

KvægInfo 2605: Formaling og holdbarhed af rapsfrø

Forfatter(e): Ditte Kalms, Henrik Martinussen og Nicolaj Ingemann Nielsen, Husdyr-innovation.

SEGES



STØTTET AF

Mælkeafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Rapsfrø kan formales på bedrifterne med både hammermølle, skivemølle og visse valsemøller. Vigtigst er de korrekte indstillinger af den enkelte mølle. Derudover forekommer der ingen problemer med oxidering (harskning) under opbevaring af formalede rapsfrø – selv ved sommertemperaturer.

Introduktion

Rapsfrø indeholder ifølge NorFor's fodermiddeltabel 46 % råfedt, hvorfor de olieholdige frø kan reducere køernes metanproduktion og er dermed et af virkemidlerne til klimaneutral mælkeproduktion, hvis de inkluderes i foderrationerne. Tidligere danske forsøg har vist, at køernes metanudskillelse reduceres med op til 4,5 % for hver 10 gram ekstra fedtsyrer fra rapsfrø, der inkluderes i rationen [1]. Resultater fra både ældre og nyere danske og udenlandske forsøg har vist, at der ikke ses negative følgevirkninger på foderoptagelse og EKM-ydelse ved fodring med rapsfrø - selv ved et fedtsyreniveau omkring 50 g fedtsyrer pr. kg tørstof [2], [3], [4]. Desuden er fedtsyrer sammensætningen i rapsolie, set i forhold til human ernæring, god og potentielt sundhedsfremmende [5]. Rapsfrø har umiddelbart en lovende fremtid som fodermiddel til køerne, men udnyttelsen af frøene afhænger af den korrekte forarbejdning.

Den olieholdige midte i rapsfrøene ligger godt beskyttet af en hård skal. Denne skal bør under forarbejdning inden udfodring knuses effektivt, hvorved risikoen for at de små frø passerer ufordøjet gennem koens fordøjelse minimeres (se billede 1).

Som en del af et større projekt med fodring af rapsfrø er forskelligt formalingsudstyr blevet testet for at få et bedre indblik i, hvilke valser og møller, der kan håndtere rapsfrøene på bedste vis og efterlade lavest andel af intakte frø. Desuden er de knuste rapsfrø blevet opbevaret efter forarbejdning. Vegetabiliske olier harsker efter tid, hvilket allerede starter i frøet, hvor enzymaktivitet katalyserer oxidation af specielt polyumættede fedtsyrer (PUFA) [6]. Af denne grund var det interessant at undersøge holdbarheden af de formalede rapsfrø.

Formålet var at undersøge, hvilket formalingsudstyr, der kan formale rapsfrø og få viden om opbevaring og evt. harskning af de formalede rapsfrø.



Billede 1. Hele rapsfrø fundet i gødning- koen har ingen næring fået ud af dem.

Materialer og metoder

Formalingsudstyr

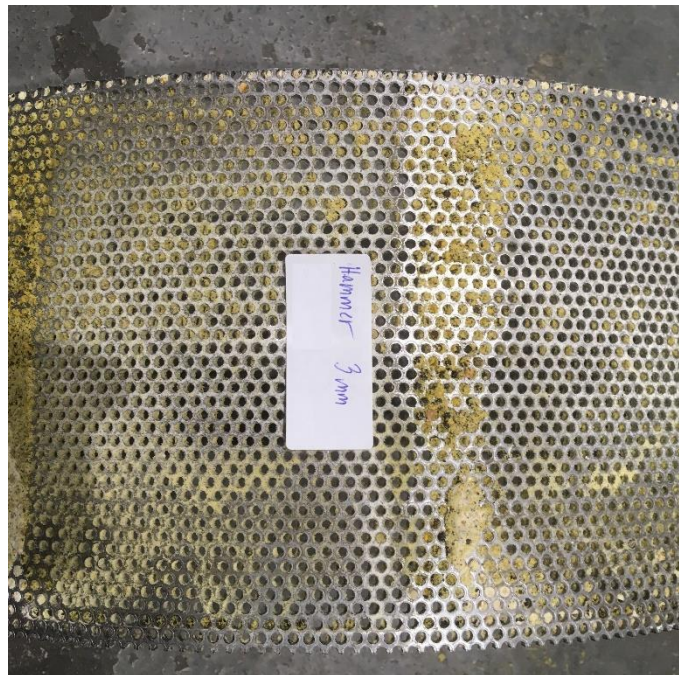
Rapsfrø er et godt fodermiddel med et højt indhold af råfedt, men er relativt ukendt som råvare på kvægbrug. Derfor er der blevet arbejdet med forarbejdningsmetoder og opbevaring af frøene på bedriftsniveau. Her er en hammermølle med forskellige størrelse sold, skivemølle med varierende afstand mellem skiverne og valser blevet testet (Billede 2). Større eller mindre mængder af rapsfrø fra samme levering er blevet kørt gennem formalingsudstyret og efterfølgende er det formalede blevet analyseret for andelen af tilbageværende hele frø.



Billede 2. Illustration af møller i test: Hammermølle længst til højre, Skivemølle i midten og Valsemølle længst til venstre

Hammermølle

Hammermøllen fra SKIOLD (DM 6, 15 kW) blev testet med sold størrelser varierende fra 2 – 6 mm, hvor frøene blev tilført møllen via snegl med varierende hastighed. Ved lav og høj hastighed blev frøene tilført med henholdsvis lave og høje omdrejninger på sneglen.



Billede 3. Hammermøllen fra SKIOLD indvendigt samt 3 mm sold

Skivemølle

En skivemølle (SK 5000, 15 kW), ligeledes fra SKIOLD, blev testet med varierende afstand mellem skiverne. Afstanden mellem skiverne varierede fra 0,5 – 4 mm, mens der ikke var forskel på hastighed og belastning.



Billede 4. Skivemøllen fra SKIOLD indvendig

Valsemøller

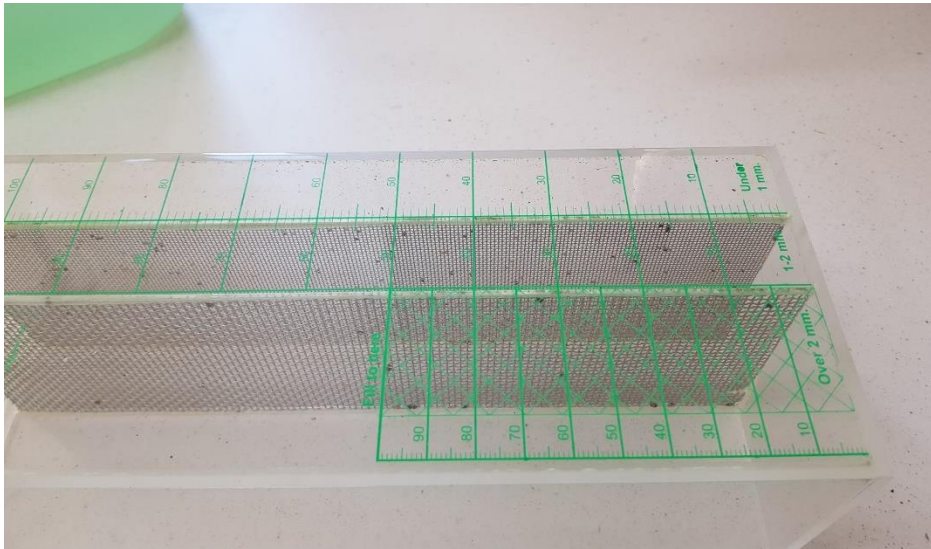
Der blev testet to forskellige valser - henholdsvis en ny SKIOLD model (KM300, 7 kW) og en Murska valse (220 SM) med 'øko-roller, som produceres i Finland, men importeres af Bulldog Agri ApS (se billede 5). Murska valsemøllen blev testet med varierende afstand mellem valserne og hhv. lav og høj kapacitet. Ved høj kapacitet var der åbnet fuldt for spjældet og dermed fuld tilførsel af frø og modsat kun mindre en åbning af spjældet ved lav kapacitet. SKIOLD valsemøllen blev ligeledes testet med varierende afstand mellem valserne, men her oplevede vi ingen succes med indstillingerne, der enten resulterede i varmedannelse (kileremme lugtede brændt), når valsehjulene blev skruet tæt sammen eller at alt for mange hele rapsfrø røg gennem valsen, når afstand mellem valsehjul blev øget det mindste.



Billede 5. Murska valser var blandt de valser der blev testet.

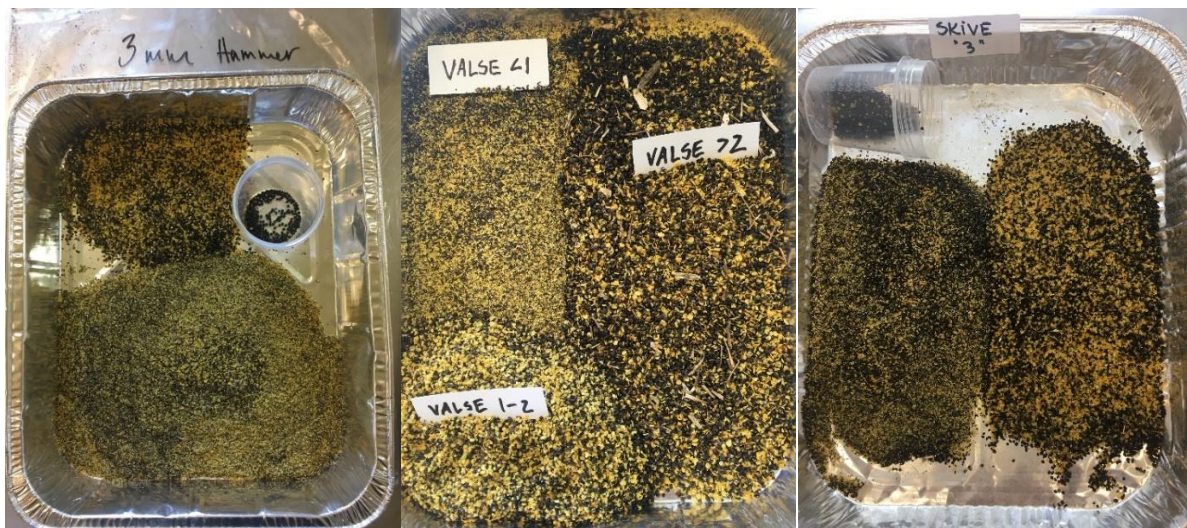
Formaling

Efter formaling blev prøverne af det forskellige maledes undersøgt for hele frø på laboratoriet. En repræsentativ del af det formalede rapsprodukt blev i første omgang kørt igennem en sigte (se billede 6), hvorefter de hele og ubeskadigede frø blev sorteret fra og vejet. Herefter blev andelen af hele rapsfrø beregnet.



Billede 6. Denne sigte med tre inddelinger blev brugt til at vurdere formalingsgraden af rapsfrøene

Ved at bruge sigten, så blev det ligeledes visualiseret, hvordan det formalede produkt fordelte sig i de tre rum i sigten henholdsvis partikler over 2 mm, mellem 1-2 mm og under 1 mm (Se billede 7).



Billede 7. Resultater efter sigtning af formalede rapsfrø fra forskellige møller. Hammermøllen til venstre, valser i midten og skivemølle længst til højre.

Holdbarhed

Holdbarheden af de formalede rapsfrø påvirkes af rapsfrøenes vandindhold og andel af umættede fedtsyrer– jo højere vandindhold og andel af umættede fedtsyrer, jo større en risiko for at fedtet i de formalede rapsfrø harsker. Desuden ved man, at lys og tilstedeværelsen af ilt ligeledes kan have negativ effekt på holdbarhed [6]. Holdbarheden af de formalede rapsfrø blev testet med tre forskellige tørstofprocenter 88,9 % (våd); 92 % (standard); 95,3 % (tør). Der blev brugt rapsfrø formalede på skivemøllen med en afstand på 2 mm mellem skiverne. Opbevaringen af dette var henholdsvis ved 'åben' opbevaring i 20 liters spande (Billede 8), hvilket skulle efterligne opbevaring på ladegulv eller tilsvarende og ved 'lukket' opbevaring i forseglede plastiksække. Der blev udtaget analyser af rapsfrøene løbende, som blev analyseret hos Eurofins Agro Testing Denmark A/S for blandt andet E-vitamin og fedtsyrer. Derudover blev der foretaget en visuel test ved hver prøveudtagning for at fastslå eventuelle ændringer i udseende og det blev noteret, hvis prøverne ændrede lugt.



Billede 8. Åben opbevaring af formalede rapsfrø som det så ud 5 måneder efter formaling

Resultater og diskussion

Formaling

Formalingen af de hele rapsfrø blev foretaget i samarbejde med producenten/forhandleren for at se, hvordan møllerne tackede de hårde frø. Målet med formalingen var, at der var så få hele frø tilbage i maledgodset som muligt og helst ingen.

Som det fremgår af tabel 1, 2 og 3 nedenfor, var det hammermøllen og skivemøllen med henholdsvis mindste sold (2 mm) og tæt placerede skiver, der håndterede frøene bedst, hvilket afspejler sig i lav andel af hele frø.

I tabel 1 ses resultaterne for hammermøllen, hvor kombinationen af langsom tilførsel af frø og sold med 2 og 3 mm resulterede i under eller omkring 1 % hele frø efter formaling. Ved brug af sold med 2 mm blev der fundet 0,1 % hele frø, hvilket vil sige at en næsten fuldstændig formaling og dermed beskadigelse af de hårde frø lykkedes. Det var forventeligt, at mindre sold nemmere ville resultere i knusning af frøene, der ikke måler mange millimeter. Resultaterne tyder også på, at undgår man overfodring af møllen, så passerer nærmest ingen frø igennem uden beskadigelse.

Tabel 1. Hammermøllens (Skiold, DM 6, 15 kW) effekt på andelen af hele rapsfrø i maledgodset ved varierende sold størrelse og hastighed på sneglen, som tilførte rapsfrø til møllen.

Sold (mm)	Hastighed	% hele frø
2	Lav	0,1
3	Lav	1,1
4	Lav	4,1
4	Høj	5,9

5		Lav		4,9
5		Høj		4,3
6		Lav		5,7
6		Høj		10,7

Skivemøllen fra SKIOLD klarede også formalingen godt. I tabel 2 ses det, at der blev fundet langt under 1 % hele frø efter formaling med både 0,5; 1; 1,5 og 2 mm afstand mellem skiverne. Når afstanden så blev øget yderligere til 3 og 4 mm, slap en større andel af rapsfrøene igennem. Dette tyder på, at man ikke bør øge afstanden mellem skiverne til over 2 mm.

Tabel 2. Skivemøllens (SK 5000, 15 kW) effekt på andelen af hele rapsfrø i malegodset ved varierende afstand mellem skiverne.

Afstand (mm)	% hele frø
0,5	0
1	0
1,5	0
2	0,1
3	4,1
4	8,0

Som nævnt tidligere, så var det kun Murska valsemøllen, der endte med at give resultater, da vi ikke havde succes med indstilling af SKIOLD valsemøllen. Resultaterne fra Murska valsemøllen med 'øko-ruller' fra Bulldog Agri er vist i tabel 3. Lidt overraskende viste det sig, at ved max kapacitet, dvs. at spjældet var helt åbent for tilløb af frø, blev rapsfrøene formalet på bedste vis. Blev der anvendt minimums kapacitet og dermed lille tilførsel af rapsfrø samtidig med at valsehjulene var skruet næsten helt sammen, dvs. afstand på 0,1 mm, blev der også opnået fin formaling, men denne indstilling vil medføre et stort tidsforbrug til formaling af en given mængde. Ved max kapacitet derimod ses der mindre end 1% hele frø ved alle tre testede valse afstande. Erfaringen med Murska med 'øko-ruller' er derfor, at spjældet for tilførsel skal være åbent for at opnå højeste kapacitet og mindst mulige hele frø i malegodset.

Tabel 3. Valsemøllens (Murska 220 SM) effekt på andelen af hele rapsfrø i malegodset ved varierende valse afstand og hastighed hvormed rapsfrøene tildeles, hvilket ændres ved at justere på spjældet til møllen.

Valse afstand (mm)	Kapacitet	% hele frø
0,1	Min.	<2
0,3	Min.	3,1
0,7	Min.	13,4
0,1	Max.	<1
0,3	Max.	<1

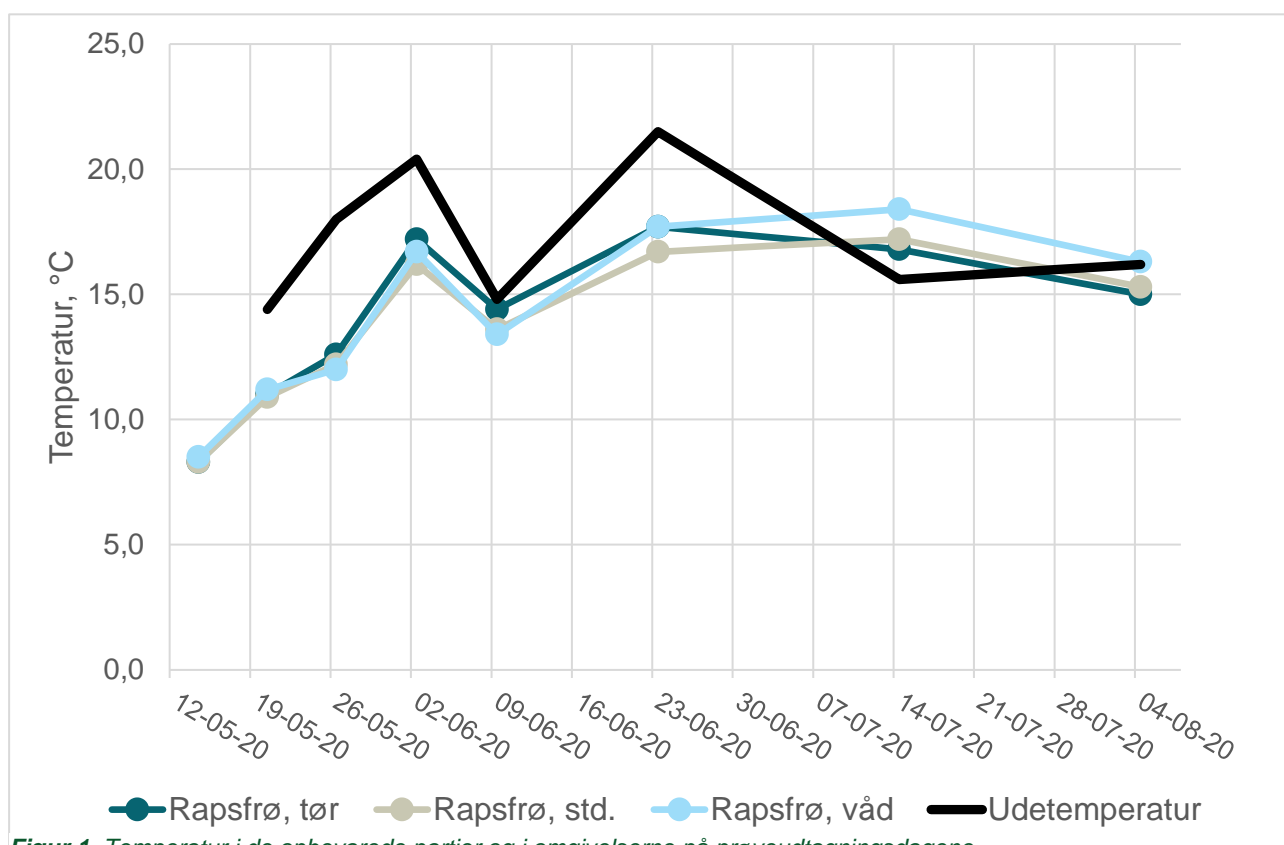
0,7		Max.		<1
-----	--	------	--	----

Holdbarhed

Holdbarheden af de formalede rapsfrø blev vurderet, da der var tvivl om muligheden for længere tids opbevaring uden at opleve harskning i produktet. Rapsfrø indeholder en høj andel af umættede fedtsyrer, hvilket man ved, øger risikoen for harskning. Harskning sker, når den oxidative stabilitet af fedtsyrerne forringes. Dette sker ikke pludseligt, men over tid, hvor det først kategoriseres som egentlig harskning, når oxidering af fedtet når en tærskel og øger tempoet betydeligt [8]. Perioden der ligger inden den øgede enzymaktivitet kaldes for induktionsperioden og bruges specielt for vegetabiliske olier til human brug. Harskning eller forringelse i denne undersøgelse er ikke kategoriseret ved bestemte værdier, men ved høj enzymaktivitet og tab af fedtsyrer og E-vitamin (alfa-tocopherol). En faldende andel af de gavnlige polyumættede fedtsyrer (PUFA) og E-vitamin vil være et tegn på øget enzymatisk aktivitet i det opbevarede, som tyder på harskning af produktet. Dette skyldes, at E-vitamin hæmmer oxidering af blandt andet PUFA.

De sensoriske og visuelle test af det åbent opbevarede, hvor der blev vurderet på udseende og lugt viste ikke tydelig forandring i frøene over opbevaringsperioden fra maj til august. Dette til trods for, at der i perioder var høje lufttemperaturer hen over sommeren. I prøverne, der blev opbevaret i lukkede poser, blev der for den våde (88,9% TS) observeret ændring i lugt efter to måneders opbevaring og efter tre måneder var der begyndende klumpning af produktet, hvilket efter fem måneder viste sig som forrådnelse. Prøverne blev analyseret for en lang række fedtsyrer og for E-vitamin i de første tre måneders opbevaring.

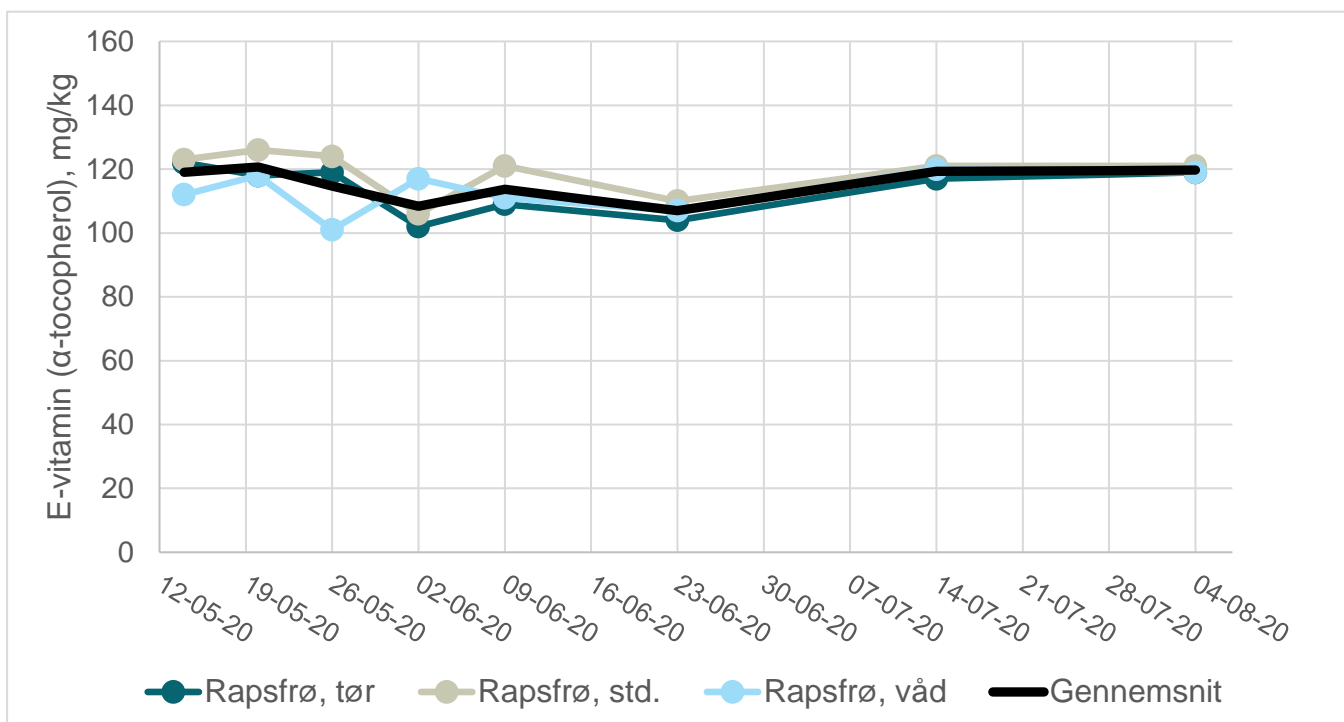
Sommervarmen i Danmark havde kun lille indflydelse på de opbevarede partier af rapsfrø. I figur 1 ses temperaturen i de formalede rapsfrø, der efter formaling blev fordelt i partier med faste tørstofprocenter; den tørre med 95,3% TS, en standard med 92% og en våd med 88,9% TS. Temperaturen blev målt ved alle prøveudtagninger i rapsfrøene og samtidig i luften omkring. En stigning i lufttemperaturen gav ligeledes en øget temperatur i det opbevarede, men generelt tog de ikke varme og forskellen mellem partierne var små.



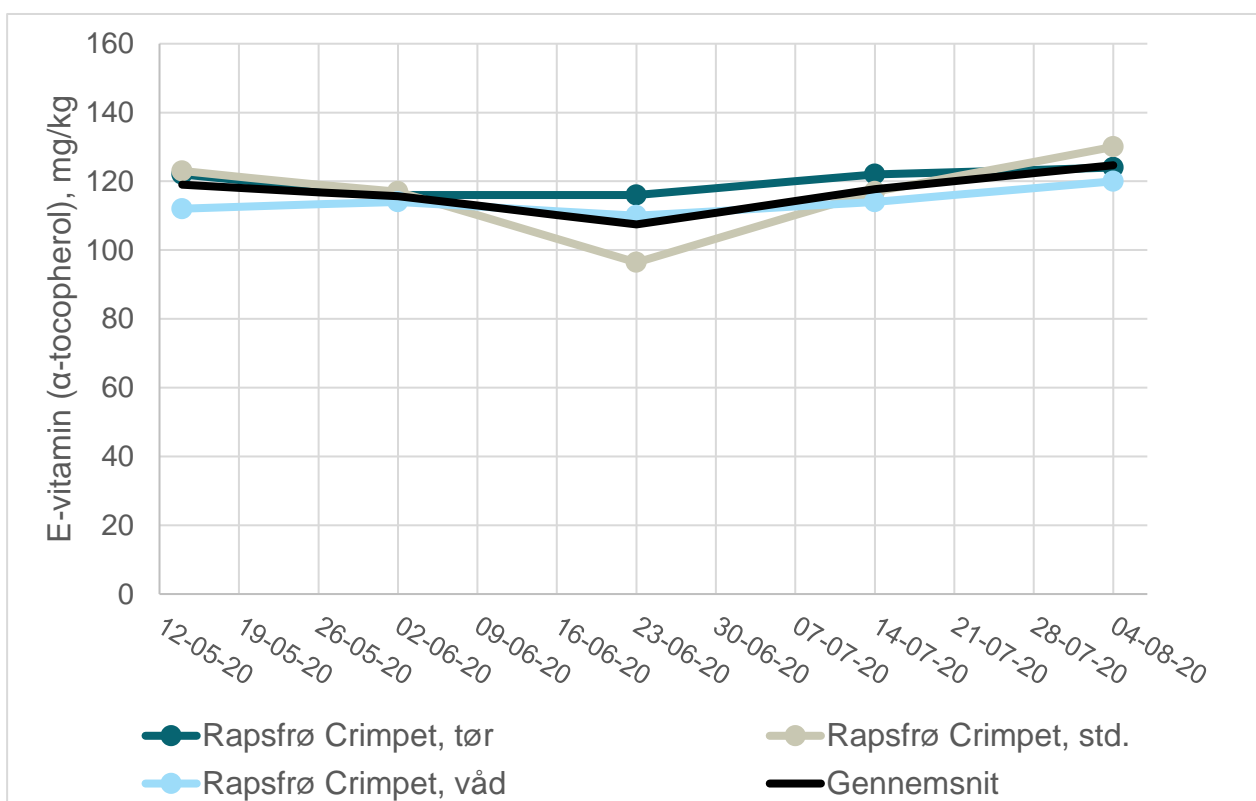
Figur 1. Temperatur i de opbevarede partier og i omgivelserne på prøveudtagningsdagene

Alfa tocopherol er en af de mindst otte iso-former af det fedtopløselige E-vitamin [7]. Som det fremgår af figur 2 og 3, blev prøver af formålet rapsfrø, henholdsvis opbevaret ved åben og lukket opbevaring, analyseret for E-vitamin. E-vitamin fungerer som en naturlig antioxidant og hæmmer derved oxidation af umættede fedtsyrer. I fødevarereproduktionen arbejdes der på at udvikle forarbejdningsmetoder, hvorved vegetabiliske olier har det laveste tab af blandt andet tocopheroler, da disse er gavnlige rent sundhedsmæssigt, men også fordi de som antioxidanter hæmmer harskning [6].

Generelt ligger niveauet i prøverne stabilt mellem 100-125 mg/kg, hvilket er sammenligneligt med niveauer fundet i rapsolie [5]. I figur 2 og 3 ses mindre variationer i indholdet af E-vitamin, men variationen i niveauerne mellem prøveudtagningerne var så små, at det forventeligt skyldes tilfældigheder forbundet med udtagnings- og måleusikkerheder. Eurofins Agro Testing Denmark A/S oplyser, at måleusikkerheden for E-vitamin ligger på 16% - det vil sige, at vi ikke kan skelne mellem 110 og 120 mg/kg. Alle behandlinger stabiliserer sig i slutningen af prøveperioden og ender på samme niveauer som udgangspunktet, hvilket indikerer at der ikke har været negative konsekvenser af opbevaring i de tre måneder. Undersøgelser af ubehandlet rapsolie har vist, at rapsolie har en stabil og lang holdbarhed sammenlignet med andre rapsolieprodukter, der fx varmebehandles [6]. Disse resultater støtter op om den gode holdbarhed af de formalede rapsfrø i dette forsøg, der heller ikke har gennemgået nogen varmebehandling. Der forekommer mindre variation over prøveudtagningsperioden, men analyserne af E-vitamin viser ingen tegn på øget oxidation og nedbrydning over tid ved hverken åben eller lukket opbevaring.



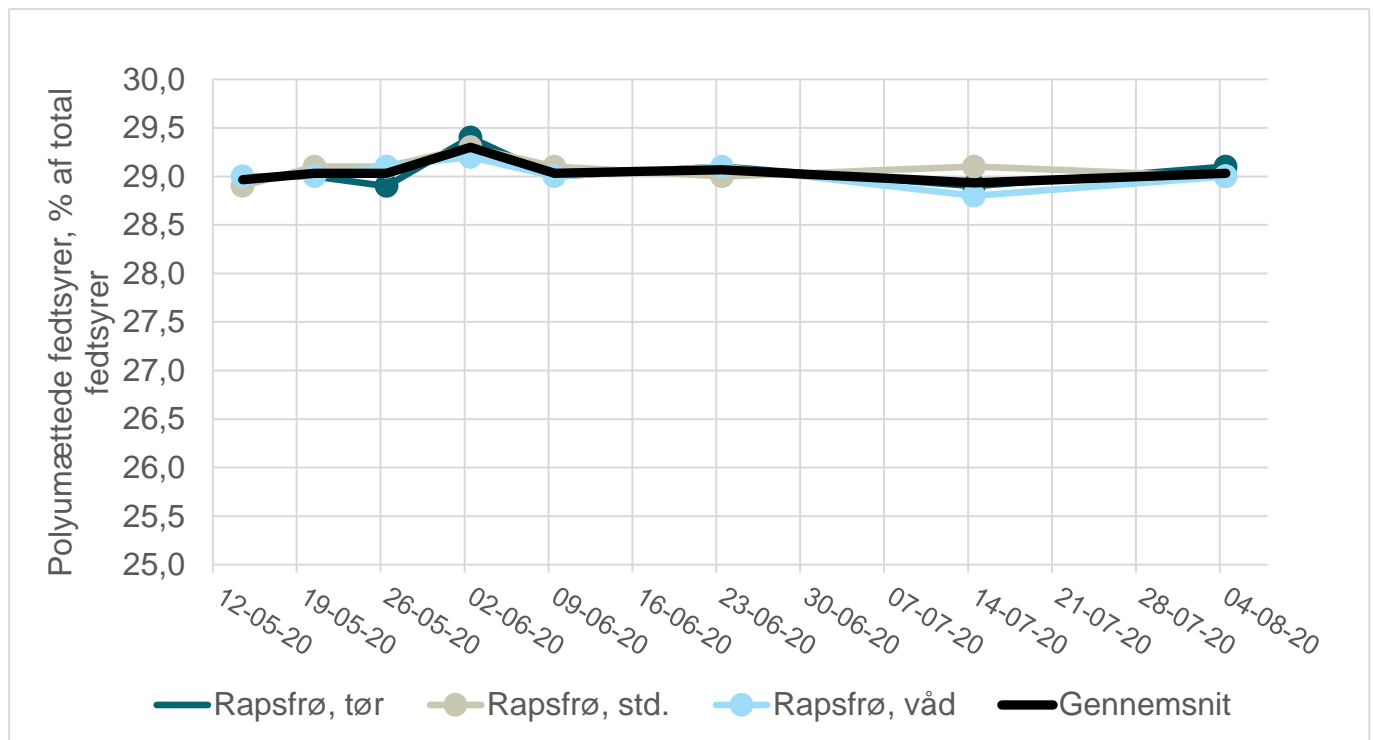
Figur 2. Andel af E-vitamin i formalede rapsfrø med forskellige tørstofindhold (95,3; 92; 88,9 % TS) ved åben opbevaring



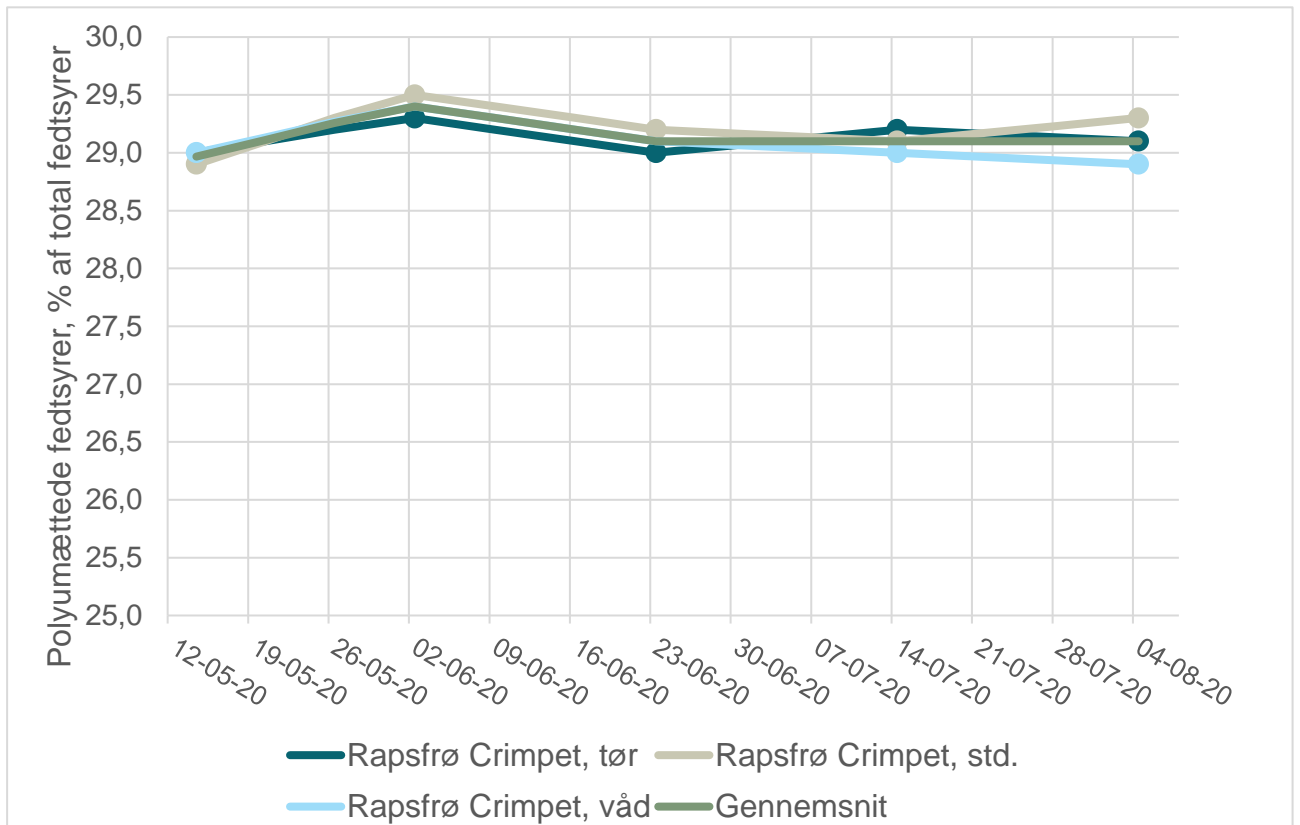
Figur 3. Andel af E-vitamin ved simulering af crimpning ved lukket opbevaring af frø ved forskellige tørstofindhold (95,3; 92; 88,9 % TS)

Figur 4 og 5 illustrerer koncentrationen af PUFA over perioden i henholdsvis rapsfrøene ved åben og lukket opbevaring. Som ved koncentrationerne af E-vitamin, så er der en mindre variation i løbet af de tre måneder, men ingen tegn på fald i koncentrationerne og dermed accelererende oxidation (harskning).

Variationen i PUFA var tilmed meget lille og ikke systematisk påvirket af tørstofindhold i rapsfrøene og tid.



Figur 4. Andel af polyumættede fedtsyrer i formalet rapsfrø med forskellige tørstofindhold (95,3; 92; 88,9 % TS) ved åben opbevaring



Figur 5. Andel af polyumættede fedtsyrer i rapsfrø ved lukket opbevaring med forskellige tørstofindhold (95,3; 92; 88,9 % TS)

Konklusion

Det kan konkluderes, at der er flere muligheder for effektiv formaling af rapsfrø. Både hammermøllen, skrivemøllen og Murska valsemøllen kunne levere et formalet produkt med ingen eller meget få hele frø i malegodset. For hammermøllen gælder det, at soldene ikke bør være over 3 mm og tildelingen af rapsfrøene skal ske i et moderat tempo. Skivemøllen skal indstilles med afstand mellem skiverne på maksimalt 2 mm, mens det for Murska valsemøllen var vigtigt at spjældet var godt åbnet for at sikre den bedste formaling.

Ved løbende analyser af E-vitamin og PUFA-indholdet kunne det konkluderes, at der over en tre måneders periode ikke var en øget enzymaktivitet og oxidering (harskning). Opbevaring af formalet rapsfrø i op til tre måneder er ikke noget problem, så længe tørstofindholdet i rapsfrø er højere end 90 %.

Perspektivering

På nuværende tidspunkt og i resten af 2021 tester SEGES sammen med en række mælkeproducenter hvordan formaling og fodring med rapsfrø kan implementeres i danske malkekvægsbesætninger. Der fokuseres både på mælkeproduktion og foderoptagelse, men også mælkens fedtsyresammensætning analyseres og mælken indgår i en sensorisk test hos et testpanel. Herfra forventes det at kunne konkludere om rapsfrø i større mængder har indflydelse på mælkens klimaaftryk, økonomi, mælkens smag, udseende og kvalitet.

Referencer

- [1] Aaes, O. & Lund, P. (2013). Fedt i rationen og dets betydning for metan fra malkekøer. KvægInfo 2335.
- [2] Alstrup, L., Hellwing, A. L. F., Lund, P., & Weisbjerg, M. R. (2015). Effect of fat supplementation and stage of lactation on methane production in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 207, 10- 19. doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.05.017
- [3] Beauchemin, K. A., McGinn, S. M., Benchaar, C., & Holtshausen, L. (2009). Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 92(5), 2118-2127. doi:10.3168/jds.2008-1903
- [4] 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 supplements in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 2356-2365. doi:10.3168/jds.2011- 5239
- [5] Akoh, C.C. & Moussata, C. O. (2001). Characterization and Oxidative Stability of enzymatically produced fish and canola oil-based structured lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 78, 25-30.
- [6] Kreps, F., Vrbíková, L. & Schmidt, S. (2014). Influence of industrial physical refining on tocopherol, chlorophyll and beta-carotene content in sunflower and rapeseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(11), 1572-1582.
- [7] Packer, L., Weber, S. U. & Rimbach, G. (2001). Molecular Aspects of α -Tocotrienol antioxidant action and cell signaling. *Journal of nutrition*, 131, 369-373.
- [8] Valasco, J. & Skibsted, L. H. (2004). Evaluation of oxidative stability of vegetable oils by monitoring the tendency to radical formation. A comparison of electron spin resonance spectroscopy with the Rancimat method and differential scanning calorimetry. *Food Chemistry*, 85 (4), 623-632.

