



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Olika fettfodermedels påverkan på mjölkfettets koncentration av långa omättade fettsyror

Hanna Blomberg

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **523**

Uppsala 2015

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **523**

Examensarbete, 15 hp

Kandidatarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 15 hp

Bachelor Thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Olika fettfodermedels påverkan på mjölkfettets koncentration av långa omättade fettsyror

The impact of different fat feeds on the concentration of long-chain polyunsaturated fatty acids in milk fat

Hanna Blomberg

Handledare: Torsten Eriksson, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Supervisor:

Ämnesansvarig: Sigrid Agenäs, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Subject responsibility:

Examinator: Kerstin Svennersten-Sjaunja, SLU, Inst. för husdjurens utfodring och vård
Examiner:

Omfattning: 15 hp
Extent:

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Course title:

Kurskod: EX0553
Course code:

Program: Agronomprogrammet - Husdjur
Programme:

Nivå: Grund G2E
Level:

Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:

Utgivningsår: 2015
Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 523
Series name, part No:

On-line publicering:
On-line published: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: Fettfoder, mjölkfett, omega-3-fettsyror, CLA
Key words: Fat feed, milk fat, omega-3-fatty acid, CLA , ruminic acid

Sammanfattning

Det finns ett stort intresse för att öka koncentrationen av långa fleromättade fettsyror i komjölk, omega-3-fettsyror till exempel har föreslagits ha önskvärda effekter på den kardiovaskulära hälsan hos människor. Våmsyra är en annan lång fleromättad fettsyra som har visat anticarcinogena effekter i musmodeller och har vissa positiva effekter på vikttnedgång. Syftet med denna litteratursammanställning var att jämföra olika fettfoders effekt på andelen av dessa fettsyror i mjölk vid utfodring till mjölkkor. Sammanställningen omfattar fodermedlen soja, solrosfrö, linfrö och fiskolja. Fiskolja visade mest lovande resultat i att öka andelen våmsyra i mjölk, men orsakade en dramatisk minskning i mjölkfettavkastning och testpanelen ansåg att mjölken smakade dåligt. Linfrömjöl ökade mjölkfettavkastning men gav inte lika stor förändring i fettsyrasammansättningen som fiskolja. En kombination av några fettfodermedel visade sig ge bättre resultat än att fodra med endast ett av dem. Det finns många möjligheter att förändra mjölkfettammansättningen i mjölk genom att förändra fodret, men det finns också risk för fetthaltsdepression kopplad till ökad fettutfodring.

Abstract

There is a large interest of increasing the concentration of long-chain polyunsaturated fatty acids in cow milk. Omega-3 fatty acids have for instance several suggested positive effects on the cardiovascular health in humans. Rumenic acid is another fatty acid that is anticarcinogenic and it has also shown some desired effects on weight loss. The aim of this review was to investigate the possibilities to increase the concentration of these fatty acids by choice of high fat feeds in the diets to dairy cows. That includes the feed products soybean, sunflower seed, linseed and fish oil. Fish oil showed the most promising results in increasing the concentration of rumenic acid in milk, but caused dramatic loss in milk fat yield and the testpanel detected an off-flavour. Linseed increased milk fat yield but did not improve fatty acid composition as much as fish oil. Combining some of the feeds gave better results than feeding only one of them. There are a lot of possibilities to change the milk fat composition by changing the diet, but there is also a risk of inducing milk fat depression associated with increased fat feeding.

Introduktion

Fett i komjölk består framför allt av korta och långa mättade fettsyror och en mindre andel består av de långa omättade fettsyrorna. Mjölkfett bildas på flera sätt, dels genom upptag av fria fettsyror i blodet då de absorberas från tarmen och transporteras via blodet till juvret. Fett kan också brytas ned från fettvävnaden och transporteras via blodet. Mjölkfett bildas även genom *de novo*-syntes där fettsyror syntetiseras i juvret från acetat, vanligtvis kommer ungefär hälften av mjölkfettet från *de novo*-syntes och hälften från upptag av fettsyror från blodet. Långa omättade foderfettsyror hydrogeneras, det vill säga mättas, av

mikroorganismerna i våmmen. Det är en stor anledning till den höga andelen mättade fettsyror i mjölken (Bauman & Griinari, 2003).

Långa omättade fettsyror, framför allt omega-3-fettsyror, har i studier föreslagits vara hälsosamma för människor. Vid jämförelse av kardiovaskulära hälsan på människor i olika delar av världen, var förekomsten av kardiovaskulära sjukdomar signifikant mindre bland de där fisk utgjorde en stor del av kosten. Orsaken till detta föreslogs bero på den större andel långa omättade fettsyror som fisk består av (Leaf & Weber, 1988). Enligt gällande rekommendationer från livsmedelsverket skall de korta mättade fettsyror endast avgöra en tredjedel av det totala fettintaget och konsumtion av de långa omättade fettsyror bör ökas (Nordiska ministerrådet, 2012). Därför vore det intressant att utreda möjligheter att öka andelen av omega-3-fettsyror i mjölken. De omega-3-fettsyror, som kommer att tas upp i denna litteraturstudie listas i Tabell 1.

Tabell 1. Omega-3-fettsyror som behandlas i detta arbete. (McDonald *et al.*, 2011)

Fettsyra	Förkortning	Formel
Eikosapentaensyra	EPA	20:5n-3
Dokosahexaensyra	DHA	22:6n-3
α -linolensyra	LNA	18:3n-3

Fettsyrorna Eikosapentaensyra (EPA) och Dokosahexaensyra (DHA) finns framför allt i fisk. EPA och DHA kan i kroppen bildas av α -linolensyra (LNA), som finns i flera växter, bland annat soja (*Glycine Max*) och lin (*Linum usitatissimum*). Genom att öka intaget av LNA i fodret kan andelen DHA och EPA i mjölkfett öka (McDonald *et al.*, 2011).

CLA (Conjugated linoleic acid) är en konjugerad form av 18:2n-6, linolsyra, som finns i många växter, bland annat solrosfrön (*Helianthus Annuus*) och även i fisk. Det finns åtta identifierade isomerer av CLA med olika egenskaper, det som skiljer är var på kolkedjan dubbelbindningarna sitter och om molekylerna är cis eller trans. Cis-9, trans-11 är den vanligast förekommande isomeren av CLA i mjölk. Den kallas också för rumenic acid (Sun *et al.*, 2013), i denna litteraturstudie översatt till våmsyra. Våmsyra har föreslagits ha en anticancerogen effekt, där både tillväxt och spridning av tumörer på möss har påvisats minska (Soel *et al.*, 2007; Palombo *et al.*, 2002). Den har även visat sig ha positiv effekt på vikten hos möss, där den kunnat kopplas ihop med viktneigung, trots att energiintaget inte var lägre än kontrollgruppen (Delany *et al.*, 1999).

Beroende på foder kan mjölkfettsammansättningen ha stora variationer. Genom att påverka hur fettsyror förändras i våmmen kan fettsyratillförseln till tunntarmen förändras, därmed kan fettsammansättningen i mjölken förändras (Bauman & Griinari, 2003). Trans-9, cis-11, som är en annan isomer av CLA, har visats inhibera *de novo*-syntes i mjölkkörtlarna (Perfield *et al.*, 2007). Utfodring med CLA ger därför inte bara ökad andel långa omättade fettsyror utan även minskad andel korta mättade fettsyror, eftersom syntes av dessa inhiberas. Därför

kan resultat ibland visa en större ökning av långa omättade fettsyror än vad som i verkligheten sker, eftersom koncentrationen av dessa stiger när syntes av korta mättade fettsyror minskar. Utfodring med endast våmsyra visade dock ingen effekt på mjölkfettavkastning (Perfield *et al.*, 2004). En stor nackdel med att utfodra för mycket fett till idisslare är att man riskerar fetthaltsdepression, vilket innebär att mjölkfettavkastningen minskar, utförligt beskrivet av Bauman & Griinari, (2001).

Syfte

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka hur olika fettfodermedel påverkar andelen omega-3-fettsyror och våmsyra i mjölken hos mjölkkor. Påverkan på mjölkfettavkastning i olika foderförsök kommer också att jämföras. De fettfodermedel som kommer att tas upp är soja, solrosfrö, linfrö, fiskolja och olika kombinationer av dessa. Det finns även några tillsatser som kan påverka fettsammansättningen, ett par av dessa kommer nämnas kort.

Litteraturstudie

Soja

I en studie av Bernal-Santos *et al.* (2010) användes GMO-soja som innehöll 27% mer stearinsyra och 10,4% mer LNA än vanlig soja. Alla kor i försöket fick fri tillgång av en 50/50 blandning av hö och koncentrat, blandningen innehöll 3.1% råfett av TS. Kor som infuserades med olja från GMO-sojan hade stora skillnader i mjölkfettsammansättning jämfört med kontroldieten (Tabell 2). Resultatet var bland annat en stor ökning av andelen omega-3 fettsyror (framför allt EPA och LNA) av det totala fettsyrainnehållet i mjölken, fem gånger innehållet i mjölken med kontroldieten. Det påvisades dock endast då sojaolja infuserades i löpmagen, vid infusion i våmmen noterades inga skillnader. Detta förklarar författarna med att det sker en hydrogenering av fettsyror i våmmen, med det menas att de långa omättade fettsyror mätts av mikroorganismerna. De värden som mäts efter infusion i våmmen är mest relevanta för värdering av ett fodermedel eftersom det måste passera våmmen vid utfodring. Därför måste fodermedlet behandlas för att förhindra mikroberna från att mäta de långa fettsyror (Bernal-Santos *et al.*, 2010).

Tabell 2. Koncentration av fettsyror och mjölkfettavkastning vid infusion av sojaolja i löpmage eller våm (Bernal-Santos *et al.*, 2010)

g fettsyra/100 g mjölkfett	Kontrollgrupp, ingen infusion av sojaolja	Värden vid infusion löpmage	Värden vid infusion våm
Våmsyra	0,45	0,31	0,70
LNA	0,44	1,55	0,43
EPA	0,006	0,18	0,05
DHA	<0,01	<0,001	<0,001
Fettavkastning kg/dag	1,36	1,36	1,36

Vid utfodring av extruderade sojaböner till mjölkkor noterade Whitlock *et al.* (2002) en förhöjd mjölkavkastning och signifikant ökning av våmsyra. Samtliga kor fick en foderblandning bestående av luzernhö, majsensilage samt koncentrat. De som utfodrades med soja fick en mindre andel koncentrat för att kompensera för energi- och fettinnehållet i sojan. Kontrollgruppens foderstat bestod av 2,1% fettsyror av TS, de som fick extruderade sojaböner innehöll foderstaten 4,1 % fettsyror av TS. Koncentrationen av våmsyra ökade från 0,6 g/100 g identifierade fettsyror till 1,16 g/100 g. Vanliga extruderade sojaböner gav alltså större utbyte av våmsyra än de obehandlade GMO-sojabönorna med förhöjt innehåll av stearinsyra och LNA i studien av Bernal-Santos *et al.* (2001). Det indikerar att extrudering kan vara en lovande metod för att skydda soja för mikroorganismernas hydrogenering i våmmen. Däremot minskade koncentrationen av LNA i samband med utfodring av extruderad soja, även om den totala omega-3 koncentrationen ökade. Mjölkfettavkastningen minskade också något. (Bernal-Santos *et al.*, 2001)

Solros

I en studie av Shingfield *et al.* (2008) utfodrades kor med en kombination av gräsensilage, koncentrat och solrosolja som källa till linolsyra. Foderstaternas fettprocent i de olika doseringarna solrosolja anges i Tabell 3. Resultatet blev en förhöjd nivå av CLA i våmutflödet och därmed mer CLA i mjölken, då framför allt våmsyra. Flödet av CLA som uppmättes i bladmagen var för kontrollgruppen 3 g/d och 6, 11 och 15 g/dag för de respektive tre doserna av solrosolja. Vid den högsta doseringen av solrosolja skiftade fermentationen i våmmen till att producera en större del propionat än vanligt och produktionen av acetat minskade. TS-intag, och proteinavkastning påverkades inte av behandlingen, däremot ökade totala mjölkavkastningen från ca 16 kg mjölk/dag till 18 kg mjölk/dag vid den maximala dosen solrosolja (750g/dag) (Shingfield *et al.*, 2008). Fettavkastningen ökade vid de lägre doseringarna av solrosolja, vilket redovisas i Tabell 3 nedan. Den högsta doseringen gav ingen ytterligare ökning av mjölkfettavkastning (Shingfield *et al.*, 2008).

Tabell 3. Effekt på mjölkfettavkastning vid utfodring av olika mängder solrosolja (Shingfield *et al.*, 2008).

Utfodring av solrosolja i g/dag	0	250	500	750
Intag fettsyror % av TS	1,7	3,2	4,7	6,2
Avkastning g mjölkfett/dag	818	844	857	856

Vazirigohar *et al.* (2014) jämförde utfodring med solrosolja, palmolja (*Elaeis Guineensis*) och en kombination av båda. Utöver det fick alla grupper luzernhö, majsensilage samt koncentrat av korn, majs, betfor, vete och sojamjöl. Andelen fett i foderstaterna var 7,1% av TS med palmolja, 7,3% av TS med palm- och solrosolja samt 6,7% av TS med endast solrosolja.

Palmolja gav en större andel långa omättade fettsyror men koncentration och avkastning av våmsyra i mjölkfett var betydligt högre för solrosolja; 1,19 g/100g identifierade mjölkfettsyror i jämförelse med 0,32 g/100 g för palmolja. För LNA, EPA och DHA kunde ingen tydlig skillnad noteras, även om koncentrationen av DHA och EPA var lite högre med palmolja. Palmolja gav något högre fettmängd i mjölken, 1,248 kg/dag jämfört med 1,120 kg/dag för solrosolja. En kombination av lika delar av oljorna var inte mer gynnsam än att fodra endast en av dem (Vazirigohar *et al.*, 2014).

Collomb *et al.* (2004) jämförde istället skillnad i mjölkfettsammansättning och avkastning vid utfodring med malda raps-, lin- och solrosfrön. Utöver det fick även alla grupper hö, foderbeta, proteinkoncentrat och spannmålsblandning. Kontrollgruppens foderstat innehöll 2,6% fett av TS, vid utfodring med 1kg solrosfrö innehöll foderstaten 4,5% fett, vid utfodring med 1,4kg var fettinnehållet 5,5% av TS. Solrosfrö visade sig ge störst utbyte av långa omättade fettsyror i mjölken, något som författarna förklarar med den höga andelen linolsyra i solrosfrö. Det gav signifikant högst andel CLA/100g identifierade mjölkfettsyror i jämförelse med de andra dieterna. Omega-6/omega-3 kvoten sänktes från 0,43 i kontrollfoderstaten till 0,30 och 0,24 för 0,95 kg TS respektive 1,27 kg TS solrosfrö. Den högre doseringen gav dock lägre fettkoncentration i mjölken jämfört med en kontroldiet med hö och foderbeta (Collomb *et al.*, 2004).

Lin

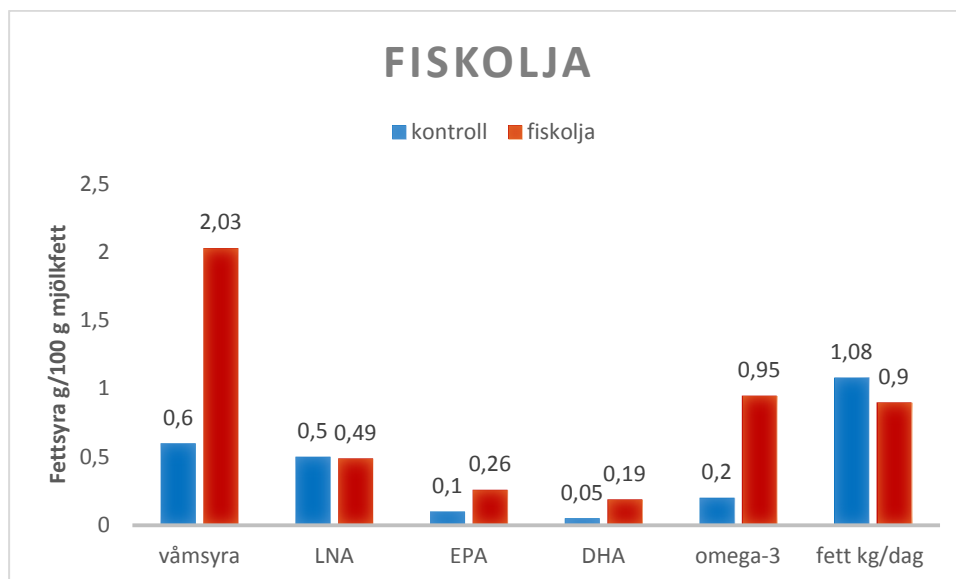
Vid utfodring med linfrömjöl undersökte Lima *et al.* (2014) skillnaden i mjölkfettsammansättning med och utan våminfusion av linolja, som är rikt på omega-3-fettsyror. Resultatet visade att koncentrationen av LNA ökade, medan koncentrationen av EPA minskade utan infusion av linolja. Totalt ökade andelen omega-3-fettsyror samtidigt som omega-6 minskade vilket gav en omega-6/omega-3 kvot på 3,4 istället för 4,4 i kontrollen. Vid infusion av linolja skedde en tydlig förändring i mjölkfettsammansättningen, där omega-6/omega-3-kvoten sjönk till 0,6. En drastisk ökning av andelen LNA kunde noteras, från 0,78 g/100g identifierade mjölkfettsyror med endast linmjöl till 7,4 g/100g med infuserad linolja. Dessutom skedde det en liten ökning i andelen EPA. Däremot minskade den totala mjölkfettavkastningen något, från 1,32 till 1,17 kg/dag. Samtliga djur fodrades med gräsensilage, majsensilage, krossade majs-korn, betför samt koncentrat bestående av rapsmjöl, majs-glutenmjöl, sojamjöl och majs. Kontrollgruppen fick sojamjöl istället för linmjöl. Kontrollgruppens foderstat innehöll 31,3% fett av TS och foderstaten med lin bestod av 31,7% fett av TS (Lima *et al.*, 2014).

Puppel *et al.* (2013) fann en stor skillnad i mjölksammansättning vid utfodring av hela frön av två olika linsorter, där linsorten Szafir gav 69% högre andel EPA och 147% högre DHA än Opal. Opal höjde också omega-3-fettsyror och våmsyra i mjölken i förhållande till kontrollgruppen, men inte lika mycket som Szafir. Totala fettmängden i mjölken ökade med 19,7% och även proteinhalten i mjölken gick upp lite med Szafir. Opal gav dock högre koncentration våmsyra än Szafir. Skillnaden i mjölksammansättningen mellan de olika

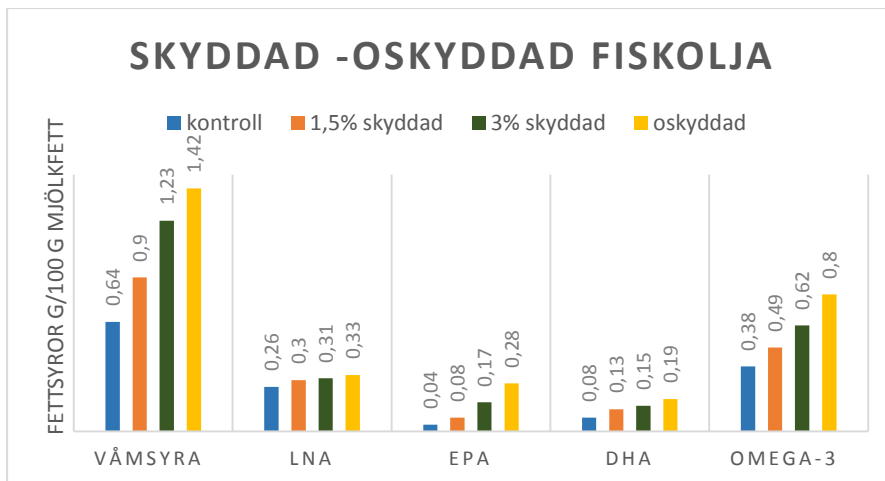
sorterna kan enligt Puppel *et al.* (2013) troligtvis förklaras av den högre NDF-mängden i Opal. Utöver linfrö fick samtliga grupper även majsensilage, luzernsilage, sojamjöl, rapsmjöl och koncentrat. Totalt fettinnehåll i foderstaterna ej angett.

Fiskolja

Fiskolja har i flera studier visats ha stor påverkan på mjölkfetsammansättningen och är till skillnad från fiskmjöl tillåtet att utfodra till mjölkkor i Sverige (SJVFS 999:2001). Whitlock *et al.* (2002) utfodrade mjölkkor med fiskolja och jämförde med en kontroldiet med kraftfoder innehållande majs, soja och koncentrat samt luzernensilage och majsensilage (Figur 1). Fettinnehållet i kontroldieten var 2 % av TS, med utodring med fiskolja var den 4,1 % av TS. Totala koncentrationen av omega-3 fettsyror och våmsyra ökade signifikant vid utfodring av fiskolja. Koncentrationen av både EPA och DHA var också högre även om skillnaden inte var lika markant. Andelen LNA var dock högst i kontrollgruppen, även om skillnaden mellan grupperna inte var särskilt stor. Fiskolja gav negativ effekt på mjölkfettavkastning och ECM sjönk med 3 kg/dag.



Figur 1. Förändring i koncentration av våmsyra, LNA, EPA, DHA, totala omega-3-fettsyror och mjölkfettavkastning vid utfodring med fiskolja (Whitlock *et al.*, 2002).



Figur 2. Förändring i koncentration av våmsyra, LNA, EPA, DHA och totala omega-3 fettsyror vid utfodring av skyddad (1,5% och 3% av TS) och oskyddad fiskolja (3,7% av TS) och i jämförelse med kontrollgrupp (Lacasse *et al.*, 2002). Värden i g/100 g fett.

Fiskolja har också en påverkan på mjölkens smak, då den kan upplevas som annorlunda eller till och med dålig. Lacasse *et al.* (2002) jämförde skillnaden på hur mjölken upplevdes smaka när korna fodrades med oskyddad fiskolja eller en fiskolja som skyddats från våmmens mikroorganismer med glutaraldehydbehandlat protein. De utfodrades även med gräsensilage, majsensilage, korn och koncentrat, innehållet av fett i dessa fodermedel är ej angett. Testpanelen som bestod av 16 personer bosatta i Kanada smakade mjölk från kor utfodrade med skyddad och oskyddad fiskolja och dessutom från kontrollgruppen. De bedömde mjölkens "off-flavours" på en skala från 1-10 och resultatet visade att de upplevde att mjölken från skyddad fiskolja smakade konstigt men att den från oskyddad fiskolja smakade direkt illa. Korna som utfodrades med oskyddad olja minskade sitt foderintag med ca 25% och därmed förlorade de kroppsvikt och mjölkavkastningen gick drastiskt ner. En sådan påverkan gick inte att se på de korna som fick skyddad fiskolja, däremot gick mjölkens fett- och proteinkoncentration ner i båda behandlingarna. I Figur 2 presenteras koncentration av våmsyra, LNA, EPA och DHA i de olika foderkombinationerna. Koncentrationen av våmsyra ökade tydligt, DHA och EPA steg också, mest från den oskyddade oljan. Den oskyddade fiskoljan orsakade tydligast minskning i mjölkfettavkastning och därmed blev produktionen av fettsyror lägre än av skyddad fiskolja, även om det blev en högre koncentration.

Flera studier har visat att en kombination av olika fettfodermedel har gett en gynnsam mjölkfettssammansättning som är bättre än att fodra med fodermedlen var och en för sig. Shingfield *et al.* (2006) studerade skillnaden i fettyrasammansättningen i mjölken vid utfodring med en kombination av fiskolja och solrosolja. Utöver det fick korna även en foderstat innehållande majsensilage, sojamjöl, rapsmjöl, vete och koncentrat, fetthinnehåll ej angett. Innehållet av flera CLA-isomerer ökade, däribland våmsyra. Efter 5 dagars utfodring av fisk- och solrosolja hade koncentrationen av våmsyra stigit från 0,50 g/100 g identifierade mjölkfettsyror till 5,37 g/100g. Efter 15 dagar låg istället koncentrationen våmsyra på 2,35 g/100g. Shingfield *et al.* (2006) förklarade avklingandet med att mikroorganismernas biohydrogenering anpassar sig efter den nya foderstaten och kan efter ett tag mätta fler fettsyror och därmed minska innehållet av de långa fettsyrorerna i mjölken. Även EPA- och

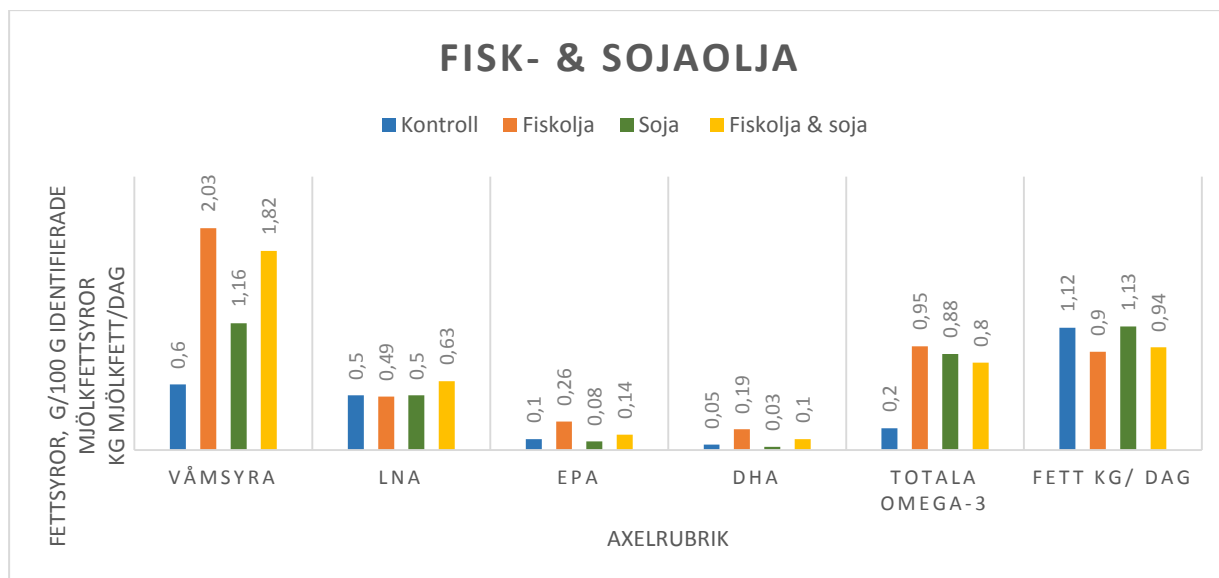
DHA-innehållet ökade, samtidigt som innehållet av korta mättade fettsyror minskade. Mjölkfettavkastningen minskade, även om total mjölkavkastning var relativt oförändrad. I det långa loppet blev alltså koncentrationen av de längre fettsyrorerna högre, framför allt av våmsyra, även om slutresultatet inte blev lika drastiskt som de första dagarnas resultat visade.

Palmquist & Griinari (2006) utfodrade mjölkkor med en kombination av fiskolja och solrosolja i olika proportioner (Tabell 4). Utöver det fick samtliga grupper fri tillgång på luzernensilage och kraftfoder bestående av majs och soja, fettinnehåll ej angett. Kombinationen av de två fodermedlen gav mer utbyte av våmsyra och LNA i mjölken än att utfodra dem var och en för sig. En relativt liten höjning av andelen DHA vid ökad utfodring av fiskolja noterades. En kombination av båda oljorna gav mildare mjölkfettdpression i jämförelse med utfodring av endast en av oljorna. Kombinationen 67% fiskolja och 33% solrosolja visade sig vara mest gynnsamt för mjölkfettproduktionen. Utfodring av endast solrosolja orsakade störst fetthaltsdepression.

Tabell 4. Fettsyrakoncentration i mjölk vid utfodring med olika kombinationer fiskolja och solrosolja (Palmquist & Griinari, 2006). Omräknat till g/100 g mjölkfett

Fettsyra g/100g identifierade fettsyror	0g fiskolja + 30g solrosolja/ kg ts	9.9g fiskolja + 20.1g solrosolja/ kg ts	20.1g fiskolja+ 9.9g solrosolja/ kg ts	30g fiskolja + 0g solrosolja / kg ts
Våmsyra	4	6	5,8	3,5
LNA	0,84	0,93	0,83	0,88
EPA	0,12	0,14	0,58	0,68
DHA	Ej noterbart	Ej noterbart	0,06	0,09
Fettavkastning kg/dag	0,455	0,493	0,532	0,523

Whitlock *et al.* (2002) jämförde även en kombination av extruderade sojabönor och fiskolja med utfodring av enbart ett av fodermedlen (Figur 3). Fettinnehållet i foderstaten vid endast utfodring av soja var samma som vid endast utfodring med fiskolja, 4,1% av TS. Vid utfodring av en kombination av fiskolja och soja var fettinnehållet 4,2% av TS. Resultatet var en tydlig ökning av omega-3-fettsyror och våmsyra för samtliga dieter. Endast fiskolja gav mest utbyte av våmsyra, EPA och DHA medan kombinationen soja och fiskolja gav mest utbyte av LNA i mjölken. Mjölkfettavkastningen var högre än kontroldieten vid utfodring av endast soja, och lägre vid endast fiskolja och kombinationsdieten, vilket indikerar att fiskolja orsakar fetthaltsdepression men extruderad soja gör inte det (Whitlock *et al.*, 2002).



Figur 3. Total mjölkfettproduktion samt andelar av våmsyra, LNA, EPA, DHA och totala omega-3-fettsyror vid utfodring med fiskolja och sojaolja till mjölkkor (Whitlock *et al.*, 2002).

Tillsatser

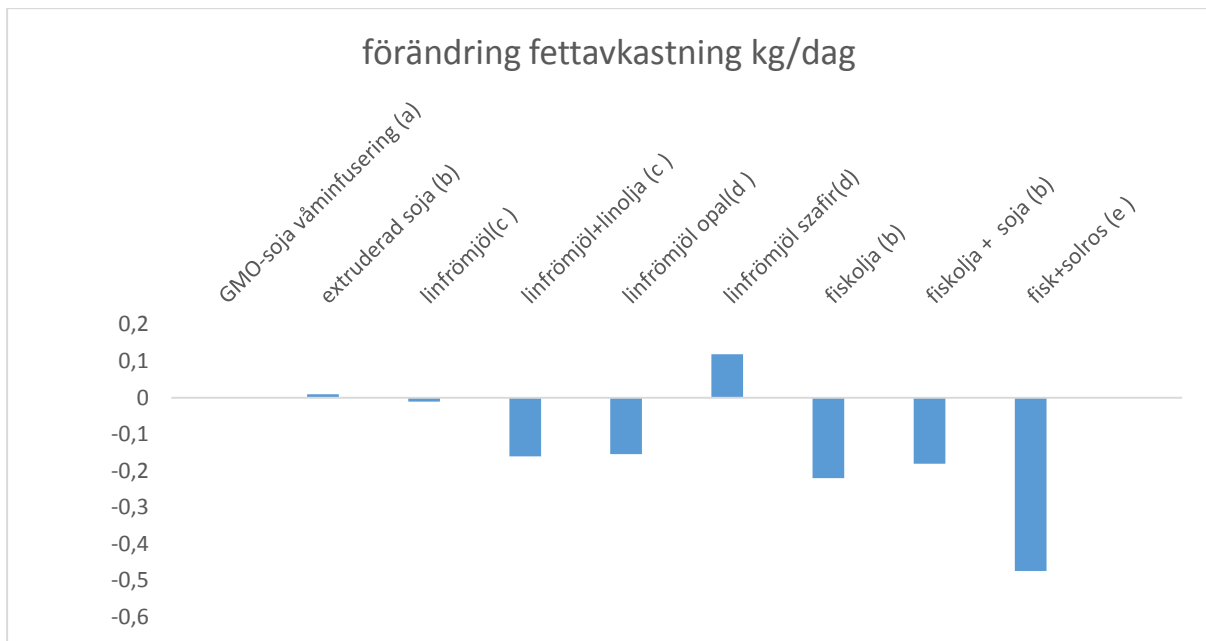
Olika tillsatser har studerats som komplement till fettfodermedel. Dels för att förstärka den positiva effekten fodret har, men också för att undvika några av de negativa effekterna, som till exempel fetthaltsdepression. Tillskott av vitamin E minskade fetthaltsdepression i samband med oljeutfodring, mjölkfettavkastningen sjönk vid introducering av linolja och rapsolja, men steg i kombination med vitamin E så att den blev högre än hos kontrollgruppen. I övrigt fodrades korna med gräsensilage, majsensilage, betför och sojamjöl. Kontrollfoderstaten bestod av 2,2% fett av TS, vid utfodring med lin- och rapsolja samt vitamin e var fetthinnehållet 4,8% av TS (Focant *et al.*, 1998). O'Donnel-Megaró *et al.* (2012) kunde också se en förmildring av fetthaltsdepression i samband med utfodring av sojaolja i kombination med tillskott av vitamin E, till skillnad från utan tillskott av vitamin E. Däremot var det fortfarande en tydlig minskning av mjölkfettavkastning till skillnad från kontrollgruppen. Utöver soja fodrades korna även med majsensilage, gräsensilage, gräshö, vetealm och spannmålskoncentrat. Fetthinnehållet i kontrollfoderstaten var 4,4% av TS.

Bell *et al.* (2006) utförde en studie där olja av safflor och linolja kombinerades med monensin, som är en antibiotika som hämmar mikroorganismerna i våmmen. Vitamin E testades också för att utreda dess effekt på biohydrogeneringen i våmmen. Utöver det bestod foderstaten av kornensilage, lucernensilage, lucernhö, majs, korn, sojamjöl, och koncentrat. Fetthinnehållet i kontrollfoderstaten var 4,34% av TS och 7,74% av TS vid utfodring med safflor. Koncentrationen av våmsyra i mjölken var 0,68% i kontrollgruppen och 3,36% vid utfodring av endast safflor. Vid tillsats av monensin steg koncentrationen till 4,55%. Det bör dock tilläggas att doseringen av monensin var ca 20 gånger högre än gränsvärdet för kontamination i EU. Det är inte tillåtet att avsiktligt tillsätta monensin i foder till mjölkkor (SJVFS 2011:574). Vid tillsats av vitamin E var koncentrationen av våmsyra 3,48%, vilket är en liten ökning men inte alls lika stor som med monensin. Khodamoradi *et al.*, (2013) kunde dock inte visa någon sådan tydlig effekt av varken monensin eller vitamin E.

Diskussion

Det är svårt att jämföra de olika fodermedlens effekt på fettsyrasammansättningen i mjölken, då studierna är utförda på olika djurgrupper, i olika länder och med olika foder som komplement till de studerade fodermedlen. De faktorerna har också stor påverkan på fettsyrasammansättningen, vilket gör att slutsatser om fodermedel endast kan dras för de enskilda studierna. Dessutom var det relativt stor variation i fetthinnehåll i foderstaterna i de olika studierna. För att jämföra effekt av olika fodermedel skulle omfattande studier behöva göras där djuren utfodras med samma grovfoder och testas att utfodras med varje fodermedel. Det går dock att konstatera att fiskolja i kombination med solrosolja hade en påverkan på koncentration av omega-3-fettsyror och våmsyra i mjölken och att den effekten var större än vid utfodring av endast ett av dem (Palmquist & Griinari, 2006).

I de studier som har haft en kontrollgrupp kan förändringen i mjölkfettavkastning också jämföras, vilket har sammanställts i Figur 4. Tydligast minskning av kg mjölkfett/dag noteras i studier med fiskolja, framför allt i kombination med solrosolja, vilket visar att de båda har negativ effekt på mjölkfettavkastningen även om sammansättningen av fettsyror förbättras (Shingfield *et al.*, 2006). Extruderad soja bidrog till en förmildring av fetthaltsdepression vid utfodring med fiskolja, även om det fortfarande blev en minskning av fettavkastningen även där. Endast extruderad soja gav dock en liten förhöjning av fettavkastning (Whitlock *et al.*, 2002). Med tanke på att extruderad soja förmildrar fetthaltsdepression och fiskolja bidrar till högre koncentrationer av många av de hälsosamma fettsyrorna kan det konstateras att en kombination av de båda är ett lovande fodermedel för att få högre mängd av de fettsyrorna i mjölken. Fiskolja bidrog dock till en dålig smak på mjölken (Lacasse *et al.*, 2002), vilket kan bli ett problem. Dock är smak subjektivt och beror mycket på vad man är van vid. Studien utfördes i Kanada, i andra länder kanske den inte alls hade upplevts som lika dålig. Vid utfodring med fiskolja bör smaken på mjölken bedömas av de konsumenter som kan tänkas köpa mjölken.



Figur 4. Förändring i mjölkfettavkastning vid utfodring med olika fettfodermedel. Data från (Whitlock *et al.*, 2002 (b) ; Shingfield *et al.*, 2006 (e) ; Bernal-Santos *et al.*, 2012 (a); Puppel *et al.*, 2013 (d) ; Lima *et al.*, 2014 (c))

Idag betalas mjölken i Sverige för dess fetthalt och inte för fettsammansättningen, vilket gör att fodermedel som minskar fettavkastningen ger sämre lönsamhet. Även om koncentrationen av de långa omättade fettsyrororna höjs kan det vid för kraftig minskning av mjölkfett också ge sämre total avkastning av dem. Därför är det återigen lovande att extruderad soja kan visas förmildra fetthaltsdepression och därmed vara ett bra komplement till fiskolja. Både GMO-soja med förhöjt innehåll av stearinsyra och LNA (Bernal-Santos *et al.*, 2010) och extruderad soja (Whitlock *et al.*, 2002) visade relativt bra resultat på mjölkfettsammansättningen. Vid extrudering av GMO-soja kunde kanske ett ännu bättre resultat nås, framför allt i kombination med fiskolja.

Eftersom utfodring med bland annat CLA minskar *de novo*-syntes och därmed produktion av korta mättade fettsyror, ökar ju som konsekvens koncentrationen av långa omättade fettsyror, även om avkastningen av dessa inte ökar (Perfield *et al.*, 2007). Det är viktigt att ha i åtanke vid sådana här studier, att det kan verka som att ett fodermedel har stor effekt på innehållet av långa omättade fettsyror i mjölken, när det kanske i själva verket endast handlar om att de korta mättade fettsyrororna minskar.

En annan viktig aspekt att tänka på är att mikroorganismerna i våmmen är väldigt anpassningsbara. Vid introduktion av nytt fodermedel kan det första dagarna verka som att fodermedlet har stor effekt, men när mikroorganismerna hunnit anpassa sig kan resultatet se helt annorlunda ut, som i studien av Shingfield *et al.* (2006). Därför är det viktigt att studera fodermedlet under en längre tidsperiod.

Det vore önskvärt att hitta en råvara som kan odlas här i Sverige, som till exempel lin. Det visade sig också vara ett lovande fodermedel, då sorten Szafir till och med höjde

fettavkastningen relativt mycket och gav stora förhöjningar av koncentrationerna av både EPA och DHA (Puppel *et al.*, 2013). I studien där de infuserade linolja i kombination med utfodring av linfrömjöl gav det en nästan tio gånger högre koncentration av LNA. Däremot gick fettavkastningen ner rejält med linolja, vilket är en klar nackdel (Lima *et al.*, 2013). Det finns troligtvis förutsättningar för att öka användningen av lin i foder, förutsatt att man använder rätt linsort för att få maximalt resultat. De olika linsorterna resulterade i en stor variation i mjölkfettsammansättning och avkastning (Puppel *et al.*, 2013).

Möjligheterna att använda tillsatser för att ytterligare förbättra de goda effekterna och förebygga de dåliga visade sig lovande. Både vitamin E och monensin gav stora effekter på att förmildra fetthaltsdepression. Men gränsvärdet för kontamination av monensin i EU (SJVFS 2011:574) är mycket lägre än vad Bell *et al.* (2006) doserade med, därför blir det omöjligt att använda monensin i praktiken. Det är intressant att se att det fungerar, men andra metoder måste tillämpas. Vitamin E gav inte riktigt lika tydliga effekter, men visade sig ändå lovande för användning.

Det går att konstatera att många fodermedel har stor påverkan på mjölkens fettavkastning och sammansättning av fettsyror, och därför finns det förutsättningar att reglera mjölkens fettinnehåll. I denna litteraturstudie har inga ekonomiska avvägningar gjorts, vilket gör att det inte går att dra några slutsatser om vilket fodermedel som är mest ekonomiskt gynnsamt. Eftersom många fodermedel som ökade andelen omega-3-fettsyror och våmsyra även sänkte mjölkfettavkastning, kan de istället ge ekonomisk förlust även om de orsakar en mer efterfrågad fettsyrasammansättning.

Slutsats

Studier visar att stora möjligheter finns att reglera fettsammansättningen i mjölken med utfodringen, men det är omöjligt att jämföra deras effekter med varandra. Fodermedel som fiskolja och lin och kombination av andra fodermedel ger förhöjda koncentrationer av omega-3-fettsyror och våmsyra. Däremot sänker många fettfodermedel mjölkfettavkastningen, vilket kan resultera i ekonomisk förlust. Kombinationer med andra foder eller tillsatser kan dock förmildra fetthaltsdepression något.

Referenslista

- BAUMAN, D. E & GRIINARI, J. M. (2001). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, 70, 15-29.
- BAUMAN, D. E & GRIINARI, J.M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23, 203-227.
- BELL, J. A., GRIINARI, J. M. &KENNELLY, J. J. (2006). Effect of safflower oil, flaxseed oil, monensin, and vitamin E on concentration of conjugated linoleic acid in bovine milk fat. *Journal of Dairy Science*, 89, 733-748.
- BERNAL-SANTOS, G., O'DONNELL, A. M., VICINI, J.L., HARTNELL, G. F.& BAUMAN, D.E. (2010). Hot topic: Enhancing omega-3 fatty acids in milk fat of dairy cows by using stearidonic acid-enriched soybean oil from genetically modified soybeans. *Journal of Dairy Science*, 93, 32-37.
- COLLOMB, M., SOLLBERGER, H., BUTIKOFER, U., SIEBER, R., STOLL, W. & SCHAEREN, W. (2004). Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed, and sunflower seed on the fatty acid composition of milk fat. *International Dairy Journal*, 14, 549-559.
- DELANY, J. P., BLOHM, F., TRUETT, A. A., SCIMECA, J. A. &WEST, D. B. (1999). Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 276, R1172-R1179.
- FOCANT, M., MIGNOLET, E., MARIQUE, M., CLABOS, F., BREYNE, T., DALEMANS, D. & LARONDELLE, Y. (1998). The effect of vitamin E supplementation of cow diets containing rapeseed and linseed on the prevention of milk fa oxidation. *Journal of Dairy Science*, 81, 1095-1101.
- FÖRORDNING (EU) nr 574:(2011). Svenska Jordbruksverket. Jönköping. (SJVFS 2011:574)
- FÖRORDNING (EU) nr 999:(2001). Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 999/2001(SJVFS 999:2001) om fastställande av bestämmelser för förebyggande, kontroll och utrotning av vissa typer av transmissibel spongiform encefalopati. Bilaga 4.
- KHODAMORADI, S. H., FATAHNA, F., TAHERPOUR, K., PIRANI, V., RASHIDI, L. & AZARFAR, A. (2013). Effect of monensin and vitamin E on milk production and composition of lactating dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97, 666-674.
- LACASSE, P., KENNELLY, J. J., DELBECCHI, L. & AHNADI, C. E. (2002). Addition of protected and unprotected fish oil to diets for dairy cows. I. Effects on the yield, composition and taste of milk. *Journal of Dairy Science*, 69, 511-520.
- LEAF, A. & WEBER, P.C. (1988). Cardiovascular effects of N-3 fatty-acids. *New England Journal of Medicine*, 318, 549-557.
- LIMA, L.S., PALM, M. F., SANTOS, G.T., BENCHAAAR, C., LIMA, L. C. R., CHOUINARD, P. Y. & PETIT, H. V. (2014). Effect of flax meal on the production performance and oxidative status of dairy cows infused with flax oil in the abomasum. *Livestock Science*. 170, 53-62.
- MCDONALD, P., EDWARDS, R. A., GREENHALGH, J. F. D., MORGAN, C. A., SINCLARI, L. A. &WILKINSON, R. G. (2011). *Animal nutrition*, Essex, Pearson Education Limited. Ss 36-37, 406-408, 438, 621.
- NORDISKA MINISTERRÅDET. (2012). *Nordiska näringsrekommendationer 2012 – rekommendationer om näring och fysisk aktivitet*. Köpenhamn. Nordiska ministerrådet. NNR 2012

- O'DONNELL-MEGARO, A. M., CAPPER, J. L., WEISS, W. P. & BAUMAN, D. E. (2012). Effect of linoleic acid and dietary vitamin E supplementation on sustained conjugated linoleic acid production in milk fat from dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95, 7299-7307.
- PALMQUIST, D. L. & GRIINARI, J. M. (2006). Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 358-369.
- PALOMBO, J. D., GANGULY, A., BISTRAN, B. R. & MENARD, M. P. (2002). The antiproliferative effects of biologically active isomers of conjugated linoleic acid on human colorectal and prostatic cancer cells. *Cancer letters*, 177, 163-172.
- PERFIELD, J. W., II, LOCK, A. L., GRIINARI, J. M., SAEBO, A., DELMONTE, P., DWYER, D. A. & BAUMAN D. E. (2007). Trans-9, cis-11 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90, 2211-2218.
- PERFIELD, J. W., SAEBO, A. & BAUMAN, D. E. (2004). Use of conjugated linoleic acid (CLA) enrichments to examine the effects of trans-8, cis-10 CLA, and cis-11, trans-13 CLA on milk-fat synthesis. *Journal of Dairy Science*, 87, 1196-1202.
- PUPPEL, K., KUCZYNSKA, B., NALECZ-TARWACKA, T. & GRODZKI, H. (2013). Influence of linseed variety on fatty acid profile in cow's milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 2276-2280.
- SHINGFIELD, K. J., AHVENJARVI, S., TOIVONEN, V., VANHATALO, A., HUHTANEN, P. & GRIINARI, J. M. (2008). Effect of incremental levels of sunflower-seed oil in the diet on ruminal lipid metabolism in lactating cows. *British Journal of Nutrition*, 99, 971-983.
- SHINGFIELD, K. J., REYNOLDS, C. K., HERVAS, G., GRIINARI, J. M., GRANDISON, A. S. & BEEVER, D. E. (2006). Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, 714-732.
- SOEL, S.M., CHOI, O. S., BANG, M. H., PARK, J. H. Y. & KIM, W. K. (2007). Influence of conjugated linoleic acid isomers on the metastasis of colon cancer cells in vitro and in vivo. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 18, 650-657.
- SUN, C., BLACK, B.A., ZHAO, Y., GÄNZLE, M.G., CURTIS, J.M., (2013). Identification of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Isomers by Silver Ion-Liquid Chromatography/In-Line ozonolysis/Mass Spectrometry (Ag⁺-LC/O₃-MS). *Analytical chemistry*, 85, 7345-7352.
- VAZIRIGO HAR, M., DEHGHAN-BANADAKY, M., REZAYAZDI, K., KRIZSAN, S. J., NEJATI-JAVAREMI, A. & SHINGFIELD, K. J. (2014). Fat source and dietary forage-to-concentrate ratio influences milk fatty-acid composition in lactating cows. *Animal*, 8, 163-174.
- WHITLOCK, L. A., SCHINGOETHE, D. J., HIPPEN, A. R., KALSCHUR, K. F., BAER, R. J., RAMASWAMY, N. & KASPERSON, K. M. (2002). Fish oil and extruded Soybeans fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately. *Journal of Dairy Science*, 85, 234-243.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 Uppsala
Tel. 018/67 10 00
Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Nutrition and Management
PO Box 7024
SE-750 07 Uppsala
Phone +46 (0) 18 67 10 00
Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management*