



Til Miljøstyrelsen

Vedr. bestillingen: "Græsbaseret proteinkoncentrat, fodereffektivitet, gyllekvalitet og dyresundhed"

Miljøstyrelsen har i bestilling dateret d. 28. juni 2017 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at udarbejde et notat, der behandler græsbaseret proteinkoncentrats betydning for fodereffektivitet, gyllekvalitet og dyresundhed.

Nedenfor følger den endelige besvarelse i form af et notat, der er udarbejdet af seniorforsker Søren Krogh Jensen fra Institut for Husdyrvidenskab, Aarhus Universitet. Notatet er fagfællebedømt af Post doc Lene Stødkilde fra samme institut.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet om forskningsbaseret myndighedsbetjening af Miljø- og Fødevareministeriet med underliggende styrelser 2017-2020". Opgaven er en sammenlægning af tre opgaver i arbejdsprogrammet for Husdyrproduktion 2017, henholdsvis nr 15, 16 og 20 under indsatsområdet "Foder og ernæring".

Venlig hilsen

Klaus Horsted

DCA - Nationalt Center for
Fødevarer og Jordbrug

Klaus Horsted

Specialkonsulent

Dato 22.11.2017

Direkte tlf.: 87 15 79 75

Mobiltlf.:

E-mail:

Klaus.Horsted@dca.au.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103

Reference: khr

Journal 2017-760-000448

Græs-baseret proteinkoncentrat, fodereffektivitet, gyllekvalitet og dyresundhed

Udarbejdet af seniorforsker Søren Krogh Jensen

E-mail: skj@anis.au.dk; tlf. 87158076

Post doc Lene Stødkilde har forestået kvalitetssikringen af notatet.

Aarhus Universitet, Institut for Husdyrvidenskab

Baggrund

Aarhus Universitet har de sidste 5 år udført forskning indenfor bioraffinering af biomasse. Et af fokusområderne er udvinding af grøn protein fra græsmarksafgrøder som kløver, lucerne og græsser. Grøn protein er her defineret som den del af græsmarksplanterne, der efter skruepresning, hvor planten separeres i pulp og juice, kan udfældes fra juicen enten ved varmebehandling ved 80 °C eller efter pH justering til pH 4. Processen giver således 3 fraktioner, pulp, grøn protein og brunsaft (brunsaft er den del af juicen, der bliver tilbage efter udfældning af det grønne protein).

Pulpen har allerede i fodringsforsøg med køer vist sit potentiale som et værdifuldt fodermiddel til drøvtyggere (Damborg et al., 2017a), mens det grønne protein har potentiale som proteinkilde til én-mavede dyr.

Bioraffineringsprocessen

Græs, kløver og lucerne høstes med almindeligt græshøsterudstyr og separeres i pulp og juice i en simpel dobbelt skruepresse. Mellem 50 og 70 % af TS og 50-60 % af proteinet vil blive tilbageholdt i pulpen, mens resten ender i juicefraktionen. Ved varmefældning eller efter pH justering og efterfølgende centrifugering fremkommer det grønne protein som en pasta, der indeholder 10-20 % af plantens totale TS og 15-25 % af plantens totale protein, mens det resterende TS og kvælstof (hovedsagligt non-protein nitrogen (NPN) findes i brunsaften (Damborg et al., 2017b). Nylige forsøg (Stødkilde et al. upubliceret) har vist at op til 70 % af plantens protein kan presses ud i juicen, hvilket i praksis svarer til planternes indhold af opløseligt protein.

Med disse fordelingsforhold er det derfor klart at både pulp og udfældet protein skal udnyttes effektivt som foder for at såvel den ressourcemæssige økonomi og den pengemæssige økonomi kan hænge sammen.

Kemisk sammensætning af pulp, udfældet protein og brunsaft

For at optimere udnyttelsen af de enkelte fraktioner mest muligt er et grundigt kendskab til den kemiske sammensætning af de enkelte fraktioner afgørende.

Tabel 1. Kemisk sammensætning af rødkløver og almindelig rajgræs, plante og pulp (Damborg et al., 2016)

Planteart	Fraktion	Tørstof g/kg	Råprotein g/kg DM	Aske g/kg DM	NDF ¹ g/kg DM	ADF ² g/kg DM	ADL ³ g/kg DM
Rødkløver	Hel plante	156	213	98	369	238	44
	Pulp	424	213	72	552	358	70
Almindelig rajgræs	Hel plante	218	153	84	498	252	14
	Pulp	456	150	48	706	349	28

¹⁾ Neutrale Detergent Fibre; ²⁾ Acid Detergent Fibre; ³⁾ Acid Detergent Lignin

Pulpen som fremkommer ved presningen er karakteriseret ved et højere TS indhold, uændret råproteinindhold, et lavere askeindhold og et højere indhold af fiberkomponenter (NDF, ADF og ADL).

Sammensætningen af det udfældede protein varierer afhængigt af udgangsmaterialets protein- og TS indhold, samt presnings- og udfældningsteknikkens effektivitet. I tabel 2 er den kemiske sammensætning vist af de to partier, der er anvendt i fordøjelighedsforsøget med ileumfistulerede grise. Begge partier er fremstillet på Pilotanlægget i L-38 i juni 2016.

Tabel 2. Kemisk sammensætning af rødkløver og almindelig rajgræs, udfældet protein (Stødkilde et al., 2017)

Planteart	Tørstof	Råprotein	Aske	Fedt	Energi	Stivelse	S-NSP ¹	I-NSP ²	Cellulose	K-lignin ³	TDF ⁴
	g/100 g TS				MJ/kg DM	g/100 g TS					
Rødkløver	98,6	33,0	23,0	12,5	18,3	10,88	1,9	7,3	3,3	14,8	27,0
Almindelig rajgræs	97,8	33,3	20,1	12,1	19,1	1,44	1,7	7,9	3,2	17,3	29,6

¹⁾ Soluble Non Starch Polysaccharides; ²⁾ Insoluble Non Starch Polysaccharides

³⁾ Klason ligning; ⁴⁾ Total Dietary Fibre

Begge partier er kendetegnet ved et moderat proteinindhold og et højt indhold af aske og fibre, herunder lignin. Højt indhold af aske og fibre – især I-NSP og lignin er ikke ønskeligt i svinefoder, da fordøjeligheden og energiværdien af disse er tæt på 0.

I et andet forsøg i laboratorieskala er der opnået en bedre kvalitet af det udfældede protein i forhold til proteinindhold og indholdet af uopløselige fibre og lignin, som det fremgår af tabel 3.

Tabel 3. Kemisk sammensætning af rødkløver, almindelig rajgræs og lucerne, udfældet protein (Stødkilde et al., 2017)

Planteart	Råprotein	Fedt	LMW CHO ¹	S-NSP ²	I-NSP ³	K-lignin ⁴
	g/100 g TS					
Rødkløver	35,9	12,5	25,0	2,7	3,9	8,9
Almindelig rajgræs	45,8	12,1	13,8	1,4	6,1	6,3
Lucerne	33,3	14,6	15,3	5,9	8,1	8,4

¹⁾ Low Molecular Weight Carbohydrates; DP < 10

²⁾ Soluble Non Starch Polysaccharides;

³⁾ Insoluble Non Starch Polysaccharides ⁴⁾ Klason ligning

Fordøjelighedsforsøg med rotter og grise

I laboratorieskalaforsøg er der opnået proteinindhold i det udfældede protein i området 33-53 % og flere af disse proteinprodukter er blevet testet for fordøjelighed af protein i fordøjelighedsforsøg med rotter, hvor der er opnået proteinfordøjeligheder i området 77-88 %. Sammenhængen mellem proteinindhold i det udfældede protein og proteinets fordøjelighed kan beskrives ved hjælp af logaritmefunktionen:

$$Y(\text{Proteinets fordøjelighed (\%)}) = 20,5 \times \ln(\text{Proteinindhold (\%)}) + 7,4; R^2 = 0,88.$$

Tilsvarende kan tørstoffets fordøjelighed i det udfældede protein beskrives ved følgende logaritmefunktion:

$$Y(\text{Tørstoffets fordøjelighed (\%)}) = 34,6 \times \ln(\text{Proteinindhold (\%)}) - 54,8; R^2 = 0,87.$$

Det står således meget klart at proteinindholdet i det udfældede protein er en altafgørende faktor for såvel proteinets som tørstoffets (energiens) fordøjelighed. Disse forhold skal tages i betragtning når der nedenfor gennemgås resultater fra det første og hidtil eneste fordøjelighedsforsøg med udfældet protein til ileumfistulerede grise, hvor standardiseret ileal aminosyrefordøjelighed af protein ekstraheret fra grøn biomasse i pilotanlægget bestemmes. Frysetørret proteinekstrakt fra rajgræs og rødkløver er testet sammen med en kvælstof-fri diæt til bestemmelse af endogent kvælstof-tab. Diæterne havde proteinkoncentraterne som eneste proteinkilde, og produkterne udgjorde 30 % af diæten. Forsøget blev gennemført som et 2 x 2 faktorielt forsøg med 2 rajgræsfraktioner og 2 rødkløverfraktioner. Den relativt høje inklusion af produktet gav ikke anledning til problemer med ædelysten i forsøget. Grisene vil således gerne æde det grønne proteinkoncentrat selvom proteinindholdet er forholdsvist lavt og fiber, lignin og askeindholdet er højt.

Den ileale (tyndtarm) fordøjelighed af de individuelle aminosyrer er vist i tabel 4.

Tabel 4. Ileal fordøjelighed af essentielle aminosyrer fra grøn proteinkoncentrat af henholdsvis rødkløver og rajgræs. Til sammenligning er den ileale fordøjelighed af sojaskrå angivet (Stødkilde et al. Upubliceret).

	Rajgræs	Rødkløver	Sojaskrå ¹
Procent fordøjet af indtag			
Arg	78	72	92
His	70	67	86
Ile	74	71	88
Leu	77	74	86
Lys	74	72	88
Met	76	74	89
Phe	76	73	87
Thr	70	66	93
Trp	71	68	90
Val	73	70	84

¹ Soyaskrå, solventekstraheret (NRC 2012)

Det fremgår af tabel 4 at den ileale fordøjelighed af de to grønne proteinekstrakter ligger omkring 20 % enheder lavere end de tilsvarende værdier for sojaskrå. Sammenlignes disse resultater direkte med sojaskrå kan det grønne protein ikke konkurrere med sojaskrå ud fra en ernæringsmæssig vinkel, men før denne konklusion drages skal det kraftigt pointeres at proteinindholdet i det grønne protein anvendt i fordøjelighedsforsøget til grise var meget lavt (33 %) altså næsten 20 % enheder lavere end for det anvendte sojaskrå. Rotteforsøgene viste netop at fordøjeligheden af proteinet steg med 1% enhed for hver gang proteinindholdet stiger med 1% enhed. På baggrund af laboratorieskala-ekstraktion og fordøjelighedsforsøg med rotter kan vi således konkludere at fordøjeligheder på niveau med sojaskrå kan opnås, blot ekstraktionsprocessen har en effektivitet, der giver proteinindhold i det grønne proteinekstrakt på omkring 50 %.

Denne forventning understreges af et produktionsforsøg med kyllinger, som blev gennemført i GUDP projektet MultiPlant her i sommeren 2017, hvor 4 hold á 160 økologiske kyllinger blev tildelt 0, 8, 16 eller 24 % grøn protein med 33 % proteinindhold i foderet fra en alder på 15-57 dage. Kyllingerne på iblanding 8 % voksede lige så godt som kontrolholdet, men kyllingerne på den højeste iblanding voksede signifikant mindre end kyllingerne på kontrolholdet. Resultaterne fra dette forsøg er endnu ikke endeligt opgjort, men resultaterne tyder på at kyllingerne i lighed med grisene gerne æder foderet.

Sammenfattende kan fodringsforsøgene opgøres til at laboratorieskalaproduktionen og rotteforsøgene udført på laboratorieskalaprodukter viser, at både høje proteinindhold i proteinproduktet kan opnås, og at et højt proteinindhold er afgørende for en høj fordøjelighed.

Effekten på gyllekvalitet på klima og kvælstofeffekter

Effekten af græsprotein på gyllekvalitet og dens effekt på klima og kvælstofudledning kan sammenfattes meget kort til at det i meget høj grad vil følge fordøjeligheden af kvælstoffet (proteinet) og udnyttelsen af det fordøjede protein i dyrene. Af både produktionsmæssige, velfærdsmæssige, økonomiske og også miljømæssige grunde ønskes en så høj fordøjelighed af

protein og så høj en udnyttelse af det fordøjede protein som muligt. Så de forhold, der betinger en positiv effekt på gyllekvalitet og klima er også de forhold, der i forvejen forsøges optimeret bedst muligt.

Forventninger i forhold til dyresundhed, smag og farve i slutprodukterne

Med baggrund i det nuværende vidensniveau er det vanskeligt at beskrive forventninger til dyresundhed som følge af fodring med græsaseret proteinkoncentrat. I de fodringsforsøg vi har gennemført og på baggrund af de litteratursøgninger, der er foretaget er der ikke grund til at forvente de store negative effekter af at fodre med proteinkoncentrater af grøn protein. I regi af Biovalue er der blevet fremstillet oligosaccharider fra pulpen og disse kan via mikrobiel omsætning i griseøgning producere flygtige fede syrer, som man normalt tillægger positiv betydning for tarmsundhed, men disse data stammer kun fra endnu ikke publicerede *in-vitro* forsøg.

Vedrørende smag, så er der ældre studier med grise, som viser at fodring med grøn protein ikke medfører afsmag, men alene baseret på analysedata skal man være opmærksom på at det grønne proteins indhold af umættede fedtsyrer vil bevirke, at man skal have fokus på at foderets iodtalsprodukt ikke overstiger 70 for at undgå at spækket bliver for blødt og kødet for nemt bliver harsk. Hos svin er der ikke grund til at frygte gulfarvning eller anden farvning af spækket som følge af fodring med grøn protein, da grise tilhøre gruppen af "white fat animals", dvs. de absorberer ikke carotenoider og andre pigmenter.

I modsætning til grise, så reagerede kyllingerne helt som forventet på fodring med græsaseret protein, da græssets indhold af carotenoider overføres til kyllingernes fedt med en tydelig dosiseffekt af den stigende iblanding med grøn protein. En effekt, som anses for at være positiv hos kyllinger.

Sammenfattende konklusion

Der er ingen tvivl om at proteinkoncentrater af græsmarksafgrøder besidder et potentiale til at dække behovet for lokalt produceret protein. For nuværende forholder det sig dog sådan at de umiddelbart største gevinster ligger i dyrkningssegmentet, hvor der kan opnås høje udbytter af både protein og tørstof ved en samtidig meget lav miljøpåvirkning sammenlignet med andre proteinrige afgrøder.

Den ernæringsmæssige værdi af de fremstillede proteinprodukter fra græs, kløver og lucerne, der er undersøgt i forsøg med grise og kyllinger er for nuværende desværre 10-20 % enheder for lavt i protein i forhold til at kan leve op til en kvalitet, der svarer til almindelig soyaskrå. Det er således afgørende at processen optimeres så proteinindholdet og det samlede proteinudbytte forbedres for at det grønne protein kan blive konkurrencedygtigt.

Litteratur

Stødkilde, L. Damborg, VK, Jørgensen, H, Lærke, HN & Jensen, SK.2017. White clover fractions as protein source for monogastrics - Dry matter digestibility and Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Scores. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017.

Stødkilde-Jørgensen, L, Kragbæk, VD, Jørgensen, HJ, Lærke, HN & Jensen, SK. 2016. Digestibilities of green biomass fractions in monogastrics. Abstract from Protein for life, Ede, Holland.

Kragbæk, VD, Stødkilde-Jørgensen, L, Jensen, SK & Weisbjerg, MR. 2016. Characterisation of protein and fibre in pulp after biorefining of red clover and perennial ryegrass. Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation: The multiple role of grassland in the European bioeconomy. red. / M. Höglind; A.K. Bakken; K.A. Hovstad; E. Kallioniemi; H. Riley; H. Steinhamn; L. Østrem. Wageningen Academic Publishers, 2016. s. 366-368.

Damborg, VK, Jensen, SK & Weisbjerg, MR. 2017a. Value of pulp from green protein extraction of grass clover as forage for dairy cows. Journal of Dairy Science Volume 100, Supplement 2, 96.

Damborg, VK, Stødkilde, L, Adamsen, APS & Jensen, SK. 2017b. Amino acid composition and mass balances of screw-pressed fractions from forages. (Manuscript).

Græsbaseret proteinkoncentrat, fodereffektivitet, gyllekvalitet og dyresundhed

Udarbejdet af seniorforsker Søren Krogh Jensen

Aarhus Universitet, Institut for Husdyrvidenskab

E-mail: skj@anis.au.dk; tlf. 87158076

Baggrund for bestillingen:

Det Nationale Bioøkonomipanel (DNB) har i september 2015 peget på en række potentialer for værdikæder baseret på grøn biomasse (<http://mst.dk/virksomhed-myndighed/groen-strategi/biooekonomi/>). Advisory boardet for cirkulær økonomi har i juni 2017 lanceret deres anbefalinger, der bl.a. fokuserer på at fremme bioraffinering samt etablering af værdikæder for landbrugsafgrøder, der udnytter fotosyntesen bedre (<http://mfvm.dk/miljoe/anbefalinger-om-cirkulaer-oekonomi/>).

MFVM har en stor interesse i at understøtte disse værdikæder og ønsker løbende at være orienteret om udviklingen indenfor de forskellige led af kæderne.

Parterne bag PSO-aftalen er blevet enige om at afsætte otte mio. kroner til bygningen af et pilotanlæg til grøn bioraffinering, der kan lave kløver og græs om til foderprotein, grøntfoder og biogas. Formålet med pilotanlægget er at kvalificere, optimere og demonstrere teknologien med henblik på at kunne nedbringe teknologiprisen og skabe et markedstræk efter landbrugsafgrøder med positiv klima- og miljøeffekt (<http://mfvm.dk/nyheder/nyhed/nyhed/millioner-skal-goere-landbruget-mere-klimavenligt/>)

Det er vigtigt i den forbindelse at have viden om emner såsom græsbaseret proteinkoncentrats betydning for fodereffektivitet, gyllekvalitet og dyresundhed.

Opgaven

Det forventes, at der udarbejdes et kort notat (ca. 5 sider), der behandler disse tre forhold:

- 1) Analyse af data fra hidtidige fodringsforsøg af fodereffektivitet af græsbaseret proteinkoncentrat sammenlignet med proteiner fra kornafgrøder og soja (på rotter og grise), samt en beskrivelse af kommende forsøg og vurdering af optimeringspotentialerne.
- 2) Beskrivelse af fodersammensætningens betydning for gyllekvalitet. Vurdering af forventede ændringer i klima- og kvælstofeffekter, der knytter sig til gylle fra grise og køer, der er produceret med øget anvendelse af græsbaseret proteinkoncentrat. Hvilke konsekvenser (om nogen?) har fodersammensætning for klimapåvirkning og miljøbelastning af vandmiljøet?
- 3) Beskrivelse af forventninger ift. dyresundhed ved fodring med græsbaseret proteinkoncentrat. Hvad vides om, hvorledes svinediæter med forskellig grad af græsbaseret proteinkoncentrat påvirker dyresundheden og evt. behovet for antibiotika? Er der viden om evt. sideeffekter i form af fx ændret smag eller farve i slutprodukterne? Er der planlagt yderligere forsøg på dette område?