



Hjem > Promilleafgiftsfonden > 2014 > ØkoProtein > Varmebehandling af økologiske proteinafgrøder

## Varmebehandling af økologiske proteinafgrøder

I perioden 2011-2015 har Økologi i SEGES haft forskellige projekter vedrørende varmebehandling af proteinafgrøder, hvor både forskellige fodermidler og processer er blevet undersøgt.

Denne rapport samler resultaterne, og beregner den økonomiske værdi af at varmebehandle forskellige foderemner.

Derudover er holdbarheden af varmebehandlede fodermidler blevet undersøgt. Rapporten er inddelt i 4 hovedafsnit med en konklusion for hvert.

1. [Forskellige metoder til varmebehandling](#)
2. [Den økonomiske værdi af at varmebehandle danskdyrkede proteinafgrøder](#)
3. [Varmbehandlingens betydning for holdbarhed af foderet](#)
4. [Valsning og formaling af varmebehandlede kerner fra proteinafgrøder på kvægbrug](#)

### 1. Forskellige metoder til varmebehandling

Følgende metoder er afprøvet:

- [MasterToaster fra Mosegården A/S](#)
- [Bulldog mobil toaster fra Bulldog Agri](#)
- Svenske resultater med Roastech toaster
- Tromletørring ved høj temperatur (Danish Agro)
- Pelletering (Nybro tørreri)

I [Bilag 1](#) er resultaterne samlet for de seneste års afprøvninger med varmebehandling og andre metoder, som kan have en lignende effekt.

#### Hvad gør varmebehandlingen?

Ved at varmebehandle sker der en binding af proteinet, som gør at det nedbrydes langsommere i vommen. Proteinets kan stadig fordøjes i tarmen, og derfor er proteinets totale fordøjelighed ofte ikke nedsat pga. varmebehandlingen. Ved for høje temperaturer eller opvarmning i for lang tid, kan proteinet blive bundet for hårdt, således at fordøjelsen i tarmen bliver nedsat, og totalfordøjeligheden bliver reduceret.

Et fodermiddels AAT og PBV værdi afhænger, udover råprotein indholdet, af proteinets nedbrydningshastighed i vommen, og hvor opløseligt proteinet er i vommen, samt hvor fordøjeligt proteinet er i tarmen.

Ved hjælp af en standardlaboratorieanalyse (BSN = Buffer Soluble N) kan proteinets opløselighed bestemmes, og ofte vil en lav opløselighed også betyde en lav nedbrydningshastighed. Det er imidlertid ikke altid at proteinets opløselighed hænger sammen med proteinets nedbrydningshastighed i vommen. Så man kan godt stå med et resultat, der viser lav proteinopløselighed, men hvor der har været begrænset effekt på nedbrydningshastigheden. Det finder vi fx i ærter. Potentialet for at øge AAT og sænke PBV er derfor lavere i ærter end i lupiner og hestebønner. Det samme forekommer, når temperaturen ikke har været høj nok. Desværre kræver måling af proteinets nedbrydningshastighed en nylonposebestemmelse, hvilket er en dyr metode, som tager lang tid at udføre og derfor ikke noget man gør rutinemæssigt.

#### Test af MasterToasteren

Den optimale temperatur vil afhænge af vandindhold, formalingsgrad og formentlig også af massefylde og varens kernestørrelse. Ved varmebehandling ved forskellige temperaturer og hastighed med MasterToasteren fra Mosegården A/S, blev der fundet en fin sammenhæng mellem temperatur og den hastighed, hvormed foderet blev flyttet igennem toasteren i testserier med lupiner og hestebønner (Figur 2 og 3).



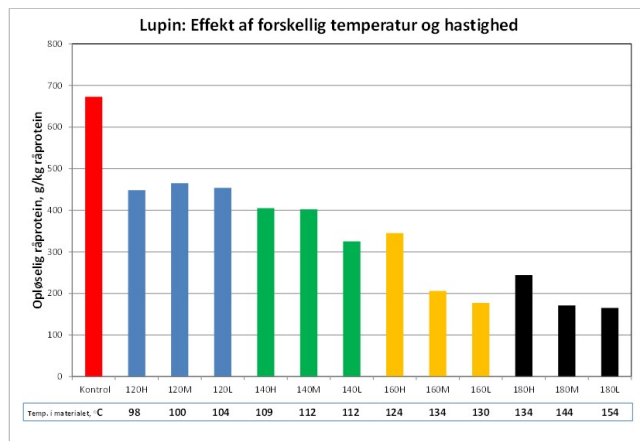
Figur 1. MasterToasteren (klik på billedet for stor udgave).  
Foto: Kirstine F. Jørgensen, SEGES

Promilleafgiftsfonden for landbrug

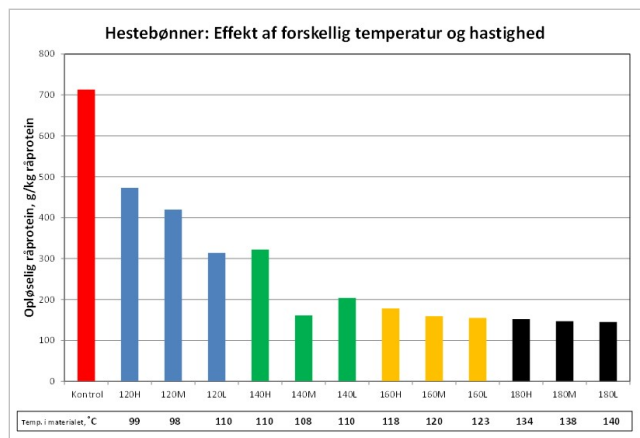


Dette projekt medfinansieres af "Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram, (GUDDP) under Fødevareministeriet.

Fonden for Økologisk Landbrug



Figur 2. Proteinets opløselighed i lupiner, som er varmebehandlet med en MasterToaster ved forskellig temperatur og hastighed. Betegnelserne angiver indstillingen af MasterToasteren med temperatur og foderets hastighed (H=høj, M=Mellem, L=Lav) gennem toasteren. Temperaturen målt i materialet under processen er angivet (Klik på figuren for stor udgave).



Figur 3. Proteinets opløselighed i hestebønner, som er varmebehandlet med en MasterToaster ved forskellig temperatur og hastighed. Betegnelserne angiver indstillingen af MasterToasteren med temperatur og foderets hastighed (H=høj, M=Mellem, L=Lav) gennem toasteren. Temperaturen målt i materialet under processen er angivet. (Klik på figuren for stor udgave).

Proteinets opløselighed fortæller dog ikke noget om, hvorvidt foderet har fået så meget varme, at fordøjeligheden er påvirket negativt. For at kunne anskueliggøre dette, skal foderet testes vha. nylonposemetoden, hvor fordøjeligheden måles i foder, som har været igennem køernes fordøjelsessystem. Med nylonposemetoden får man bestemt nedbrydningshastigheden af proteinet i vommen.

Ud fra nedbrydningsprofilerne for hestebønner og lupiner ser det ud til, at varmebehandling, hvor MasterToasteren er indstillet til 160°C, er optimalt i forhold til at sænke proteinets nedbrydelighed i vommen, uden at proteinets fordøjelighed er påvirket væsentligt i tarmen. Indstilling af temperaturen i MasterToasteren bestemmer oliens temperatur i toasteren. Foderets temperatur vil være 30-40°C lavere. Den effektive proteinnedbrydningsgrad er reduceret fra 78 til 53 % i hestebønner og fra 75 til 50 % i lupinerne (Tabel 1). Temperaturen i foderet, der passerer gennem toasteren, har været lidt højere i lupiner end i hestebønner ved den samme hastighed og temperatur. Nedbrydningshastigheden (c, % pr. time) er markant lavere efter varmebehandling for begge fodermidler.

Tabel 1. Nylonposebestemmelser af proteinets nedbrydningsprofil i hestebønner og lupiner, som er varmebehandlet i en MasterToaster ved 160 og 180° C, sammenlignet med ubehandlede hestebønner og lupiner.

	Hestebønner		Lupiner	
Temperatur indstilling på toaster (Oliens temperatur)	0	160	0	160
Temperatur målt i foderet i røret	0	120	138	0
% råprotein i tørstof	33,1	32,9	32,4	34
<b>Effektiv proteinnedbrydning*</b>	<b>78</b>	<b>53,2</b>	<b>41,5</b>	<b>74,6</b>
<b>Tarmfordøjelighed (%N)</b>	<b>97,2</b>	<b>96,6</b>	<b>92,3</b>	<b>96,9</b>
<b>Nedbrydningshastighed, c (% pr. time)</b>	<b>10,6</b>	<b>3,89</b>	<b>2,45</b>	<b>10,12</b>
				<b>2,39</b>
				<b>2,73</b>

\* ) Effektiv proteinnedbrydningsgrad beregnet med 5 % passagehastighed og korrigeret for partikeltab

Når man øger temperaturen fra 160 til 180°C, stiger temperaturen i materialet inde i røret fra 134°C til 144°C hos lupiner, og fra 120°C til 138°C hos hestebønner. Den højeste temperatur ser ud til at påvirke tarmfordøjeligheden negativt, idet den reduceres fra 97 % til 92 % i hestebønner og fra 97 til 86 % i lupiner. Nedbrydningshastigheden er yderligere sænket for hestebønner, mens der tilsyneladende er en smule højere nedbrydningshastighed for lupiner varmebehandlet ved 180°C end ved 160°C. Den effektive proteinnedbrydningsgrad er yderligere reduceret til 41,5 % for hestebønner og 34,7 % for lupiner.

Ovenstående resultater tyder på, at en temperaturindstilling på 180°C på MasterToasteren er for høj, da proteinet bindes for hårdt ved denne temperatur. Det kan ikke anbefales, at foderets temperatur under processen er højere end 130°C, men bør ligge mellem 120°C og 130°C.

Der er forskel på, hvordan temperaturen i materialet afhænger af hvilket fodermiddel, der bliver varmebehandlet. Det er illustreret ovenfor i tabel 1 med hestebønner og lupiner. Ved toastning af koldpressede hørfrøkager og koldpressede rapskager, var der stor forskel på temperaturen i materialet i toasteren, selvom den var indstillet til samme temperatur (160°C). Rapskagen fik en temperatur på 140°C og lugtede branket, mens temperaturen i hørfrøkage var 130°C. Derfor skal toasteren indstilles afhængigt af foderet og eventuelt også afhængigt af vandindhold. Det er derfor vigtigt at holde øje med, hvordan temperaturen er i foderet under processen. Virker foderet branket, når det kommer ud, har det formentlig fået for meget – det skal stadig dufte godt, som friskristet kaffe.

## Mere AAT i koldpresset rapskage, hørfrøkage og i ærter

Økologi i SEGES har undersøgt, om varmebehandling også kan forbedre proteinkvaliteten i andre økologiske proteinkilder. Økologisk rapskage er den proteinkilde, der anvendes næst hyppigst i økologisk tilskudsforer og kan fås i koldpresset og varmpresset version. Dog vil det nok typisk være en varmpresset version, som indgår i kraftfoderblandingerne. Men spørgsmålet er, om det kan svare sig at varmebehandle koldpresset rapskage, som er indkøbt som ren vare. Både ved varmebehandling af koldpressede rapskager og hørfrøkage blev der fundet en positiv effekt ([Bilag 1](#)). AAT-indholdet blev hævet fra 79 til 114 g/kg ts og fra 96 til 118 i henholdsvis koldpresset rapskage og hørfrøkage. For ærter sker der, efter

varmebehandling, en reduktion i proteinets opløselighed, men ingen væsentlige ændringer i proteinet nedbrydningshastighed i vommen. Det betyder at AAT-stigningen er mindre end forventet ud fra den kemiske analyse. AAT indholdet i ærter øges fra 97 til 137 g pr kg ts.

### Omkostninger ved brug af MasterToasteren

MasterToasteren er eldrevet. I MasterToasteren opvarmes et kammer med olie, der afgiver varmen til foderet, som føres langsomt igennem toasterens lange rør på 10 meter. Omkostninger til varmebehandling med MasterToaster er i 2012 beregnet til at udgøre ca. 30 øre pr kg foder, der varmebehandles ([se landbrugsinfo](#)). I denne pris indgår udgifter til forrentning, afskrivning, strøm, vedligeholdelse og arbejdsforbrug.

### Resultater med Bulldog mobiltoasteren



Figur 4. Den mobile Bulldog toaster. Foto: Bulldog Agri. (Klik på billedet for stor udgave)

Hvor MasterToasteren har en kapacitet på 100 kg pr time, findes der også en toaster på det danske marked, som har en kapacitet på ca. 2 tons pr. time (Bulldog mobil toaster fra Bulldog Agri). Bulldog-toasterens energikilde er enten diesel eller gas. I Bulldog-toasteren bliver foderet opvarmet med varm luft, der blæses igennem foderet i et varmekammer. Der er tale om en kortvarig opvarmning til en meget høj temperatur. Foreløbige resultater med hestebønner viser, at Bulldog toasteren giver et lignende resultat, som MasterToasteren med en sænket opløselighed af proteinet fra 650 til 229 g/kg råprotein, og en lavere nedbrydningshastighed i vommen fra 14,3 til 4,2 % pr time. Proteinets tarmfordøjelighed var i den pågældende prøve med hestebønner ikke påvirket negativt af varmebehandlingen. AAT-indholdet i hestebønne blev flyttet fra 93 til 160 g/kg ts og PBV fra 126 til 47 g/kg ts.

### Omkostninger ved brug af Bulldog Mobil toasteren

Omkostninger til varmebehandling med Bulldog Mobil toasteren er i 2015 beregnet til at udgøre ca. 18–19 øre pr. kg foder, der varmebehandles. I denne pris indgår udgifter til forrentning, afskrivning, diesel og strøm, samt vedligeholdelse og arbejdsforbrug.

### Svenske resultater med Roastech toaster

Det svenske Institut för Jordbruks- och Miljöteknik (JTI) har testet effekten af en sydafrikansk gårdtoaster på hestebønner. Roastech toasteren har en kapacitet på 100 kg/time, men kan også fås med større kapacitet. Den er eldrevet og opvarmer luften til mellem 40 og 230 °C. Luften recirkuleres. I testen blev hestebønner behandlet ca. 5,5 minutter ved forskellig temperatur. Resultaterne er vist i tabel 1. Analyseresultaterne viser en øget AAT-værdi fra 113 gram pr kg tørstof til 148 gram pr kg tørstof. Der var ingen effekt af at øge temperaturen over 140° C (Fogelberg, 2013). De angivne temperaturer, viser temperaturindstillingen af toasteren. Den aktuelle kerntemperatur er ikke målt.



Figur 5. RoasTech toaster. Foto: F. Fogelberg

Tabel 2. Effekten af at toast hestebønner med RoasTech Toaster på indhold af tørstof, AAT og PBV. Foderet er behandlet i ca. 5,5 minutter (75 Hz) og prøverne er analyseret af BLGG AgroXpertus. (Fogelberg, 2013).

Temperatur, °C	Tørstofindhold	AAT, g/kg ts	PBV, g/kg ts
Ubehandlet	87%	113	130
140	89%	148	91
160	91%	148	92
180	92%	146	85

210 92% 148 93

### Tromletørring ved max temperatur giver ikke samme effekt som toastning

I GUDP-projektet "ØkoProtein" er tromletørring af hestebønner, hvor temperaturen i tromletørreren er kørt op på maksimal, blevet afprøvet for at se, om denne proces kan give samme effekt som med toastning/varmebehandling. Hestebønnerne blev høstet i 2012 med et vandindhold på 31 % og blev efterfølgende tromletørret hos Danish Agro. Temperaturen under processen blev desværre ikke højere end 115 °C målt i materialet, hvilket er lavere end det optimale temperaturniveau (120–130 °C) ved varmebehandling. Tromletørringen reducerede proteinopløseligheden fra 619 til 343 g/kg protein, mens proteinets nedbrydningshastighed ikke blev påvirket væsentligt (Tabel 3). Dette medfører at AAT-indholdet kun blev forbedret med 1/3-del af den effekt, som blev fundet med MasterToasteren eller Bulldog-toasteren.

En gentagelse af afprøvningen med hestebønner høstet i 2013 viste samme resultat: At proteinopløseligheden sænkes, men proteinets nedbrydningsgrad i vommen er stort set uændret. Konklusionen er, at tromletørring ved max temperatur ikke giver samme effekt som varmebehandling, og kan derfor være for dyr i forhold til udbyttet af processen.

### Effekt af vandindhold

Hestebønnerne høstet i 2012 havde et vandindhold på 31 %, mens hestebønnerne høstet i 2013 havde et vandindhold på 16 %. Det ser ikke ud til, at et lavere vandindhold i 2013-prøven har forbedret effekten af processen i dette tilfælde. Det kan skyldes, at temperaturen generelt var for lav til at opnå den ønskede effekt.

Tabel 3. Analyseresultater for hestebønner høstet i 2012 og 2013 som enten er ubehandlet eller er tromletørret ved max temperatur. Tabellen viser proteinindhold og proteinopløselighed, nylonposebestemmelser af proteinets nedbrydningshastighed, samt beregnede AAT og PBV værdier fra DMS/NorFor.

Høstår	Hestebønner 2012		Hestebønner 2013	
	Ubehandlet <sup>1)</sup>	Tromletørret ved høj temperatur	Ubehandlet	Tromletørret ved høj temperatur
Tørstof, g/kg	869	861	845	900
Råaske, g/kg TS	29	30	33	32
Råprotein, g/kg TS	291	282	276	294
Protein opløselighed, g/kg protein	618	343	562	310
Nedbrydningshastighed, % pr. time 10,8 <sup>2)</sup>		8,5	11,6	10,9
AAT 20 kg TS, g/kg TS	110	138	109	131
PBV 20 kg TS, g/kg TS	124	94	114	92

<sup>1)</sup> Prøven er nedtørret på Koldkærgård i tørreskab ved 40°C forud for indsendelse til Eurofins.

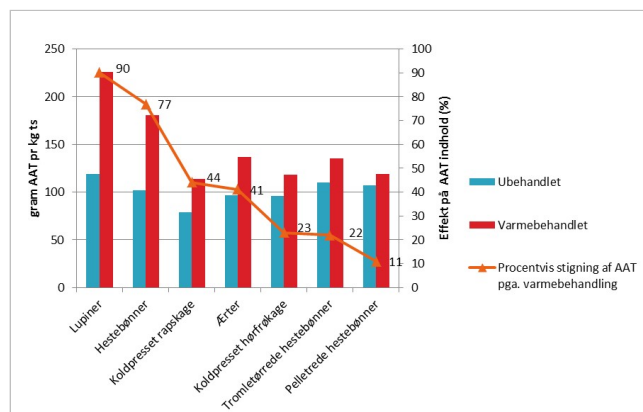
<sup>2)</sup> Anvendt som standard i ubehandlede hestebønner, da resultatet på 8,49 % pr. time var lavere end forventet og formentlig var fejlbehæftet pga. urenheder/ukrudtsfrø i prøven og et stort partikelstab fra prøven under vominkubationen.

### Pelletering ændrer proteinkvaliteten i mindre grad

Selvom temperaturen ved pelletering af hestebønner er lav (75–80 °C), er der sket en sænkning af proteinets opløselighed som følge af det tryk, som foderet udsættes for under processen (Bilag 1). Proteinets nedbrydningshastighed i vommen er imidlertid uændret, hvilket betyder, at der kun er en mindre effekt af pelletering på hestebønnernes AAT indhold (fra 107 til 119 g/kg ts).

### Potentiale i at forbedre proteinkvaliteten med varmebehandling

I Figur 6 gives et samlet billede af, hvad effekten er på AAT-indholdet, når forskellige fodermidler varmebehandles med forskellige metoder. Figuren viser, at der er størst potentiale i at varmebehandle lupiner og hestebønner, da AAT-indholdet øges med henholdsvis 90 og 77 %. Til sammenligning øges AAT-indholdet i hestebønner med 22 %, når det tromletørres ved max. temperatur, og med 11 % når hestebønnerne pelleteres. For de koldpressede olieholdige frø er potentialet for at øge AAT-indholdet større for rapskage (44 %) end for hørfrøkage (23 %).



Figur 6. Effekten af varmebehandling på AAT-indholdet i foderet (gram pr. kg tørstof) med MasterToasteren samt ved tromletørring med max temperatur og pelletering. (Klik på figuren for stor udgave).

### Konklusion

Varmebehandling kan øge proteinkvaliteten til kvævg betydeligt i økologiske proteinafgrøder. Der er særligt potentiale for et markant øget AAT-indhold i lupiner hestebønner og ærter. AAT-indholdet øges her med hhv. 90, 77 og 41 %.

For høje temperaturer medfører, at proteinets fordøjelighed i tarmen og dermed udnyttelsen af proteinet sænkes. Den optimale temperatur for at få den maksimale effekt af varmebehandlingen er 120–130°C for hestebønner og lupiner.

De afprøvede gårdtoastere MasterToaster og Bulldog Mobil toaster giver begge en effektiv varmebehandling, mens tromletørring ved maksimal temperatur kun giver en moderat effekt. Pelletering øger kun AAT-indholdet en anelse.

Omkostninger til varmebehandling med MasterToaster er i 2012 beregnet til ca. 30 øre pr. kg og med Bulldog mobil toaster i 2015 til 18–19 øre pr. kg.

### Kilde:

Fogelberg, Fredrik, 2013, Præsentation. Rostade åkerbönor och sojabönor till foder och livsmedel, JTI, Institut för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

### Bilag 1

[Til top](#)

## 2 Økonomisk værdi af at varmebehandle danskdyrkede proteinafgrøder

På basis af de resultater, der findes vedrørende varmebehandling beregnes vinterfoderrationer i DMS/NorFor for økologiske køer af stor race med et ydelsesniveau på 8.000 kg EKM og 10.000 kg EKM. Grovfoderandelen består af kløvergræsensilage samt ca. 15 % af kg majsensilage. Beregningerne ser på, hvad en tilskudsforderration med korn og sojakage koster, når standardnormerne er opfyldt på det givne ydelsesniveau. Der laves beregninger for, hvad rationsprisen bliver, når der indgår enten hestebønner eller lupiner, som er ubehandlede eller varmebehandlede med maksimal effekt ved gårdtoasting. I rationerne laves der beregninger, hvor der indgår en andel sojakage, og hvor sojakagen helt udelades af rationen. I beregningerne er der anvendt priser på tilskudsforderet, som vist i tabel 1.

Tabel 1. Priser på fodermidler anvendt i optimeringen (prognosepriser for 4. kvartal 2014, Farmtal online).

Økologiske foderemner	Kr./kg
Byg	2,30
Havre	1,75
Hvede	2,50
Sojakage	5,55
Hestebønner	3,25
Hestebønner varmebehandlet	3,65
Lupiner	3,25
Lupiner varmebehandlet	3,65

For ubehandlede og varmebehandlede hestebønner, lupiner, ærter, koldpresset hørfrøekage og koldpresset rapskage beregnes en ligevægtspris for det enkelte fodermiddel i forhold til sojakage. Ligevægtsprisen er her den pris, hvor fodermidlet erstattes fuldt ud af økologisk sojakage, når sojakage koster 5,55 kr./kg. For hestebønner beregnes ligevægtsprisen desuden ved varierede pris på sojakage.

### Scenarioberegninger: Ubehandlede versus varmebehandlede hestebønner

Der en indgår som udgangspunkt en fast andel havre i rationen. Se dyrkningsvejledning for hestebønner [her](#)

#### 8.000 kg EKM

Tabel 2 viser rationssammensætningen af tilskudsforderet ved et ydelsesniveau på 8.000 kg EKM. I rationen med ubehandlede hestebønner er der stadig behov for, at der indgår 0,5-0,6 kg ts sojakage for at opfylde næringsstofnormerne (ration B). Når der anvendes varmebehandlede hestebønner, reduceres mængden af sojakage og hestebønner (ration C). Når hestebønnerne er varmebehandlede bliver rationsprisen 0,83 kr. billigere pr. ko pr. dag frem for med ubehandlede hestebønner. Varmebehandlede hestebønner er her konkurrencedygtige med en sojakageration, idet rationen er 10 øre billigere pr. ko pr. dag. Derimod kan ubehandlede hestebønner med dette prisniveau ikke hamle op med sojakagerationen (ration A).

Hvis ubehandlede hestebønner skal være et konkurrencedygtigt alternativ til sojakagen med en pris på 5,55, så må købsprisen af hestebønnerne ikke være mere end 2,77 kr./kg i dette scenarie. Anderledes er det, når hestebønnerne er varmebehandlede. Her må prisen være op til ca. 3,52 kr./kg, hvor varmebehandlede hestebønner stadig er konkurrencedygtige med sojakage på det pågældende prisniveau. Bliver de varmebehandlede hestebønner dyrere end dette, vil sojakage være billigst at anvende.

Tabel 2. Sammenligning mellem indhold af korn, sojakage samt enten ubehandlede (HB) eller varmebehandlede hestebønner (HB+), samt rationspris i rationer optimereret til køer med ydelsesniveau på 8.000 kg EKM.

Kg tørstof	Ration A Sojakage	Ration B HB	Ration C HB+	Ration D HB+	Sojafri
Byg	3,0	1,9	2,9	2,3	
Havre	0,9 <sup>1)</sup>	0,9 <sup>1)</sup>	0,9 <sup>1)</sup>	1,7 <sup>2)</sup>	
Sojakage	0,7	0,6	0,3	0,0	
Hestebønner	-	1,1	-	-	
Hestebønner heat	-	-	0,5	1,1	
<b>Samlet rationspris, kr. pr dag</b>	<b>24,19</b>	<b>24,92</b>	<b>24,09</b>	<b>24,20</b>	

1) Rationens havreandel er fast.

2) Rationens havreandel kan varieres, mens indholdet af HB er fast i samme mængde, som DMS/NorFor vil tage ind, når prisen på HB er sat ekstra lavt (dvs. hvor prisen ikke er begrænsende).

#### Sojafri ration

For at se, hvordan optimeringen vil se ud i forhold til at tage en større mængde hestebønner ind i rationen, er der vist en alternativ sammensætning, hvor der indgår en max. mængde hestebønner i den givne ration, og hvor mængden af havre er variabel. Optimeringen er først udført med en fiktiv meget lav pris på hestebønner, hvorefter mængden af hestebønner låses fast. Der laves en ny optimering, hvor andelen af havre er variabel. Rationerne er vist som ration D i Tabel 2, og prisen er på niveau med sojakagerationen (ration A).

Rationsoptimeringen viser, at der ved 8.000 kg EKM og en ration med ubehandlede hestebønner, fortsat er behov for 0,5–0,6 kg ts sojakage. Derimod kan man ved samme ydelsesniveau med varmebehandlede hestebønner helt udelade sojakage, hvis der fodres med en højere andel havre og fedtnormen således opfyldes med havren i stedet.

#### 10.000 kg EKM

Rationer optimeret ved et ydelsesniveau på 10.000 kg EKM er vist i Tabel 3. Rationsprisen for en ration med sojakage/korn er 34,11 kr. pr. ko pr. dag (ration A). Rationen bliver dyrere i forhold til sojakagerationen, når der indgår ubehandlede hestebønner (ration B). Rationsprisen for en

vinterration vil være 1,06 kr. billigere pr. ko pr. dag, når der anvendes varmebehandlede fremfor ubehandlede hestebønner. Rationen med sojakage (ration A) er umiddelbart mere konkurrencedygtig end både den med ubehandlede og varmebehandlede hestebønner.

Tabel 3. Sammenligning mellem indhold af korn, sojakage samt enten ubehandlede (HB) eller varmebehandlede (HB+) hestebønner, samt rationspris i rationer optimeret til køer med ydelsesniveau på 10.000 kg EKM.

Kg tørstof	Ration A Sojakage	Ration B HB	Ration C HB+	Ration D HB+ Sojafri
Byg	5,1	2,7	4,5	3,6
Havre	1,4 <sup>1)</sup>	1,4 <sup>1)</sup>	1,4 <sup>1)</sup>	2,0 <sup>2)</sup>
Sojakage	1,3	1,0	0,4	0
Hestebønner	-	2,5	-	-
Hestebønner, varmebehandlede	-	-	1,7	2,6
<b>Samlet rationspris, kr. pr dag</b>	<b>34,11</b>	<b>35,30</b>	<b>34,24</b>	<b>34,67</b>

1) Rationens havreandel er fast.

2) Rationens havreandel kan varieres, mens indholdet af HB er fast i samme mængde, som DMS/NorFor vil tage ind, når prisen på HB er sat ekstra lavt (dvs. hvor prisen ikke er begrænsende).

Hvis ubehandlede hestebønner skal være et konkurrencedygtigt alternativ til sojakagen med en pris på 5,55 kr., så må købsprisen af hestebønnerne ikke være mere end 2,85 kr./kg i dette scenarie. Ligevægtsprisen for varmebehandlede hestebønnerne er ca. 3,79 kr./kg. Bliver varmebehandlede hestebønner dyrere end dette, er det billigere at anvende sojakage.

### Sojafri ration

I et forsøg på at udelade sojakage helt er der beregnet en ration med max. mængde varmebehandlede hestebønner og havre. Det vil betyde, at rationsprisen øges med soja-fri fodring, fordi der skal en større mængde foder til at opfylde næringsstofnormen (ration D). En del af forklaringen er, at det bliver svært at opfylde minimumsnormen for PBV med de varmebehandlede hestebønner ved 10.000 kg EKM.

Det mest optimale er derfor at fodre med en blanding af ubehandlede og varmebehandlede hestebønner (tabel 4). Hvis der stadig indgår sojakage, bliver rationen 16 øre billigere end med en ren sojakageration. Hvis sojakagen udelades, så koster rationen 9 øre mere, men er stadig 7 øre billigere end en ren sojakageration (ration A, tabel 3).

Optimeringen er lavet med en minimumsnorm på fedtsyrer på 19 gram pr. kg ts. I højtydende besætninger vælges der ofte at sætte minimum højere end dette. Hvis fedtsyreindholdet skal øges, er det nødvendigt at anvende andre fedtkilder fx rapsfrø/kage i rationer med hestebønner.

Tabel 4. Sammenligning mellem indhold af korn, sojakage samt hvor både ubehandlede (HB) og varmebehandlede (HB+) hestebønner og rationspris i rationer optimeret til køer med ydelsesniveau på 10.000 kg EKM.

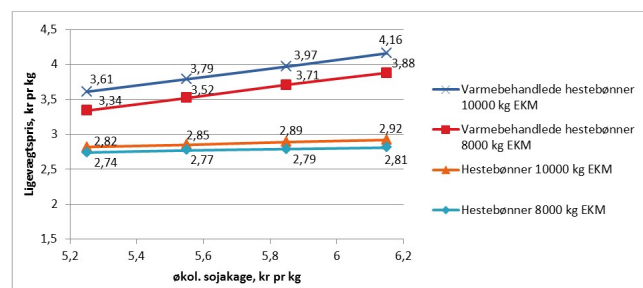
Kg tørstof	Ration med både HB, HB+ og sojakage	Ration med både HB og HB+ Nul sojakage
Byg	4,7	4,1
Havre	1,4 <sup>1)</sup>	1,9 <sup>2)</sup>
Sojakage	0,2	0
Hestebønner	0,2	0,3
Hestebønner, varmebehandlede	1,5	1,9
<b>Samlet rationspris, kr. pr dag</b>	<b>33,95</b>	<b>34,04</b>

1) Rationens havreandel er fast.

2) Rationens havreandel kan varieres, mens indholdet af HB er fast i samme mængde, som DMS/NorFor vil tage ind, når prisen på HB er sat ekstra lavt (dvs. hvor prisen ikke er begrænsende).

### Ligevægtspris med varierende pris på sojakage

Figur 1 viser, hvordan ligevægtsprisen ændres ved de 2 ydelsesniveauer, for ubehandlede og varmebehandlede hestebønner, når prisen på økologisk sojakage ændrer sig. Ligevægtsprisen stiger, som forventet, med stigende pris på sojakage. Der ses dog kun en ganske lille stigning for de ubehandlede hestebønner (2-4 øre/30 øre for sojakage), mens ligevægtsprisen for de varmebehandlede hestebønner øges med ca. 18 øre pr. kg for hver 30 øres stigning for sojakagen. Jo højere pris på sojakage, jo bedre kan det betale sig at varmebehandle hestebønnerne.



Figur 1. Ligevægtsprisen for ubehandlede og varmebehandlede hestebønner i rationer optimeret ved et ydelsesniveau på enten 8.000 kg EKM eller 10.000 kg EKM, hvor prisen på sojakage øges. (Klik på figuren for stor udgave).

### Scenarieregninger: Ubehandlede versus varmebehandlede lupiner

Der optimeres med hvede, da lupiner typisk dyrkes i blandsæd med hvede. Se dyrkningsvejledning for lupiner [her](#).

#### 8.000 kg EKM

Rationer optimeret ved et ydelsesniveau på 8.000 kg EKM er vist i Tabel 5. Rationsprisen med ubehandlede lupiner (ration B) bliver ca. 85 øre billigere pr. ko pr. dag i forhold til rationsprisen for sojakageration (ration A). Når der anvendes varmebehandlede lupiner (ration C), bliver rationen 29 øre billigere end med ubehandlede lupiner. I forhold til en ration med sojakage, bliver rationen med varmebehandlede lupiner 1,14 kr. billigere pr. ko pr. dag. Ved at varmebehandle lupinerne kan man helt udelade sojakage.

Ration D er optimeret, hvor både ubehandlede og varmebehandlede lupiner indgår. Der er kun behov for at ¼ af lupinerne varmebehandles, for at dække næringsstofbehovet. En kombination af ubehandlede og varmebehandlede lupiner giver således en ration, som er 1,26 kr. billigere end

sojakagerationen.

Tabel 5. Sammenligning mellem indhold af korn, sojakage samt enten ubehandlede (lupin) eller varmebehandlede lupiner (lupin+), samt rationspris for rationer optimeret til køer med ydelsesniveau på 8.000 kg EKM.

Kg tørstof	Ration A Sojakage	Ration B Lupin	Ration C Lupin+	Ration D Lupin & lupin+
Byg	2,4	-	2,0	1,3
Havre	0,4	0,4	0,4	0,4
Hvede	0,9	0,9	0,9	0,9
Sojakage	0,7	0,2	-	-
Lupiner	-	2,3	-	1,3
Lupiner heat	-	-	1,2	0,4
<b>Samlet rationspris, kr. pr dag</b>	<b>24,58</b>	<b>23,73</b>	<b>23,44</b>	<b>23,32</b>

### 10.000 kg EKM

Rationer optimeret ved et ydelsesniveau på 10.000 kg EKM er vist i Tabel 6. Rationer med lupiner er 1,53–1,56 kr. billigere pr dag ved et ydelsesniveau på 10.000 kg EKM end sojakagerationen (ration A). Der er ikke væsentlig forskel, når der fodres ubehandlede (ration B) og varmebehandlede lupiner (ration C). Det skyldes, at der indgår næsten lige store mængder lupiner, og at der ikke spares væsentligt mere sojakage, når lupinerne varmebehandles, idet der i forvejen med ubehandlede lupiner kun er behov for 0,2 kg ts sojakage. Der indgår en relativt stor mængde lupiner. Den billigste ration bliver med en kombination af ubehandlede og varmebehandlede lupiner (ration D), hvor de varmebehandlede lupiner udgør halvdelen. Her bliver rationen hele 2,32 kr. billigere pr. ko pr. dag med et meget lavere input af lupiner (1,8 kg ts) end ration A. Det lavere input skyldes, at der med 100 % varmebehandlede lupiner bliver mangel på PBV, og der derfor skal en større mængde lupiner til at opfylde PBV-normen.

Tabel 6. Sammenligning mellem indhold af korn, sojakage samt enten ubehandlede (lupin) eller varmebehandlede lupiner (lupin+), samt rationspris for rationer optimeret til køer med ydelsesniveau på 10.000 kg EKM.

Kg tørstof	Ration A Sojakage	Ration B Lupin	Ration C Lupin+	Ration D Lupin og lupin+
Byg	4,1	0,4	1,6	3,7
Havre	0,6	0,6	0,6	0,6
Hvede	1,5	1,5	1,5	1,5
Sojakage	1,4	0,2	-	-
Lupiner	-	4,0	-	0,9
Lupiner heat	-	-	3,4	0,9
<b>Samlet rationspris, kr. pr dag</b>	<b>34,51</b>	<b>32,98</b>	<b>32,95</b>	<b>32,19</b>

### Ligevægtspris

Den fodringsmæssige værdi af lupiner er højere end hestebønner, hvilket afspejler sig i at ligevægtsprisen er højere – ca. 3,62–3,74 kr./kg for ubehandlede lupiner, og 3,92–4,10 kr./kg for varmebehandlede lupiner ved 8.000 kg EKM og 10.000 kg EKM, i sammenligning med en ration med sojakage, hvor sojaprisen er 5,55 kr./kg.

### Varmebehandling af ærter, koldpresset raps- og hørfrø kage

Effekten af at varmebehandle andre alternative proteinafgrøder er blevet undersøgt (se afsnit 1). Varmebehandling øgede AAT-indholdet med 41 %, 44 % og 23 % for hhv. ærter, koldpresset rapskage og koldpresset hørfrø kage. Ved at optimere med fodermidlerne i DMS/NorFor blev ligevægtsprisen for de ubehandlede og varmebehandlede fodermidler fundet. Alle beregningerne er optimeret ved et ydelsesniveau på 10.000 kg EKM.

For ubehandlede ærter, blev ærter valgt fra ved en pris på 2,81 kr./kg. Dog var der her tale om en erstatning af korn og ikke af sojakage, som indgik med uændret mængde i rationen. Et højere AAT-indhold i de varmebehandlede ærter betød, at ærterne konkurrerede bedre med sojakage, og først blev fuldt erstattet af sojakage, når prisen var 3,42 kr./kg. Der er således luft fra en pris på 2,90 kr./kg (tabel 1) til at dække udgifterne til varmebehandlingen, som ansås til at ligge mellem 30–40 øre pr. kg. Varmebehandling af ærter kan være aktuel, hvis der mangler AAT i rationen.

Koldpresset rapskage med et proteinindhold på 22 % og ca.16 % fedt, havde svært ved at konkurrere med sojakage til 5,55 kr./kg, idet ligevægtsprisen var 2,84 kr./kg. En varmebehandling medførte, at ligevægtsprisen blev øget til 3,26 kr./kg. Prisforskellen på 42 øre vil formentlig kunne dække prisen for at få varmebehandlet rapskagerne. De anvendte rapskager har et lavere proteinindhold end standardværdierne i DMS/NorFors fodermiddeltabel. Koldpresset hørfrø kage (30 % protein), havde som ubehandlet foder en ligevægtspris på 3,50 kr./kg og som varmebehandlet en pris på 3,80 kr./kg. En forskel på 0,30 kr./kg er imidlertid ikke nok til at dække udgifterne til en varmebehandling. Effekten af at varmebehandle hørfrø kage er derfor for lille til at det kan svare sig.

### Konklusion:

#### Hestebønner

Ved 8.000 kg EKM kan hestebønner godt konkurrere med sojakage, når de er varmebehandlet, men ikke når de er ubehandlet, ved en pris på sojakage på 5,55 kr./kg. Ved 10.000 kg EKM og høj pris på hestebønner kan hverken ubehandlede eller varmebehandlede hestebønner konkurrere med sojakage på det givne prisniveau.

Hvis ubehandlede hestebønner skal være et konkurrencedygtigt alternativ til sojakage med en pris på 5,55, så må købsprisen af hestebønnerne ikke være over 2,77–2,85 kr./kg i dette scenarie. Anderledes er det, når hestebønnerne er varmebehandlede. Her må prisen være op til 3,52–3,79 kr./kg før de varmebehandlede hestebønner ikke længere er konkurrencedygtige med sojakage. Bliver varmebehandlede hestebønner dyrere end dette, vil sojakage være billigst at anvende. Udover prisen på korn og sojakage vil ligevægtsprisen også afhænge af grovfoderets kvalitet, herunder AAT og PBV-indhold. Jo højere pris på sojakage, jo bedre kan det svare sig at varmebehandle hestebønnerne, men ligevægtsprisen for ubehandlede hestebønner kun stiger en smule med stigende sojakagepris.

Ved begge ydelsesniveauer indgår sojakage med mellem 0,2–0,9 kg ts pr. ko pr. dag i rationen. Det er dog muligt at lave en ration uden sojakage, når havre og varmebehandlede hestebønner indgår, og en større andel havre anvendes til at dække fedtnormen på 19 gram pr. kg ts. I højtydende besætninger vælger nogle at ligge højere end minimumsnormen for fedt, og det betyder, at der er brug for andre fedtkilder som supplement. Ved 10.000 kg EKM vil foderrationen imidlertid blive dyrere, da der skal et større fodereinput til at opfylde koens næringsstof behov. Det skyldes primært, at det er svært at opfylde PBV minimumsnormen med varmebehandlede hestebønner ved 10.000 kg EKM. Derfor er foderrationen billigst, når der indgår både ubehandlede og varmebehandlede hestebønner.

#### Lupiner

Ved at varmebehandle lupiner kan man helt udelade sojakage, men der er ikke ret meget at hente rent økonomisk i det pågældende scenarie, idet der kun indgår 0,2 kg ts sojakage i rationen med ubehandlede lupiner. Rationsprisen med ubehandlede eller varmebehandlede lupiner er, ved et ydelsesniveau på 8.000 kg EKM, hhv. 0,85 og 1,14 kr. billigere pr. ko pr. dag, sammenlignet med en ren sojakageration. Ved et ydelsesniveau på 10.000 kg EKM, bliver både rationen med de ubehandlede og de varmebehandlede ca. 1,5 kr. lavere pr. ko pr. dag sammenlignet med en ration med sojakage.

Ligevægtsprisen er 3,62–3,74 kr./kg for ubehandlede lupiner og 3,92–4,10 kr./kg for varmebehandlede lupiner ved en sojapris på 5,55 kr./kg. Beregningerne viser således, at lupiner har en større fodringsmæssig værdi end hestebønner, og at koen 'vil betale' mere for lupiner end for hestebønner. I foderrationerne tages der en stor andel lupiner ind – op til 4 kg tørstof – hvilket derfor rent dyrkningsmæssigt kan blive en udfordring at skaffe. Som med hestebønner er der ved det højeste ydelsesniveau mangel på PBV, når lupinerne varmebehandles. Den billigste ration med det laveste input af lupiner opnås med en blanding hvor ¼ -½-delen af lupinerne er varmebehandlet afhængigt af ydelsesniveau.

### Ærter, koldpresset raps- og hørfrø kage

Ved at varmebehandle andre alternative proteinafgrøder som ærter, koldpresset rapskage og koldpresset hørfrøkage, er det muligt at øge AAT-indholdet med hhv. 41 %, 44 % og 23 %. Ved at varmebehandle ærter gik de fra at erstatte korn til at erstatte sojakage op til en pris på 3,42 kr./kg. Koldpresset rapskage og hørfrøkage havde svært ved at konkurrere med sojakage til en pris på 5,55 kr./kg. Ligevægtsprisen for koldpresset rapskage var 2,84 kr./kg for den ubehandlede udgave og 3,26 kr./kg for den varmebehandlede udgave, og for koldpresset hørfrøkage 3,50 og 3,80 kr./kg for hhv. den ubehandlede og den varmebehandlede udgave. For hørfrøkage var effekten af varmebehandling for lille til, at den kan svare sig.

[Til top](#)

## 3 Varmebehandlingens betydning for holdbarheden af foderet

Varmebehandling af kerner og frø kan betyde, at frøskallen sprækker, og det leder til spørgsmål om holdbarheden er påvirket af varmebehandlingen? I en svensk undersøgelse er varmebehandling med en Roastech toaster blevet testet på bl.a. hestebønner. Her viste resultaterne, at 10–20 % af hestebønnerne var sprækket efter varmebehandling. I samme forbindelse blev den ubehandlede og den varmebehandlede hestebønne undersøgt for skimmelsvamp, og her fandt man en lavere forekomst af skimmelsvamp i de varmebehandlede hestebønner (Fogelberg, 2013). Konklusionen var, at sprækkede frøskaller ikke medførte dannelse af skimmelsvamp. Tværtimod sænkede varmebehandling dannelsen af skimmelsvamp formentlig både pga. temperatureffekten, og fordi vandindholdet var lavere efter varmebehandlingen.

Med fedtholdige fodermidler som soja-, raps- og andre oliekgager er spørgsmålet også, om holdbarheden er påvirket af en varmebehandling, og om fedtet i kagerne lettere bliver harsk?

I undersøgelsen testede vi ubehandlede koldpressede raps- og hørfrø kagers holdbarhed og de samme fodermidler, som var blevet varmebehandlet med MasterToaster indstillet til 160°C samt 130°C for rapskager. Jo større indhold af umættede fedtsyrer, jo større er risikoen for harskning generelt.

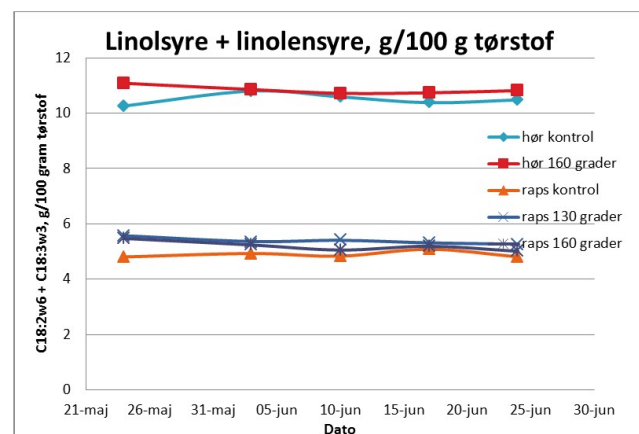
Fedtindholdet var 18,3 % i rapskage og 16,0 % i hørfrøkage af tørstof, hvoraf fedtsyrerne udgjorde henholdsvis 83,4 % og 86,2 % for rapskage og hørfrøkage. Der er stor forskel på indhold og sammensætning af umættede fedtsyrer. Hørfrøkage har et højt indhold af linolensyre, mens rapskage har et højt indhold af oliesyre. Jodtallet er højt for begge - 201 for hørfrøkage og 119 for rapskage.

Tabel 1. Fedtindhold, og fedtsyresammensætning i hørfrøkage og rapskage.

	Fedt % fedt i tørstof	Fedtsyrer gram/100 gram tørstof	Fedtsyrer Jodtal % af råfedt	gram/100 g fedt	Oliesyre C18:1w9 gram fedtsyrer/ 100 g tørstof	Linolensyre C18:2w6 gram fedtsyrer/100 gram fedtsyrer	α-linolensyre C18:3w3 gram fedtsyrer/100 gram fedtsyrer
<b>Hørfrøkage</b>	16,0	13,8	86,2	201	2,0 (14,5)	2,0 (14,5)	8,3 (59,8)
<b>Rapskage</b>	18,3	15,3	83,4	119	8,9 (58,1)	3,4 (22,0)	1,4 (9,5)

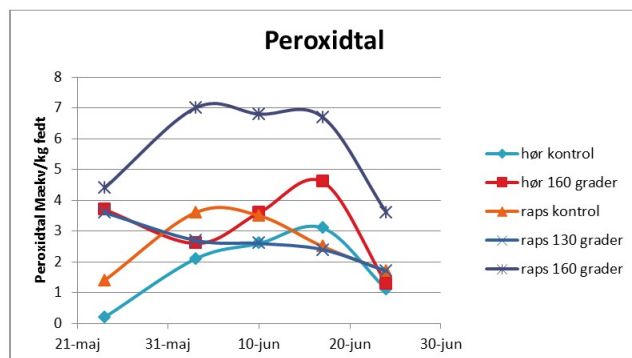
Overordnet set havde både ubehandlede og toastede hørfrø- og rapskager en god holdbarhed. Fedtprocenten var uændret i løbet af de 2 måneder, som foderet blev opbevaret efter toastningen. Figur 1 viser udviklingen i indholdet af de umættede fedtsyrer linolensyre og linolensyre igennem den periode, som foderet var opbevaret efter toastningen. Andelen af umættede fedtsyrer (linolensyre+ linolensyre) var stabil for hørfrøkage, mens der var en signifikant nedgang i indholdet af de umættede fedtsyrer i rapskage, som var varmebehandlet. Nedgangen var dog begrænset til ca. 1 % om dagen. Der blev også fundet et signifikant højere peroxidtal i rapskage varmebehandlet ved 160 °C end i de øvrige partier (figur 2), men peroxidtallet var gennemsnitligt 5,7 Mækv/kg fedt, hvilket stadig er lavt og på et acceptabelt niveau. Der er således sket mere harskning i rapskager varmebehandlet ved 160 °C end ved 130 °C.

Figur 1. Indholdet af linolensyre + linolensyre i hørfrøkage og rapskage, som enten har været ubehandlet (kontrol) eller varmebehandlet med MasterToasteren indstillet til 160 C for hørfrøkage og for rapskage 160 C og 130 C (foderet blev varmebehandlet den 22. maj 2013).



Figur 2. Peroxidallet i rapskage og hørfrøkage, som er enten ubehandlet (kontrol) eller varmebehandlet ved 130 °C til 160 °C grader. Peroxidallet angiver, hvor stor en andel af de umættede fedtsyrer, der nedbrydes til peroxider og kan til en vis grad angive, hvor langt harskningsprocessen er fremskredet.





Vitamin E er en naturlig antioxidant, som beskytter fedtet fra at harske (oxidere), og således stabiliserer foderet. Foderet blev analyseret for  $\alpha$ -tokoferol og  $\gamma$ -tokoferol. Det var overraskende, at hørfrøkage holdt sig fuldstændigt stabilt med det høje indhold af linolensyre også taget i betragtning, at  $\alpha$ -tokoferol indholdet var meget lavt i udgangsmaterialet (2,5–3,0 mg/kg). Til sammenligning var indholdet 56,4–58,4 mg/kg i rapskage. Der var et generelt fald i indholdet af  $\alpha$ -tokoferol i alle prøver, men nedgangen var begrænset til 1,5 % pr. dag. Indholdet af  $\gamma$ -tokoferol var stabilt gennem perioden.

## Konklusion

Holdbarheden er generelt god i rapskage og hørfrøkage – også selvom de er varmebehandlet. Rapskage, som var varmebehandlet ved høj temperatur, var lidt mere ustabil end de øvrige partier, men dog uden at harskningen var udtalt og holdbarheden var påvirket negativt.

## Kilde:

Fogelberg, Fredrik, 2013, Præsentation. Rostade åkerbönor och sojabönor till foder och livsmedel, JTI, Institut för jordbruks-och miljöteknik, Uppsala.

[Til top](#)

## 4. Valsning og formaling af varmebehandlede kerner fra proteinafgrøder på kvægbrug

[Se her](#)

### Resultaterne er et sammendrag fra følgende projekter:

- Forarbejdning og varmebehandling af økologiske proteinafgrøder, 2013–2014 (Kvægafgiftsfonden, Landdistriktsmidler)
- ØkoProtein, 2012-2015 (GUDP, Fonden for Økologisk Landbrug, Promillefonden)
- Forbedret proteinforsyning til økologiske malkekøer via varmebehandling af egne proteinafgrøder, 2011-2012 (Fonden for Økologisk Landbrug, Landdistriktsmidler).