

BIPRODUKTER FRA PRODUKTION AF BIO-ENERGI SOM FODERMIDLER TIL MALKEKØER

JAKOB SEHESTED OG EVA SØNDERGAARD (REDAKTØRER)

DCA RAPPORT NR. 040 · MARTS 2014



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



BIPRODUKTER FRA PRODUKTION AF BIO-ENERGI SOM FODERMIDLER TIL MALKEKØER

DCA RAPPORT NR. 040 · MARTS 2014



Jakob Sehested¹⁾ og Eva Søndergaard³⁾ (redaktører)
Nicolaj Ingemann Nielsen³⁾, Henrik Martinussen⁴⁾, Mogens Vestergaard¹⁾, Martin Riis Weisbjerg¹⁾,
Søren Krogh Jensen¹⁾ og Mette Krogh Larsen²⁾, Hanne Bang Bligaard⁵⁾, Birgitte M. Løvendahl
Raun⁶⁾

Aarhus Universitet
Institut for Husdyrvidenskab¹⁾
Institut for Fødevarer videnskab²⁾
Blichers Allé 20
Postboks 50
8830 Tjele

AgroTech³⁾
Videncentret for Landbrug, Kvæg⁴⁾
Agro Food Park 15
8200 Aarhus

Arla Foods a.m.b.a.⁵⁾
Sønderhøj 14
8260 Viby J

DLG Axelborg⁶⁾
Vesterbrogade 4a
1620 København

BIPRODUKTER FRA PRODUKTION AF BIO-ENERGI SOM FODERMIDLER TIL MALKEKØER

Serietitel DCA rapport

Nr.: 040

Forfattere: Jakob Sehested, Eva Søndergaard (redaktører) Nicolaj Ingemann Nielsen, Henrik Martinussen, Mogens Vestergaard, Martin Riis Weisbjerg, Søren Krogh Jensen, Mette Krogh Larsen, Hanne Bang Bligaard, Birgitte M. Løvendahl Raun

Udgiver: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé 20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: dca@au.dk, hjemmeside: www.dca.au.dk

Fotograf: Forsidefoto: Colourbox

Tryk: www.digisource.dk

Udgivelsesår: 2014

Gengivelse er tilladt med kildeangivelse

ISBN: 978-87-93176-00-3

ISSN: 2245-1684

Rapporterne kan hentes gratis på www.dca.au.dk

Rapport

Rapporterne indeholder hovedsageligt afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, vidensynteser, rapporter og redegørelser til myndigheder, tekniske afprøvninger, vejledninger osv.

Forord

Rapporten er et produkt fra projektet ”Bedre kvalitet af biprodukter som fodermidler til malkekøer”, som løber i perioden 2012 til 2014 og er støttet økonomisk af Mælkeafgiftsfonden, AgroTech, DLG, Arla Foods amba og Aarhus Universitet (AU). Projektet er et samarbejde mellem AU Foulum, Sveriges Lantbruksuniversitetet, AgroTech, Videncenter for Landbrug, Kvæg, DLG, Arla Foods amba samt Kvægbrugets Forsøgscenter. Der ud over samarbejdes der med private mælkeproducenter, producenter af biprodukter, samt andre relevante aktører på området. Projektets formål er skabe og formidle viden om anvendelse af biprodukter fra fremstilling af bioetanol og -diesel i foderrationen til malkekøer. Rapporten er målrettet professionelle, der arbejder med fodring og ernæring af malkekøer.

Indhold

Forord.....	3
Indledning.....	7
Definitioner og forkortelser	8
Sammendrag.....	9
1. Produktion og forbrug samt markedsvurdering af biprodukter fra produktion af bioenergi	11
1.1 Anvendelse som enkeltfodermidler på kvægbrug	13
1.2 Anvendelse i kommercielle foderblandinger	14
1.3 Biodieselproduktionen og udbud af biprodukterne herfra	14
1.4 Bioetanolproduktionen og udbud af biprodukter herfra.....	17
1.5 Markedet for biprodukter.....	19
2. Produktionsprocessen	21
2.1 Etanolproduktion baseret på korn.....	21
2.2 Etanolproduktion baseret på halm	24
2.3 Biodieselproduktion baseret på vegetabilsk olie	26
3. Sammensætning, variation og foderværdi	27
3.1 Bærme	27
3.2 C5- og træmelasse	32
3.3 Rapskage og -skrå.....	34
3.4 Glycerol	39
4. Mælke kvalitet ved fodring med biprodukter	42
5. Miljø- og klimaaspekter ved anvendelse af biprodukter	45
6. Perspektivering.....	48
7. Referencer	49
Appendiks	55

Indledning

Produktionen af etanol og diesel fra biomasse er i vækst, blandt andet under indflydelse af den politiske diskussion af, hvordan landbrugsarealerne skal anvendes for at sikre fødevarer, foder og energi i fremtiden. Produktionen af etanol og diesel fra biomasse giver også anledning til en række biprodukter, der potentielt kan anvendes som fodermidler til malkekøer. En række af disse biprodukter har kun i beskedent omfang været anvendt som fodermidler i danske malkekvægsbesætninger. Denne rapport har derfor som formål at samle og udbrede erfaring og viden om biprodukternes anvendelse i foderrationen til malkekøer. Rapporten tager udgangspunkt i de produkter, der er på markedet i Danmark, men også de produkter der ser ud til at komme på markedet i de kommende år. Rapporten fokuserer primært på fodrings-, ernærings- og mælkekvælmæssige aspekter af frisk og tørret bærme fra produktion af etanol baseret på korn, af C5-melasse fra etanolproduktion baseret på halm samt af glycerol og rapskager/-skrå fra produktionen af biodiesel ud fra olieholdige frø. Rapporten fokuserer i mindre grad på risici ved brug af produkterne som fodermidler, idet dette emne er grundigt behandlet i rapporten ”Biprodukter fra fødevare- og nonfoodindustrien til foderbrug - sikkerhed for mennesker og dyr” (Fødevarestyrelsen, 2012).



Foto: Colourbox

Definitioner og forkortelser

Bærme: samlebetegnelse for restfraktionen, når stivelsesindholdet i korn eller majs er forgæret, og ethanolen er destilleret fra. Kaldes også **Distillers Grains (DG)**. Fås i versioner med (DGS: **Distillers Grains with Solubles**) eller uden den flydende rest (solubles) fra destillation (DG). DG og DGS er som udgangspunkt våde produkter, og somme tider ses derfor anvendt betegnelserne WDG og WDGS, idet "W" står for "wet". Hvis produktet er tørret (dried) kaldes den tørrede bærme (DDG: **Dried Distillers Grains** eller DDGS: **Dried Distillers Grains with Solubles**).

C5-melasse: tyktflydende rest efter fremstilling af etanol på halm.

Distillers Grains (DG): se bærme.

Distillers Grains with Solubles (DGS): se bærme.

Dried Distillers Grains (DDG): se bærme.

Dried Distillers Grains with Solubles (DDGS): se bærme.

Glycerol: glycerol er en sukkeralkohol med tre kulstofatomer. Som foderstof er det et vandigt biprodukt fra fremstillingen af biodiesel ud fra planteolier. Rå glycerol indeholder 10-15 % vand og urenheder, mens glycerin er betegnelsen for oprenset glycerol.

Glycerin: se glycerol.

Rapskage: restfraktionen når olien er presset af rapsfrø ved koldpresningsteknik, evt. ved samtidig tilførsel af varme.

Rapsskrå: restfraktionen når olien er ekstraheret kemisk fra rapsfrø med organisk opløsningsmiddel.

Sammen drag

Biprodukter fra produktionen af bioenergi kan i høj grad udnyttes i fodringen af malkekøer. De to primære bioenergiproduktioner er bioetanol og biodiesel, som begge primært baserer sig på landbrugsafgrøder som korn, majs, sukkerrør og oliefrø. Produktionen af bioenergi og dermed biprodukter er imidlertid stærkt påvirket af bioenergipolitikken og energimarkedet generelt. Udviklingen har de seneste 10 år været præget af en stor vækst i produktionen, som forventes at fortsætte de næste 10 år. Derfor har markedet for biprodukterne endnu ikke nået et stabilt niveau, hvor det er muligt at forudsige udbud og priser. Desuden må der forventes et betydeligt forøget udbud af biprodukter, som kan betyde, at det bliver muligt og økonomisk interessant at anvende betydeligt større mængder af biprodukterne i foderrationen end hidtil. Imidlertid må der også forventes en betydelig teknologisk udvikling af bioetanol- og biodieselproduktionen, som vil påvirke, såvel hvilke råvarer der kan anvendes, processerne, og hvilke biprodukter der produceres.

Produktioner af bioetanol fra korn og majs giver biproduktet bærme, der i forskellige former er et velkendt fodermiddel, som dog kun har været anvendt i meget begrænset omfang både generelt og i foderrationen på den enkelte kvægbedrift. Der er imidlertid god dokumentation for, at bærme i såvel frisk men især tørret form (DDGS) og af god og kendt kvalitet kan indgå med op til 30 % i foderrationen (tørstofbasis) til malkekøer og erstatte proteinkilder af god kvalitet, som fx soja- og rapsprodukter, uden negative effekter på foderoptagelse eller mælkeydelse.

Produktionen af biodiesel fra oliefrø giver biprodukterne glycerol og proteinrige pressekager og skrå, som fx rapskager og -skrå. Glycerol er et relativt nyt produkt som egentlig fodermiddel, men dokumentationen tyder også her på, at rå glycerol i god kvalitet kan udgøre en betydelig del af foderet til malkekøer som erstatning for energifoder som fx stivelsesholdige fodermidler. Ligeledes er der god dokumentation for, at de velkendte proteinfodermidler, som fx rapskager og -skrå af god kvalitet, kan anvendes med godt resultat i fodringen af køer og kan være ligeværdige med fx sojaskrå.

Udviklingen fra 1. generations bioetanolproduktion baseret på korn og majs mod 2. generations bioetanolproduktion baseret på celluloseholdige råvarer som halm vil naturligvis også påvirke udbuddet af biprodukter. Fra produktion af bioetanol på halm fremkommer biproduktet C5-melasse, som er sammenlignelig med roe-melasse i forhold til transport og omsætning. Der mangler dokumentation for værdien af C5-melasse i fodringen, men alt tyder på, at den vil være sammenlignelig med melasser fra sukkerproduktion.

Biprodukternes kvalitet og foderværdi kræver opmærksomhed, især hvis de skal indgå i betydelige mængder i foderrationen. Der kan være risiko for, at uønskede stoffer fra råvaren og fra produktionsprocessen koncentrerer sig i biprodukterne, men såfremt leverandøren er registreret som fodervirksomhed hos den relevante myndighed og følger de gældende regler om foder, bør der ikke være problemer med uønskede stoffer i foderet. Der har historisk været betydelig variation i biprodukternes sammensætning og kvalitet fra parti til parti. Dokumentation af biprodukternes

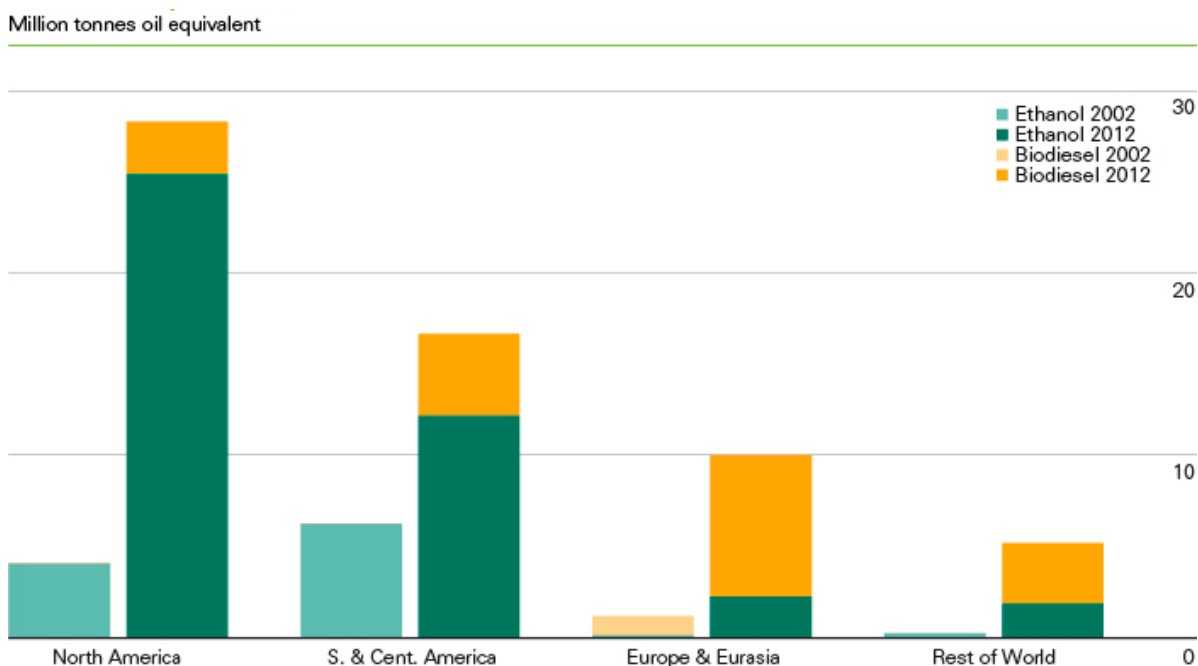
sammensætning og kvalitet kan derfor bidrage til at øge deres anvendelighed og værdi og er en forudsætning for at anvende dem i større omfang.

Miljøpåvirkning og klimaaftryk er et fortsat fokusområde. Som udgangspunkt har biprodukterne typisk et lavere klimaaftryk end almindeligt anvendte fodermidler, men et højt indhold af såvel kvælstof som fosfor i nogle af biprodukterne betyder, at det kan være svært at balancere rationens næringsstofindhold ved anvendelse af større mængder biprodukt. Udvikling af raffineringsprocesser til ekstraktion af specifikke komponenter, som fx fosfor, fra råvaren eller biproduktet kan yderligere bidrage til at øge anvendeligheden af biprodukterne, så rationens næringsstofindhold kan afstemmes, selvom biproduktet indgår med en stor andel i rationen.

Mælkens sammensætning og kvalitet er også et fokusområde, som bør dokumenteres, når nye biprodukter tages i anvendelse i større omfang. Hvis biprodukterne ændrer rationens fedtindhold og fedtsyreprofil, vil dette kunne påvirke mælkens fedtindhold og fedtsyreprofil. Det kan være aktuelt for de fedtholdige pressekager og skrå og for DGGs fra især majs. Ændringer i rationens energiindhold og vomomsætningen som følge af fodring med biprodukter kan også forventes at påvirke mælkens sammensætning. Det kan være aktuelt for glycerol, som i nogle forsøg har øget mælkens proteinindhold og koaguleringssevne. Fodring med bærme forventes ikke at påvirke mælkens smag. Der er i enkelte tilfælde dokumenteret smagsafvigelser i mælken ved fodring med store mængder glycerol (15 % af tørstof) og rapskager (20 % af tørstof).

1. Produktion og forbrug samt markedsvurdering af biprodukter fra produktion af bioenergi

Som det fremgår af dette kapitel er markedet for biprodukter skiftende og afhænger af såvel lokale forhold som EU's overordnede energipolitik og verdensmarkedsprisen på korn- og proteinfodermidler. Det er et marked, der har gennemgået en rivende udvikling i de seneste 10 år, ikke bare i Europa, men på verdensplan, som det fremgår af Figur 1.



Figur 1. Verdens produktion af biethanol og biodiesel i 2002 og 2012 (www.bp.com)

Etanolproduktionen baseres på verdensplan på forskellige råvarer, som i varierende grad også er relevante som fødevarer og/eller foder. I Nordamerika hovedsagelig på majs men også hvede, i Brasilien på sukkerrør og i Europa på hvede, andre kornarter og roer. Valget af råvarer afhænger af udbud og pris og vil selvfølgelig også påvirke de foderbiprodukter, der fremkommer ved produktionen. Ved produktion af etanol baseret på hvede eller majs er biproduktet bærme, som kan bruges vådt og frisk på bedrifter inden for kort radius af fabrikken, eller det kan tørres og omsættes som andre fodermidler.

Ved projektets begyndelse var det forventet, at frisk bærme ville være tilgængelig for danske kvægbrug fra bl.a. danske og nordtyske fabrikker og på sigt få en stor betydning for fodermarkedet med en planlagt dansk produktion i Grenå i støbeskeen. På nuværende tidspunkt (december 2013) er der dog ingen frisk bærme på markedet i Danmark, og der er fortsat ikke sat en startdato for produktionen i Grenå. Til gengæld er tørret bærme tilgængelig på markedet og indgår i en del kommercielle blandinger, ligesom det kan bruges direkte i besætningerne.

Udover etanolproduktion baseret på stivelsesholdige råvarer findes også i mindre grad en produktion af bioetanol baseret på celluloseholdige råvarer såsom halm og træ. Denne produktion er under udvikling, og forventes at komme til at få et anseeligt omfang i fremtiden. Fra denne produktion af bioetanol fremkommer biproduktet C5-melasse, som er sammenlignelig med roemelasse i forhold til transport og omsætning.

Hvor produktionen af bioetanol er størst i Nord- og Sydamerika, er biodieselproduktionen størst i Europa (Figur 1). Biodieselproduktionen baseres på olieholdige frø, dvs. primært soja i Amerika, raps i Europa og palmefrugter i Asien. Fra biodieselproduktionen er foderbiprodukterne oliekgær og -skrå samt glycerol. Oliekgær og -skrå er tørre produkter, der kan omsættes på lige fod med andre tørre fodermidler. Glycerol er sammenlignelig med roemelasse i forhold til transport og omsætning, men omsættes for tiden i mindre grad på fodermarkedet, da det i oprenset og raffineret form (glycerin) kan afsættes til en højere pris til fødevare-, kosmetik- og medicinalindustrierne.

Statistikker på import, produktion og forbrug af enkelte fodermidler findes ikke hos Danmarks Statistik, så oplysningerne i kapitlet bygger på data fra Dairy Management System (DMS), overordnede statistikker fra Danmarks Statistik, EuroStat m.fl. og en kvalitativ undersøgelse fra rapporten ”Biprodukter fra fødevare- og nonfoodindustrien til foderbrug - sikkerhed for mennesker og dyr” (Fødevarestyrelsen, 2012). Tabel 1 viser udviklingen i det danske forbrug af rapskage og af mask, bærme, fodergær og melasse samlet. Forbruget af rapskager har været svingende fra år til år uden en klar trend i perioden fra 2007/2008 og frem til 2011/2012, hvorimod forbruget af gruppen ”mask, bærme, fodergær og melasse” blev mere end halveret i perioden fra 2007/2008 til 2009/2010 og der efter steg kraftigt frem til seneste opgørelse i 2011/2012.

Tabel 1. Det totale forbrug (mio. kg.) af raps og mask, bærme, fodergær og melasse i Danmark afhængig af om det er dansk produceret eller importeret for årene 2007/2008 og frem til 2011/2012 (foreløbige tal) (Danmarks Statistik, 2013).

	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Rapskager					
I alt dansk og importeret	560	623	561	675	563
Dansk produceret	247	271	313	384	231
Importeret	313	352	248	290	332
Mask, bærme, fodergær og melasse					
I alt dansk og importeret	376	308	169	187	227
Dansk produceret	160	135	118	123	160
Importeret	216	174	51	65	67

1.1 Anvendelse som enkeltfodermidler på kvægbrug

Kvægbrugerne køber enten deres fodermidler separat eller i foderblandinger, og tabel 2 viser det danske forbrug (på tværs af alle husdyrarter) af henholdsvis rapskager og gruppen ”mask, bærme, fodergær og melasse”.

Tabel 2. Anvendelsen (mio. kg.) af rapskager og bærme m.m. i henholdsvis foderblandinger og som enkeltfoderstoffer i perioden 2008 til 2012, tal for 2012 er foreløbige (Danmarks Statistik, 2013).

	2008	2009	2010	2011	2012
Rapskager					
I foderblandinger	358	353	380	358	281
Som enkeltfoderstof	250	236	261	281	253
I alt	608	590	641	640	534
Mask, bærme, fodergær og melasse					
I foderblandinger	83	75	33	48	42
Som enkeltfoderstof	280	129	123	203	185
I alt	362	204	156	251	227

Sammensætningen af foderblandinger er ikke umiddelbart tilgængelig. I det følgende er der fokus på forbruget af biprodukter som enkeltfodermidler.

I foderplanlægningssystemet Dairy Management System (DMS) gemmes foderplaner og foderkontroller centralt. For at beskrive brugen af bærme, rapsprodukter og glycerol i praksis er der brugt foderkontroller lavet i DMS i 2011, 2012 og 2013. Godt 40 % af de ydelseskонтроllerede bedrifter har fået lavet en eller flere foderkontroller i DMS. Tabel 3, 4 og 5 viser, hvilke biprodukter der bruges som enkeltfodermidler i besætningerne, og hvor mange kg tørstof der bruges pr. ko pr. dag i de besætninger, der bruger fodermidlet. Der er ikke registreret brug af C5-melasse. Biprodukter, der indgår i kommercielle blandinger, fremgår ikke af de følgende tabeller. Brugen af biprodukterne som ingrediens i en indkøbt kraftfoderblanding kan ikke kortlægges via DMS.

Tabel 3. Brugen af tørret og frisk kornbærme, rapsprodukter og glycerol som enkeltfodermidler i perioden vinter 2011/12, sommer 2012 og vinter 2012/13, angivet som procentdel af besætninger der bruger fodermidlet og som gennemsnitligt dagligt forbrug i kg tørstof pr. ko. Baseret på data fra foderkontroller registreret i Dairy Management System (DMS).

	Vinter 2011/12		Sommer 2012		Vinter 2012/13	
Antal besætninger	1028		1280		1084	
Fodermiddel	Besætnin- ger %	Forbrug Kg ts/ ko/dag	Besætnin- ger %	Forbrug Kg ts/ ko/dag	Besætnin- ger %	Forbrug Kg ts/ ko/dag
Kornbærme, tørret	2,1	0,9	1,5	1	3,4	1
Kornbærme, frisk	0,6	2,5	0,3	1,6	0,2	0,02
Rapsprodukter	69	2,1	67	2,1	63	2,4
Glycerol	0,3	0,03	0,2	0,02	0,2	0,02

Brugen af frisk bærme er faldet fra vinter 2011 til sommer 2012, og på nuværende tidspunkt er der ikke frisk bærme til rådighed, grundet lukningen af spritfabrikken i Aalborg. Tidligere er der også importeret frisk bærme fra Nordtyskland, men det sker ikke i øjeblikket (efterår 2013).

I tabel 4 er brugen af rapsprodukter i perioden vinter 2012/13 vist, opdelt på stor race og Jersey, samt om bedrifterne er konventionelle eller økologiske.

Tabel 4. Brugen af rapsprodukter i konventionelle og økologiske besætninger med stor race og Jersey, angivet som procentdel af besætninger der bruger fodermidlet og som gennemsnitligt dagligt forbrug i kg tørstof pr. ko. Baseret på data fra foderkontroller registreret i Dairy Management System (DMS).

	Pct. besætninger der bruger rapsprodukter	Gns. dagligt forbrug i kg tørstof pr. ko
Stor race, konventionel	71	2,4
Stor race, økologisk	11	0,8
Jersey, konventionel og økologisk	65	2,4

Antallet af økologiske Jerseybesætninger med foderkontrol i DMS er så lille, at de ikke er medtaget separat i analysen. Men de forskelle, som ses mellem økologiske og konventionelle besætninger af stor race formodes også at gælde for Jersey.

Den mindre andel af økologiske bedrifter, der bruger rapsprodukter, skyldes sandsynligvis både tilgængelighed og pris på økologiske rapsprodukter.

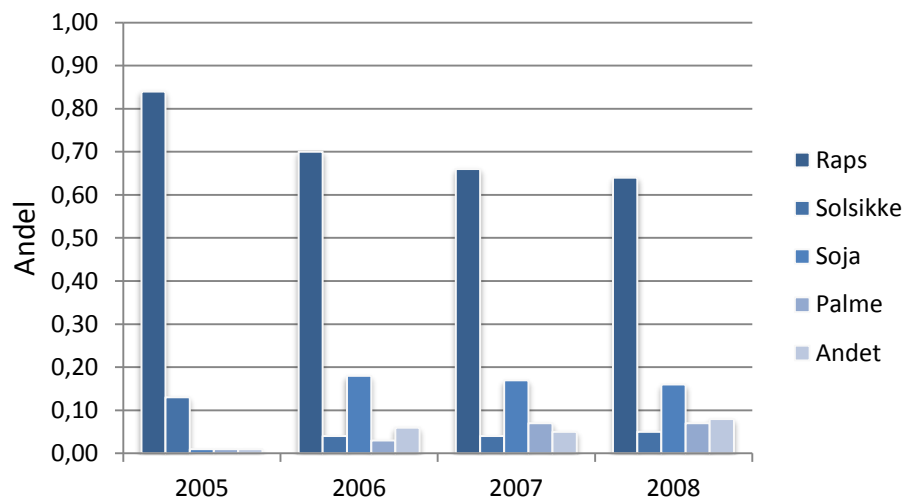
1.2 Anvendelse i kommercielle foderblandinger

Der findes ikke en samlet oversigt over indholdet af biprodukter i kommercielle blandinger, og de fleste firmaer oplyser heller ikke på hjemmesiden det præcise indhold i deres blandinger, så det har ikke været muligt at lave en egentlig opgørelse af anvendelsen af biprodukter i kommercielle blandinger. Tørret bærme fremgår som kornbiprodukt i mange firmaers blandinger og er fundet at indgå med op til 20-40 % af indholdet. NLM Vantinge (www.nlmv.dk) bruger 7 % glycerol i deres Lipitec®Glycofat, som i øvrigt indgår i en del af de øvrige leverandørers færdigblandinger. Rapskage og -skrå forhandles som rene fodermidler, men indgår også i mange færdigblandinger, bl.a. oplyser DLG, at de har en råvareblanding med 75 % rapsprodukter og nogle sortimentsblandinger med 55 % rapsskrå/-kage.

1.3 Biodieselproduktionen og udbud af biprodukterne herfra

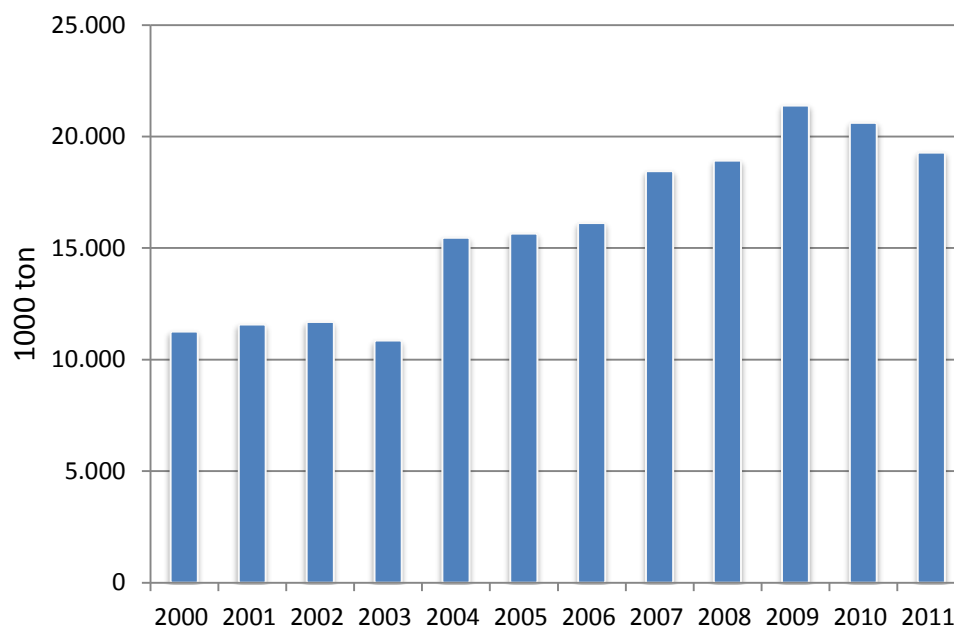
I Europa (EU27) er produktionen af biodiesel hovedsagelig baseret på raps, men også andre oliefrø som solsikke, sojabønner og palmefrugter anvendes (figur 2). Figur 3 viser en stigende rapsproduktion i EU27 gennem den seneste 10 års periode, mens figur 4 viser en endnu større

stigning i produktionen af biodiesel i EU27-området gennem den samme periode. Den faldende andel af biodieselproduktionen som baseres på raps i EU27 hænger således sammen med en stærkt stigende produktion af biodiesel som i stigende grad baseres på andre oliefrø.



Figur 2. Afgrøder til biodieselproduktion i EU27 og deres relative andel (AEBIOM, 2012)

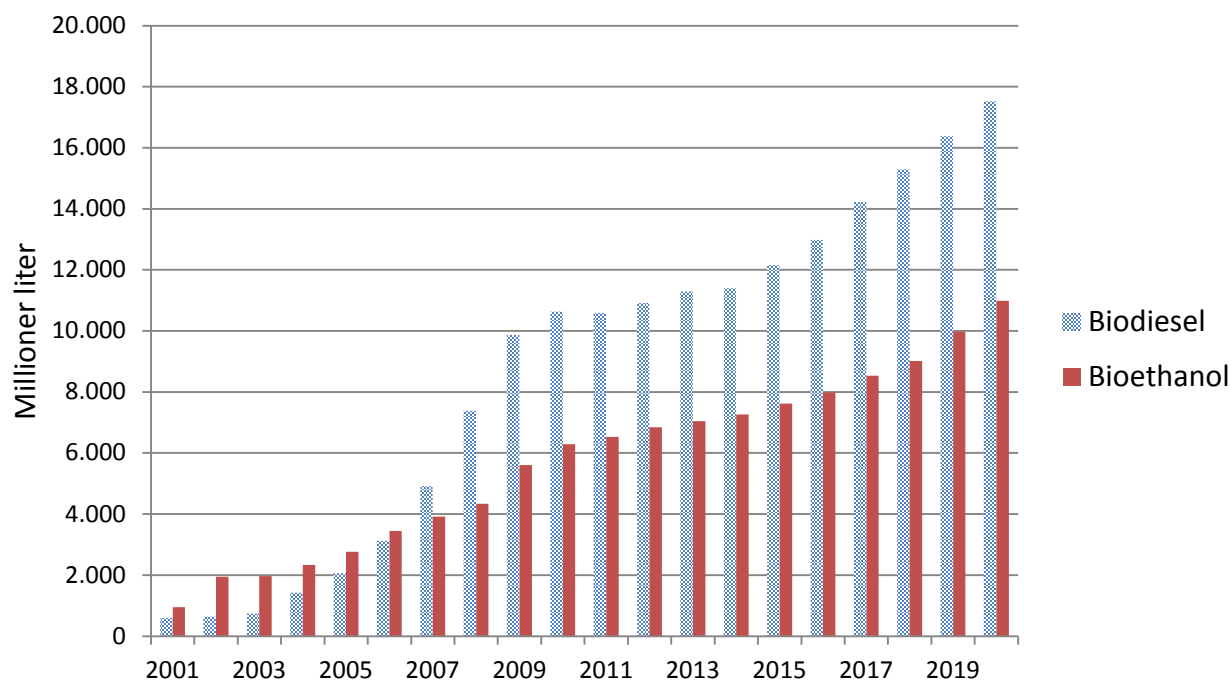
Olieindholdet i frøene ligger fra 18 % (soja) til 41 % (raps), hvilket medfører, at der kan produceres fra 562 kg (soja) op til 4747 kg (palme) biodiesel pr. ha. pr. år (Pathak et al., 2013).



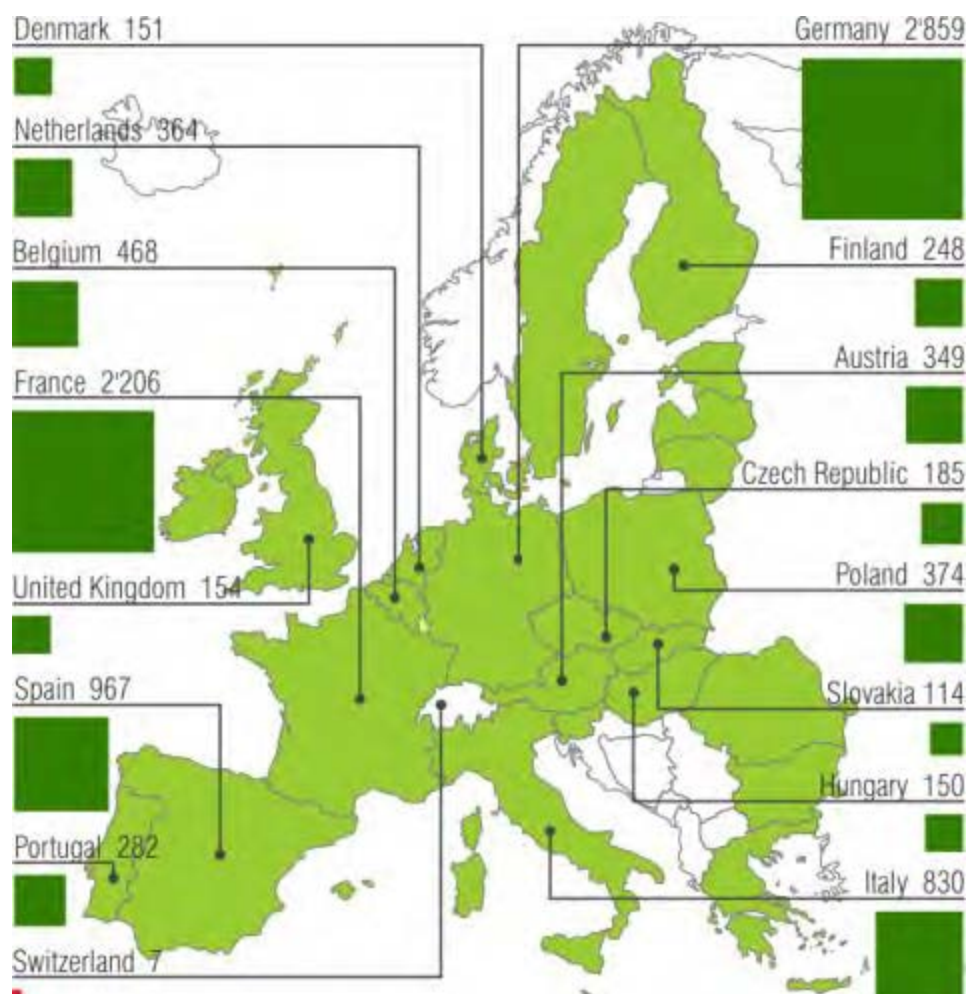
Figur 3. Rapsproduktionen i EU27 i 1.000 tons (EuroStat, 2013)

Den historiske og forventede produktion af biodiesel og bioetanol i EU27 er vist i figur 4. Den nuværende produktion af biodiesel ligger langt fra den aktuelle kapacitet på ca. 24.000 millioner liter (European Biodiesel Board, 2013), og der forventes en stigende produktion i de kommende år. Største producent i Europa er Diester Industries i Frankrig med en produktionskapacitet på 2.250 millioner liter pr. år (2009). Ifølge European Biodiesel Board er produktionskapaciteten for biodiesel i Europa fordelt på 276 produktionssteder (figur 5).

Produktionen tilpasses typisk den aktuelle efterspørgsel efter biodiesel men afhænger selvfølgelig af prisforholdene på markedet. I Danmark indgår rapskager og -skrå som en naturlig del af foderrationen til malkekøer og andet kvæg. Markedet for rapsbiprodukter betragtes som et veletableret gennemsigtigt marked, hvor udbud og efterspørgsel langt hen ad vejen er tilgængelige fra forskellige analysebureauer.



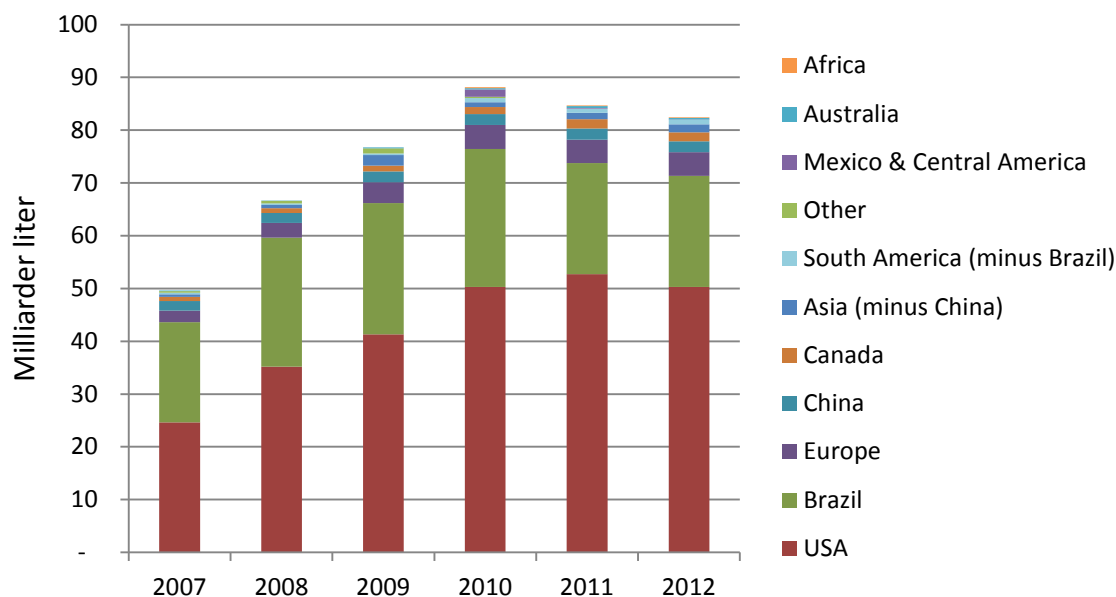
Figur 4. Historisk (indtil 2012) og forventet produktion af biodiesel og bioetanol i EU27 fra år 2000 til år 2020 (baseret på data fra on-line databasen under OECD-FAO Agricultural Outlook 2013-2022).



Figur 5. Biodieselproduktionen i EU i 2009 i mio. l/år (AEBIOM, 2012)

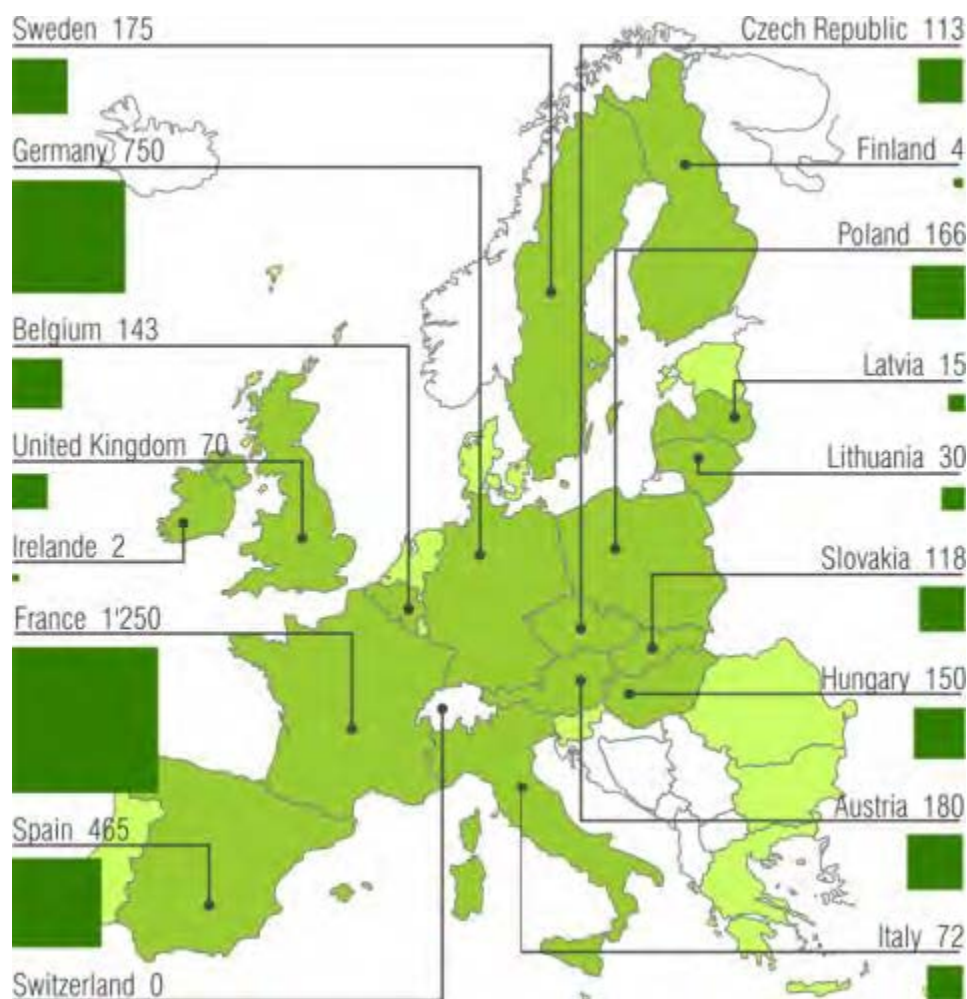
1.4 Bioetanolproduktionen og udbud af biprodukter herfra

Overordnet set må markedet for bioetanol stadig betegnes som "umodent", og der foreligger kun meget begrænset materiale omkring udbud og efterspørgsel på restprodukter fra det Europæiske marked. Den Nordamerikanske (både USA og Canada) bioetanolproduktion er væsentlig mere udviklet (figur 6). Den amerikanske produktion bruger primært majs som råvare, hvilket dog hidtil har gjort bærmen svært omsættelig i EU som følge af GMO problematikken. Bioetanolproduktionen i Europa (og resten af verden) forventes at stige i de kommende år, som det fremgår af figur 4 (OECD-FAO Agricultural Outlook 2013-2022).



Figur 6. Global produktion af bioetanol til brændstof, milliarder liter
(www.afdc.energy.gov/data/).

Der er indtil videre ingen bioetanolproduktion i Danmark, men som det ses af figur 7, ligger der flere raffinaderier i lande tæt på. Raffinaderiet i Rotterdam var ikke bygget i 2009, som er det år figuren dækker. Der har i flere omgange været frisk bærme på det danske marked fra raffinaderierne i Tyskland, Holland, Belgien og England. EU's pt. største bioraffinaderi ligger i Rotterdam og har kapacitet til at producere 480 millioner liter, hvilket samtidig giver ca. 450.000 tons bærme (tørstof). I appendiks er der interviews med hollandske landmænd, der modtager frisk bærme fra bl.a. raffinaderiet i Rotterdam. Abengoa Bioenergy i Spanien er den førende virksomhed inden for bioetanolproduktionen med en kapacitet på 3.125 millioner liter i 2011 heraf omsættes 1.500 millioner liter i EU. Den franske industrigruppe Tereos oplyste i 2011/2012 en produktionskapacitet på 543 millioner liter og den tyske gruppe Crop Energies nåede samtidig en produktionskapacitet på 692 millioner liter om året (European Biofuels Technology Platform).



Figur 7. Bioetanolproduktionen i EU i 2009 i mio. l/år (AEBIOM, 2012)

Gennem opstartsfasen af produktionen af bioetanol, har der været udbudt biprodukter af forskellig oprindelse og produktionsmetode, samt med varierende kvalitetsegenskaber. Den danske foderstofindustri har oplevet tørrede bæmeprodukter, der varierede fra helt fint gule til mørke halvbrændte partier, hvilket kan indikere store forskelle i foderværdien.

1.5 Markedet for biprodukter

Energipolitikken påvirker markedet for biprodukter fra produktionen af bioenergi væsentligt. EU har i 2006 fastlagt en energipolitik, hvor målet er at biobrændstoffer skal udgøre 10 % af alt brændstof til transport i 2020 og 25 % i 2030 (EU, 2006). Dette krav har været medvirkende til den stigende produktion af raps i EU fra 2003 til 2009 (figur 2). Med baggrund i kraftige udsving i råvarepriserne de senere år, har det været diskuteret, at målet om 10 % reduceres til de allerede gennemførte 5 %. Med udgangspunkt i EU's energipolitik er bedste bud på udviklingen i

produktion af biodiesel og bioetanol, og dermed af biprodukter, derfor i øjeblikket en moderat stigende produktion (figur 4). Men mange andre faktorer kan selvfølgelig påvirke markedet. Blandt andet er der konstant fokus på at øge det samlede udbytte fra bioenergiproduktionen, herunder at øge udbyttet fra strømmen af biprodukter gennem produktudvikling, ny teknologi og nye anvendelsesområder. Som eksempler på hvordan dette påvirker markedet kan nævnes biproduktet glycerol fra produktionen af biodiesel. For få år siden var råglycerol et prisbilligt fodermiddel, hvorimod det pt. stort set ikke anvendes til foderbrug, da prisniveauet for oprenset glycerol til brug i den kemiske industri er så høj, at råglycerol til foderbrug ikke er konkurrencedygtigt i forhold til andre fodermidler.

Grundet den manglende gennemslugtighed, er prisudviklingen på biprodukter fra bioetanol-industrien meget individuel og afhængig af varernes aktuelle placering, samt tilgængeligheden af aftagere inden for en overskuelig afstand fra produktionsstedet. Det danske forbrug af biprodukter fra bioetanolindustrien er fortsat begrænset. Omkostningen ved transport af frisk bærme er høj på grund af produktets høje vandindhold, og markedet afhænger derfor af lokale producenter og aftagere. Logistikudfordringerne i forbindelse med frisk bærme, samt det faktum at der ikke ligger en produktion i nærområdet, er de to største årsager til det nuværende lave forbrugsmønster. Tørret bærme (DDGS) kan derimod transporteres over længere afstande, og produktion i nabolande som fx Sverige, Tyskland og Holland er derfor relevant for det danske marked. På længere sigt kan en evt. opblødning af EU's GMO-politik skabe et importmarked for biprodukter fra bioetanolproduktionen i fx USA og Canada. I rapporten "Biprodukter fra fødevarer- og nonfood-industrien til foderbrug – sikkerhed for mennesker og dyr" (Fødevarestyrelsen, 2012) er der lavet en kvalitativ analyse og interviews af flere importører, hvoraf det fremgår, at der forventes en stigning i den mængdemæssige omsætning af bærme og rapskager. Analysen viser, at omsætningen af frisk bærme på det danske marked vil blive påvirket af opstarten af en produktion i Grenå, som i givet fald vil blive baseret på hvede (<http://hveiti.dk/>).

Omsætningen af C5-melasse vil afhænge af Dongs produktion i Kalundborg og i fremtiden evt. også af produktionen hos Maabjerg Energy Concept i Holstebro, hvor C5-melassen dog som udgangspunkt skal bruges i et biogasanlæg (<http://www.maabjergenergyconcept.dk/>).

Anvendelsen af rapskager og -skrå i fodringen af kvæg er veldokumenteret og har et betydeligt omfang. Markedet for rapskager og -skrå i Danmark er et forholdsvis veletableret og gennemsluttet marked, hvor udbud og efterspørgsel langt hen ad vejen er tilgængelige fra forskellige analysebureauer. Stigningen i rapsproduktionen i EU og andre dele af verden og udbuddet af andre proteinfodermidler vil selvfølgelig påvirke markedet.

Forbruget af glycerol til foder forventes at falde, da producenterne for tiden kan opnå en højere pris ved at destillere råglycerolen til ren glycerol (glycerin) og afsætte den til blandt andre den farmaceutiske industri (Fødevarestyrelsen, 2012). Selv om oprensningen er en kostbar proces, ligger prisniveauet for den oprensende glycerin for tiden så højt, at råglycerol til foderbrug i den seneste tid ikke har været konkurrencedygtigt i forhold til andre fodermidler.

2. Produktionsprocessen

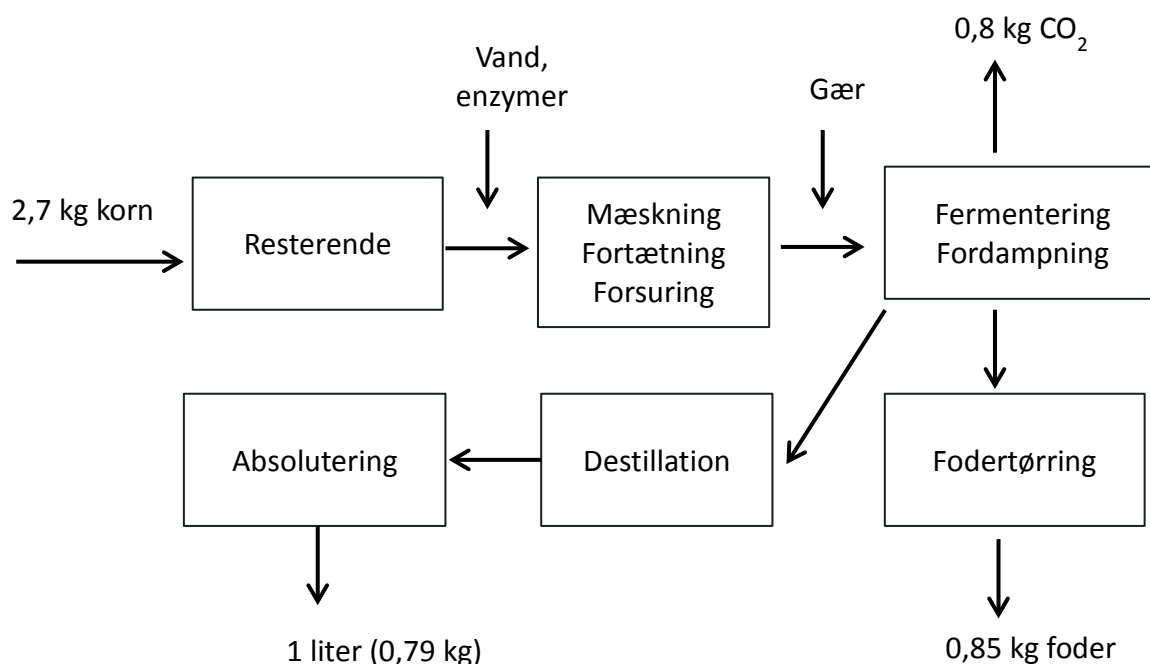
Det ligger i ordet biprodukter, at det ikke er hovedformålet med den givne produktion og ikke det, som indtjeningen for den pågældende virksomhed er baseret på. Dermed er der også en risiko for, at biprodukter bliver sekundære og i visse tilfælde ligefrem affaldsprodukter. Omvendt kan fokus på kvaliteten og dermed værdien af biproduktet medføre en bedre total indtjening for virksomheden. I dette kapitel gennemgås produktionsprocessen for henholdsvis bioetanol baseret på korn og halm samt for biodiesel baseret på raps med fokus på, hvordan den påvirker indholdet og værdien af biprodukterne.

Den grundlæggende sikkerhed af produktet er sikret gennem foderstoflovgivningen og er gennemgået indgående i rapporten ”Biprodukter fra fødevare- og nonfoodindustrien til foderbrug – sikkerhed for mennesker og dyr” (Fødevarestyrelsen, 2012). Såfremt leverandøren er registreret som fodervirksomhed hos den relevante myndighed og følger de gældende regler om foder, bør der ikke være problemer med uønskede stoffer i foderet. Risici og uønskede stoffer og behandles derfor ikke nærmere i denne rapport.

I det følgende gennemgås produktionsprocesserne for henholdsvis bioetanol og biodiesel med fokus på hvilke årsager, der kan være til variation i foderprodukterne, og dermed hvilke muligheder der eksisterer for at øge kvaliteten af foderprodukterne.

2.1 Etanolproduktion baseret på korn

Bioetanol fremstillet af stivelse fra korn og majs (og lignende) kaldes også 1. generations bioetanol. Ved produktion af etanol fra korn produceres også biprodukter i form af CO₂ og bærme. For hvert kg korn bliver der ca. 1/3 af hvert af produkterne etanol, CO₂ og bærme. Et ton korn giver således ca. 380 liter bioetanol. Processen for en etanolproduktion tager ca. 60 timer (Newkirk, 2011) og foregår som beskrevet i figur 8.



Figur 8. Bioetanolproduktionen som den foregår hos Agroetanol (www.agroetanol.se)

Den første variation i produktionsprocessen af bioetanol baseret på korn stammer fra det korn, der anvendes som råvare. Nogle fabrikker anvender kun hvede (fx Bio Wanze: www.biowanze.be), andre anvender primært hvede, men også rug og byg (fx Agroetanol: www.agroetanol.se). Abengoa Bioenergy (www.abengoabioenergy.com), som har bl.a. Europas største bioetanolraffinaderi i Rotterdam, men også har fabrik i Rostock, angiver, at de anvender både hvede og majs som råvare. Endelig er der fabrikker, der skifter råvare afhængig af tilgængelighed og pris som fx Cropenergie i Tyskland (www.cropenergies.com), der angiver, at de bruger majs, hvede, byg, triticale og roesirup. Selv hvis den samme kornart anvendes hele tiden, vil der være en variation i stivelses- og proteinindholdet mellem sorter og høstpartier, som vil give en variation i biprodukterne. Som udgangspunkt anvendes kun hvede, som er fri for melldrøje, fusarium og vomitoksin (DON), da disse urenheder/giftstoffer ikke nedbrydes i processen, og derfor vil blive opkoncentreret med en faktor 3 (Newkirk, 2011). Kornet renses for småsten og urenheder inden formaling.

Næste trin i processen er formaling, men inden formaling er der enkelte fabrikker, der fjerner klid og gluten. Det sker bl.a. hos BioWanze i Belgien.

Formalingsgraden kan variere og vil påvirke den videre proces, da formalingen tjener til at øge overfladen og tilgængeligheden af stivelse (Newkirk, 2011). Hos Agroetanol beskriver de, at kornet formales til fuldkornsmel (www.agroetanol.se).

Efter formalingen tilsættes vand og enzymet alfa-amylase (Newkirk, 2011) for at omdanne stivelse til dextrose. Desuden tilsættes på nogle raffinaderier ammonium til styring af pH-værdien og som næring for gæren (www.ethanolrfa.org). Masken koges ved høj temperatur for at reducere

bakterieniveauet forud for forgæringsprocessen. Efter køling tilsættes gæren og enzymet glukamylase, som frigiver glukose, der forgæres til etanol og CO₂. Urea, "thin stillage", antibiotika (bl.a. i USA og Canada) og en svovlkilde kan blive tilsat i denne forgæringsfase (Newkirk, 2011) for at hæmme uønsket mikrobiel vækst. Forgæringsprocessen tager 40-50 timer. Under denne proces holdes masken kølig og i bevægelse for at fremme gærens aktivitet. Efter forgæringen destilleres etanolen fra, og tilbage bliver det produkt, der kaldes "stillage". "Stillagen" centrifugeres, så fiberdelen (kagen) skilles fra opløsningen. Opløsningen koncentrerer gennem inddampning ved 120-130° C til en tørstofprocent på ca. 30. Dette produkt kaldes Condensed Distillers Solubles eller sirup og indeholder relativt meget fedt, mineraler, vandopløselige kulhydrater, proteiner og organiske syrer (Newkirk, 2011). Gærrester vil primært findes i sirupsfraktionen (Mustafa et al., 2000). Herefter blandes sirup og kage til bærmel eller Distillers Grains with Solubles (DGS), som enten afsættes vådt eller tørret (Dried Distillers Grains with Solubles, DDGS). Afsættes det vådt, er det konserveret med organisk syre og har lavt pH (Fødevarestyrelsen, 2012). Blandingsforholdet mellem sirup og kage varierer såvel mellem fabrikker som inden for fabrik, dels fordi processen er svær at styre med præcision, men også fordi nogle fabrikker afsætter sirup som selvstændigt foderprodukt (Belyea et al., 2010.). Men typisk udgør siruppen 35-40 % af blandingen, som angives at indeholde ca. 65 % tørstof (Newkirk, 2011).

Frisk bærmel kan kun flyttes i fyldte tankvogne pga. konsistensen, som gør at en halvfuld tankvogn kan være i risiko for at vælte, hvis det meget viskøse tankindhold begynder at skvulpe. I praksis betyder det, at alle der modtager frisk bærmel skal modtage en hel tankfuld ad gangen.

Der har i forskningsprojekter været arbejdet med yderligere processering af DDGS i form af ekstrudering og fraktionering for at øge foderværdien primært til enmavede (Newkirk, 2011), men også til drøvtyggere (Zhang et al., 2012).

Med hensyn til risiko for indhold af uønskede stoffer henvises som tidligere nævnt til rapporten "Biprodukter fra fødevarer- og nonfoodindustrien til foderbrug – sikkerhed for mennesker og dyr", udgivet af Fødevarestyrelsen, Foder (tidligere Plantedirektoratet) i 2012 (Fødevarestyrelsen, 2012). Rapporten omtaler generelle risici side 68-70 og case om mykotoksiner i DDGS s. 73-83. Rapporten omtaler bl.a. risiko for:

- Mykotoksiner, som, hvis de findes i råvaren, koncentrerer gennem processen og ender i bærmen
- Svovl, som kan findes i problematiske niveauer, hvis svovlsyre anvendes som hjælpemiddel i processen
- Dannelse af sundhedsskadelige forbindelser ved for hård varmebehandling under tørreprocessen
- Antibiotikarester i DDGS importeret fra ikke-EU lande (Nord- og Sydamerika)

2.2 Etanolproduktion baseret på halm

Bioetanol fremstillet af cellulose fra halm kaldes også 2. generations bioetanol. Proces er udviklet og demonstreret på Inbicon-anlægget i Kalundborg (www.inbicon.com). Demonstrationsanlægget har kapacitet til at omdanne 4 ton hvedehalm i timen til bioetanol, C5-melasse og ligninpiller (figur 9). Hvedehalmen snittes og forbehandles ved opvarmning til 180-200 °C i 10-20 minutter ved hjælp af damp. Efter forbehandlingen opdeles halmen i fiber og væske, hvorefter fiberfraktionen hydrolyseres enzymatisk og fermenteres til etanol. Den resterende væskefraktion inddampes og indgår som en del af C5-melassen, hvor den udgør ca. 20 % af tørstof (Larsen et al., 2012).

Den anden del af C5-melassen er den flydende restfraktion efter forgæring af fiberfraktionen og afdestillering af etanolen. Fiberfraktionen i halm er rig på polymerer af pentosen xylose, som ikke kan forgæres af den etanolproducerende gær. Derfor er C-5-melasse med et højt indhold af xylose (ca. 75 % af total sukkerindhold) et betydeligt biprodukt ved produktion baseret på halm (Kravanja et al., 2012). Således kan der pr. kg halmtørstof, der tages i arbejde i Inbicon processen (Dong Energy) forventes 0,28 kg tørstof i C5-melasse (Larsen et al., 2012).

Fra træindustrien kendes træmelasse, der indeholder 80 % hexoser og 20 % pentoser, hvis det er fra nåletræer, mens hårde træsorter giver henholdsvis 65 % hexoser og 35 % pentoser (Waugh et al., 1954). Erfaringer med træmelasse er, at foderværdien svarer til sukkerindholdet, men at et højt indhold af lignosulfonater kan forstyrre proteinomsætningen ved høj tildeling (Zinn, 1993) og smageligheden kan være problematisk.

C5-melasse, der stammer fra Inbicons bioetanolproduktion, indeholder dog ikke lignosulfonater, idét der er en anden forbehandling af råvaren end tilfældet er med træmelasse.



Foto: Colourbox

2.3 Biodieselproduktion baseret på vegetabilsk olie

Biodiesel fremstilles på basis af olieholdige vegetabiliske råvarer (raps, soja, solsikke m.fl.) samt på basis af animalsk fedtstof. Det sidste er ikke relevant i forhold til kvægfodring og behandles ikke yderligere i denne rapport.

Det er planteolien, som er den egentlige råvare i fremstilling af biodiesel. Olien udvindes ved presning og eventuel supplerende kemisk ekstraktion. Rapskage fremstilles ved presning af frøene enten ved en koldpresningsteknik eller ved samtidig tilførsel af varme for at øge olieudbyttet og samtidig inaktivere glucosinolat- og fedtspaltende enzymer. Rapsskrå fremstilles ved ekstraktion med organisk opløsningsmiddel (hexan) evt. efter en forudgående presning. For at fjerne den overskydende hexan toastes rapsskrå derfor ved 130 °C i 20-30 min efter ekstraktionen. Varmebehandlingen medfører at rapsskrå ofte vil have en lavere proteinopløselighed end rapskage.

Den såkaldte "Lurgi-proces" er ifølge foderstofbranchen den mest fremherskende proces til fremstilling af biodiesel i EU (Fødevarestyrelsen, 2012). Planteolien består af triglycerider, der igen består af tre fedtsyremolekyler bundet til (forestret med) et glycerolmolekyle. Olien/fedtets forsæbes med base (natriumhydroxyd eller kaliumhydroxyd), hvorved triglyceriderne spaltes til fedtsyrer og glycerol. Fedtsyrerne re-esterificeres herefter til metylestre, som er det egentlige biodiesel. Herved opnås to faser, den øverste fase indeholder biodiesel (metylestre af fedtsyrerne), mens den nederste, vandopløselige fase (råglycerolen) indeholder glycerol samt vand, rester af metanol, salte, metylestre og urenheder.



Foto: Colourbox. Sojabønne

Råglycerol til foderbrug er en tyktflydende (som sirup) og sødt smagende væske. Den overskydende metanol fra fremstilling af biodiesel ender i den vandige fase sammen med glycerol. Metanol skal fjernes før råglycerolen kan bruges til foder, da metanol er sundhedsskadeligt, og EU har fastsat en maksimumsgrænse på 0,2 % for indhold af metanol i råglycerol til brug som husdyrfoder (COMMISSION REGULATION (EU) No 575/2011). Fjernelsen af metanol foregår ved en destillationsproces (metanol har kogepunkt ved 65 °C).

Det tilbageværende indhold af ubrugt base neutraliseres ved tilsætning af svovl- eller saltsyre. Råglycerolen indeholder nu typisk glycerol (80-85 %), vand (10-15 %) samt urenheder i form af

metanol, råfedt (sæber, fedtsyrer, methylestre og glycerider), vand og salte. Fra 100 liter olie (plus hjælpestoffer) udvindes der ca. 100 liter biodiesel og 10 liter glycerol (Omazic, 2013).

Glycerol er en sukkeralkohol bestående af tre kulstofatomer og tre alkoholgrupper, to glycerolmolekyler svarer teoretisk til et glukosemolekyle. Energiværdien af ren glycerol er derfor teoretisk lig energiværdien i sukker. Glycerol har en høj vægtfylde på 1.261 kg pr. liter, og er oftest farveløs, men afhængig af råvaren, processen og evt. urenheder kan farven på glycerol til foderbrug variere og være gullig til rødbrun.

Råglycerol som handelsvare til foderformål indeholder typisk 80-85 % glycerol, 3-7 % salt og 10-15 % vand. Glycerol med en renhedsgrad på 99,5-99,7 % betegnes 'glycerin'. Dette produkt afsættes primært til farmaceutiske og kemiske formål. Selv om oprensningen er en kostbar proces, ligger prisniveauet for den oprensende glycerin for tiden så højt, at råglycerol til foderbrug i den seneste tid ikke har været konkurrencedygtigt i forhold til andre fodermidler.

3. Sammensætning, variation og foderværdi

I det følgende afsnit gennemgås kort den aktuelle viden om sammensætning og foderværdi af bærmel (frisk og tørret), rapskager og -skrå, C5-melasse og glycerol. Der henvises i afsnittet til en række kilder, hvor der kan findes yderligere information, men især skal fremhæves tre rapporter, som alle er frit tilgængelige on-line:

- "Biofuel co-products as livestock feed" udgivet af Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO) i 2012 (Makkar, 2012)/1598,
- "Wheat DDGS Feed guide" udgivet af FOBI Network, Canada i 2011 (Newkirk, 2011)/1599.
- Biprodukter fra fødevarer- og nonfoodindustrien til foderbrug – sikkerhed for mennesker og dyr, udgivet af Fødevarestyrelsen, Foder (tidligere Plantedirektoratet) i 2012 (Fødevarestyrelsen, 2012)

3.1 Bærmel

Der er publiceret mange fodringsforsøg med bærmel, især DDGS, men en stor del er udført med majs DDGS, som har en anden sammensætning end korn DDGS, som det fremgår af tabel 6. Langt den overvejende del af publicerede forsøg og øvrig tilgængelig information omhandler desuden nordamerikanske forhold, hvor grovfoderet også i overvejende grad er baseret på majs. Bærmel på det nordeuropæiske marked, som er relevant for danske forhold, er imidlertid baseret på korn (især hvede) og primært i form af DDGS, og det følgende afsnit omhandler derfor primært DDGS baseret på korn og hvede frem for majs.

Sammensætning og variation

Sammensætningen af råvaren (kornet) vil afspejle sig i sammensætningen af bærmøllen. Generelt medfører produktionsprocessen, at fibre, protein, fedt og mineraler opkoncentreres med en faktor 3 i bærmøllen i forhold til udgangspunktet i råvaren. Med hvede som råvare i produktionen øges råproteinindholdet i tørstof fra 8,5-14 % i hveden op til 20-38 % i bærmøllen og fedt øges fra 1,6-2 % op til 2,5-6,7 % (tabel 5, Aldai et al., 2009). Hvedebærmølle har typisk et lidt højere proteinindhold og et markant lavere fedtindhold end majsbærmølle, som det også fremgår af tabel 5.

Som det fremgår af afsnit 2.1. kan produktionsprocessen variere en del fra fabrik til fabrik, hvilket naturligt vil give en variation i næringsindholdet i bærmølle (Olukosi & Adebisi, 2013). Derudover ses også variation mellem batch inden for fabrik (Newkirk, 2011). Fabriksspecifikke procestekniker såsom formalingsgrad, forgæringsforhold, tørremetode og blandingsforhold mellem kage og sirup er alle medvirkende til at give variation i produkterne (Newkirk, 2011). Tilsætningen af enzymer, gær, urea eller svovl og forgæringens effektivitet, dvs. evnen til at udlede så meget etanol som muligt efterladende et minimum af stivelse i "stillage", kan variere mellem fabrikker. Variationer i tørreprocessen kan øge forskellen mellem fabrikker signifikant (Nuez-Ortín & Yu, 2009). Overopvarmning, variationer i partikelstørrelse og forskelligt tørstofindhold påvirker tørreprocessen. Mængden af sirup, der blandes med DG ved tørringen, påvirker næringsindholdet, bindingen af foderpartikler og den overordnede partikelstørrelse (Nuez-Ortín & Yu, 2010). Mængden af sirup, der tilsættes, er en væsentlig årsag til variation mellem fabrikker, men også en faktor det er ret nemt at ændre på (Nuez-Ortín & Yu, 2009; Nuez-Ortín & Yu, 2010). Siruppen har et højt fedtindhold og et lavt NDF-indhold, så jo mere sirup der tilsættes, jo højere fedtindhold og jo lavere NDF-indhold. Ovennævnte viser, at det rent teknisk er muligt at ændre betydeligt på sammensætning og kvalitet af bærmølle-produkterne.

Proteinets kvalitet og molekylære struktur ændrer sig ved produktionen (Yu et al., 2009; Yu et al., 2010, Azarfar et al., 2013). Proteinets aminosyreprofil ændrer sig mod relativt mere lysin, leucin, isoleucin, threonin og valin og mindre histidin og arginin, formentlig som et resultat af samspillet med gærens aminosyrer under forgæringen (Li et al., 2012). Tabel 6 viser indhold og variation af aminosyrer i DDGS baseret på hvede.

Højprotein hvede-DDGS (som fx Proteowantze) med et proteinindhold på 38-40 % af tørstof er et resultat af skånsom tørring og forbehandling som fx afskalning og fjernelse af kimen (All About Feeds, 2010 citeret af Newkirk, 2011).

Opvarmningen i forbindelse med tørring og pelletering påvirker proteinets tilgængelighed og øger andelen af by-pass protein. Det skyldes, at proteinet kan reagere med sukre under dannelse af mailliardprodukter, der nedsætter opløseligheden, og ved kraftig varmebehandling også fordøjeligheden, af proteinet. Lysin påvirkes i særlig grad af mailliard reaktionen. Varmebehandling øger også andelen af protein bundet til fiberfraktionen (ADF-N). Der vil typisk være variation i opvarmningen og dermed i proteinværdien imellem fabrikker og partier (Li et al., 2012).

Tabel 5. Sammensætning af frisk, vådt (DGS) og tørret (DDGS) hvedebærme sammenlignet med hvede og tørret (DDGS) majsbærme, angivet som gennemsnit (minimum-maximum).

	Hvede	Kornbærme Våd (DGS)		Kornbærme Tørret (DDGS)				Majsbærme Tørret (DDGS)	
	NorFor ¹	NorFor ¹	Bonda ²	NorFor ¹	Feedi- pedia ³	Newkirk ⁴	Agro- Drank ⁵	NorFor ¹	Feedi- pedia ³
Tørstof, %	85	11,5	28,4 (25-31)	89,0	90,6 (88-95)	92,4 (90-96)	90	90,0	89,0 (86,6-91,7)
Næringsstoffer, % i tørstof									
Råaske	1,8	5,6	7,4 (5,0-11,0)	5,6	5,9 (3,6-7,3)	5,3 (4,6-6,3)	4,4	6,7	5,4 (3,4-7,5)
Rå- protein	10,5	32,0	29,2 (25-34)	34,0	37,3 (34-41)	39,3 (32,1-45,8)	34,0	29,4	29,4 (25,2-33,2)
Råfedt	2,3	7,0	6,6 (6,0-7,5)	7,2	5,0 (3,5-6,7)	5,4 (3,9-7,0)	6,6	10,7	11,0 (7,2-15,7)
Træstof / NDF	2,8 / 11,7	6,6 / 27,6	2,3 (1,0-4,0)	6,6 / 25				6,1 / 29,5	7,9 (6,0-9,9)
Sukker	3,2	3,0	12,0 (8,5-16,0)	3,0	2,9 (0,0-6,9)			0,5	1,7 (0,2-4,8)
Stivelse	68,0	3,0	4,0 (0,7-11,0)	2,0	4,2 (2,1-6,4)	3,2 (0,0-6,2)	1,4	5,7	9,4 (4,0-15,2)
Mineraler, g/kg tørstof									
Calcium	0,5	2,0	1,9 (1,1-2,5)	2,0	2,1 (1,1-4,7)	1,7 (1,1-2,4)	1,0	3,4	1,6 (0,2-5,5)
Fosfor	3,1	8,1	9,2 (5,9-13,0)	8,1	9,1 (6,5-11,8)	9,6 (8,1-11,1)	7,3	8,4	7,9 (4,9-9,8)
Kalium	5,5	18,3	17,4 (11,4-28,0)	18,3	10,9 (2,7-14,8)		9,6	11,3	10,3 (7,1-12,7)
Natrium	0,3	1,8	8,3 (0,7-17,2)	1,8	4,9 (0,3-13,8)			4,8	2,4 (0,6-7,2)
Svovl	1,3	3,9		3,9		4,4 (3,9-4,8)		5,8	

¹ NorFor Feedtable 2013, NorFor A.m.b.a., <http://norfor.info/>

² Gennemsnit og variationsområde for syv produkter på produktblad udleveret af Bonda oktober 2012

³ Gennemsnit og variationsområde for DDGS med <7% stivelse angivet på Feedipedia 2013 (<http://www.feedipedia.org/>)

⁴ Gennemsnit og variationsområde for de produkter der har været anvendt i forsøgene refereret af Newkirk (2012).

⁵ Agro-Drank 90, hentet på www.agroetanol.se oktober 2013

Tabel 6. Aminosyresammensætningen (g/kg tørstof) i hvede DDGS (tilpasset fra Olukesi & Adebisi, 2013).

	N ¹	Maks	Min	Gns	SD ²	CV ³ , %
Essentielle aminosyrer						
Arg	16	20,1	11,8	15,4	2,00	13,0
His	13	10,2	6,6	8,25	1,17	14,2
Ile	16	16,6	10,9	13,3	1,72	12,9
Leu	16	31,3	20,9	25,5	3,26	12,8
Lys	16	11,7	6,00	7,69	1,55	20,6
Met	14	7,1	4,2	5,46	0,925	16,9
Phe	16	22,2	11,1	17,1	2,96	17,3
Thr	16	14,1	9,9	11,7	1,13	9,63
Trp	9	4,4	3,6	3,93	0,274	6,96
Val	16	20,9	13,7	16,4	2,07	12,6
Ikke-essentielle aminosyrer						
Ala	13	17,7	11,9	13,8	1,49	10,8
Asp	13	22,5	16,0	18,5	1,89	10,2
Cys	14	10,0	5,71	7,31	1,34	18,3
Glu	13	120	81,7	97,9	12,9	13,2
Gly	13	19,2	12,8	15,1	1,67	11,1
Pro	8	41,1	26,3	33,3	5,02	15,1
Ser	13	20,8	14,5	16,8	1,71	10,2
Tyr	8	13,5	9,1	10,7	1,46	13,6

¹ N er antal prøver der indgår i analysen

² SD er standardafvigelsen

³ CV er variationskoefficienten

Mineralindholdet i hvedebærme vil variere afhængig af råvaren. Forskelle i mineralindholdet i råvaren kan henføres til sorten og dyrkningsforhold, så der vil være en naturlig variation mellem dyrkningsområde og år. En lille forskel imellem forskellige råvarer kan dog blive væsentlig i DDGS'en, hvor indholdet bliver øget med en faktor 3 på grund af produktionsprocessen (Nuez-Ortín & Yu, 2010).

Den betydelige variation i sammensætningen af bærme betyder, at det er nødvendigt at kende næringsstofindholdet af det konkrete parti man vil anvende, hvis rationens næringsstofsammensætning skal optimeres. Især hvis bærme skal indgå som en betydende del af foderationen. Kraftigt varmebehandlede partier kan have nedsat proteinfordøjelighed, ligesom der kan være risiko for indhold af sundhedsskadelige forbindelser dannet på grund af for kraftig opvarmning (Fødevarestyrelsen, 2012).

Med hensyn til risiko for indhold af uønskede stoffer i øvrigt henvises som tidligere nævnt til rapporten "Biprodukter fra fødevarer- og nonfoodindustrien til foderbrug – sikkerhed for mennesker og dyr", udgivet af Fødevarestyrelsen, Foder (tidligere Plantedirektoratet) i 2012 (Fødevarestyrelsen, 2012). Den grundlæggende sikkerhed af produkterne er sikret gennem foderstoflovgivningen, og såfremt leverandøren er registreret som fodervirksomhed hos den

relevante myndighed og følger de gældende regler om foder, bør der ikke være problemer med uønskede stoffer i foderet.

Foderværdi

Generelt har forskningen vist, at DDGS baseret på såvel hvede (korn) som majs kan indgå som energi- og proteinfoder i en mængde op til 30 % af rationens tørstof med ingen eller en positiv effekt på køernes tørstofoptagelse, mælkeproduktion og mælke kvalitet, hvor det er sammenligneligt med standard-rationer baseret på traditionelle fodermidler (Newkirk, 2011; Kalscheur et al., 2012). I enkelte forsøg har der været negativ effekt af højere mængder DDGS (> 30 % af tørstof). En del af den ekstra produktion ved fodring med DDGS kan dog i nogle af forsøgene skyldes en mindre forøgelse af rationens fedt- og energiindhold med den stigende mængde DDGS, især i forsøg med majs baseret DDGS.

DDGS har generelt en lavere nedbrydningsgrad af proteinet i vommen end hvede på grund af opvarmningen under tørring og pelletering og er derfor en kilde til by-pass protein, som dog har en lavere kvalitet end proteinet i hveden (Li et al., 2012). For korn er den effektive vomnedbrydelighed af proteinet omkring 20-30 %-enheder lavere i DDGS end i råvaren (kornet), mens den kun er omkring 5 %-enheder lavere i DDGS baseret på majs i forhold til majs som sådan (Kalscheur et al., 2012). Vomnedbrydeligheden af proteinet i hvede DDGS og sojaskrå er sammenlignelig men højere end i rapsskrå (Maxin et al., 2013).

I et forsøg af Zhang et al. (2010) erstattede hvede DDGS byghelsædsensilage og udgjorde ca. 20 % af rationen (tørstofbasis) i de to forsøgsbehandlinger, som også indeholdt lucernehø. Tørstofoptagelsen og mælkeydelsen blev øget sammenlignet med kontrolrationen med byghelsæd. Dog blev mælkeydelsen i EKM ikke større, da et øget protein – og laktoseindhold blev modvirket af et fald i fedtprocenten. Forsøget var lavet for at undersøge, om lucernehø kunne afbøde faldet i struktur, tyggetid og pH i vommen, når byghelsæd blev erstattet med DDGS, men det kunne lucernehøet ikke, da der ikke var væsentlige forskelle mellem forsøgsrationen med og uden lucernehø. I et andet forsøg (Chibisa et al., 2012) bestod basisrationen af byghelsædsensilage og rapsskrå, og DDGS udgjorde 10, 15 eller 20 % (tørstofs basis) i forsøgsbehandlingerne, hvor det primært erstattede rapsskrå. Tørstofoptagelsen og mælkeydelsen blev øget, men mælkens sammensætning blev ikke ændret. Maxin et al. (2013) sammenlignede (% af fodertørstof) rapsskrå (20,8), sojaskrå (13,7) og hvede DDGS (22,8) i en græs-baseret ration og fandt ingen effekt på foderoptagelse eller ydelsesparametre.

Benchaa et al. (2013) ombyttede majs og sojaskrå med majsbærme op til 30 % af fodertørstof, og fik en positiv effekt på foderoptagelse og mælkeydelse i kg mælk, men mere begrænset effekt på ydelsen i energikorrigeret mælk pga. en reduktion i mælkens fedtprocent. Paz et al. (2013) ombyttede majs og ”Soy Pass” med majs DDGS op til 20 % af fodertørstof uden effekt på ydelse eller foderoptagelse. Derimod fandt Zanton et al. (2013) et faldende mælkeydelse med stigende

indhold af majs DDGS (0, 10 og 20 % af tørstof) i en ration baseret på majsensilage. Schingoethe et al. (2009) konkluderede baseret på et review, at fodring med bærme op til 30 % af foderrationens tørstof resulterede i samme eller øget mælkeydelse, men at det blev problematisk at balancere rationen med næringsstoffer, når bærme udgjorde mere end 20 % af rationstørstoffet, idet højere niveauer af bærme ofte gav overforsyning med protein og fosfor.

Generelt viser forsøgene med malkekøer således, at DDGS kan indgå med op til 30 % DDGS i rationen og erstatte proteinkilder af god kvalitet, som fx soja- og rapsprodukter, uden negative effekter på foderoptagelse eller mælkeydelse.

3.2 C5- og træmelasse

Der er ikke gennemført forsøg med C5-melasse til kvæg, men erfaringerne med træmelasse tyder på, at drøvtyggere uproblematisk kan udnytte C5-melassen, hvilket også skulle forventes, da drøvtyggere er vant til xylose fra vomfermentering af hemicellulose. Forsøg med smågrise har vist tilfredsstillende foderværdi, når C5-melassen udgjorde 5 % af foderet, men reduceret foderudnyttelse ved niveauer på 10 % og derover (Inbicon, 2009).

Sammensætning af C5-melasse sammenlignet med roe- og rørmelasse

I tabel 7 er C5-melasse sammenlignet med roe- og rørmelasse. Sammensætningen af C5-melasse er baseret på Larsen et al. (2012) samt på information fra Inbicon (2012), mens roe- og rørmelasse er baseret på NorFor Feedtable (2013).

Sammenlignet med de andre melasser er C5-melassen betydeligt lavere i tørstofindhold. I tørstoffet er askeindholdet lavere. Kaliumindholdet i tørstof ligger mellem roe- og rørmelasse, mens natriumindholdet er højere end i de to andre melasser. Desuden er jernindholdet højt i C5-melasse (ca. 1 g/kg tørstof), hvilket er ca. 10 gange så højt som i roe- og rørmelasse. Råproteinindholdet ligger på samme lave niveau som i rørmelasse, og aminosyrerne består langt overvejende af glutaminsyre og asparaginsyre, hvor det i rørmelasse overvejende er asparaginsyre, og i roemelasse overvejende glutaminsyre (Misciattelli et al., 2002), mens indholdet af andre aminosyrer er ubetydeligt i alle tre melassetyper. Aminosyrerne udgør kun ca. 30 % af råproteinet i C5-melasse, hvilket er nogenlunde på niveau med andelen i roe- og rørmelasse. Fedtindholdet og fiberindholdet er ubetydeligt i alle tre melassetyper. Hvor sukkerindholdet (sukrose) er på godt 60 % af tørstof i roe- og rørmelasse, er summen af monosakkarider og oligosakkarider 44 % af tørstof i C5-melassen. Såvel i monosakkarider som i oligosakkarider (inkl. disakkarider) udgør xylose langt størstedelen, i oligosakkarider ca. 75 % og i monosakkarider ca. 50 %, mens glukose og arabinose udgør resten.

C5-melasse indeholder derudover ca. 10 % organiske syrer, som overvejende er eddikesyre, men også myresyre og mælkesyre, samt glycerol (ca. 2 % af tørstof) og etanol (ca. 2 % af tørstof).

Tabel 7. Sammenligning af sammensætningen af C5-melasse med roe- og rørmelasse (Larsen et al., 2012; NorFor Feedtable 2013).

	C5-melasse	Roe-melasse	Rør-melasse
Tørstof %	65	74	73
% i tørstof			
Råaske	10,5	12,7	14,2
Råprotein	5,2	13,0	5,5
Råfedt	0,3	0,1	0,4
Træstof	0,3	0	0
Sukker ¹	14	60,0	61,8
Oligosakkarider	30		
Mineraler, g/kg tørstof			
Calcium	4,9	5,4	5,4
Fosfor	1,5	0,4	0,7
Kalium	ca. 40	28	49
Natrium	ca. 40	4,1	2,3
Klor	ca. 16	4,3	22

¹monosakkarider for C5-melasse og sukrose (disakkarid) for roe- og rørmelasse

Som nævnt ovenfor er der en del organiske syrer og salte i C5-melasse, som man skal være opmærksom på i en fodringssituation, men der har ikke kunnet findes informationer om forekomst og niveau af eventuelle forureninger, toksiner eller lignende.

Variationer i C5-melassen

Teknologien er stadig under udvikling, derfor vil det kunne forventes, at C5-melassen vil ændres over tid pga. ændringer i produktionsteknologien, men samtidig kan det forventes at produktionen bliver mere stabil med mindre variation mellem batch. Derudover vil der kunne forventes variationer i C5-melassen som skyldes variationer i råvaren. Halmen, der tages i anvendelse, vil variere afhængig af halmttype, samt af vækstbetingelser og høstbetingelser for kornet, hvilket kan forventes at have en betydelig påvirkning af såvel den organiske som den uorganiske sammensætning af C5-melassen. Men for nærværende er der ikke data, der kan kvantificere denne variation.

Foderværdi

Som omtalt ovenfor, er der ikke gennemført forsøg med C5-melasse til kvæg. Men ud fra ovenstående kan det forventes, at C5-melasse har en foderværdi, der svarer til dens kemiske sammensætning, idet indholdet af mono-, di- og oligosakkariderne må forventes at være forgærbare i vommen. Det organiske indhold kan forventes at være næsten fuldstændig

tilgængeligt, hvilket vil medføre en estimeret *in vivo* fordøjelighed af organisk stof på ca. 90 %, og estimeret foderværdi af tørstof vil således være sammenlignelig med roe- og rørmelasse. C5-melassen må forventes at være bedre egnet til drøvtyggere end til enmavede, da absorberet xylose i stor omfang udskilles i urinen hos enmavede (Fowler & Cooke, 1960), og da oligomere med β bindinger skal omsættes mikrobielt. Mikrobiel omsætning sker hos enmavede i tyk- og blindtarmen med deraf følgende reduceret energiudnyttelse, da syntetiseret mikrobielt stof tabes i gødningen. I roe- og rørmelasse er sukkerindholdet sukrose, og sukrosen omsættes med meget høj hastighed i vommen (Weisbjerg et al., 1998). Kulhydraterne i C5-melasse indeholder en stor andel oligosakkarider. Disse må som nedbrydningsprodukter af cellulose og hemicellulose formodes at være sammenkædede med β bindinger, som kan forventes at være langsommere omsættelige end sukrose. Den forventede langsommere omsætning vil sandsynligvis være en fordel mht. vommiljø. Ud fra dette må det forventes, at der til kvæg uproblematisk kan anvendes C5-melasse op til ca. 10 % af fodertørstof, men smageligheden af C5-melasse til kvæg er ukendt. Dog viste foderforsøget med smågrise, at smageligheden for denne dyregruppe ikke reducerede foderoptagelsen, når der indgik op til 15 % C5-melasse i foderet, som var den største andel, der blev testet (Inbicon, 2009).

3.3 Rapskage og -skrå

Rapsfrø dyrkes udbredt i Europa, dog primært i Nordeuropa og Frankrig (EuroStat, 2013), primært for olieudbyttets skyld, men kage og skrå af dobbeltlave rapssorter er samtidig fortrinlige proteinfodermidler til drøvtyggere og har vundet stor indpas i kraftfoderblandinger til danske malkekøer igennem de sidste 20-25 år. Dobbeltlav raps er karakteriseret ved et lavt erucasyreindhold (C22:1; lavere end 1 %) og et lavt glucosinolatindhold (lavere end 18 $\mu\text{mol/g}$ frø). Proteinkvaliteten i raps er karakteriseret som værende god, da indholdet af aminosyren methionin er højt. Rapsskrå med 4 % fedt indeholder typisk 39 % råprotein (tørstofbasis), mens rapskage med 11 % fedt indeholder 33 % råprotein.

Rapskage fremstilles ved presning af frøene enten ved en koldpresningsteknik eller ved samtidig tilførsel af varme for at øge olieudbyttet. Rapsskrå fremstilles ved ekstraktion med organisk opløsningsmiddel (hexan) evt. efter en forudgående presning. For at fjerne den overskydende hexan toastes rapsskrå derfor ved 130 °C i 20-30 min. efter ekstraktionen. Rapsskrå vil derfor ofte have en lavere proteinopløselighed end rapskage.

Sammensætning af rapskage og rapsskrå

Videncentret for Landbrug, Kvæg udfører stikprøvekontrol af blandt andet rapskage og -skrå. Prøverne er udtaget tilfældigt af kvægbrugsrådgivere og ikke dækkende for variationen i sammensætningen. De kemiske analyser af stikprøverne (tabel 8 og 9) viser en betydelig variation i indholdet af næringsstoffer. Variationen skyldes blandt andet variation i råvaren (rapsfrøene) og i

processen ved udvinding af rapsolien. Koldpressede rapskager har generelt et højere indhold af fedt (12-13 % af vare) end almindelige ”varmpressede” rapskager (10-11 % af varen). Varmebehandling under presning og efterfølgende har også indflydelse på andel af opløseligt protein.

Tabel 8. Analyseresultater af stikprøver af forskellige fabrikater af rapskager 2012 (Martinussen et al., 2012), samt værdier fra NorFor Feedtable (2013).

Vare/leverandør	Vand %	Råaske %	Råprotein %	Råfedt %	Opløseligt protein g/kg protein	NDF %
ATR						
Rapskager	9,8	6,1	34,4	10,1	318	20,0
Danish Agro						
Rapskager	11,1	6,1	30,3	9,2	347	21,9
Rapskager	11,5	6,1	31,7	9,5	352	20,4
Scanola						
Rapskager	11,8	6,9	29,2	9,7	241	21,3
Emmelev						
Rapskager	10,1	8,0	30,3	8,8	233	22,0
Rapskager	9,8	6,4	31,7	12,3	263	19,7
DLG						
Danrapskager	11,3	6,4	31,5	12,8	350	19,3
Danrapskager	10,8	6,0	28,8	13,0	233	20,6
Gennemsnit	10,8	6,5	31,0	10,7	222	20,7
NorFor Feedtable¹	11,5	7,1	33,3	12,2	264	26,8

1: Rapskage NorFor, 10 % fedt (NorFor Feedtable, 2013).

Alle rapsanalyserne ligger fint med højt indhold af råprotein. For råfedt er der lidt mere spredning i indholdet. DLG har lidt højere indhold af råfedt i begge analyserne, mens Danish Agro ligger lidt lavere sammenlignet med gennemsnittet. De to partier af rapskager fra Emmelev er meget forskellige. Den ene har højt indhold af råfedt og aske, mens den anden har et lavt indhold af råfedt.

Tabel 9. Analyser af rapskager og-skrå udtaget i perioden december 2009 til november 2010 (Møller, 2011).

Vare/leverandør	Vand %	Råaske %	Råprotein %	Råfedt %	Opløseligt protein g/kg protein	NDF %
DLG rapskage						
Rapsol	9,7	6,2	28,0	12,4		
Rapsol	9,4	6,3	28,7	12,0		
Rapsol	9,7	6,2	28,7	12,7		
Rapsol	9,7	6,1	28,9	13,2		
Rapsol	10,2		28,6	12,7		
Egeskov	10,6	6,2	25,8	15,1	653	22,0
Danraps 12% Pro	10,7	6,4	29,5	14,2	285	19,7
Danraps alm.	12,8	6,2	29,0	11,9	274	20,6
Scanola rapskage						
Scanola	11,2	6,7	27,8	10,9	263	21,8
Scanola	13,7	6,6	28,8	10,3	379	21,4
Scanola	11,2	6,1	29,4	11,5	394	21,3
Scanola	12,2	6,1	30,1	10,4	393	20,7
Emmelev						
Rapskage	10,3	6,5	28,6	13,9	251	24,2
Tysk rapskage						
ATR	12,7	6,2	30,1	10,2	402	21,1
Kiel	11,5	5,8	29,8	10,9	434	20,2
Tysk	13,1	5,9	31,2	9,4	138	26,7
Kiel	9,6	6,3	31,7	10,4	157	25,0
Hendrix						
Tysk rapsskrå						
ADM	11,5	6,8	34,1	4,3	238	23,6

En prøve af koldpresset Egeskov rapskage har som forventet en høj andel opløseligt protein (653 g pr. kg protein). Rapskager fra Emmelev, Danraps og Scanola har fået kraftigere varmepåvirkning, og derfor er andelen af protein, der er opløseligt, noget lavere i disse. For en prøve fra Emmelev var opløseligt protein kun 250 g/kg protein. Der var fire prøver benævnt Scanola, hvor opløseligt protein varierede fra 263 til 394 g/kg protein (gennemsnit 360 g/kg protein).

To prøver af Danraps havde henholdsvis 274 og 285 g/opløseligt protein pr. kg protein. Den ene prøve var benævnt "Pro", men der var (som også fundet ved tidligere prøverunder) stort set ikke forskel for de to prøver.

I de fire prøver af tyske rapskager var fedtindhold lidt lavere end for danske rapskager (alm. kvalitet), men proteinindholdet var 1-1,5 procentenheder højere. Der var stor forskel mellem opløseligt protein for de fire prøver. To prøver havde en høj andel opløseligt protein (402 & 434

g/kg protein) og to prøver havde en meget lav andel opløseligt protein (138 & 157 g/kg protein). Der var tydelig farveforskel mellem to prøver med højt og lavt opløseligt protein, som vist i figur 10. Samtidig med den lavere andel opløseligt protein var der også højere indhold af NDF. Således var NDF-indholdet i tørstof 23-24 % for de fleste rapskager, men for de to tyske prøver, hvor proteinopløselighed var meget lav, var NDF-indholdet i tørstof øget til 29 % af tørstof.



Billede 1. Grønlig rapskage - moderat varme (opløseligt protein 438 g/kg protein)



Billede 2. Brun rapskage - kraftig varme (opløseligt protein 138 g/kg protein)

Figur 10: Variationer i rapskage af betydning for foderværdien til kvæg (Møller, 2011.)

Under forudsætning af at der anvendes dobbeltlave sorter, vil værdien af rapsproteinet primært variere som funktion af den varmebehandling rapspartiet har været udsat for ved olieekstraktionen, mens energiværdien primært vil variere med olieindholdet. Protein værdien vil så igen afhænge af AAT- og PBV-værdierne, som kan manipuleres ved hjælp af varmebehandling enten under ekstraktionsprocessen eller ved en efterfølgende toastning. Det er dog vanskeligt at give eksakte værdier for AAT og PBV, men varmebehandling sænker PBV og øger AAT, indtil varmebehandlingen bliver for voldsom, hvorved AAT kan reduceres. Generelt vil koldpresset rapskage have den laveste AAT og hexanekstraheret rapsskrå den højeste AAT værdi, med almindelig rapskage som Scanolakage og Danraps med værdier indimellem. Af samme grund findes disse rapskager også i vombeskyttede udgaver opnået ved en ekstra varmebehandling.

Uønskede stoffer

Raps indeholder glucosinolater og fedtsyren erucasyre (C22:1n-11), som er direkte ernærings-skadelige og dermed uønskede i foderet. I de moderne dobbeltlave sorter som dyrkes i EU og efterhånden også i resten af verden, er disse uønskede stoffer ved forædling nedbragt til acceptable niveauer, når der tages hensyn til det i foderblandingerne. Raps er endvidere kendetegnet ved et højt indhold af træstof og lignin, som sidder fastbundet i skallerne sammen med utilgængeligt

protein. Protein- og energiværdien i skaldelen er derfor meget lille. Endelig er en stor andel af rapsens indhold af fosfor bundet til fytat.

Når der alligevel er grund til at kende indholdet af glucosinolater og erucasyre i de dyrkede sorter skyldes det to forhold: Fra lande uden for EU findes der stadig raps og rapslignende frø (forskellige *Brassica ssp*) med højt indhold af glucosinolater, og erucasyre. Disse frø dyrkes dels af historiske grunde i lande som Indien, Pakistan og stadig også områder i Kina, derudover dyrkes i mere udviklede lande sorter med højt indhold af erucasyre og glucosinolater til teknisk anvendelse. Produkter af disse sorter bør ikke anvendes til foder.

Erucasyreindholdet og dens andel af fedtsyrerne er nem at måle ved en traditionel fedtsyreanalyse ved gaschromatografi, hvorimod glucosinolaterne er meget svære at måle eksakt, da de er kemisk ustabile og nedbrydes i stor stil under forarbejdningen både som følge af enzymatiske processer, varmebehandling og pH-forhold. Det er derfor analytisk meget svært at påvise, hvor stort det oprindelige indhold af glucosinolater har været. Glucosinolatproblemet forstørres endvidere af, at nedbrydningsprodukterne er langt mere skadelige end de intakte glucosinolater. Nedbrydningsprodukterne omfatter en lang række stoffer som goitrin, isothiocyranter, thiocyanat og mange flere, som alle har forskellige negative fysiologiske effekter – selv i små koncentrationer. Kvantificeringen af nedbrydningsprodukterne er i praksis umuligt, da der ikke findes gode analysemetoder hertil. De kvantitativt dominerende glucosinolater i dobbeltlav raps er progoitrin, 4-hydroxyglucobrassicin og gluconapin.

Foderværdi til kvæg

Der god dokumentation for at rapskager og -skrå af dobbeltlave rapssorter og af god kvalitet kan anvendes med godt resultat i fodringen af køer og kan være ligeværdige med fx sojaskrå. Danske undersøgelser (Hermansen et al., 1995) viste således, at der kunne anvendes op til 4,4 kg dansk rapsskrå, uden at det påvirkede mælkeproduktionen, mælkekvaliteten eller koens jodstofskifte uacceptabelt. Huhtanen et al. (2011) viste i en litteraturgennemgang og metaanalyse, at rapsskrå var fuldt ligeværdig med sojaskrå, hvad angik foderoptagelse og mælkeproduktion. Ligeledes fandt Martineau et al. (2013) ved en metaanalyse, at rapsskrå har en positiv indvirkning på foderoptagelse, mælkeydelse og mælkeproteinproduktionen sammenlignet med andre protein fodermidler som fx sojaskrå og tørret bærmølle ved samme proteinindhold. Rapsprodukter kan derfor uproblematisk anvendes til at dække kvægets proteinbehov, og hvis der tages hensyn til fordøjelighed, aminosyresammensætning og mineralindhold m.m. kan værdien af rapsprodukter forventes at være på højde med sojaskrå.

3.4 Glycerol

Glycerol til foderbrug er en tyktflydende (som sirup) og sødt smagende væske, der fremkommer som et vandigt biprodukt ved fremstilling af biodiesel fra planteolier. Glycerol er en sukkeralkohol bestående af tre kulstofatomer og tre alkoholgrupper, to glycerolmolekyler svarer teoretisk til et glukosemolekyle. Energiværdien af ren glycerol er derfor teoretisk lig energiværdien i sukker. Glycerol til foderbrug indeholder foruden glycerol (80-85 %) også en del vand (10-15 %) samt urenheder i form af metanol, råfedt (sæber, fedtsyrer, methylestre og glycerider), vand og salte. Glycerol har en vægtfylde på 1.261 kg pr. liter, og er oftest farveløs, men afhængig af råvaren, processen og evt. urenheder kan farven på glycerol til foderbrug variere og være gullig til rødbrun.



Variation i farven på seks forskellige rå glycerolprøver er meget markant. Foto: Paige Gott. From the report "Variation in the Chemical Composition of Crude Glycerin".

Der findes to former for glycerol på markedet: rå glycerol og glycerin. Rå glycerol anvendes fortrinsvis i foderstofindustrien og indeholder 80-85 % glycerol samt vand og urenheder. Glycerin (ren glycerol) er oprenset og meget dyrere end rå glycerol og anvendes primært i fødevarer-, medicinal- og kosmetikindustrierne. Den urenhed, som kræver mest opmærksomhed er metanol, mens salte og tungmetaller normalt spiller en mindre rolle. Da der anvendes metanol i overskud under fremstilling af biodiesel, skal det overskydende metanol fjernes, før det rå glycerol kan bruges til foder, dette foregår ved en destillationsproces (metanol har kogepunkt ved 65 °C). Den herved tilbageværende glycerol indeholder nu ubrugt katalysator og sæber, som neutraliseres ved tilsætning af svovl- eller saltsyre, samt en mindre rest af metanol og har et glycerolindhold på 80-85 %.

Der er ikke relevante analysedata vedrørende sammensætningen af glycerol i NorFor's fodermiddeltabel eller i on-line fodermiddeltabellen Feedipedia. Derfor er der i tabel 10 vist eksempler på de garanterede værdier for sammensætning af rå glycerol til foderbrug, som angives på produktbladet fra to store europæiske leverandører, samt analyseværdier fra certifikater, der er fulgt med leverancer fra samme leverandører. Desuden er sammensætningen af rå glycerol anvendt i nyere fodringsforsøg er rapporteret i tabel 10.

Tabel 10. Eksempler på de garanterede værdier for sammensætning af rå glycerol til foderbrug, som angives på produktbladet fra to store europæiske leverandører, samt analyseværdier fra certifikater der er fulgt med leverancer fra samme leverandører i 2013. Desuden er sammensætningen af rå glycerol anvendt i nyere fodringsforsøg vist.

Glycerin 80 % Diester Industry			CD80 rå glycerin, ADM		Omazic et al. 2013	Wilbert et al. 2013	Kass et al. 2013
	Garanti ¹	Analyseret ²	Garanti ³	Analyseret ⁴	Analyseret		
Glycerol, %	Min 80	81,5 – 85,3	80	81,8	88,1	70	82,6
Vand, %		10,6-14,7	<= 15	12,6	9,3	14	7,1
MONG / TFM ⁵ , %	Max 2	0,3-1,1	<= 2	0,8			1 (råfedt + metanol)
Aske, %	Max 5	3,3-3,6	3,5-7,5		0,9		9,3 (salte)
Metanol, %	Max 0,2	0,04-0,18	<=0,2		0,8	<0,005	0,4
Natrium, %	< 5	<5	1,5-3,0				
Kalium, %	Spormængder	Spormængder	< 0,1				

1: Leverandørens (Diester Industrie, France) garanterede niveauer

2: Minimum- og maksimumværdier fra leverandørens analysecertifikater fra 3 leverancer

3: Leverandørens (ADM Hamburg Aktiengesellschaft, Germany) garanterede niveauer

4: Analysecertifikat fra 1 leverance

5: Organisk stof som ikke er glycerol (urenheder som FFA, sæber, fedtsyrer, methylestre og glycerider)

Uønskede stoffer

EU har fastsat en maksimumsgrænse på 0,2 % for indhold af metanol i rå glycerol brug i husdyrfoder (COMMISSION REGULATION (EU) No 575/2011). Det amerikanske Food and Drug Administration (FDA) anbefaler en generel grænseværdi for metanol i glycerol til husdyrfoder på 150 ppm (0,15 %). Vomomsætningen af metanol (Pol & Demeyer, 1988) betyder dog, at drøvtyggere kan tåle højere niveauer, og Kalscheur et al. (2012) anbefaler en grænse på 1 % metanol i glycerol til drøvtyggere.

Glycerol kan have et relativt højt indhold af salte som konsekvens af de syrer og baser, der anvendes i produktionen. Natrium, kalium og klorid vil normalt ikke være problematiske. Men hvis der anvendes svovlsyre i produktionen, kan svovlindholdet blive for højt og medføre risiko for forgiftning. Der er rapporteret om fund af arsen i glycerol fra både Tyskland og Italien (Fødevarestyrelsen, 2012).

Fødevarestyrelsen (2012) vurderer, at da rå glycerol er resultatet af en række procestrin, som inkluderer en kraftig basisk hydrolyse, er sandsynligheden for forekomst af fareelementer i form af hydrolyserbare organiske molekyler, såsom mange pesticider og mykotoksiner m.v. lav. Dog vil persistente pesticider og andre persistente forbindelser, eksempelvis PAH'er (Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner), kunne overleve disse processer. Ligeledes vil metalforbindelser kunne overleve i form af inerte metalsalte. Metalholdige pesticider eller andre metalholdige molekyler, som nedbrydes under processeringen, vil kunne genfindes som metalsalte (Fødevarestyrelsen, 2012).

Med hensyn til risiko for indhold af uønskede stoffer henvises i øvrigt til rapporten ”Biprodukter fra fødevarer- og nonfoodindustrien til foderbrug – sikkerhed for mennesker og dyr”, udgivet af Fødevarestyrelsen, Foder (tidligere Plantedirektoratet) i 2012 (Fødevarestyrelsen, 2012), samt til FAO-rapporten ”Biofuel co-products as livestock feed” (Makkar, 2012). Den grundlæggende sikkerhed af produkterne er sikret gennem foderstoflovgivningen, og såfremt leverandøren er registreret som fodervirksomhed hos den relevante myndighed og følger de gældende regler om foder, bør der ikke være problemer med uønskede stoffer i foderet.

Foderværdi til kvæg

Glycerol kan anvendes som energifoder til malkekøer i mængder op til 15 % af fodertørstoffet uden negative effekter på foderoptagelse og mælkeproduktion (Donkin et al., 2009; Kalscheur et al., 2012). I moderate mængder (5-10 % af foderets TS) anses energiniveauet i glycerol at være på niveau med energiværdien i stivelse (Schröder & Südekum, 1999) målt på glycerolniveau og vil naturligvis variere med glycerolindholdet. Glycerol indgivet med drench (hvorved en væsentlig del af glycerolen by-passes vom- og netmaven) kan i visse tilfælde have en glukogen effekt. Men ved almindelig fodring i fx fuldfoderblanding skal det ikke forventes, at glycerol by-passes vommen, og foderværdien vil derfor være som for andre sukre, der forgæres i vommen.

Erfaringsgrundlaget for at anvende glycerol i kvægfoder i niveauer ud over 5 % af tørstoffet er begrænset. Schröder & Südekum (1999) fodrede 10 % ren glycerol (% af tørstof) til lakterende køer som erstatning for halvdelen af rationens stivelse uden negativ effekt på foderoptag og vomomsætning. Andre forsøg i samme niveau har også vist gode resultater med glycerol (Donkin, 2008). Der er flere fodringsforsøg med rå glycerol, der viser, at køer kan håndtere en betydelig andel i foderrationen. I et dansk forsøg (Kristensen et al., 2011) blev rå glycerol sammenlignet med NaOH-hvede i et forsøg, hvor forsøgsfodringen startede lige efter kælvning, og hvor glycerol udgjorde ca. 15 % af fodertørstoffet. I dette forsøg resulterede glycerol i en reduceret EKM-ydelse sammenlignet med NaOH-hvede, uden at tørstof optagelsen var påvirket. Det negative produktionsudslag for glycerol i forhold til sodahvede var markant større end det, der er observeret i andre undersøgelser med andre sammenligninger. DeFrain et al. (2004) tildelte op til 0,86 kg glycerol pr dag indtil 21 dage efter kælvning og fandt ingen markante negative udslag. Donkin et al. (2009) tildelte rationer med op til 15 % glycerol af tørstof uden negative effekter på mælkeproduktion eller foderoptagelse, men anvendte et raffineret produkt. Wilbert et al. (2013) tildelte lakterende køer op til 12 % rå glycerol som erstatning for formalet majs og fandt ingen effekt på foderoptagelse eller samlet mælkeydelse, men en positiv effekt af glycerol på proteinydelsen og mælkenes proteinindhold. Omazic et al. (2013) tildelte 0,25 kg ren eller rå glycerol som topdressing på kraftfoderet to gange dagligt de første fire uger af laktationen, og fandt ingen effekt af glycerol eller glycerolkvalitet på total foderoptagelse eller på ensilageoptagelse, men ren glycerol tenderede at øge mælkeydelsen. Forsøgene tyder således samlet på, at rå glycerol kan udgøre en betydelig del af foderet til malkekøer som erstatning for energifoder som fx

stivelsesholdige fodermidler. Men mængden, der kan anvendes, kan evt. afhænge af glycerolens kvalitet, idet det ikke kan afvises, at der kan være negative (smags)effekter af nogle af de sekundære komponenter i den rå glycerol.

Glycerol kan have betydning for kørnes sortering af fuldfoder, hvor det medfører mindre sortering og dermed kan have en positiv betydning for vommiljøet ved få udfodringer (Carvalho et al., 2012). En anden interessant egenskab er, at glycerol tilsyneladende forbedrer den hygiejniske kvalitet af pelleteret foder uden negative effekter for pillekvaliteten (Hippenstiel et al. 2012; Südekum et al. 2008).

4. Mælkekvalitet ved fodring med biprodukter

Vurdering af anvendelse af biprodukter som foder til malkekvæg inkluderer i første omgang aspekter, der er direkte relateret til foderværdi og mælkeydelse. Biprodukternes sammensætning kan dog også påvirke mælkens sammensætning, og dermed ændre på mælkens egenskaber, såvel smagsmæssige som teknologiske og sundhedsmæssige.

I kvalitetsprogrammet 'Arlagården' for leverandører til Arla Foods (Arla, 2013) er anført, at foderstofloven skal overholdes ved valg af fodermidler, ligesom det skal sikres, at de anvendte fodermidler er af god kvalitet. Desuden skal store mængder af en række navngivne produkter (kål, appelsinpulp m.m.) undgås, da de kan give bismag i mælken. Tilsvarende formuleringer fremgår af de øvrige mejeriers kvalitetsprogrammer.

Den eventuelle effekt af fodring med biprodukter på mælkekvalitet afhænger selvfølgelig i høj grad af, hvad der sammenlignes med, altså hvilke andre fodermidler der erstattes med biprodukter.

Effekten af biprodukter på mælkekvalitet kan være direkte, hvor stoffer fra foderet overføres til mælken (evt. efter omdannelser), eller effekten kan være indirekte, hvor stoffer fra foderet påvirker omsætningen i vommen og dermed også mælkesammensætningen.

Fodring med biprodukter vil oftest ændre den totale ration, både mht. struktur og indhold af fedt og protein. Dermed kan mælkens overordnede sammensætning i form af fedt, protein og laktoseindhold ændres, hvilket er en følge af den totale ændring i rationen snarere end effekt af de anvendte biprodukter. Uanset at den totale ration stadig er af betydning, vil de enkelte biprodukter kunne have en specifik effekt på følgende mål for mælkekvalitet: Fedtsyresammensætning, proteinsammensætning, indhold af vitaminer og antioxidanter, teknologiske egenskaber, sensoriske egenskaber og indhold af uønskede stoffer.

Fedtsyresammensætningen påvirkes direkte af foderets fedtsyresammensætning, og fodring med oliekgær vil give et betydeligt fedttilskud, der afspejles i mælkens fedtsyreprofil. Højere fedtindhold i foderet kan desuden i nogle tilfælde medføre en lavere biohydrogenering i vommen, og dermed et højere indhold af umættet fedt i mælken. Biohydrogeneringen kan også påvirkes af

andre stoffer i foderet, både stoffer, der hæmmer den mikrobiologiske omsætning og stoffer, der fremme processerne.

Mælkens proteinsammensætning påvirkes ikke af foder i samme omfang som fedtsammensætningen, men der er set ændringer i kaseintal ved forskellige fodringer.

Vitaminer og antioxidanter: Vitamin E og carotenoider overføres fra foder til mælk, hvor de udover vitaminvirkning også har antioxidantvirkning. Dvs. hvis foderets indhold af disse stoffer ændres, vil mælkens indhold ligeledes ændres. En anden vigtig antioxidant er urinsyre, der dannes ved den mikrobielle omsætning af protein i vommen, og dermed er foderets indhold af protein samt foderets påvirkning af vomprocesserne afgørende for mælkens indhold af urinsyre.

Teknologiske egenskaber: fedtfraktionen er af betydning ved fremstilling af ost og smør, hvor et højere indhold af umættet fedt vil give en blødere tekstur. Ændringer i proteinindhold samt ændringer i mineralindholdet har betydning for ostekvalitet.

Sensoriske egenskaber: Et højt indhold af umættet fedt, navnlig i kombination med et lavt indhold af antioxidanter kan give bismag som følge af oxidation. Smags- og aromastoffer kan overføres fra foder til mælk, således at smag/lugt påvirkes. Endelig kan foderets påvirkning af vomprocesserne føre til dannelse af stoffer, der påvirker mælkens smag/lugt.

Uønskede stoffer: Det er vigtigt at være opmærksom på, at der ikke er uønskede stoffer i biprodukterne, der kan overføres til mælken (fx mykotoksiner). Den grundlæggende sikkerhed af foderprodukterne er sikret gennem foderstoflovgivningen, og såfremt leverandøren er registreret som fodervirksomhed hos den relevante myndighed og følger de gældende regler om foder, bør der ikke være problemer med uønskede stoffer i foderet.

Effekt af bærmælk på mælkekvaliteten

Forudsat at den øvrige ration er sammensat, så indholdet af protein og fibre er fornuftigt, ses ingen effekt på mælkens indhold af fedt og protein. Fedtsyresammensætningen i bærmælk vil afspejle råvarens fedtsyresammensætning. I kornbærmælk vil linolsyre være forholdsvis højt, og dermed vil mælkens indhold af linolsyre og CLA stige. Hvis bærmælk erstatter fodermidler med meget lavt fedtindhold, vil mælkens indhold af stearinsyre og oliesyre desuden øges, sandsynligvis på bekostning af palmitinsyre. Fodring med bærmælk forventes ikke at påvirke mælkens smag (Schingoethe et al, 2009).

Effekt af rapskage, rapsskrå og andre olieplanter på mælkekvaliteten

Når der er tale om olieplanter med et væsentligt fedtindhold, vil dette påvirke mælkens fedtsyresammensætning. Da mange planteolier er rige på umættede C18-fedtsyrer, vil mælkens indhold af

disse fedtsyrer forøges. Ligeledes vil mælkens indhold af stearinsyre, oliesyre og CLA øges, mens indholdet af palmitinsyre reduceres, sammenlignet med en ration med et lavere fedtindhold. For nogle typer oliekræver (rapskræver) er der også et bidrag af tocopheroler. Egne resultater (Larsen et al., 2013) viser, at øgning af foderets indhold af rapskræver fra 10 til 20 % i kombination med reduktion af majs/lucerneensilage fra 80 til 60 % øger mælkens indhold af C18- fedtsyrer og reducerer indholdet af C16-fedtsyrer, mens tocopherolindholdet stiger og carotenoidindholdet falder. Mælkens farve blev mindre gul, og smagen blev karakteriseret som værende lidt mere 'hengemt' og 'staldagtig'.

Effekt af glycerol på mælke kvaliteten

Egne forsøg, hvor fodring med glycerol (15 % af tørstof) blev sammenlignet med ludbehandlet hvede, viste, at glycerol gav en højere proteinprocent i mælken, mens proteinydelsen forblev uændret (Hvelplund & Weisbjerg, 2011). Desuden fik mælken en mere hengemt smag efter glycerolfodringen (Kidmose et al., 2009). Wilbert et al. (2013) tildelte lakterende køer op til 12 % rå glycerol (tørstofbasis) som erstatning for formalet majs og fandt ingen effekt på mælkeydelse, men en positiv effekt af glycerol på proteinydelsen og mælkens proteinindhold. Harzia et al. (2013) fandt en højere proteinprocent uden nedgang i mælkeydelse i forsøg med fodring af stigende mængder glycerol (op til 15 % af tørstof) på bekostning af byg. Her blev mælkens koaguleringssegenskaber også forbedret ved fodring med glycerol, hvilket dog formodes at hænge sammen med den højere proteinprocent. I *in vitro* forsøg er det demonstreret, at glycerol kan hæmme lipolyse i vommen (Edwards et al., 2012). Dette betyder, at glycerol ville kunne beskytte de umættede fedtsyrer mod hydrogenering i vommen og således indirekte øge mælkens indhold af umættet fedt. Denne effekt sås ikke i ovennævnte egne forsøg, og det er sandsynligt, at den beskrevne effekt i *in vitro* forsøg ikke er bestandig under *in vivo* forhold, og at den mikrobielle vompokulation genvinder de lipolytiske evner.

Effekt af C5-melasse på mælke kvaliteten

Der er ikke lavet undersøgelser med C5-melasse og mælke kvalitet.

5. Miljø- og klimaaspekter ved anvendelse af biprodukter

Køernes udskillelse af næringsstofferne N og P hænger tæt sammen med foderets indhold i forhold til dyrets behov. Den væsentligste faktor i forhold til udskillelsen af N og P er derfor at afstemme rationens indhold til dyrenes behov. For såvel N som P er det relevant at se på bæreme (DDGS), som har et højt indhold af begge (tabel 11), mens C5-melasse og glycerol indeholder ingen eller meget små mængder. Tabel 11 viser et typisk indhold af råprotein (N) og P i DDGS af majs og korn, samt i typiske proteinkilder som rapskage og soyaskrå. Indholdet af såvel N som P i alle de nævnte fodermidler ligger betydeligt over det anbefalede indhold i rationer til malkekøer. Derfor kan DDGS af både korn og majs bruges som alternativ til raps og soja til at afstemme protein- og P-indholdet i rationen. Men det høje indhold kan også lægge en begrænsning for den andel, der kan anvendes i rationen. Indholdet af fosfor i forhold til råprotein er betydeligt højere i korn DDGS og rapskage end i soyaskrå. Det relativt høje indhold af P i forhold til råprotein kan ligeledes lægge begrænsninger for muligheden for at afstemme rationens indhold af råprotein ved hjælp af DDGS.

Tabel 11. Indhold af råprotein og fosfor (P) i forhold til tørstof (ts) og energi (FE) i DDGS af majs og korn, samt i rapskage og soyaskrå.

	Fosfor	Råprotein	g P /	g råprotein	
	g / kg ts	g / kg ts	100 g råprotein	g P / FE	/ FE
Majs DDGS	8,4	294	2,9	6,5	228
Korn DDGS	8,1	340	2,4	7,0	293
Rapskage	11,1	333	3,3	9,3	278
Sojaskrå, afskallet	7,1	528	1,3	5,1	377

Klimabelastning ved produktion af biprodukter til kvægfoder

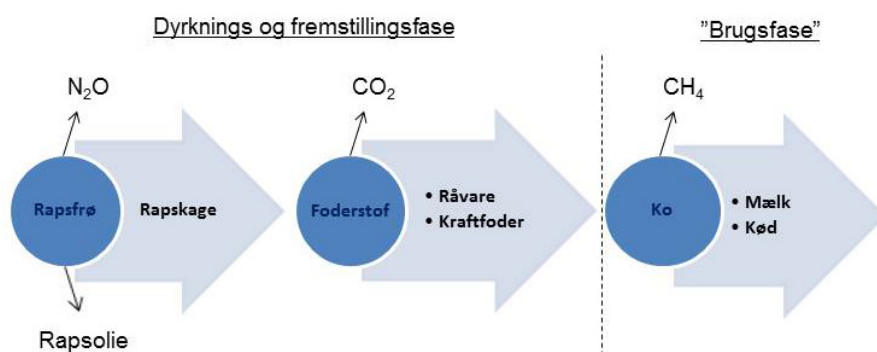
Blandt forbrugerne og i samfundet generelt er der kommet et markant øget fokus på, hvordan fødevarerproduktion påvirker CO₂-udledningen og klimaet. Både kød og mælk har været debatteret i medierne og specielt klimabelastningen ved produktion af oksekød har haft stor fokus. Klimadebatten betyder, at store virksomheder som blandt andet Arla klimadeklarerer deres mælkeprodukter i England primært på grund af krav fra supermarkedskæder som for eksempel Tesco. Kvægbruget og dets følgeindustri i Danmark oplever for tiden ikke noget stort pres om deklareret klimabelastning fra mælke- og kødproduktion, herunder indkøbt tilskudsfoder. Men med EU's målsætning om 20 % reduktion af drivhusgasudledningen fra de ikke-kvotebelagte sektorer i forhold til 2005 (Olesen, 2011), kan det ikke udelukkes, at klimapåvirkningen fra enkeltfodermidler kommer i fokus.

Drivhusgasser og klimaværdien for biprodukter

Der findes forskellige drivhusgasser, men de primære er kuldioxid (CO_2), metan (CH_4) og lattergas (N_2O). Den samlede udledning sammenvejes i CO_2 -ekvivalenter, som giver et objektivt mål for klimabelastningen. Således omregnes metan og lattergas til CO_2 -ekvivalenter, sådan at 1 kg metan svarer til 25 kg CO_2 , og 1 kg lattergas svarer til 298 kg CO_2 . Estimeringen af metan og lattergas baseres oftest på gældende internationale konventioner fra FN's klimapanel (Intergovernmental Panel on Climate Changes; IPCC, 2006), dog med nationale tilpasninger for visse emissioner, fx metan udledning fra fordøjelseskanalen og gødningslagre.

Klimadeklareringer er baseret på en LivscyklusVurdering (LCA), som er en internationalt anerkendt metode til at estimere udledningen af drivhusgasser for et givet produkt. LCA-tankegangen bygger på, at man følger et produkt i hele dets livscyklus. I praksis vil der dog oftest være en eller anden form for systemafgrænsning. I tilfældet for biprodukter vil det typisk være sådan, at man estimerer drivhusgas-emissioner forbundet med etablering og dyrkning af afgrøden samt transporten og forarbejdningen af denne. Her efter fordeler man CO_2 -ekvivalenterne på henholdsvis hoved og biprodukt(erne) oftest ud fra økonomiske kriterier (=økonomisk allokering). Således sættes afgrænsningen der, hvor man har ét hovedprodukt og ét eller flere biprodukter, der er klar til at forlade fabrikken og blive transporteret ud til mælke- eller oksekødsproducenter.

Produkter, som i dette tilfælde biprodukter og for den sags skyld foderemner i det hele taget, er specielle, fordi de også medfører en betydende udledning af metan, når foderet omsættes i vommen. Derfor har tilskudsfoderet også betydning for udledningen i "brugsfasen", hvor specielt fedtsyrer kan reducere metanproduktionen i vommen (Brask et al., 2013). Man kan derfor argumentere for, at biproduktets metanemission, som følge af fermenteringen i drøvtyggeren, bør inkluderes i beregningerne af biproduktets klimaværdi. De forskellige faser er illustreret i nedenstående Figur 11, hvor rapskage er brugt som eksempel.



Figur 11. Eksempel på hvordan LCA-metodik bruges til at inddele rapskagens "liv" i forskellige faser for at kunne estimere klimapåvirkningen. I dyrkningsfasen er det især lattergas (N_2O), som bidrager til drivhusgasudledningen, mens det er kultveilete (CO_2) og metan (CH_4), der især bidrager i hhv. "fremstillings-" og "brugs"-fasen.

Ved brug af LCA-metodik er håndteringen af, hvordan klimaaftrykket fordeles mellem hoved- og biprodukt(er) helt central, hvilket i figur 11 er skitseret ved rapsolie hhv. rapskage. Der er ingen facitliste for denne allokering mellem hoved- og biprodukt, og det håndteres derfor forskelligt i forskellige undersøgelser. Derfor skal man være forsigtig med at sammenligne klimaværdier fra forskellige undersøgelser, før man kender metodikken. Dog er det oftest anvendte LCA-princip ”økonomisk allokering”, hvor klimapåvirkningen fordeles ud fra salgsværdien af hoved- og biprodukt.

Tabel 12 omfatter klimaværdier for biprodukterne rapskage, roemelasse og kornbærme (Agrodrank) samt sojaskrå og byg udtrykt i CO₂-ekvivalenter pr kg foder og pr energienhed (MJ NEL₂₀). Melassens klima-rangering ændres en del, når det udtrykkes per energienhed, hvilket skyldes et relativt lavt tørstofindhold på 74 %. Klimaaftrykket angivet i tabel 12 medtager ikke klimabidrag, som skyldes ”ændret arealanvendelse”, fx skovrydning, da der er store usikkerheder forbundet med sådanne beregninger. Men inkludering af skovrydning vil have store konsekvenser for sojaskrå, da beregninger har vist, at dets klimaaftryk vil 4-dobles (Mogensen et al., 2011). Sojaskrå og byg er medtaget for at sammenholde biprodukternes værdier med typisk anvendte protein hhv. energi fodermidler. Transportbidraget i tabel 12 omfatter al transport, dvs. både lokalt hvor afgrøden dyrkes og transporten til Danmark samt videre ud til landmanden.

Tabel 12. Klimaaftryk (g CO₂ ækvivalent / kg foder) for udvalgte biprodukter samt sojaskrå og byg, hvor LCA-metoden er baseret på økonomisk allokering.

	Dyrkning	Forarbejdning	Transport	Total	Total (g CO ₂ /MJ NEL ₂₀) ³
Sojaskrå¹	321	34	369	725	99
Byg¹	414	9	15	438	70
Rapskage¹	276	25	104	405	63
Melasse¹	97	33	264	394	79
Kornbærme²	250	25	25	300	47

¹ Mogensen et al. (2011)

² Flysjö et al. (2008). Bærmen er tørret via biobrændsel og har derfor et relativt lavt klimaaftryk for forarbejdning.

³ Beregnet ud fra NorFor's fodermiddeltabel (NorFor Feedtable, 2013). Der er antaget 89 % tørstof for den svenske bærme (Agrodrank).

Klimabidrag til fremstilling af kraftfoderblanding ud fra råvarer

Foderfirmaet Lantmännen i Sverige angiver, at der medgår ca. 40 g CO₂-ekvivalenter til transport af råvarer til fabrikken i Lidköping og ca. 25 g CO₂-ekvivalenter til forarbejdning af råvarerne til færdig kraftfoderpille (Lantmännen, 2011). Dette er i overensstemmelse med en større europæisk klimadatabase, hvor der angives et klimabidrag på 50 g CO₂-ekvivalenter til transport og forarbejdning pr kg foderpille (EcoInvent, 2007).

6. Perspektivering

Biprodukter fra produktionen af bioenergi kan i høj grad udnyttes i fodringen af malkekøer. Produktionen af bioenergi og dermed biprodukter er imidlertid stærkt påvirket af bioenergipolitikken og energimarkedet generelt. Udviklingen har de seneste 10 år været præget af en stor vækst i produktionen, som forventes at forsætte de næste 10 år. Derfor har markedet for biprodukterne endnu ikke nået et stabilt niveau, hvor det er muligt at forudsige udbud og priser. Desuden må der forventes et betydeligt forøget udbud af biprodukter, som kan betyde, at det bliver muligt og økonomisk interessant at anvende betydeligt større mængder af biprodukterne i foderrationen end hidtil. Imidlertid må der også forventes en betydelig teknologisk udvikling, som vil påvirke såvel hvilke råvarer, der kan anvendes, processerne, og hvilke biprodukter, der produceres.

De to primære bioenergiproduktioner er bioetanol og biodiesel, som begge primært baserer sig på landbrugsafgrøder som korn, majs, sukkerrør og oliefrø, der alle også i sig selv har en værdi som foder til dyr og fødevarer til mennesker. Derfor betyder en stigende bioenergiproduktion også en øget konkurrence på disse afgrøder, og der må forventes en videreudvikling af bioenergi-produktionen, hvor de fraktioner der ikke har direkte værdi i energiproduktionen raffineres ud og sælges separat, fx protein, fibre, vitaminer og mineraler. En sådan udvikling vil naturligvis have stor betydning for udbud, pris og kvalitet af biprodukter fra bioenergi-produktionen. Udviklingen fra 1. generations bioproduktion baseret på korn og majs mod 2. generations bioproduktion baseret på celluloseholdige råvarer som halm og træ vil naturligvis også påvirke udbuddet af biprodukter.

Biprodukternes kvalitet og foderværdi kræver fortsat opmærksomhed, især hvis de skal indgå i betydelige mængder i foderrationen. Dels er der risiko for, at uønskede stoffer fra råvaren og fra produktionsprocessen opkoncentreres i biprodukterne, og dels har der historisk været betydelig variation i biprodukternes sammensætning og kvalitet fra parti til parti. Standardisering og dokumentation af biprodukternes sammensætning og kvalitet kan derfor bidrage til at øge deres anvendelighed og værdi.

Miljøpåvirkning og klimaaftryk er et fortsat fokusområde. Som udgangspunkt har biprodukterne typisk et lavere klimaaftryk end almindeligt anvendte fodermidler, men et højt indhold af såvel kvælstof som fosfor i nogle af biprodukterne betyder, at det kan være svært at balancere rationens næringsstofindhold ved anvendelse af større mængder biprodukt. Udvikling af raffineringsprocesser til ekstraktion af specifikke komponenter, som fx fosfor, fra råvaren eller biproduktet kan yderligere bidrage til at øge anvendeligheden af biprodukterne, så rationens næringsstofindhold kan afstemmes, selvom biproduktet indgår i store mængder.

Mælkens smag, ernæringsværdi og teknologiske kvalitet er naturligvis også et fortsat fokusområde i forbindelse med introduktion og anvendelse af nye fodermidler, og især hvis de anvendes i større mængder.

7. Referencer

- Aldai, N., Aalhus, J.L., Dugan, M.E.R., McAllister, T.A., Walter, L.J. & McKinnon, J.J. 2009. Retail and sensory quality of Longissimus thoracis from steers fed corn- or wheat-based dry distillers' grains plus solubles (DDGS). Journal of Animal Science 87: E-Suppl. Abstract Joint Annual Meeting.
- ARLA, 2013. Kvalitetsprogrammet Arlagården, version 4.0, Arla Foods, 2013.
- Azarfar, A., Jonker, A. & Yu, P. 2013. Assessing protein availability of different bio coproducts in dairy cattle. Animal 7:255-264.
- Benchaa, C., Hassanat, F., Gervais, R., Chouinard, P.Y., Julien, C., Petit, H.V. & Masse, D.I. 2013. Effects of increasing amounts of corn dried distillers grains with solubles in dairy cow diets on methane production, ruminal fermentation, digestion, N-balance, and milk production. Journal of Dairy Science 96:2413-2427.
- Belyea, R.L., Rausch, K.D., Clevenger, T.E., Singh, V., Johnston, D.B. & Tumbleson, M.E. 2010. Sources of variation in composition of DDGS. Animal Feed Science and Technology 159:122-130.
- Brask, M., Lund, P., Weisbjerg, M.R., Hellwing, A.L.F., Poulsen, M., Larsen, M.K. & Hvelplund, T. 2013. Methane production and digestion of different physical forms of rapeseed as fat supplement in dairy cows. Journal of Dairy Science 96:2356-2365.
- Carvalho, E.R., Schmelz-Roberts, N.S., White, H.M., Wilcox, C.S., Eicher, S.D. & Donkin, S.S. 2012. Feeding behaviors of transition dairy cows fed glycerol as a replacement for corn. Journal of Dairy Science 95:7214-7224.
- Chibisa, G.E., Christensen, D.A., Mutsvangwa, T. 2012. Effects of replacing canola meal as the major protein source with wheat dried distillers grain with solubles on ruminal function, microbial protein synthesis, omasal flow, and milk production in cows. Journal of Dairy Science 95: 824-841.
- Christen, K.A., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., Karges, K.K. & Gibson, M.L. 2010. Response of lactating dairy cows to high protein distillers grains or 3 other protein supplements. Journal of Dairy Science 93:2095-2104
- DeFrain, J.M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F. & Jardon, P.W. 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood and metabolites and lactation performance. Journal of Dairy Science 87:4195-4206.
- Donkin, S.S. 2008. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle R. Bras. Zootec. vol.37 no.spe Viçosa July 2008 *On-line version* ISSN, 1806-9290.

Donkin, S.S., Koser, S.L., White, H.M., Doane, P.H. & Cecava, M.J. 2009. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92:5111-5119.

Ecoinvent. 2007. Database available in SimaPro. www.Ecoinvent.ch

Edwards, H. D., Anderson, R.C., Miller, R.K., Taylor, T.M., Hardin, M.D., Smith, S.B., Krueger, N.A. & Nisbet, D.J. 2012. Glycerol inhibition of ruminal lipolysis in vitro. *Journal of Dairy Science* 95:9:5176-5181.

EuroStat 2013. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

Feedipedia. 2013. <http://www.feedipedia.org/>

Flysjö, A., Cederberg, C. & Strid, I. 2008. LCA-databas för konventionella fodermedel. SIK rapport nr 772. Fowler, D. & Cooke, W.T. 1960. Diagnostic significance of d.Xylose excretion test. *Gut* 1:67-70.

Fødevarestyrelsen. 2012. Biprodukter fra fødevarer- og nonfoodindustrien til foderbrug – sikkerhed for mennesker og dyr. Fødevarestyrelsen, Foder (tidligere Plantedirektoratet), 2012.

Harzia, H., Kilk, K., Ariko, T., Kass, M., Soomets, U., Joudu, I., Kaart, T., Arney, D., Kart, O. & Ots, M. 2013. Crude glycerol as glycogenic precursor in feed; effects on milk coagulation properties and metabolic profiles of dairy cows. *Journal of Dairy Research* 80:2:190-196.

Hermansen, J., Aaes, O., Ostensen, S. & Vestergaard, M. 1995. Rapsprodukter til malkekøer - Mælkeydelse og Mælke kvalitet. Forskningsrapport no. 29, Statens Husdyrbrugsforsøg, 31 pp.

Hippenstiel, F., Südekum, K.-H., Meyer, U. & Flachowsky, G. 2012. Co-products from biofuel production for farm animals – an EU perspective. In: H.P.S. Makkar (ed.): *Biofuel co-products as livestock feed. Opportunities and challenges*. Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO), Rome, chapter 11, p. 209-227.

Huhtanen, P., Hetta, M. & Swensson, C. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science* 91:529-543.

Hvelplund T. & Weisbjerg M.R. 2011. Sodahvede og glycerol til malkekøer. *Ny Kvægforskning* 1 (9) 8-9.

Inbicon. 2009. Upubliceret foderforsøg, gennemført på Århus Universitet, tidligere DJF. Laila Thirup, DONG energy.

Inbicon. 2012. Personlig meddelelse og upublicerede resultater, Laila Thirup, DONG Energy.

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html

Kalscheur, K. F., Garcia, A. D., Schingoethe, D. J., Royón, F. D. & Hippen, A. R. 2012. Feeding biofuel co-products to dairy cattle. In: H.P.S. Makkar (ed.): *Biofuel co-products as livestock feed. Opportunities and challenges*. Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO), Rome, chapter 7, p. 115-154.

Kass, M., Ariko, T., Samarütel, J., Ling, K., Jaakson, H., Kaart, T., Arney, D., Kärt, O. & Ots, M. 2013. Long-term oral drenching of crude glycerol to primiparous dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology* 184:58-66.

Kidmose U., Larsen M.K., Nielsen J.H, Hvelplund T. & Weisbjerg M.R. 2009. Sensory quality of bovine milk as affected by breed and feeding either NaOH treated wheat or glycerol. Poster 8. Pangborn Sensory Science Symposium, Firenze 2009.

Kravanja, P., Könighofer, K., Canella, L., Jungmeier, G. & Fridl, A. 2012. Perspectives for the production of bio from wood and straw in Austria: technical, economic, and ecological aspects. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 14:411-425.

Kristensen, N.B., Hvelplund, T., Weisbjerg, M.R. & Børsting, C.F. 2011. Sodahvede og glycerol til malkekøer. Bilag, temamøde om aktuelle fodringsspørgsmål, Herning, 6. sep. 2011. Videncentret for Landbrug, p. 70-74.

Lantmännen. 2011. Våre foders klimatpåverkan. Tilgængelig via: www.lantmannen.se i november 2011.

Larsen. J., Havem, M.Ø. & Thirup, L. 2012. Inbicon makes lignocellulosic a commercial reality. *Biomass and Bioenergy* 46:36-45.

Larsen, M. K., Kidmose, U., Kristensen, T., Beaumont, P. & Mortensen, G. 2013. Chemical composition and sensory quality of bovine milk as affected by type of forage and proportion of concentrate in the feed ration. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93:93-99.

Li, C., Li, J.Q., Yang, W.Z. & Beauchemin, K.A. 2012. Ruminant and intestinal amino acid digestion of distillers grain vary with grain source and milling process. *Animal Feed Science and Technology* 175:121-130

Makkar, H.P.S. 2012 (ed.). *Biofuel co-products as livestock feed. Opportunities and challenges*. Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO), Rome, pp. 533.

Martineau, R., Ouellet, D.R. & Lapierre, H. 2013. Feeding canola meal to dairy cows: A meta-analysis on lactational responses. *Journal of Dairy Science* 96:1701-1714.

Martinussen, H., Thøgersen, R. & Nielsen, O.H. 2012. Stikprøver af kvægfoderblandinger 2012. Videncentret for Landbrug, Kvæg, KvægInfo nr. 2322, www.landbrugsinfo.dk.

Maxin, G., Ouellet, D.R. & Lapierre, H. 2013. Ruminal degradability of dry matter, crude protein, and amino acids in soybean meal, canola meal, corn, and wheat dried distillers grains. *Journal of Dairy Science* 96:5151-5160.

Misciattelli, L., Hvelplund, T., Weisbjerg, M.R., Madsen, J.M., Møller, J., Thøgersen, R. & Kjeldsen, A.M. 2002. Fodermidlernes indhold af aminosyrer og aminosyrernes andel af AAT. Rapport nr. 98, Landbrugets Rådgivningscenter, 56 pp.

Mogensen, L., Kristensen, T., Nguyen, T.L.T. & Knudsen, M.T. 2011. Udledningen af klimagasser fra dyrkning, forarbejdning og transport af foder. I: Kristensen, T. & Lund, P. (eds.), Kvæg og Klima. DCA rapport nr 1., p. 73-90.

Mustafa, A.A., McKinnon, J.J., Ingledew, M.W. & Christensen, D.A. 2000. The nutritive value for ruminants of thin stillage and distillers' grains derived from wheat, rye, triticale and barley. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80:607-613.

Møller, J. 2011. Rapskageanalyser 2010. Ernæringsmæssigt indhold samt mikrobiologisk kvalitet for rapskager. Videncentret for Landbrug, Kvæg, KvægInfo nr. 2181, www.landbrugsinfo.dk.

Newkirk, R. 2011 (ed.). Wheat DDGS Feed Guide. 1st edition 2011, FOBI Network, Canadian International Grains Institute. Available from www.cigi.ca, pp. 35.

NorFor Feedtable. 2013. NorFor A.m.b.a., <http://norfor.info/>.

Nuez-Ortín, W.G. & Yu, P. 2009. Nutrient variation and availability of wheat DDGS, corn DDGS and blend DDGS from bio plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:1754-1761.

Nuez-Ortín, W.G. & Yu, P. 2010. Effects of bio plant and coproduct type on the metabolic characteristics of the proteins in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93:3775-3783.

OECD-FAO Agricultural Outlook 2013-2022. <http://www.oecd.org/>

Olesen, J.E. 2011. Klimaet i den politiske debat – nationalt og globalt. I: Kristensen, T. & Lund, P. (eds.), Kvæg og Klima. DCA rapport nr 1, p. 5-10.

Olukosi, O.A. & Adebisi, A.O. 2013. Chemical composition and prediction of amino acid content of maize- and wheat-Distillers' Dried Grains with Soluble. *Animal Feed Science and Technology* 185:182-189.

Omazic, A. Werner 2013. Glycerol supplementation in dairy cows and calves. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala 2013. ISBN (electronic version) 978-91-576-7905-5.

- Omazic, A. Werner, Tråvén, M., Bertilsson, J. & Holtenius, K. 2013. High- and low-purity glycerine supplementation to dairy cows in early lactation: effects on silage intake, milk production and metabolism. *Animal* 7:1479-1485.
- Pathak, B., Chaudhari, S. & Fulekar, M.H. 2013. Biomass – resource for sustainable development. *International Journal of Advancements in Research & Technology* 2:6:271-289.
- Paz, H.A., Veth, M.J. de, Ordway, R.S. & Kononoff, P.J. 2013. Evaluation of rumen-protected lysine supplementation to lactating dairy cows consuming increasing amounts of distillers dried grains with solubles. *Journal of Dairy Science* 96:1-13
- Pol, A. & Demeyer, D.I. 1988. Fermentation of methanol in the sheep rumen. *Applied and Environmental Microbiology* 54:4:832-834
- Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R. & Garcia, A.D. 2009. Invited review: The use of distillers products in dairy cattle diets. *Journal of Dairy Science* 92:5802-5813
- Schröder, A., & Südekum, K.-H. 1999. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: N. Wratten & P. A. Salisbury (eds.), *New Horizons for an Old Crop*. Proc. 10th Int. Rapeseed Congr., Canberra, Australia, September 26–29, Paper No. 241.
- Südekum, K.-H., Schröder, A., Fiebelkorn, S., Schwer, R. & Thalmann, A. 2008. Quality characteristics of pelleted compound feeds under varying storage conditions as influenced by purity and concentration of glycerol from biodiesel production. *Journal of Animal and Feed Sciences* 17:1:120-136.
- Waugh, R.K., Moore, J.L., Lucas, H.L., & Faires, E.W. 1954. Wood molasses as a feed ingredient for lactating dairy cows. *Journal of Animal Science* 13:44-48.
- Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T. & Bibby, B.M. 1998. Hydrolysis and fermentation rate of sucrose, lactose and glucose in the rumen. *Acta. Agric. Scand., Sect. A, Animal Science* 48:12-18.
- Wilbert, C.A., Prates, E.R., Barcellos, J.O.J., & Schafhäuser, J. 2013. Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 183:116-123.
- Yu, P., Damiran, D. & Nuez-Ortín, W. 2009. Characterization of protein structure of the new co-products from bioethanol production in western Canada using DRIFT Spectroscopy: Comparison among blend DDGS, wheat DDGS and corn DDGS, between wheat and wheat DDGS, and corn and corn DDGS. Abstract for the 2009 Joint ADSA-CSAS-ASAS Annual Meeting, Montreal, July 12-16, 2009, M177.
- Yu, P., Niu, Z. & Damiran, D. 2010. Protein Molecular Structures and Protein Fraction Profiles of New Coproducts from BioEthanol Production: A Novel Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:3460–3464.

Zanton, G.I., Heinrichs, A.J. & Jones, C.M. 2013. *Short communication*: Effects of level of rumen-degradable protein and corn distillers' grains in corn silage-based diets on milk production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96:4638-4642.

Zhang, S.Z., Penner, G.B., Yang, W.Z. & Oba, M. 2010. Effects of partially replacing barley silage or barley grain with DDGS on rumen fermentation and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93:3231-3242.

Zhang, X., Beltranena, E., Christensen, C. & Yu, P. 2012. Use of a dry fractionation process to manipulate the chemical profile and nutrient supply of a coproduct from bio processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60:6846-6854.

Zinn, R.A. 1993. Comparative feeding value of wood sugar concentrate and cane molasses for feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 71:2297-2302.

Appendiks

Praksiserfaringer ved fodring med våd bærme (DGS)

Der er kun få landmænd og konsulenter, der har erfaring med at håndtere frisk bærme. Vi har dog fundet det relevant at medtage dette afsnit, da det er de fodermidler, der giver den største udfordring og kan give anledning til overvejelser, hvis man får tilbudt frisk bærme.

Det var ikke muligt at finde landmænd i Danmark, der i 2012 fik leveret frisk bærme fra produktionen af bioetanol, så dette afsnit er baseret på erfaringer fra fire danske landmænd, der tidligere har brugt frisk bærme fra De danske Spritfabrikker i Aalborg, fra to danske landmænd der har fået leveret fra udenlandske fabrikker, samt fra tre landmænd i Holland. Erfaringerne er indsamlet af trainee Tanja Mejer, Videncentret for Landbrug, Kvæg ved besøg hos og interview af landmændene. Besøgene i Holland blev arrangeret af firmaet Bonda (<http://www.bonda.nl/>), som er et datterselskab til Agrifirm (<http://www.agrifirm.com>) og formidler biprodukter fra fødevare- og energiproduktion til landmænd. På besøgene i Holland deltog også studentermedhjælper Rasmus Saugmann Pedersen, AgroTech samt to konsulenter fra Bonda.

Bærmen fra De danske Spritfabrikker adskiller sig fra bærmen fra de udenlandske fabrikker ved bl.a. at have et lavere tørstofindhold, og ved, at det leveres ved en meget høj temperatur. Vi har alligevel fundet det relevant at medtage disse erfaringer, da selve det at håndtere og udfodre et vådt og pumpbart fodermiddel giver nogle særlige udfordringer.

Besætningerne havde fra 110 til 1.000 malkekøer og brugte alle bærme til kørerne og enkelte også til ungdyr. Ingen brugte bærme til dyr under seks måneder.

Aftaler og prisfastsættelse

Fælles for landmændenes baggrund for at bruge bærme var pris, kvalitet og levering. Bærmen fra De Danske Spritfabrikker var prissat til 85 % af den gældende kornpris (3 måneder bagud) samt et tilskud fra spritfabrikken til transport. Alt i alt endte prisen derved på ca. 75 % af den gældende kornpris.

Prisen for den øvrige bærme leveret i Danmark blev ikke oplyst, men omfatter typisk kun transportomkostninger. Prisen i Holland kendes ikke.

Levering, modtagelse og opbevaring

Levering foregik med tankvogne. Fra fabrikken i Aalborg blev der leveret hver eller hver anden dag, mens intervallet mellem leveringer fra de udenlandske fabrikker er 1-2 uger. På grund af konsistensen skal tankvognen være fyldt, så det kun er muligt at få leveret hele læs. Fra fabrikken

blev den friske bærmælk via rør hældt ned i tankvognen. Ude hos brugeren blev bærmen pumpet ud, og det sidste blev blæst ud.

Ved levering tæt på fabrikken (Ålborg og Holland) var bærmen fra 60-80° ved levering, men temperaturen falder hurtigt, dels på grund af sammenblanding med rester i siloen, og dels fordi siloerne i de fleste tilfælde stod udendørs. Da bærmen har tendens til at skille ved lavere temperaturer, så der bliver en "stivnet" del og en vandig del, havde alle brugere en pumpe til omrøring og rørte i tankene med jævne mellemrum (fra et kvarter til et par timer). På to af gårdene blev der omrørt 2-3 minutter før hver udfodring, som var 7-8 gange i døgnet.

Bærmen fra de udenlandske fabrikker, der blev leveret i Danmark, var omkring 30 grader varmt ved levering. Temperaturen faldt dog yderligere, når det blev blandet med resterne i tanken.

Det blev nævnt at pH i bærmen fra den hollandske fabrik lå på ca. 3,5 %, hvilket gjorde, at holdbarheden var god.

Bærmen blev hos landmændene opbevaret i inden- eller udendørs siloer og et enkelt sted i jordtank. Udendørs siloer var frostsikret. Alle siloer var forsynet med omrører og pumpe.

Indhold og variation

Fra Ålborg var det leverede produkt meget ensartet fra gang til gang. Hvert kvartal fik landmændene tilsendt en tørstofanalyse af foderet. Tørstofprocenten lå på ca. 11 % og med meget lille variation mellem leveringer.

Bærmen fra de udenlandske fabrikker, der blev leveret i Danmark, havde et tørstofindhold på omkring 28-30 % og angiveligt et proteinindhold på ca. 40 % af tørstof. En landmand sagde, at der i begyndelsen kom analyser med hver levering, men det ophørte og en stikprøveanalyse af en senere levering viste, at produktet slet ikke levede op til det lovede, idet proteinindholdet lå på 27 % af tørstof og der var et højt sukkerindhold.

I Holland formidler bl.a. Bonda biprodukter fra fødevare- og energiproduktion til landmænd fra flere forskellige fabrikker. Det blev oplyst, at der ikke gives garanti på indholdet, da der er variation fra leverance til leverance også inden for fabrik. Hvor stor denne variation er, blev ikke oplyst. For Bonda ligger der en udfordring i at sikre landmændene leverancer ved stop/pauser i produktionen på fabrikkerne, da de ofte får besked sent i forbindelse med leveringsstop.

Variation mellem leveringer og stop i leveringer i ferieperioder giver udfordringer i en foderplanlægning og blev af landmændene nævnt som en ulempe ved bærmen og i et enkelt tilfælde også som årsag til at holde op med at bruge bærmælk.

Udfodring og anvendelse i foderrationen

Hos alle landmænd blev bæreme udfodret sammen med andre fodermidler. Alle, der fik bæreme fra etanolfabrikkerne, blandede det med de øvrige fodermidler i fuldfoderblanderen. Erfaringen var at det fungerede bedst, når bæreme blev blandet i sidst, hvor det så medvirkede til at gøre blandingen mere fugtig og homogen. Tre af de fire landmænd, der modtog den meget varme bæreme fra Ålborg, udfodrede det direkte på foderbordet, men typisk oven på ensilage mm. Udfodringen skete med henholdsvis en tidligere gyllevogn, foderkæde og et ombygget vådfoderanlæg. Den sidste besætning blandede det i fuldfoderet. Med den meget varme bæreme fra Ålborg skulle foderet helst ædes op hurtigt for at undgå fordærvning, mens den meget lave pH i bærmen fra de udenlandske fabrikker er med til at konservere fuldfoderblandingen.

Det blev nævnt af et par af de hollandske landmænd, at det i perioder med frost kunne være en udfordring at holde rørene fra siloen til stalden/fuldfoderblanderen optøet.

Det var de teknologiske muligheder for udfodring på de enkelte gårde, der afgjorde, hvilke dyregrupper bærmen blev anvendt til. Bærmen blev alle steder anvendt til malkekøer og i nogle besætninger også til ungdyr.

Malkekøerne fik typisk seks kg våd bæreme og ungdyrene typisk to kg. Bærmen fra Ålborg indgik med større mængder, men havde også et væsentlig lavere tørstofindhold. En af landmændene havde oplevet diarre, huldtab og utrivelige køer ved at gå op til 8-9 kg dagligt og ved at bruge det til mindre kalve, mens en anden brugte 1 liter til mindre kalve uden at nævne det som et problem.

Ædelysten hos dyrene var god og generelt blev anført at bærmenes flydende konsistens medførte en god konsistens i fuldfoderblandingen, som gjorde det vanskeligt for dyrene at sortere. Det var landmændenes opfattelse, at køerne ville have sorteret efter bærmen, hvis de havde kunnet.

Fra Bonda blev oplyst, at den friske bæreme har en pH på ca. 3,5 og derfor smager surt/bittert, hvilket ifølge landmændene øger køernes ædelyst, når det blandes i fuldfoderet. Det blev af landmændene nævnt som en vigtig årsag til at bruge bæreme.

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab
Institut for Fødevarer
Institut for Agroøkologi
Institut for Ingeniørvidenskab
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.

RESUME

Produktionen af etanol og diesel fra biomasse er i vækst, blandt andet under indflydelse af den politiske diskussion af, hvordan landbrugsarealerne skal anvendes for at sikre fødevarer, foder og energi i fremtiden. Produktionen af etanol og diesel fra biomasse giver også anledning til en række biprodukter, der potentielt kan anvendes som fodermidler til malkekøer. En række af disse biprodukter har kun i beskedent omfang været anvendt som fodermidler i danske malkekvægsbesætninger. Denne rapport har derfor som formål at samle og udbrede erfaring og viden om biprodukternes kvalitet og anvendelse i foderrationen til malkekøer. Rapporten fokuserer primært på fodrings-, ernærings- og mælkekvalitetsmæssige aspekter af frisk og tørret bærmælk fra produktion af etanol baseret på korn, af C5-melasse fra etanolproduktion baseret på halm samt af glycerol og rapskager/-skrå fra produktionen af biodiesel ud fra olieholdige frø.