstoffets indhold af en given fraktion, f.eks. total-N, er kendt, kunne beregne ekstraktionsforholdet for denne fraktion ved ethvert ekstraktionsforhold for saft.

I nærværende beretning er relationen mellem afgrødens og saftens indhold af tørstof, total-N, protein-N, amid-N og aske bestemt ud fra analyse af i alt 200 afgrøder og den tilsvarende saft udpresset under laboratorieforhold. I et særligt afsnit omtales saftens aminosyresammensætning i relation til afgrødens kemiske sammensætning. Disse undersøgelser er baseret på analyser i afgrøde og saft, som også har været omtalt i de tidligere beretninger.

Teknik

Saftudpresningen blev foretaget med en elektrohydraulisk presse forsynet med en selvstændig pumpeenhed med reguleringsventil, således at stempelhastighed og stempeltryk kunne reguleres trinløst fra 0 til maksimum. Det maksimale stempeltryk var 10 ton. Afgrøden blev presset i en stålcylder, der havde en højde på 200 mm og en diameter på 125 mm. Det maksimale tryk blev således ca. 325 atm. Trykpladen havde en diameter på 123 mm og var på undersiden forsynet med koncentriske 2 mm dybe riller for at lette adskillelsen af saft fra den pressede afgrøde.

Afgrøderne blev høstet i tør tilstand – aldrig regn- eller dugvåde. Afgrøden findeltes på hakkelsemaskine, og efter grundig sammenblanding udtoges prøver til presning samt til tørstofbestemmelse og kemiske analyse. Prøven til kemisk analyse blev ligesom den udpressede saft straks nedfrosset til senere analysering.

Den findeling, der opnåedes på hakkelsema-

skine, var ikke tilstrækkelig til, at der kunne udpresses så meget saft, som var nødvendig for analyse. Afgrøden blev derfor yderligere findelt ved kort tids behandling i en hurtighakker. Ved denne behandling skete ingen synlig saftudtrædning. Ved for stærk findeling kunne materialet under presningen sprøjte op mellem cylindervæg og presseplade. For at undgå dette var også en omhyggelig jævn ifyldning af materialet i cylinderen nødvendig.

I 1976 blev udpresningen gennemført med noget varierende afgrødemængde (400–800 g) og varierende tryk (3925–7850 kg stempeltryk). For at opnå en problemfri presning gennemførtes presningen med et svagt stigende tryk, således at det højeste tryk blev nået på 5 minutter. Større tryk og hurtigere gennemført presning gav ofte mislykket resultat.

LAGTYKKELSEN I CYLINDEREN syntes kun at have ringe indflydelse på den procentiske mængde udpresset saft. I 1977 blev derfor i alle tilfælde benyttet den største mængde materiale, som cylinderen kunne rumme, 800 g, og et stempeltryk på 7850 kg.

Afgrøder

I undersøgelserne indgik i alt 200 afgrøder af alm. rajgræs. Med henblik på at opnå så stor variation i tørstofindhold og kemisk sammensætning som muligt, blev benyttet afgrøder fra 3 forsøg, hvor der gødedes med forskellige mængder kvælstof. I de 2 forsøg blev de enkelte slæt endvidere høstet ved forskelligt udviklingstrin. En kort oversigt over de benyttede afgrøder er givet i det følgende.

Forsøg 7431, 1976

Alm. rajgræs, Sildig Dux Øtofte

1. slæt.

N-gødskning: 0-80-160-240-320-400 kg N

Slæt datoer: 17/5, 24/5, 14/6, 21/6

2. slæt.

N-gødskning: 0-50-100-150-200-250 kg N

Slæt datoer: 14/6, 23/6, 1/7

4. slæt.

N-gødskning: 0-30-60-90-120-150 kg N

Slæt datoer: 30/9, 11/10, 21/10

Table 1. Kemisk sammensætning af afgrøde og saft. n = 200
Chemical composition of crop and juice. n = 200

		Gennem- snit	Spred- ning	Laveste værdi	Højeste værdi	% i saft · 100 % i afgrøde % in juice · 100 % in crop
		Ave- rage	Standard deviation	Lowest value	Highest value	
Afgrøde	<i>Crop</i>					
% tørstof	% DM	19,40	4,53	12,65	32,03	
% af tørstof	% of DM					
Aske (sandfri)	Ash (sandfree)	8,37	1,65	3,76	11,24	
Total-N	Total-N	3,158	1,180	0,927	5,571	
Renprotein-N	True protein-N	2,563	0,990	0,740	4,679	
Amid-N	NPN	0,596	0,256	0,070	1,310	
NDF	NDF	45,51	5,63	36,57	57,38	
Saft	<i>Juice</i>					
% tørstof	% DM	7,96	2,39	4,48	18,69	41,0
% af tørstof	% of DM					
Aske	Ash	19,48	4,38	6,20	30,35	232,7
Total-N	Total-N	4,650	1,742	0,682	7,883	147,2
Renprotein-N	True protein-N	2,936	1,163	0,417	5,624	114,6
Amid-N	NPN	1,173	0,849	0,235	4,267	196,8

Forsøg 7511, 1977

Rajgræssorter: Darbo, Gota, Patora

N-gødskning: 120-180-240 kg N

1. slæt 11/5, 17/5, 20/5, 24/5, 27/5, 31/5, 2/6, 9/6,
15/6, 21/6

Forsøg 7512, 1977

Rajgræssorter: Darbo, Gota, Patora

1. slæt 1/6. N-gødskning:

0-60-120-180-240-320-400 kg N

2. slæt 6/7. N-gødskning: 75-150-225 kg N

Analysér

I afgrøde og saft blev bestemt tørstof, aske, total-N og renprotein-N. I afgrøden endvidere sand og NDF (Neutral Detergent Fibre). Amid-N beregnedes som differens mellem total-N og renprotein-N og sandfri aske som differens mellem aske og sand.

Resultater

Gennemsnit, spredning samt højeste og laveste værdi af analyser i de benyttede afgrøder og den udpressede saft er vist i tabel 1. Det ses, at der, som det var tilstræbt, blev opnået en stor variation både i tørstofindhold og i tørstoffets kemiske sammensætning. I tabellen er endvidere vist gennemsnit af saftens indhold af tørstof m.m. i procent af afgrødens indhold. Det bemærkes især, at saftens indhold af total-N var 47% højere end afgrødens indhold, medens indholdet af renprotein-N kun var ca. 15% højere.

Relationen mellem afgrødens og saftens kemiske sammensætning kan illustreres på forskellig måde. Det simpleste er at bestemme saftens ind-

hold af de forskellige stoffer som funktion af afgrødens indhold af de samme stoffer ved lineær regression. Resultatet af sådanne beregninger er vist i tabel 2.

Af den første ligning fremgår det selvfølgelig, at saftens tørstofindhold var væsentligt lavere end afgrødens. Men den negative værdi af konstanten viser noget overraskende, at saftens tørstofindhold i forhold til afgrødens bliver lavere jo lavere afgrødens tørstofindhold er. Safttørstoffets indhold af N-holdige stoffer og aske var som ventet væsentligt højere end afgrødetørstoffets indhold.

Saftens indhold af tørstof, total-N m.m. er naturligvis ikke blot bestemt af afgrødens indhold, men også af andre faktorer, og især må tørstoffets opløselighed antages at spille en afgørende rolle. Det må derfor forventes, at der vil opnås en forbedret korrelation, hvis et udtryk for opløseligt (eller uopløseligt) afgrødetørstof inddrages i regressionsberegningen. Et præcist udtryk for tørstoffets opløselighed findes ikke, men vi har valgt at benytte NDF + sand i % af tørstof som mål for uopløseligt tørstof. I tabel 3 er vist resultatet af nogle regressionsberegninger, hvor NDF + sand er inddraget som uafhængig variabel.

Sammenlignes med tabel 2 ses, at der er opnået en noget forbedret korrelation for tørstof, total-N og aske, medens der for renprotein-N og amid-N kun er sket en ringe ændring.

Ligningerne i tabel 3 giver en rimelig god beskrivelse af relationen mellem afgrødens og saftens tørstofindhold og kemiske sammensætning, men giver ikke et klart overskueligt billede af sammenhængen. En mere klar illustration fås ved

Tabel 2. Regressionsligninger mellem afgrødens og saftens indhold af tørstof (x_1, y_1) og (som % af tørstof) total-N (x_2, y_2), renprotein-N (x_3, y_3), amid-N (x_4, y_4) og aske (x_5, y_5)

Regression equations between contents of DM in crop and juice (x_1, y_1) and (as % of DM) total-N (x_2, y_2), true protein-N (x_3, y_3), NPN (x_4, y_4) and ash (x_5, y_5)

Variable	Ligninger - Equations	r
x_1, y_1	$Y_1 = -0,6640 + 0,4444x_1$	0,8404
x_2, y_2	$Y_2 = 0,3571 + 1,3588x_2$	0,9203
x_3, y_3	$Y_3 = 0,3089 + 1,0249x_3$	0,8722
x_4, y_4	$Y_4 = 0,3975 + 2,2096x_4$	0,6647
x_5, y_5	$Y_5 = 5,9147 + 1,6205x_5$	0,6098

at sætte den udpressede safts sammensætning i relation til den beregnede sammensætning af saften i den intakte plantes saft.

Tørstofprocenten i den intakte plantes saft beregnes af

$$(1) \text{ \% tørstof i saft} = \frac{\text{\% opl. tørstof i afgrøde}}{100 - \text{\% uopl. tørstof i afgrøde}} \times 100,$$

hvilket, når \% NDF + sand benyttes som mål for uopløseligt tørstof, giver

$$(2) \text{ \% tørstof i saft} = \frac{\text{\% tørstof i afgrøde} \times (100 - \text{\% (NDF + sand) i tørstof})}{100 - \frac{\text{\% (NDF + sand) i tørstof}}{100}}$$

\% total-N i den intakte plantes saft bliver

$$(3) \text{ \% total-N i safttørstof} = \frac{\text{\% total-N i afgrødens tørstof}}{\text{\% opløseligt tørstof i afgrødens tørstof}} \times 100$$

eller

$$(4) \text{ \% total-N i safttørstof} = \frac{\text{\% total-N i afgrødens tørstof}}{100 - \text{\% (NDF + sand) i afgrødens tørstof}} \times 100$$

Det præciseres, at den eksakte rigtighed af ligningerne (2) og (4) forudsætter, at planten ikke indeholder andet uopløseligt tørstof end NDF. Specielt bemærkes, at dette betyder, at total-N betragtes som 100% opløseligt.

\% renprotein-N, \% amid-N og \% aske beregnes ved ligninger analoge med (4).

I tabel 4 er vist regressionsligninger beregnet med de ved (2) og (4) definerede størrelser som uafhængigt variable.

Ved sammenligning med tabel 3 ses, at korrelationskoefficienterne er meget nær ens.

Det ses, at tørstofprocenten i den udpressede saft var langt lavere end det beregnede tørstofindhold, og forskellen er relativt større jo lavere afgrødens tørstofprocent er. Dette kunne skyldes, at en langt større del af plantens tørstof end forudsat er uopløseligt. Det forekommer dog ikke sandsynligt, at dette er den eneste årsag til den

store forskel, idet dette ville indebære, at afgrødetørstoffets indhold af uopløselige stoffer var aftagende med stigende tørstofprocent, hvilket forekommer usandsynligt, bl.a. fordi indholdet af NDF er ret stærkt positivt korreleret med tørstofprocenten (i nærværende materiale er korrelationskoefficienten ca. 0,55). Det må konkluderes, at den udpressede saft har et lavere tørstofindhold end saften i den intakte plante, hvilket kan skyldes, at der ved presningen sker en hyperfiltrering af saft fra (ubeskadigede) celler. Formodentlig sker der herved en selektion af det opløselige tørstof. Den udpressede safts indhold af total-N var noget lavere end det beregnede indhold i den intakte plantes saft. En betydelig del af total-N må således være uopløseligt og forholdsvis mere, jo lavere indholdet er. Indholdet af renprotein-N var væsentligt lavere og indholdet af amid-N væsentligt højere end det beregnede

Tabel 3. Regressionsligninger med saftens indhold af tørstof (y_1) og (som % af tørstof) total-N (y_2), renprotein-N (y_3), amid-N (y_4) og aske (y_5) som afhængigt variable og de tilsvarende indhold i afgrøden (x_1, x_2, x_3, x_4 og x_5) samt afgrødens indhold af NDF + sand (u) som uafhængigt variable

Regression equations with the contents of DM in juice (y_1) and (as % of DM) total-N (y_2), true protein-N (y_3), NPN (y_4) and ash (y_5) as dependent variable and the corresponding contents of the crop (x_1, x_2, x_3, x_4 and x_5) and the content of insoluble DM in the crop (defined as NDF + sand) (u) as independent variable

Variable	Ligninger – Equations	r
x_1, u, y_1	$Y_1 = 5,6964 + 0,5636x_1 - 0,1859u$	0,9191
x_2, u, y_2	$Y_2 = -6,1387 + 1,7212x_2 + 0,1147u$	0,9605
x_3, u, y_3	$Y_3 = -1,7135 + 1,1658x_3 + 0,0356u$	0,8812
x_4, u, y_4	$Y_4 = -0,6953 + 2,3788x_4 + 0,0213u$	0,6774
x_5, u, y_5	$Y_5 = -27,0865 + 2,6349x_5 + 0,5254u$	0,9236

indhold i den intakte plantes saft. Dette og de ret lave korrelationskoefficienter indikerer en ret betydelig proteolyse under saftudpresningen. Askeindholdet i den udpressede saft er generelt meget højt.

Relationen mellem aminosyresammensætning i saft og afgrøde

I 6 prøver er foretaget aminosyreanalyser på såvel pressesaft som afgrøde. Udgangsdata for de 5 af prøverne (roetop undtaget) findes i 1. beretning tabel 9–13 (Nørgaard Pedersen *et al.* 1980). I tabel 5 og 6 er aminosyresammensætningen for de 6 prøver vist for henholdsvis saft og afgrøde. Aminosyreindholdet er her angivet som aminosyre-N i % af det registrerede aminosyre-N. Herved gøres en sammenligning af saften og afgrøden og forskellige afgrødetyper lettere, idet det undgås,

at forskelle med hensyn til indhold af tørstof, kvælstof og nitrat virker forstyrrende, som det er tilfældet, hvis aminosyreindholdet angives på basis af tørstof eller totalkvælstof.

Den anvendte angivelsesmåde for aminosyrerne medfører naturnødvendigt, at en ændring, f.eks. stigning, i indhold af en eller flere aminosyrer må følges af en tilsvarende ændring i en eller flere andre aminosyrer, da summen er konstant. Det skal endvidere anføres, at N i tryptophan og amid-N i asparagin og glutamin ikke er registreret og derfor uden for beregningerne.

Desuden er i tabellerne anført indholdet af det registrerede aminosyre-N i % af reduceret N (total-N ÷ nitrat-N) samt indhold af reduceret N i % af tørstof og nitrat-N i % af total-N.

I tabel 7 er vist gennemsnitsværdier for saft og afgrøde ud fra tallene i tabel 5 og 6 samt F-værdier

Tabel 4. Regressionsligninger med saftens indhold af tørstof (y_1) og (som % af tørstof) total-N (y_2), renprotein-N (y_3), amid-N (y_4) og aske (y_5) som afhængigt variable og de tilsvarende beregnede indhold i den intakte plantes saft (x_1, x_2, x_3, x_4 og x_5) som uafhængigt variable

Regression equations with the contents of DM in juice (y_1) and (as % of DM) total-N (y_2), true protein-N (y_3), NPN (y_4) and ash (y_5) as dependent variable and the corresponding calculated contents in the plant sap (x_1, x_2, x_3, x_4 and x_5) as independent variable. In the calculations NDF + sand is considered insoluble

Variable	Ligninger – Equations	r
x_1, y_1	$Y_1 = -1,9443 + 0,8755x_1$	0,9286
x_2, y_2	$Y_2 = -0,6839 + 0,9156x_2$	0,9623
x_3, y_3	$Y_3 = -0,2435 + 0,6743x_3$	0,8875
x_4, y_4	$Y_4 = 0,2639 + 1,3064x_4$	0,6819
x_5, y_5	$Y_5 = -2,5955 + 1,4083x_5$	0,8160

Tabel 5. Aminosyresammensætning i pressesaft fra forskellige afgrøder
Amino acid composition in juice from different crops

Afgrøde: <i>Crop:</i>	Rajgræs <i>Ryegrass</i>			Lucerne <i>Lucerne</i>	Ært <i>Pea</i>	Roetop <i>Beet top</i>
Høstdato: <i>Harvest date:</i>	31/5-77	1/6-77	10/10-77	18/7-78	6/7-77	30/10-77
N-gødskning (kg/ha): <i>N-fertilization:</i>	215	410	106			
Aminosyre <i>Amino acid</i>	Aminosyre-N i % af registreret aminosyre-N <i>Amino acid N in % of recorded amino acid N</i>					
Lysin	8,75	8,54	8,42	9,26	9,08	8,46
Histidin	4,20	4,06	4,10	4,59	4,54	4,92
Arginin	14,11	13,42	14,76	13,68	13,22	10,78
Asparaginsyre	10,26	12,71	9,41	11,90	11,35	9,30
Threonin	4,27	4,18	4,29	4,37	3,91	4,25
Serin	4,91	4,81	4,81	4,58	5,10	4,71
Glutaminsyre	9,19	9,77	8,25	8,07	10,88	14,58
Prolin	5,68	5,55	4,94	4,55	5,53	4,27
Glycin	7,48	7,02	7,78	7,43	6,87	7,87
Alanin	8,42	8,49	9,94	7,53	7,24	7,37
Valin	5,18	4,93	5,05	5,30	4,97	5,30
Isoleucin	3,54	3,35	3,64	3,87	3,50	3,64
Leucin	6,35	5,88	6,47	6,65	6,20	6,11
Tyrosin	2,18	2,00	2,38	2,03	2,34	2,11
Phenylalanin	3,20	2,97	3,36	3,67	3,03	3,22
Cystin	0,97	0,95	1,11	1,16	1,06	1,97
Methionin	1,30	1,38	1,30	1,35	1,16	1,17
Aminosyre-N i % af reduceret N*)	76,9	72,7	73,1	75,3	69,6	60,1
<i>Amino acid N in % of reduced N</i>						
Nitrat-N i % af total-N	8,5	18,9	2,0	0,6	2,1	12,9
<i>Nitrate N in % of total N</i>						
Reduceret N i % af tørstof	4,01	4,61	5,13	5,65	3,96	2,52
<i>Reduced N in % of DM</i>						

*) Reduceret N = total-N ÷ nitrat-N
Reduced N = total N less nitrate N

og tilhørende sandsynligheder (P) ud fra en variansanalyse med saft-afgrøde-forskellen som variationsårsag samt endelig korrelationskoefficienter for sammenhængen mellem værdierne for saft og afgrøde.

De mest entydige forskelle med hensyn til aminosyrernes procentdele fandtes for asparaginsyre med et højere indhold i saft end i afgrøde, men også glutaminsyre synes klart højere i saften, selv om forskellen ikke var signifikant på 95%-niveau. Det højere indhold af disse aminosyrer i saften skyldes sandsynligvis, i hvert fald for en del, at de frie aminosyrer udgør en større fraktion af amino-

syremængden i saften end i afgrøden, tillige med at der i de frie aminosyrer findes en større procentdel af asparagin- og glutaminsyre (samt deres amider) end i de proteinbundne aminosyrer. Goswami og Willcox (1969) fandt således, at asparaginsyre- og glutaminsyre-N udgjorde henholdsvis 11,2 og 17,3% af aminosyre-N i frie aminosyrer mod 7,8 og 10,1% i proteinbundne aminosyrer i rajgræs.

Den til det højere indhold af asparaginsyre- og glutaminsyre-N i saften modsvarende lavere andel af andre aminosyrer var ikke ligeligt fordelt, men synes især at tegnes af arginin, glycin, alanin,

Tabel 6. Aminosyresammensætning i forskellige afgrøder (upresset)
Amino acid composition in different crops (unpressed)

Afgrøde: Crop:	Rajgræs Ryegrass			Lucerne	Ært	Roetop
Høstdato: Harvest date:	31/5-77	1/6-77	10/10-77	18/7-78	6/7-77	30/10-75
N-gødskning (kg/ha): N-fertilization:	215	410	106			
Aminosyre Amino acid	Aminosyre-N i % af registreret aminosyre-N Amino acid N in % of recorded amino acid N					
Lysin	8,75	8,57	8,18	9,69	9,21	8,26
Histidin	4,18	4,18	3,98	4,87	4,60	5,31
Arginin	14,32	14,04	14,76	14,02	13,54	13,20
Asparaginsyre	9,21	10,51	8,80	10,70	9,85	8,17
Threonin	4,24	4,14	4,39	4,13	4,13	4,07
Serin	4,82	4,65	4,64	4,87	5,09	5,08
Glutaminsyre	8,67	8,95	8,74	7,72	10,38	11,31
Prolin	5,65	5,43	4,62	4,83	4,97	4,35
Glycin	7,64	7,33	8,22	7,31	7,41	9,23
Alanin	9,42	9,66	9,67	7,60	7,91	7,13
Valin	5,01	5,15	5,31	5,33	5,23	4,99
Isoleucin	3,56	3,41	3,60	3,74	3,58	3,54
Leucin	6,49	6,24	6,59	6,52	6,33	5,94
Tyrosin	2,24	2,17	2,43	2,50	2,44	2,91
Phenylalanin	3,30	3,20	3,56	3,62	3,22	3,35
Cystin	1,05	1,02	1,07	1,19	0,96	1,92
Methionin	1,43	1,36	1,44	1,38	1,16	1,22
Aminosyre-N i % af reduceret N*)	75,2	74,3	76,9	75,3	72,5	66,6
<i>Amino acid N in % of reduced N</i>						
Nitrat-N i % af total-N	5,2	12,6	1,2	1,5	1,2	5,7
<i>Nitrate N in % of total N</i>						
Reduceret N i % af tørstof	2,73	3,37	4,33	3,82	2,82	2,23
<i>Reduced N in % of DM</i>						

*) Reduceret N = total-N ÷ nitrat-N
Reduced N = total N less nitrate N

tyrosin og phenylalanin. Det var dog kun for sidstnævnte, at faldet var signifikant på 95%-niveau.

For de fleste aminosyrer findes ret høje positive korrelationskoefficienter, dvs. hvis aminosyrens procentdel er høj i afgrøden, er den det også i saften og omvendt. For enkelte aminosyrer (threonin, serin, valin og tyrosin) var korrelationskoefficienterne lave, hvilket for en del må tilskrives, at der for disse aminosyrer kun fandtes en lille ikke signifikant variation mellem afgrødetyperne.

Alt i alt er forskellen mellem aminosyresammensætningen i saft og afgrøde dog beskedent,

hvilket betyder, at der ikke sker en væsentlig fraktionering af proteinstofferne ved saftudpressningen, eller at aminosyresammensætningen er ret ens for forskellige fraktioner. Byers (1971) fandt ved opdeling af bladprotein fra byg, lupin og kinesisk kål i såkaldt »chloroplast«- og »cytoplasma«-protein ingen eller kun ringe forskel for de fleste aminosyrer, men alene et lavere indhold af leucin og et højere af lysin og histidin i »cytoplasma«- end i »chloroplast«-protein.

Om der er generelle forskelle mellem afgrødetyperne med hensyn til aminosyresammensætning kan ikke afgøres med sikkerhed ud fra nær-

Tabel 7. Relation mellem aminosyresammensætning i saft og afgrøde
Relation between amino acid composition in juice and crop

Aminosyre <i>Amino acid</i>	Aminosyresammen- sætning, gns. <i>Amino acid compo- sition, mean</i>		F-værdi <i>F-value</i>	Sandsyn- lighed <i>Proba- bility</i>	Korrelations- koefficient <i>Correlation- coefficient</i>
	Afgrøde <i>Crop</i>	Saft <i>Juice</i>	F	P(F ≥ F _{obs}) (%)	r
Lysin	8,78	8,75	0,06	81,2	0,9875
Histidin	4,52	4,40	2,34	18,6	0,9767
Arginin	13,98	13,33	3,22	13,3	0,9110
Asparaginsyre	9,54	10,82	34,57	0,20	0,9535
Threonin	4,18	4,21	0,16	70,2	0,2622
Serin	4,85	4,82	0,16	70,5	0,2202
Glutaminsyre	9,30	10,12	2,53	17,3	0,9369
Prolin	4,98	5,09	0,85	39,9	0,8646
Glycin	7,86	7,41	4,77	8,1	0,7884
Alanin	8,57	8,17	2,41	18,1	0,8364
Valin	5,17	5,12	0,24	64,7	-0,2372
Isoleucin	3,57	3,59	0,27	62,3	0,9251
Leucin	6,35	6,28	0,88	39,2	0,7143
Tyrosin	2,45	2,17	5,02	7,5	0,0245
Phenylalanin	3,38	3,24	10,31	2,37	0,9488
Cystin	1,20	1,20	0,003	95,7	0,9831
Methionin	1,33	1,28	4,10	9,9	0,8169
Aminosyre-N i % af reduceret N*)	73,5	71,3	3,41	12,4	0,9355
<i>Amino acid N in % of reduced N</i>					
Nitrat-N i % af total-N	4,57	7,50	4,87	7,9	0,9639
<i>Nitrate N in % of total N</i>					
Reduceret N i % af tørstof	3,22	4,31	27,08	0,35	0,9027
<i>Reduced N in % of OM</i>					

*) Reduceret N = total-N ÷ nitrat-N
Reduced N = total N less nitrate N

værende begrænsede prøveantal. I almindelighed angives aminosyresammensætningen i protein fra grønne planter kun at variere lidt fra art til art eller under indflydelse af forskellige faktorer (*Gerloff et al., 1965; Byers, 1971; Eppendorfer, 1977*). Nogen systematisk variation synes dog at kunne forekomme fra prøve til prøve, som nærværende resultater viser, idet forskellene gik igen i både afgrøde- og saftprøver vurderet ud fra de høje korrelationskoefficienter for mange aminosyrer.

Af de mere markante forskelle kan nævnes et næsten dobbelt så højt indhold af cystin i roetop som i de øvrige prøver, hvilket er stærkt medvirkende til de høje korrelationskoefficienter for cystin. Det høje cystinindhold i roetop er i overensstemmelse med data hos *Eggum (1968)*.

Der forekommer en højere procentdel af lysin i bælgplanterne ært og lucerne end i rajgræs i overensstemmelse med opgivelser i litteraturen, hvor der findes et større indhold i lucerne og kløver end i græs (*Eggum, 1968; Sørensen, 1973; Eppendorfer, 1977*). Andre opgivelser viser dog et indhold af omtrent samme størrelse (*Steen, 1969; Rexen & Israelsen, 1970*).

Der var et markant højere relativt indhold af alanin i græs end i kløver og lucerne i lighed med resultater i ovennævnte referencer.

Det registrerede indhold af aminosyre-N udgjorde en lidt mindre del af reduceret N i saft end i afgrøde, formentlig for en del en følge af det højere indhold af amid-N i saften.

Indholdet af NO₃-N i % af TN var væsentligt

højere i saft end i afgrøder, navnlig for afgrødetyperne med højt nitratindhold, hvilket må tilskrives, at nitrat kan forventes at være fuldstændig opløst i plantesaften, hvilket næppe gælder hele indholdet af totalkvælstof.

Generelle konklusioner

Med nærværende beretning har vi afsluttet vort forsøgsprojekt vedrørende udpresning af saft af grønafrøder under gårdbrugsforhold. I dette afsnit vil blive givet en kort redegørelse for de vigtigste erfaringer indhøstet under forsøgene samt en vurdering af fremgangsmådens muligheder i Danmark.

I den første beretning (Nørgaard Pedersen *et al.*, 1980) er nævnt, at der i hollandske forsøg er opnået råproteinudbytter i græsmarken på omkring 3000 kg pr. ha. Udbytter af lignende størrelse er siden opnået i danske forsøg (M. Bisgaard, pers. medd.).

Ved presning af afgrøden kan udvindes en saftfraktion, der alt efter afgrødens tørstofprocent og kemiske sammensætning og det anvendte presstryk sædvanligvis vil indeholde 15–40% af afgrødens råprotein. Råproteinindholdet i saftens tørstof er højt, og træstofindholdet meget lavt, og saften kan derfor i hvert fald delvis erstatte soya-skrå som proteinkilde i enmavede dyrs foderration.

Ud over at saften delvis kan erstatte dyrt proteinfoder, er der flere fordele ved saftudpresningen. Ved optimal N-gødsning af græsmarken (vurderet alene ud fra prisrelationen mellem foderenheder og N) vil afgrødens råproteinindhold ofte overstige kvægets behov, hvilket resulterer i en dårlig proteinudnyttelse (proteinspild). Ved udpresning af saft fås en presserest med et lavere råproteinindhold end i afgrøden, hvorved proteinspildet formindskes. Ofte må der dog nok regnes med, at proteinindholdet ikke kan sænkes så stærkt, at proteinspild helt undgås.

Ved saftudpresning kan opnås en del af de fordele, der er ved fortørring. Saftafløbet kan reduceres stærkt, men skal saftafløb helt undgås, må der udpreses meget store mængder saft. Den pressede afgrøde synes at give en lidt bedre ensilagekvalitet end den oprindelige afgrøde, men

effekten af saftudpresning er langt mindre end effekten af fortørring.

Som omtalt i den anden beretning (Nørgaard Pedersen *et al.*, 1981) er der opnået lovende resultater ved fodring af svin med plantesaft.

Ud fra vore analyser skønnes plantesaft velegnet som supplement til byg, da dens lysinindhold er forholdsvis højt, og dens lavere indhold af svovlholdige aminosyrer kompenseres af et højt indhold i byg. Det må dog bemærkes, at ved stærk N-gødsning nedsættes lysinets andel af aminosyreindholdet, og aminosyrekvælstoffets andel af reduceret kvælstof (totalkvælstof + nitratkvælstof) reduceres ligeledes. Samtidig øges indholdet af nitratkvælstof.

Selv om saften synes udmærket egnet som foder for enmavede dyr, må det nok konstateres, at den på grund af et forholdsvis lavt indhold af aminosyrekvælstof, i frisk udpresset saft 50–60% af totalkvælstof, og det høje mineralstofindhold faktisk er bedre egnet som proteinfoder for drøvtyggere.

Sædvanligvis må der nok regnes med, at saften må opbevares i kortere eller længere tid inden opfodringen. Opbevaringen bør ske under anaerobe forhold. Tilsættes ikke konserveringsmiddel, sker en stærk proteolyse, således at indholdet af renproteinkvælstof reduceres fra 45–60% til 25–50% af råproteinkvælstof. Der vil også ske en vis nedbrydning af aminosyrer ved decarboxylering og deaminering. Skal saften anvendes til enmavede dyr, kan den konservering, som kan opnås ved saftens gæring, således ikke anses for tilstrækkelig. Proteinnedbrydningen kan modvirkes ved sænkning af pH til ca. 3, ved opvarmning til ca. 80°C eller ved tilsætning af formalin. Sidstnævnte synes mest effektivt, og tilsætning af 0,2% synes tilstrækkeligt. Vore undersøgelser tyder imidlertid på, at selv om formalin effektivt modvirker nedbrydningen af aminosyrer, vil indholdet af lysin og histidin reduceres betydeligt, hvilket formodentlig skyldes en irreversibel reaktion med formalin.

Ved fældning med syre eller ved opvarmning, kan fås et bundfald (LPC) med et højere indhold af totalkvælstof, et lavere indhold af amidkvælstof og en gunstigere aminosyresammensætning.

Denne separation er dog nok for kompliceret til at kunne anvendes under gårdbrugsforhold, hvortil kommer at den fraseparerede saft (DPJ), der indeholder over halvdelen af den totale mængde tørstof, enten må opbevares og anvendes som foder eller udbringes i marken som gødning.

Saftens rumfang er meget stort i forhold til foder værdien, hvorfor beholdere til anaerob opbevaring bliver forholdsvis meget dyre. Hertil kommer, at konserveringen ved opvarmning eller kemikalietilsætning repræsenterer en ret betydelig udgift. Der må derfor regnes med, at proteinpriserne skal være væsentlig højere end de nugældende, for at saftudpresning i gårdbrugsskala kan være attraktivt. En helt afgørende hindring for metodens praktiske anvendelse er imidlertid, at det apparatur, der for tiden kan fremskaffes til saftudpresning, er alt for dyrt i forhold til kapaciteten, og en flerdobling af forholdet mellem kapacitet og pris er nok en forudsætning for overhovedet at overveje metodens introduktion i praksis. Imidlertid må det konstateres, at der for tiden er ringe interesse blandt maskinfabrikanter for udvikling af apparatur.

Indtil videre må der nok regnes med, at de meget store mængder protein, der kan avles i græsmarken må udnyttes ved en afbalanceret fodring, og tab ved saft afløb imødegås ved fortørring, iblanding af absorberende stoffer – især halm – ved ensileringen eller ved udnyttelse af ensilagesaften som foder.

I industriel skala har saftudpresningen nok noget større men dog begrænset mulighed, idet en vis mængde LPC pga. det høje indhold af karotener, der kan have betydning for produktets udseende (æg, slagtefjerkræ) kan afsættes som fjerkræfoder til overpris i forhold til proteinværdien. Der kan heller ikke ses bort fra, at hvor der findes et billigt råprodukt i større mængde, f.eks. sukkerroetop, kan industriel udnyttelse af udpresset saft overvejes, men forudsætningen er nok, at presseresten kan accepteres som handelsvare.

Litteratur

- Byers, M. (1971): Amino acid composition and *in vitro* digestibility of some protein fractions from three species of leaves of various ages. *J. Sci. Fd Agric.* 22, 242–252.
- Eggum, B. O. (1968): Aminosyrekoncentration og Proteinkvalitet. København.
- Eppendorfer, W. H. (1977): Amino acid composition and nutritional value of Italian ryegrass, red clover and lucerne as influenced by application and content of nitrogen. *J. Sci. Fd Agric.* 28, 607–614.
- Gerloff, E. D., Lima, J. H. & Stahmann, M. A. (1965): Amino acid composition of leaf protein concentrates. *J. Agr. Food Chem.* 13, 139–143.
- Goswami, A. K. & Willcox, J. S. (1969): Effect of applying increasing levels of nitrogen to ryegrass. II. Amino acid composition of peptide and protein fractions. *J. Sci. Fd Agric.* 20, 596–599.
- Heath, S. B. & King, M. W. (1977): The production of crops for green crop fractionation. Occasional symposium No. 9. British Grassland Society, 9–21.
- Pedersen, E. J. Nørgaard, Witt, Norman, Mortensen, J. & Sørensen, Chr. (1981): Fraktionering af grønafrøder ved udpresning af saft og konservering af pressede afgrøder og saft. I. Ensilering af pressede afgrøder. *Tidsskr. Planteavl* 84, 265–293.
- Pedersen, E. J. Nørgaard, Witt, Norman, Mortensen, J. & Sørensen, Chr. (1981): Fraktionering af grønafrøder ved udpresning af saft og konservering af pressede afgrøder og saft. II. Konservering af saft. *Tidsskr. Planteavl* 85, 13–30.
- Rexen, B. & Israelsen, M. (1970): Pro-Meter protein contra Kjeldahl protein. Meddelelser fra Grønmelsafdelingen, Forskningsinstituttet for Handels- og Industriplanter, 11, 195–204.
- Shepperson, G., Connell, J., Housemann, R. A. & Heath, S. B. (1977): The performance of the machinery at present available for the expression of juice from forage crops. Occasional symposium No. 9. British Grassland Society, 29–37.
- Steen, E. (1969): Aminosyrer i vallväxter. *Svensk valltidsskrift* 8, 188–190.
- Sørensen, C. (1973): Planternes kemiske sammensætning ved forskellig næringsstofftilførsel. Statens Planteavlsmøde 1973, 7–10.
- Wieringa, A. W. (1978): Influence of N fertilizer and cutting frequency on the extraction of protein from grass. *Proc. 7th Gen. Meeting Europ. Grassld. Fed. Gent* 1978.

Manuskript modtaget den 31. maj 1983.