



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap

Fett og omega 3 til hest **- Kilder, potensiell virkning og** **bruksområde**

Stine Mjelde
Husdyrvitenskap

Forord

Jeg hadde lenge tenkt på hva jeg skulle skrive om i masteroppgaven min. Det jeg visste var at jeg ville skrive om hest, da det er hest jeg er mest interessert i, og som er grunnen til at jeg valgte å studere ved NMBU, daværende UMB. Jeg har lenge hatt interesse for ernæring, både når det kommer til mennesker og dyr, og da spesielt hest. Etter å ha pratet med Dag Austbø og videre Jon Anders Næsset hadde jeg fått mer idéer og tanker om hvilke muligheter det var, og med tanke på at det ikke var noe pågående forsøk ble det en litteraturstudie. Siden interessen min for ernæring er ganske generell så ble det vanskelig å velge tema og oppgave, men etter hvert bestemte jeg meg for en litteraturstudie om fett og omega 3 til hest.

Det ble litt annerledes enn jeg først hadde sett for meg, men har vært et spennende tema, og det var mer tilgjengelig litteratur enn det jeg hadde trodd. Derfor ble det utfordrende å plukke ut stoff, og å begrense seg.

Selve skrivingen av oppgaven gikk heller ikke helt etter planen på grunn av sykdom, som gjorde det vanskelig å jobbe med oppgaven slik jeg hadde planlagt.

Det har også vært en utfordring å skrive på denne måten. Men med hjelp av Dag Austbø og Jon Anders Næsset som har vært veiledere ble oppgave ferdig til slutt. Masse takk til Jon Anders Næsset som har lest gjennom oppgaven flere ganger, gitt råd og tippet om kilder underveis.

8.8.16

Stine Mjelde

Sammendrag

Bruk av mer fett i fôr til hest har i nyere tid blitt vanligere enn før. Fett gir en mulighet til å øke energikonsentrasjonen i fôret, og samtidig redusere inntaket av NSC, som sukker og stivelse. Mange hester er avhengig av mer energi enn det grovfôret gir, og har behov for supplering med kraftfôr. Det er også mange hester som sliter med blant annet ulike fordøyelsesproblemer, og magesår er svært vanlig blant prestasjonshest. Redusering av NSC til fordel for noe fett vil kunne hjelpe for mange, fordi fett har en høyere energikonsentrasjon enn andre fôrmidler, slik at kraftfôrmengden kan reduseres men allikevel gi samme energiinntak, eller øke energiinntaket uten å øke volumet på rasjonen.

Omega 3 har blitt populært blant mennesker og interessen for omega 3 øker også til hest. Det har påståtte egenskaper som betennelsesdempende, virke smørende på ledd, bra for hud og hår, og å være bra for immunforsvaret. Omega 3 og omega 6 konkurrerer om de samme enzymene og inkorporering i cellemembranens fosfolipider. I og med at tilgangen på omega 6 er større enn omega 3, vil man få en større andel omega 6 enn omega 3. Omega 6 gir større inflammatoriske responser enn omega 3, men de har begge sine funksjoner og bidrar til den samlede responsen. Derfor er forholdet sett på som viktig. Det naturlige fettinnholdet i grovfôr og mange typer korn er lavt, og derfor spekuleres det i om det kan være nødvendig å tilsette fett i hestens rasjon for å få et tilstrekkelig opptak av fettløselige vitaminer. Det finnes anbefalinger for omega 6 og omega 3 for å unngå negative effekter, men det er ikke etablert optimale anbefalinger hverken på fett, omega 6 eller omega 3 for hest.

Abstract

Use of horse feeds high in fat has recently become more common than it has in a while. Fat provides a possibility to increase energy density in the diet, while reducing the intake of NSC, like sugar and starch. Many horses need more energy than roughage provides and require additional supplementation with concentrates. There are also many horses who are struggling with various digestive problems, and gastric ulcers are very common among performance horses. Reducing the NSC in favor of fat could help reduce this issues, and fat contributes with more energy than other nutrients, therefore the amount of feed can be reduced but still provide the same energy intake, if some of the NSC is replaced with fat, or the energy content can be increased without increasing the volume.

Omega 3 has become popular among people, and the interest in omega 3 for horses also increases. It is for example suggested to be anti-inflammatory, lubricating for joints, good for the hair and skin, and to be good for the immune system. Omega 3 and omega 6 competes for the same enzymes, and incorporation into cell membrane phospholipids. If the supply of omega 6 is greater than omega 3, one will get an abundance of omega 6. Omega 6 provides greater inflammatory responses than omega 3, but they both have their functions and contributes to the overall response. The ratio is therefore seen upon as important. The content of fat naturally found in forage and many types of grains are low and therefore there is some speculation that it may be necessary to add fat to obtain a sufficient absorption of fat-soluble vitamins. There are recommendations for omega 6 and omega 3 to avoid negative effects, but it is not established an optimal recommendations either in fat, omega 6 or omega 3 for horse.

Innholdsfortegnelse

1. Fett brukt til hest	6
1.1 Fettsyrer og omega 3	6
2. Fett, fettfordøyelse og kilder	8
2.1 Oppbygging	8
2.2 Fordøyelse av fett	9
2.3 Fordøyeligheten av ulike fettkilder.....	14
2.4 Fettkilder via rasjon	20
3. Essensielle fettsyrer.....	22
3.1 Omega 3 og omega 6 fettsyrer.....	23
3.2 Supplementering av omega 3 fettsyrer	24
3.3 Potensielle fordeler ved bruk av omega 3 fettsyre supplement	27
4. Ulike fordeler ved å øke fettinntaket.....	29
4.1 Øke energikonsentrasjonen i hestens rasjon.....	29
4.2 Glykemisk indeks og insulin responser	31
5. Formål ved å bruke fett i hestens rasjon.....	32
5.1 Atferd.....	32
5.2 Adaptasjon til fett og responsen på trening	33
5.3 Termisk belastning	36
5.4 Supplering av fett til sportshest	37
5.5 Effekt på magesår	38
5.6 Kroniske muskelsykdommer	39
5.7 Insulinsensitivitet.....	40
5.8 Kolikk	42
6. Når fett skal inkluderes i hestens rasjon.....	42
6.1 Valg av fettmengde.....	44

6.2 Innhold av fett i rasjoner til hest	45
6.3 Introdusering av fett til hestens rasjon.....	46
6.4 Fetttilsatte rasjoner kan påvirke behov for antioksidanter.....	46
6.5 Risiko for oksidasjon	47
6.6 Potensielle ulemper ved fôring med fett.....	48
7. Hestens behov for fett, og de essensielle fettsyrene omega 3 og omega 6	48
8. Diskusjon.....	49
9. Konklusjon	51
10. Kilder.....	52

1. Fett brukt til hest

Fett har blitt brukt i hestefôr fra lang tid tilbake, historisk sett for å få glans og skinnende pels. Det er ofte av den grunn hesteeiere tilsetter litt olje, eller andre fettkilder til hestens rasjon og fordi myten sier at en blank hest symboliserer en frisk hest som får det den trenger.

Fettinnhold i fôr til hest har lenge blitt begrenset, da man ikke har hatt nok kunnskap om hvor mye fett hesten tåler, som for eksempel med tanke på at hesten ikke har galleblære. Men etter hvert som forskningen har gått fremover er det begynt å åpnes for tanken på å kunne tilføre mer fett i fôret.

Fett har en høyere energikonsentrasjon og er et effektivt virkemiddel om det er behov for mer energi, eller som en alternativ energikilde istedenfor ustrukturerte karbohydrater (NSC), som sukker og stivelse, som mange hester av ulike grunner ikke bør ha så mye av. Fettets kvaliteter og fôrpotensiale har ført til ulike fôrblandinger, og tilskuddsfôr med varierende fettinnhold. Fett kan også åpne for et alternativ til å fôre hesten NSC, som kraftfôr ofte inneholder mye av, og å tilpasse rasjoner utfra ulike behov, som for eksempel om hesten trenger mer energi enn grovfôr gir, mens det samtidig ikke er ønskelig å fôre med store mengder raskt fordøyelige karbohydrater.

1.1 Fettsyrer og omega 3

Interessen for enkeltfettsyrer, de ulike funksjonene, og hvordan de kan brukes til ulike og spesielle formål har økt nå i nyere tid. For å kunne bruke fett og fettsyrer på en optimal måte må man også vite en del om hestens fordøyelsessystem, og hvordan fett utnyttes i kroppen.

Hvordan man kan bruke fett og ulike fettkilder i hestens rasjon, og dets funksjoner, er blitt et mer aktuelt tema, og det åpnes stadig mer for tanken på å fôre med mer fett til hest, enten som fôrblandinger tilsatt fett, eller som supplerer av fett, som for eksempel med vegetabiliske oljer. Omega 3 supplementer er svært vanlig blant mennesker og er populært på grunn av dets påståtte fordelmessige helseeffekter. Interessen for sunnhet og kosthold har eskalert nå i nyere tid, og derav også interessen for omega 3 sine egenskaper og funksjoner. Sammen med dette kommer også interessen for hva dyrene våre fôres med, og da spesielt kjæledyr som ofte er svært viktig for den som eier dyret. Med hest blir det kanskje litt ekstra spesielt med tanke på hvordan kostholdet kan forbedre faktorer, både ved fysiske og psykiske evner, som igjen

vil kunne gi en bedre opplevelse for dem som omgår hestene, enten det gjelder resultater på konkurransebanen, ved trening, eller bare håndtering.

Forståelse av ernæring og hvordan det påvirker kroppen er i vinden for tiden. Så mange forhold som mulig ønskes å optimeres, og da vil korrekt fôring være en av de vesentlige faktorene. Jo flere som forstår dette, jo mer optimering kan kunne bli nødvendig for å ta det til det neste steget. Noe som vil kunne øke velferden til hesten på sikt.

Omega 3 har flere påståtte egenskaper. Blant annet at det skal være betennelsesdempende, virke smørende på ledd, være bra for hud og hår, og være bra for immunforsvaret. Det finnes flere typer av omega 3 tilskudd til mennesker, både alene, og som en kombinasjon sammen med andre tilskudd, for spesifikke funksjoner.

Det er en del forskjell på fôring av hest nå i forhold til tidligere. Før ble hestene brukt hovedsakelig til arbeid, og noe hobby. Antallet hobbyhester er nå stort, og andel av hester som brukes til konkurranse har steget. Det trengs derfor ofte større inntak av energi i forhold til før, derfor er det flere hester som får kraftfôr, noe som også er blitt populært å gjøre selv om hesten kanskje ikke trenger det. Det betyr at bruken av kraftfôrblandinger er blitt høyere i forhold til før, da hesten generelt levde på en rasjon som ofte besto av mer grovfôr. Men trender snur, og det virker mange steder nå å være populært å gi hesten en rasjon så naturlig som mulig. Som da betyr å øke mengden grovfôr istedenfor å øke mengden kraftfôr. Dette vil nok variere i ulike miljøer, men mange er opplyste om fordelene ved å begrense kraftfôrmengden.

Om hestens rasjon er basert på en stor andel kraftfôr er det naturlig å trekke konklusjonen om at forholdet omega 3:omega 6 er mer gunstig jo mer grovfôrbasert rasjonen er. Jo mer kraftfôr og vegetabiliske oljer man tilsetter, jo høyere blir andelen omega 6 i dette forholdet, da man tilsetter en stor overvekt av omega 6 i forhold til omega 3 (Geor et al. 2013). Dette kan sammenlignes med forandringene i menneskets kosthold hvor andelen omega 6 har økt ettersom det har kommet flere produkter på markedet med stor overvekt av omega 6 fettsyrer, slik at forholdet er veldig annerledes enn det originale 1:1 forholdet. (Candela et al. 2011; Simopoulos 2002).

2. Fett, fettfordøyelse og kilder

2.1 Oppbygging

Fett kan, som andre næringsstoffer, bestå av et mangfold av ulike komposisjoner, både kjemisk og strukturelt. Variasjonen av strukturen, og den kjemiske oppbygningen til den enkelte fettsyren vil påvirke både hva som blir dets fysiske område, biologiske oppførsel, og hvordan den fungerer i kroppen (Zhou et al. 1999).

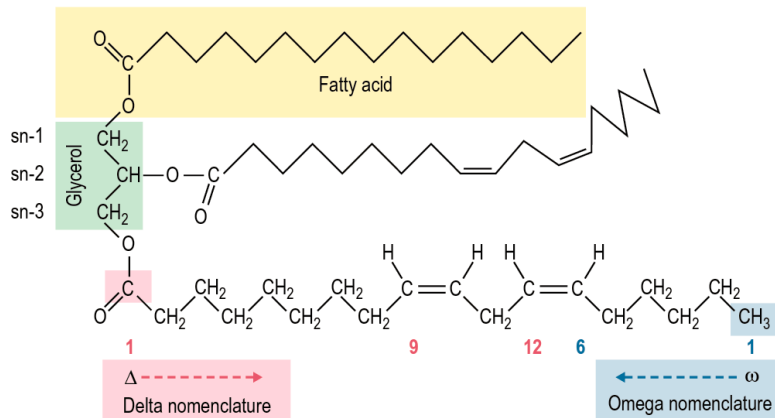
De vanlige fetttilskuddene til hest inneholder for det meste triacylglycerol som vanligvis kalles triglyserider. Triacylglycerol består av tre fettsyrer bundet til et glyserolmolekyl, fettsyrene er esterifisert til ett 3-karbon glyserol molekyl. Lengden på karbonkjeden varierer, fra 2 til 28 karbonatomer, og de fleste esterifiserte fettsyrene som er tilstede i fôrmidler er fra 12 til 22 karboner. Det er en liten del av de ikke esterifiserte fettsyrene (NEFA) som er ubundet i glyserolenden. De kalles frie fettsyrer. Frie fettsyrer i olje, eller andre fôrmidler som er rike på fett, brukes som en indikator for harskning, noe som oppstår som følge av oksidasjon. Fettsyrer varierer også i metningsgrad, noe som forteller hvor mange dobbeltbindinger fettsyren inneholder. Det kan være ingen (mettet), en (enumettet/monoumettet), eller flere dobbeltbindinger (flerumettet/polyumettet).

Fettsyrer som ikke inneholder dobbeltbindinger, og derfor er mettet har høyere smeltepunkt enn de med dobbeltbindinger. Det betyr at mykheten til fett i romtemperatur vil kunne gi en formening om bindingene.

Fettkilder rikt på mettet fett, som animalsk fett, er fast i romtemperatur, mens umettede fettsyrer har lavere smeltepunkt, og vil være flytende, eller nærmere flytende, i romtemperatur. Disse er normalt mer utsatt for oksidering, som kalles harskning i dagligtale, enn mettede fettsyrer. Kilder til umettet fett er marine oljer og de fleste typer plantefett, med noen unntak; som kokosnøttolje og palmeolje.

Alle fettsyrer har en karboksylsyre (COOH)- gruppe i den ene enden av karbonkjeden, og en metylgruppe (CH₃) i den andre enden. Karboksylkarbonet blir referert til som delta- (Δ) karbonet, mens metyl- karbonet har omega- (ω el n) enden.

Betegnelse blir brukt til å fortelle hvor i fettsyren dobbeltbindingene er plasserte ved at nummeringen av karbonene i kjeden enten begynner med delta eller omega. Det er mest vanlig å bruke omegaenden for å beskrive de essensielle fettsyrene.



Figur 1: Eksempelstruktur av triacylglycerol. Denne triacylglycerolen har 16 karbon og er en mettet fettsyre (palmitinsyre, C16:0) på sn-1 posisjonen, og to 18 karbon flerumettede fettsyrer (linsyre, C18:2n-6) i posisjon sn-2 og sn-3. På sn-3 er det demonstrert i hvilken ende man refererer til delta (Δ) eller omega (ω /n) (Geor et al. 2013).

Eksempelvis; C18:3n-3 som er linsyre. Det betyr at den har 18 karbonatomer, 3 dobbeltbindinger og første dobbeltbinding på karbon nr. 3 fra omega-/metyl siden, og er da en omega 3 fettsyre.

Dette kapittelet er basert på boka; Equine applied and clinical nutrition, skrevet av Geor et al. (2013).

2.2 Fordøyelse av fett

Ut fra studier som er gjort på hest og andre enmagede dyr vet man en god del om hestens fettfordøyelse. Sannsynligheten for at studier som er gjort på andre enmagede dyr også vil stemme for hesten er relativt stor, selv om noe vil være spesielt for hest, slik som at hesten ikke har galleblære. Den kan derfor ikke lagre galle, men galle blir i stedet jevnlig utskilt fra leveren direkte til duodenum (tolvvingertarmen) (Geor et al. 2013).

Fettfordøyelsen deles inn i 3 faser

1. Mekanisk fordøyelse som består i deling av store fettpartikler til mindre emulgerte partikler.
2. Enzymatisk hydrolyse av lipid estere (triacylglycerol, fosfolipider, og kolesterol estere).
3. Omdannelse av vannuløselige produkter av lipolyse til en løselig form som raskt kan absorberes. (Geor et al. 2013).

Den mekaniske fordøyelsen av fôret starter i munnhulen hvor det blir fysisk kvernet, og spytt blir tilsatt under tygging og blandingen fortsetter ned i magen. I magesekken starter den enzymatiske fordøyelsen av fett hvor zymogen cellene fra mucosa fundus produserer gastrisk lipase. Antageligvis innleder den gastriske lipasen til hydrolyse av triacylglyserolene, men hvor mye vet man ikke hos hest (Geor et al. 2013).

Fôrfettet emulgerer og omgjøres til små lipiddråper som gir en større overflate, slik at det blir enklere for enzymene og gallesaltene å komme til mens fôret passer tynntarmen.

For andre dyrearter antas det at fettsyrene som kommer til magesekken er involvert av utløsningen av de gastrointestinale hormonene, som bidrar til emulgering av fett i duodenum. Deretter blir kolecystokinin utskilt fra duodenums mucosa som en reaksjon på delvis fordøyde fett og proteiner, som igjen trigger utskillelse av galle og enzym fra bukspyttkjertelen (pankreas). Videre vil de gastriske syrene i øverste delen av tynntarmen så føre til utslipp av sekretin, som igjen stimulerer sekresjon av bikarbonat fra bukspyttkjertelen (Geor et al. 2013). Kolecystokinin har mange fysiologiske effekter, inkludert å stimulere til galleblære kontraksjoner og sekresjon av pankreatisk og gastrisk syre, forsinkelse av gastrisk tømming og hemming av energiinntak (Little et al. 2005).

Teorien om at fett senker gastrisk tømming er det gjort flere studier på med ulike resultater. På mennesker fant Meyer et al. (1999) ut at ufordøyelig fett, både flytende og fast, ble tømt kjappere enn det fordøyelige, og at fast fett ble tømt like fort som oljer den første timen, men saktere etter den første timen.

Wyse et al. (2001) utførte en studie med hvor de så på hvilken effekt fett hadde på gastrisk tømming. Ponniene i studien, som veide mellom 200 og 304 kg, fikk en kraftfôrrasjon på 0,4-0,6 g/kg BW som bestod av 75 g havre og 50 g kli som ble supplert med 0,35 eller 70 ml soyaolje. Begge rasjonene med tilsatt soyaolje viste en signifikant forsinket gastrisk tømming sammenlignet med måltidet uten olje.

Hos mennesker vil et fettholdig kosthold føre til tilpassning, og den bremsende effekten på gastrisk tømming vil gå tilbake til normalen (Castiglione et al. 2002; French et al. 1995). Mens på hest tas det fremdeles utgangspunkt i forskningen som har vist forsinket gastrisk tømming (Geor et al. 2013).

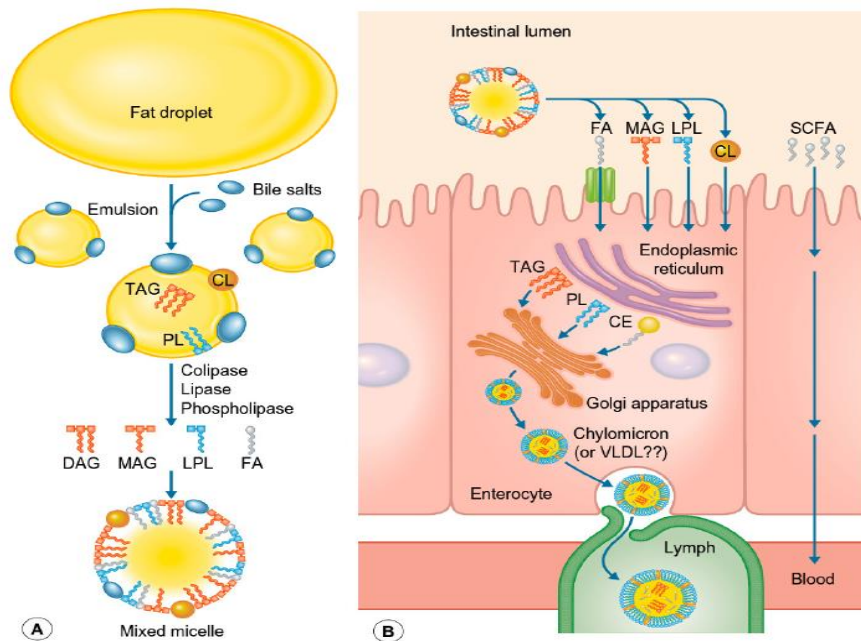
Faktorer som kan ha noe å si er blant annet; volum, energikonsentrasjon, viskositet og osmolaritet. Meyer et al. (1986) fant effekt av viskositet på gastrisk tømning på hund. Det er også funnet en lignende effekt av viskositet på forsinket gastrisk tømning hos ponnier ved tilsetning av en ufordøyelig olje (Olestra ®) til en rasjon (Wyse et al. 2001).

I kontrast til det så er det andre som har fått et litt annerledes resultat.

I en todelt studie gjort av Lorenzo-Figueras et al. (2005) ble det ikke funnet en hemmende effekt av gastrisk tømning med høyt fettinnhold. Hestene i studien var mellom 350 kg og 546 kg. I første delen ble hestene fôret et kraftfôr (0,5 g/kg BW) med et fettinnhold på 8 %, eller med høyt innhold av karbohydrater (3 % fett). I del to ble de samme hestene fôret en kraftfôrrasjon (0,5 g/kg BW), med eller uten en supplerings med enten 12,3 % maisolje eller en isokalorisk mengde sukker (2,9 % fett).

De så også på hvilken effekt rasjonen med høyt fettinnhold, og rasjonen rik på karbohydrater hadde på plasma kolecystokinin. De fikk ingen plasma kolecystokininlignende aktivitet ved bruk av radioimmunmetoden før eller etter forsøksrasjonene. Men rasjonen med høyt karbohydratinhold reduserte tiden til gastrisk halvtømming. Ut fra deres resultater virket det som hestene var mer responsive til karbohydrater enn fett (Lorenzo-Figueras & Merritt 2006). Hvis man tar utgangspunktet i en hest med vekt på 500 kg, så betyr det at den fikk 250 g kraftfôr, med da enten 20 g (8 %) eller 30,75 g (12,3 %) fett, noe som ikke er veldig høyt, og det er mulig at det hadde vært nødvendig med mer fett for å få redusert tømning fra magesekken.

Mekanismene hos andre enmagede individer kan være noe ulik fra hestens, da andre enmagede dyr normalt inntar større mengder fett enn det hesten gjør. Bevisst bruk av mer fett i fôr til hest er fremdeles en ny tanke, og er kanskje noe som er kommet de siste 20-25 år. Det er også varierende resultater av studier gjort på gastrisk tømning og inntak av fett hos hest. Noe som kan komme av at det har blitt bruk av ulikt fettinnhold i forsøksrasjonen, både når det kommer til nivå og type, av både korn og fettkilder.



Figur 2: Illustrasjon av fettfordøyelse. A. Absorpsjon, B. I tynntarmen.

CE= kolesterol ester; CL= kolesterol; DAG= diacylglycerol; FA= Fettsyre; LPL= lysofosfolipid; MAG= monoacylglycerol; PL= fosfolipid; SCFA= kortkjedet fettsyrer; TAG= triacylglycerol; VLDL= lipoprotein med veldig lav densitet. (Geor et al. 2013).

Figur 2 illustrerer fordøyelsen av fett i tynntarmen. Fettemulsjonen forlater magesekken og entrer duodenum (tolvfingerarmen), hvor den blir nøytralisert og modifisert ved å bli blandet med galle og bukspytt.

Hesten har ikke galleblære og kan derfor ikke lagre galle, men galle blir jevnlig utskilt fra leveren direkte til duodenum.

Bukspytt inneholder bikarbonat for å nøytralisere sur chyme, i tillegg til enzymene som spalter fettsyrer fra triacylglycerol, fosfolipider og kolesterol estere. Lorenzo-Figueras et al. (2007) gjorde en studie på fordøyelsesenzymene og fant at hestens bukspyttkjertel produserer høyere konsentrasjoner lipase enn andre fordøyelsesenzymene, noe som var, og er, uforventet med tanke på at hestens rasjon hovedsakelig består av karbohydrater. Dette kan være en av faktorene som gjør at hester tåler høyere fettinnhold i fôrrasjonen enn man skulle tro. Hesten er også avhengig av tilførsel av de essensielle fettsyrene, omega 3 og omega 6, som betyr at de ikke dannes i kroppen men må tilføres via fôret.

Lipase fra bukspyttkjertelen katalyserer hydrolysen av fettsyrer fra de ytre posisjonene (sn-1 og sn-3) av triacylglyserol, som gir to uesterifiserte fettsyrer (NEFA) og en monoacylglyserol. Lipasens effektivitet og aktivitet forbedres av gallsalter og pankreatisk kolipase.

Gallsalter og pankreatisk kolipase forbedrer aktiviteten og effektiviteten til lipasen.

Overflaten av lipiddråpene akkumuleres av gallsalter og overflateområdet olje-vann økes slik at den vannløselige lipasen blir mer effektiv. Kolipase oppfører seg som et anker og sikrer absorpsjon av lipase til det emulgerte substratet. I tynntarmen blir produktene fra lipidhydrolysen satt sammen til blandede miceller. Lipidene blir levert til børstekanten av tynntarmen ved hjelp av micellene som på grunn av størrelsen lett kan passere inn til det ublandede vannlaget på overflaten av mikrovillus membranen, hvor de frigjør NEFA og monoacylglyserol.

Fettsyrene blir transportert videre ved cytosolisk fettsyranport etter at de har entret entrocyten, og binder proteiner til den endoplasmiske reticulum, hvor de reestifiseres til triacylglyserol og fosfolipider.

Lipidproduktene blir ompakket i entrocytene for å kunne eksporteres til sirkulasjonen. De blir formet til en micellepartikkel som består av et ytre monolag av fosfolipider, proteiner og uesterifisert kolesterol og en kjerne av triacylglyserol, kolesterylestere, og fettløselige vitaminer. Dette lipoproteinet er for de fleste pattedyr kjent som chylomikron, men om det er chylomikroner som frakter absorbert triacylglyserol videre hos hest vet man ikke.

Forskere har enten rapportert at det ikke er chylomikronlignende lipoprotein i plasma hos voksne hester (Watson et al. 1993), eller kun små mengder (Marchello et al. 2000).

Der det er funnet små mengder er ikke fraksjonene av lipoproteinet beskrevet nøyaktig nok til at det kan verifiseres som chylomikroner, da de ligner på lipoproteiner med veldig lav densitet (VLDL). Den eventuelle mangelen, eller lave innholdet av chylomikroner hos hest kan være et resultat av adaptasjon til en rasjon med lavt innhold av fett.

Selv om hesten kan nyttiggjøre et relativt høyt innhold av fett i rasjonen, så er videre studier nødvendig for å kunne vite mer om hvordan triacylglyserol tas videre fra tynntarmen ved absorpsjon og transport, og hvordan det påvirkes av rasjonssammensetningen.

Den siste delen av absorpsjonen er fusjon av det triacylglyserolrike lipoproteinet med den basolaterale membranen av enterocytten, og sekresjon til det ekstracellulære rommet av eksocytose. Det triacylglyserolrike lipoproteinet entrer ikke plasma, men blir utskilt inn til lakteallene i det lymfatiske systemet, og passerer via thorax kanalen inn til sirkulasjonen.

Sammenlignet med de andre absorpsjonsproduktene er fett via rasjonen spesielt med tanke på at det ikke går gjennom det hepatiske portåresystemet og krysser leveren før sirkulasjonen, men blir absorbert til kapillærblodet og transportert til leveren, bundet til albumin. Med unntak av korte og medium lange fettsyrekjeder med 2 til 12 karboner som ikke reestifiseres i entrocytten. Fôrfettet absorberes primært i den distale delen av duodenum og jejunum. Etter at fett er absorbert blir det fraktet via triacylglyserolrikt lipoprotein til lever, fettvev og annet vev rundt i kroppen.

Hestens fettfordøyelse foregår hovedsakelig i magesekken og tynntarmen. Mer enn 10-30% av fett i rasjonen kan fordøyas i magesekken av fordøyelsesenzymer som er utskilt fra celler fra tunge, strupe og magesekk. Det resterende av fett som ikke er blitt fordøyd av spytt, eller gastrisk lipase blir fordøyd av bukspyttkjertelens lipase (Zadeh 2014). Tynntarmen kan absorbere opptil 90 % av fett (Gray). Fett som ikke blir totalt fordøyd og absorbert i tynntarmen vil passere videre til baktarmen, som består av blindtarm og tykktarm, hvor fett ikke vil absorberes og passerer ut med avføringen. I baktarmen vil ufordøyd fett fra fôret kunne påvirke den mikrobielle fermentasjonen. Derfor er det ikke ønskelig at det kommer uabsorbert fett helt til baktarmen.

En ulempe med å fôre en rasjon med høyt fettinnhold er nettopp risikoen for at det passerer ufordøyd fett til baktarmen, om dette skjer er det stort sett et resultat av for mye fett, med for rask introduksjon, det vil ikke skje i like stor grad om økningen av fett i rasjonen gjøres gradvis. Så lenge dette gjøres vil hesten kunne utnytte relativt mye fett, uten at det påvirker fermentering i baktarmen. Noe som eventuelt kan forskes mer på, er om lengden på fettsyrene og antall dobbeltbindinger kan ha noe å si.

Deler av dette kapittelet er basert på boka; *Equine applied and clinical nutrition*, skrevet av Geor et al. (2013).

2.3 Fordøyeligheten av ulike fettkilder

Det er flere faktorer som påvirker fordøyeligheten av fett fra rasjonen. Primært mengde, og type lipid. Fett som er naturlig tilstede i grovfôr og korn er det lite av, og det virker å være det fett som er vanskeligst for hesten å ekstrahere.

Apparent fettfordøyelighet funnet for grovfôr er 5-57 % (Fonnesbeck et al. 1967; Sturgeon et al. 2000), og 55-76 % for korn (Hintz et al. 1989). For tilsatt fett og oljer er det funnet en

apparent fordøyelighet på 88-94 % (Kane et al. 1979; McCann et al. 1987), noe som vil variere utfra fettkilde og hvor mye fett som suppleres. Dette indikerer at fett via supplering i ulik grad og kilder, er mer fordøyelig for hesten enn det som naturlig finnes i grovfôr og korn.

Kronfeld et al. (2004) sammenlignet data fra flere studier med til sammen 188 hester, 5 ulike grunnrasjoner og 18 forsøksrasjoner med tilsatt fett. De kom frem til en gjennomsnittlig fettfordøyelighet på 55 % for grunnrasjonene med 50:50 grovfôr og kraftfôr, 81 % for de 18 forsøksrasjonene, og 95 % for de ulike fetttilsetningene. De ulike fettmidlene som ble tilsatt var maisolje, peanøttolje, talg, fettblanding, soyalecithin og maissolje, eller soyalecithin og soyaolje.

Videre kom de frem til at den sanne fordøyeligheten av tilsatt fett er nærmere 100%.

Man skulle kanskje tro at det naturlige fettinnholdet i fôr var det hesten kunne utnytte best, men slik viser det seg ikke å være. Det er nok mange faktorer som spiller inn, men supplert fett er oftest i en form av frie triacylglyseroler som er lett tilgjengelig for absorpsjon. Sett i forhold har det naturlige innholdet av fett i grovfôr og korn en stor del celleveggstoffer rundt, noe som både kan forsinke og hemme omgjøring til lipase i tynntarmen, slik at det blir mer tungtfordøyelig.

Kronfeld et al. (2004) foreslår at en faktor kan være at den enzymatiske hydrolysen av fett kan være treg som resultat av lavt fettinntak ved fôring av grovfôr og korn. En annen ganske vesentlig faktor er at lipidinnholdet i både grovfôr og korn inneholder glykolipider og fosfolipider, noe som ikke er fullstendig ekstrahert i eter. Blir fordøyeligheten i grovfôr og korn basert på dette vil det kunne bli underestimert, siden en del av lipidet ikke er med i ekstraksjonen. Noe av fettinnholdet i grovfôr er i form av voks og andre pigmenter, som kan ekstraheres med eter, men som har dårlig fordøyelighet.

Hestens fordøyelsessystem er tilpasset til å fordøye fôr med et lavt fettinnhold og et høyt fiberinnhold, men på tross av dette viser det seg at hesten er i stand til å utnytte et relativt høyt innhold av fett fra rasjonen (Kronfeld et al. 2004; NRC 2007).

Williams (2004) har skrevet at hesten tolererer opp til 20 % fett i rasjonen, at normale rasjoner bare inneholder 3-4 % fett, vanlig kraftfôr inneholder 2-6 % fett, og at fôr med høyere innhold av fett pleier være mellom 10 % og 12 %. Noe som betyr at man har litt å gå på når det kommer til bruk av fett i hestens rasjon. Nå finnes det også fôrblandinger med enda høyere fettinnhold.

Kronfeld et al. (2004) så på data med flere forskjellige fettkilder og med stor variasjon i rasjonens fettinnhold, 23-233 g/kg TS, for å se på fordøyelighet av fett. Forsøksdyrene var ponnier på rundt 235 kg og hester på rundt 374 kg. Daglig tørrstoffinntak var på $5,09 \pm 0,83$ kg for de 5 kontrollrasjonene uten tilsatt fett og $4,28 \pm 0,22$ kg for de 18 testrasjonene, med tilsatt fett. De estimerte en maksimal fettfordøyelighet ved 100-150 g/kg TS, og at det holdt seg slik til minst 230 g/kg TS hos hester tilvent fettsupplementerte rasjoner. Både Kronfeld et al. (2004) og Bush et al. (2001) fant en lineær sammenheng mellom fettsupplering og fettfordøyelighet. Noe som indikerer at hestens fordøyelsessystem tilpasser seg fettinnholdet i fôret etter en tilvenningsperiode.

Til tross for at det er mange funksjonelle effekter med å fôre hesten med et fôr med høyere fettinnhold er det også funnet negativ respons i sammenheng med andre næringsstoffer som ikke er ønskelig.

I forsøksdataene Kronfeld et al. (2004) jobbet med, som tidligere nevnt, var det brukt forsøksrasjoner med opptil 233 g fett/kg TS, og daglig tørrstoffinntak på $5,09 \pm 0,83$ kg for de 5 kontrollrasjonene og $4,28 \pm 0,22$ kg for de 18 testfôrene med tilsatt fett. De fant ingen negative effekter på fordøyeligheten av TS, råprotein eller fiber. Grunnrasjonene bestod av 23,3 % til 58,4 % høy. Fettkildene og mengdene som var tilsatt totalrasjon var; maisolje (5-20 %), peanøttolje (7,5-15 %), talg (7,5-15 %), en fettblanding med animalsk og vegetabilsk fett (7,5-15 %), 50:50 soyalecitin og maisolje (10 %), 50:50 soyalecitin og soyaolje (10 %).

Hestene og ponnierne i disse forsøksdataene har inntatt henholdsvis 0,4-1 kg høy/100 kg BW, som er under den anbefalte minimumsgrensa på 1,2 kg høy/100 kg BW, og henholdsvis 0,45-1,26 kg kraftfôr/100 kg BW. Det var brukt forsøksrasjoner med henholdsvis; 89-350 g/100 kg BW maisolje, 140-274 g/100 kg BW peanøttolje, 140-274 g/100 kg BW talg, 140-274 g/100 kg BW av en fettblanding med animalsk og vegetabilsk fett, 170 g/100 kg BW 50:50 soyalecitin og maisolje, 170 g/100 kg BW 50:50 soyalecitin og soyaolje. Noe som betyr at de fleste forsøksrasjonene har inneholdt en større andel fett enn den anbefalte 1 dl/100 kg BW. Det ser ut til at kraftfôrmengden ble redusert ettersom fett ble tilsatt.

Det er også flere som ikke har funnet negative effekter på fordøyeligheten av næringsstoffer ved bruk av supplert fett, som Bush et al. (2001) som supplerte kraftfôrdelen av rasjonen med 5, 10, og 15 % maisolje, hvor hestene på gjennomsnittlig 549 kg, inntok omkring 2,8 kg kraftfôr per dag, som tilsvarer en tilsetning på henholdsvis 0,14, 0,28 og 0,42 kg maisolje/dag og Delobel et al. (2008) som supplerte kraftfôret med 8 % linfrøolje.

Hestene i dette forsøket veide 520 ± 20 kg, og konsumerte et gjennomsnitt på 0,6 kg/100 kg BW høy og 0,6 kg/100 kg BW kraftfôr per dag.

En hest på 520 kg vil da ha fått tildelt omtrent 3,12 kg kraftfôr, med da omtrent 250 g eller omtrent 2,5 dl linfrøolje. Grovfôrmengden brukt i dette forsøket er langt under anbefalingen på minimum 1,2 kg høy/100 kg BW.

Det er også gjort en masteroppgave av Sanggaard (2011) på hvordan det fettrike kraftfôret Linamix®, hovedsakelig en omega 3 kilde, påvirker apparent fordøyelighet. Linamix® har et råfettinnhold på 22 %, og består hovedsakelig av ekstruderte linfrø (58 %) men også solsikkemel (14 %), hvetemel (14 %), hvetekli (10 %), hestebønner (5 %), natriumklorid (0,5 %), og er tilsatt beskyttet vitamin E (1000 mg).

De fant ingen forskjell i fordøyelighet av grovfôr ved rasjoner med, eller uten fettsupplementet, ved bruk av 50 g/100kg BW eller 100 g/100kg BW som er den anbefalte mengden. For en hest på 500 kg vil det tilsvare 250 g eller 500 g Linamix som bidrar med henholdsvis 55 eller 110 g fett.

I kontrast til dette er det funnet negative effekter av soyaolje på fordøyeligheten av både råfiber, NDF (neutral detergent fiber), og ADF (acid detergent fiber) (Jansen et al. 2000; Jansen et al. 2001; Jansen et al. 2002).

Jansen et al. (2000) så på om det å bytte ut ustrukturerte karbohydrater med soyaolje ville påvirke fordøyelsen av fiber. Hestene i forsøket hadde en vekt på fra 340 kg til 476 kg. De ble tildelt 1,6 kg høy (25 % av nettoenergi) i gjennomsnitt, og 2,75 kg av kontrollrasjonen kraftfôr, eller 2,32 kg av en forsøksrasjon med kraftfôr som inneholdt 37 % av nettoenergi i soyaolje.

Hestene som fikk tildelt forsøksrasjonen med kraftfôr tilsatt soyaolje fikk en redusert apparent fordøyelighet av råfett, NDF og ADF. De foreslår at en rasjon med så høyt fettinnhold vil øke mengden ufordøyd fett som entrer baktarmen slik at fermenteringen blir hemmet.

Det må kommenteres at 1,6 kg høy er veldig lite. Anbefalingen er minimum 1,2-1,5 kg høy per 100 kg BW (Bakken et al. 2009). For en hest på 400 kg vil 1,6 kg høy bli 0,4 kg/100 kg BW. Det vil si at 1,6 kg høy vil bli langt under minimumet.

Jansen et al. (2001) fant en redusert apparent fordøyelighet av råfiber på 0,9 % per 10 g/kg TS soyaolje som ble tilsatt, økende med fettkonsentrasjon. Ekstra fett reduserte også apparent fordøyelighet av NFE, men økte apparent fettfordøyelighet.

Hestene i dette forsøket hadde en vekt på 407 kg til 531 kg, og hadde en inntak på 2,1 kg høy i gjennomsnitt per dag, og et kraftfôrinntak på 3,42 kg, 3,27 kg, 3,14 kg eller 2,98 kg, tilsatt soyaolje i stigende rekkefølge 0 g, 50 g, 100 g og 150 g. Som forrige studie er det fremdeles for lite høy og mye kraftfor.

Jansen et al. (2002) gjorde et forsøk hvor de så på hvordan soyaolje (158 g/kg TS), stivelse (337 g/kg TS) og glukose (263 g/kg TS) påvirket fiberfordøyeligheten. Hestene fikk en totalrasjon som var 10 % under vedlikeholdsbehovet, 2,3 kg høy per dag (30 % av nettoenergi), og 70 % av nettoenergien fra kraftfôret. Daglig rasjon var enten 1,15 kg/dag av kraftfôr tilsatt 366 g soyaolje, 2,41 kg av kraftfôr med maisstivelse, eller 2,01 kg av kraftfôr med glukose. Hestene i forsøket hadde en vekt på 400 kg til 526 kg.

Apparent fordøyelighet av råfiber var lik for både stivelse-og glukoserasjonen. Rasjoner med soyaolje førte til lavere fordøyelighet av råfiber. Lignende observasjoner ble også gjort på NDF og ADF. Som de to andre studiene gjort av Jansen et al. (2000;2001) så er grovfôrinntaket fremdeles for lavt, hvis man tar utgangspunkt i en 450 kg hest er inntaket på 0,5 kg/100 kg BW, noe som er langt fra minimumsanbefalingen på 1,2 kg/100 kg BW.

Alle tre studiene gjort av Jansen et al. (2000;2001;2002) har brukt veldig lave mengder høy, langt under anbefalingen. Selv om rasjonene tilsatt soyaolje gav en redusert fordøyelighet av fiber så er disse rasjonene veldig lite anvendbare i praksis, og med en så lav andel grovfôr og stor andel kraftfôr er det ikke rart om det gir problemer i fordøyelsessystemet generelt.

de Godoi et al. (2009) fant ingen negative effekter ved en kraftfôrrasjon tilsatt 8,5 % (730 ml i gjennomsnitt) soyaolje, men ved 19,5 % (1440 ml i gjennomsnitt) fant de en økt fettfordøyelighet, men også en reduksjon i fiberfordøyeligheten. Hestene de brukte i forsøket hadde en gjennomsnittsvekt på 457 kg.

Da tilsatt fettmengde økte, ble også mengden kraftfôr redusert for å få rett forhold mellom fett og kraftfôr, og da måtte også grovfôret reduseres for å beholde forholdet kraftfôr:grovfôr på 67:33 i TS. En mulig forklaring på dette kan være et redusert fiberinntak til fordel for soyaolje.

Men Jansen et al. (2000; 2001; 2002) sammenlignet derimot rasjoner som hadde likt energi- og fiberinnhold ved å bytte ut stivelse og/eller glukose med soyaolje, så redusert fiberfordøyelighet kan derfor ikke forklares med en reduksjon i fiberinntaket.

Tidligere er det foreslått at tilførsel av ekstra fett kan føre til større produksjon av gallesyrer og økt mengde linolsyre, som virker hemmende på mikrobevekst, og derfor også på fiberfordøyeligheten, om det entrer baktarmen (Jansen et al. 2007).

Det var trodd at fett stimulerte til sekresjon av mer gallesyrer i tynntarmen, som er et resultat av tilvenning til et større inntak av fôrfett. Men da en rasjon med høyt fettinnhold ble tilført (tykktarmen absorberer ikke noe særlig gallesyrer), og det allikevel ikke førte til mer gallesyrer i feces, ble derfor påstanden om at økt gallesyre er årsaken til redusert fiberfordøyelighet avkreftet. Økt linolsyre kommer av høyere inntak fôrfett som inneholder linolsyre, og det er videre utprøvd og avkreftet at linolsyre hemmer fiberfordøyelighet. Dette ble gjort ved at Jansen et al. (2007) infusert linolsyre direkte til caecum (blindtarmen) hos fistulerte ponnier, apparent fiberfordøyelighet økte, og da de byttet ut palmeolje med soyaolje, som inneholder en stor andel linolsyre, ble ikke fiberfordøyelighet redusert. I tillegg til det kan det også diskuteres om linolsyre kan omgjøres til andre fettsyrer (Jansen et al. 2007).

Sales og Homolka (2011) gjorde en metaanalyse basert på 22 studier hvor de fant at rasjoner tilsatt 15,5- 217,5 g fett/kg førte til en tydelig reduksjon av ADF fordøyelsen, men at hverken fordøyeligheten av råprotein, eller NDF ble påvirket. ADF er fiberfraksjonen som er minst fordøyelig for hesten og vil ikke ha noe å si i praksis. Denne metaanalysen er basert på data med ulike fettmengder, fettkilder og hestene var på mellom 119 kg til 617 kg.

For å unngå disse mulige ulempene anbefaler NRC (2007) maks 0,7 g fett/kg BW, som blir 350 g for en hest på 500 kg, når vegetabiliske oljer brukes som supplement.

Det er også blitt gjort noen få studier på effekten fettsupplementer eventuelt kan ha på mineralabsorpsjon. Men for de studiene som er gjort ser det ikke ut til at absorpsjon av kalsium, fosfor og magnesium blir negativt påvirket (Davison et al. 1991; McCann et al. 1987; Meyer et al. 1997).

Davison et al. (1991) så på drektige hopper før og etter følling, som fikk enten en kontrollrasjon med kraftfôr (4,49 kg/dag), eller en kraftfôrrasjon tilsatt 5 % fett (3,96 kg/dag). De har ikke oppgitt vekt på hoppene, men hvis man tar utgangspunkt i en vekt på 500 kg, så fikk hoppene tilført testrasjonen omtrent 0,79 kg/100 kg BW, 39,6 g fett/100 kg BW og 198 g fett totalt. McCann et al. (1987) gjorde et forsøk hvor de brukte 4 ulike forsøksrasjoner; uten fett og tilsatt 15 % maisolje, 15 % bladet fett, eller 15 % talg i totalrasjonen. Ponnien i forsøket hadde en vekt på 225 kg. Inntaket var på 2 % av BW, som vil si et inntak på 4,5 kg og 0,675 kg tilsatt fett, som blir 300 g/100 kg BW. I rasjonen uten fett bestod 23,75 % av

grovfôr, men i rasjonene med tilsatt fett bestod 20 % av totalrasjonen av grovfôr. Både grovfôr og kraftfôr ble redusert for å inkludere fett.

Meyer et al. (1997) brukte 1 g eller 2 g/kg BW av kokosnøttfett eller soyaolje. Med hester på omtrent 190 kg blir det 190 g og 380 g tilsatt enten kokosnøttfett eller soyaolje. De fant heller ikke signifikante forskjeller fra fettypene.

Ut fra disse resultatene hvor ingen fikk signifikant nedsatt absorpsjon av Ca, P og Mg ved ulike mengder og typer fett, er det tilsynelatende trygt å tilsette fett til hestens rasjon for å øke energitilførselen.

Kronfeld et al. (2004) har i ettertid foreslått at fettinnholdet i en vanlig totalrasjon bestående av grovfôr og korn kan øke risikoen for suboptimal vitamin A og E status, og muligens essensielle fettsyrer. På grunn av lavt fettinnhold med lav fordøyelighet. Noe som virker mulig med tanke på at det må være tilgang på triacylglyserol og andre fettsyrer i tynntarmen for at fettløselig vitaminer skal kunne absorberes.

Det er fremdeles mye igjen som bør forskes på når det gjelder vitaminabsorpsjon og påvirkningen av ulike fettsupplement. Kanskje vil behovene forandres i forhold til supplementer av ulike fettkilder. Det er også mulig at supplering av fett er en fordel med tanke på det lave naturlige innholdet i grovfôr og korn.

2.4 Fettkilder via rasjon

Grovfôr, korn og de fleste biproduktene av korn har naturlig lavt innhold av fett (<4 % TS) (Geor et al. 2013).

Den vanligste måten å supplere fett på er via oljer ekstrahert fra oljefrø. Oljefrø som raps kan inneholde hele 30-40% fett og oljefrømel kan ha opptil 20 % råfett. Korn inneholder som nevnt lite fett, men det er også litt variasjon der. Havre er blant de mer fettrike kornene (nærmere 5 %).

Det finnes en variasjon av ulike fettrike fôrmidler som kan utvide fettinnholdet i fôr til hest. Oversikt over fôrmidler vanligvis brukt med råfett og fettsyresammensetning er vist i tabell 1. Det er et variert utvalg av vegetabiliske oljer som kan gis til hest; som kokosnøtt, mais, bomullsfrø, linfrø, raps, oliven, palme, peanøtt, solsikke, riskli og soya.

Animalsk talg, og blandinger mellom animalske, og vegetabiliske oljer er også brukt til hest (Holland et al. 1998; McCann et al. 1987). På bakgrunn av smakelighetstester er det funnet ut at hesten prefererer vegetabiliske oljer fremfor animalske kilder (Holland et al. 1998).

Etter hvert som interessen har økt for omega 3 har også markedet åpnet for flere produkter, og marine kilder er blitt mer inkludert i fôr til hest. Marine kilder som fisk, selspekk og alger er gode kilder til omega 3 (Khol-Parisini et al. 2007; King et al. 2008; Vineyard et al. 2010).

Oljer er 100 % råfett, men det finnes også andre fôrmidler med relativt høyt innhold av råfett (>20 %); riskli, hel soya, raps, linfrø og solsikkefrø. De kan brukes enten for seg selv, eller for å heve fettnivået i fôrblandinger, oljefrø kan også presses til olje. Da får man også en rest som pressmel, men dette er mer et proteinformiddel da det nesten ikke er fett igjen etter pressing, viser til tabell 1.

Med bruk av vegetabiliske fôrmidler, som korn, frø og andre plantemidler må det tas ulike hensyn, med tanke på for eksempel antinæringsstoffer, og som fosfor i riskli.

Både raps og soya har et høyt innhold av antinæringsstoffer. Antinæringsstoffer kan hemme næringsopptaket, men behandling som involverer varme vil inaktivere antinæringsfaktoren. På grunn av det høye fosforinnholdet i riskli vil produsenter ofte tilsette kalsium for å bedre Ca/P-forholdet. Da blir det med en gang et mer anvendelig supplement. Riskli og linfrø er spesielt utsatt for oksidasjon på grunn av sitt høye innhold av lipase. For å redusere risikoen kan det tilsettes vitamin E, og eventuelt stabiliseres med varmebehandling.

Fôrblandinger med høyt innhold av fett vil vanligvis inneholde en variasjon av oljer eller andre fôrmidler med høyt fettinnhold for å komponere den fettmengden og sammensetningen man ønsker av fettsyrer. Da vil også antinæringsstoffer og eventuelle ubalanser som nevnt ovenfor utjevnes, slik at man kan kjøpe blandingen som et trygt og balansert fôr.

Fettinnholdet i kraftfôrblandingen vil stå på deklarasjonen.

De fleste kraftfôrblandinger på markedet uten tilsatt fett inneholder 2-4 % råfett, mens kraftfôrblandinger med tilsatt fett vil normalt ha et fettinnhold på 5-14% råfett, men det er også blandinger med høyere fettprosent opp til 22-24 %. Det finnes også en variasjon av supplementer med høyt fettinnhold som er lett tilgjengelig, men det tryggeste og enkleste for hesteeiere er en allerede komponert fôrblanding med ønsket mengde fett. Det er en ønsket bekvemmelighet for de fleste og det sikrer balansen mellom fett og de andre næringsstoffene i rasjonen. Suppleres det med enkeltfôrmidler, som oljer, kan det skapes ubalanse mellom næringsstoffene som starter en kjedereaksjon hvor man må utvide med ytterligere suppleringer for å rette det opp, og lignende. En ferdig kraftfôrblanding som passer hesten og bruken vil bidra til balanse og en mest mulig optimal rasjon.

Fôrmiddel	(g/kg TS)	Råfett	SFA	MUFA	PUFA	Omega 6 og omega 3 fettsyrer:					
						LA,C18:2n-6	AA,C20:4n-6	ALA,C18:3n-3	EPA,C20:5n-3	DPA,C22:5n-3	DHA,C22:6n-3
Gress høy, kald sesong		22,1	3,7	1,2	12,0	3,8	0	8,2	0	0	0
Gress høy, varm sesong		20,0	5,3	0,6	8,2	3,6	0	4,6	0	0	0
Gress beite, kald sesong		25,0	4,0	1,5	13,8	4,5	0	9,3	0	0	0
Gress beite, varm sesong		24,4	6,3	0,7	15,0	3,9	0	11,1	0	0	0
Belgvekst høy		25,5	5,2	0,8	11,8	3,9	0	7,9	0	0	0
Belgvekst beite		31,1	6,3	1,8	12,9	4,5	0	8,4	0	0	0
Byggkorn		23,0	4,8	3,0	11,1	10,0	0	1,1	0	0	0
Maiskorn		47,4	6,7	12,5	21,6	21,0	0	0,7	0	0	0
Hvetekorn		24,7	4,5	3,4	9,8	9,8	0	0,5	0	0	0
Havrekorn		54,0	9,2	19,6	24,4	23,2	0	1,0	0	0	0
Riskli		208,5	41,7	75,5	74,6	71,4	0	3,2	0	0	0
Rapsfrø*		400,0**	70,0	610,0	320,0	210,0	0	110,0	0	0	0
Rapsmel		54,0	4,3	27,4	16,9	12,1	0	3,5	0	0	0
Linfrø		421,6	36,6	75,3	287,3	59,0	0	228,1	0	0	0
Linfrømel		19,0	3,4	4,2	9,5	2,1	0	7,3	0	0	0
Soyabønner, hele		216,2	31,3	47,8	122,1	107,6	0	14,4	0	0	0
Soyamel		16,0	3,1	2,7	7,2	5,9	0	1,0	0	0	0
Solsikkefrø		514,6	44,6	185,3	231,4	230,5	0	0,6	0	0	0
Rapsolje		1000,0	73,7	632,8	281,4	186,4	0	91,4	0	0	0
Kokosnøttolje		1000,0	865,0	58,0	18,0	18,0	0	0,0	0	0	0
Maisolje		1000,0	129,5	275,8	546,8	532,3	0	11,6	0	0	0
Linfrøolje		1000,0	94,0	202,0	660,0	127,0	0	533,0	0	0	0
Olivenolje		1000,0	138,1	729,6	105,2	97,6	0	7,6	0	0	0
Palmeolje		1000,0	493,0	370,0	93,0	91,0	0	2,0	0	0	0
Pianøttolje		1000,0	169,0	432,0	320,0	320,0	0	0,0	0	0	0
Riskliolje		1000,0	197,0	393,0	350,0	334,0	0	16,0	0	0	0
Soyalje		1000,0	156,5	227,8	577,4	504,2	0	67,9	0	0	0
Solsikkeolje		1000,0	90,1	573,3	289,6	287,1	0	0,4	0	0	0
Smult		1000,0	392,0	451,0	112,0	102,0	0	10,0	0	0	0
Talg		1000,0	498,0	418,0	40,0	31,0	0	6,0	0	0	0
Fiskeolje; Sild		1000,0	212,9	565,6	156,0	11,5	2,9	7,6	62,7	6,2	42,1
Fiskeolje; Manhaden		1000,0	304,3	266,9	342,0	21,5	11,7	14,9	131,7	49,2	85,6
Fiskeolje; Laks		1000,0	198,7	290,4	403,2	15,4	6,8	10,6	130,2	29,9	182,3

*SFA- Mettede fettsyrer; MUFA- enumettede fettsyrer; PUFA- Flerumettede fettsyrer; LA- Linolsyre; ALA- α -linolensyre; AA- Arakindonsyre; EPA- Eikosapentaensyre; DPA- Dokosapentaensyre; DHA- dokosaheksaensyre.

Tabell 1: Oversikt over gjennomsnittlig råfett og fettsyresammensetning (g/kg TS) i fôrmidler brukt til hest (Geor et al. 2013), *rapsfrø (Sakhno 2010), **rapsfrø råfett, ofte over 40 % (Skrede 2000).

3. Essensielle fettsyrer

De essensielle fettsyrene (EFA) som må tilføres via fôret er linolsyre (LA;C18:2n-6) og α -linolensyre (ALA;C18:3n-3). For å kunne avmette 18-karbon fettsyrer for omega 3 (Δ 15) eller omega 6 (Δ 12) posisjonene trengs Δ 12- og Δ 15-desaturase enzymene, og de mangles av pattedyr. LA og ALA er blant de fettsyrene det er funnet mest av i plantevev og oljer, fordi planter og alger inneholder Δ 12- og Δ 15-desaturase enzymene slik at LA og ALA kan syntetiseres.

Til tross for at hestens tradisjonelle rasjon er nesten helt uten fett er det ikke registrert EFA-mangel hos hest. Mangel på EFA har vist seg hos andre arter som skjellete hud, tørr pels, hårtap, og konsekvenser som dårlig reproduksjon, og fosterabnormaliteter.

NRC (2007) foreslår allikevel et minimumsinntak av LA på 0,5 % TS for å være på den sikre siden. Det betyr at daglig inntak for en 500 kg hest med et TS inntak på 2 % av kroppsvekten blir anbefalingen 50 g LA (Geor et al. 2013). For hester som har tilstrekkelig med godt grovfôr tilgjengelig vil anbefalingen bli møtt, hvis grovfôret ikke er av god nok kvalitet eller hesten får for lave mengder vil anbefalingen bli møtt ved supplering av fett, da de fleste fôrmidler med høyt fettinnhold er rike på LA. ALA behov er ikke etablert hos hest og derfor blir det anbefalt et ALA:LA forhold på mellom 1:5 og 1:10, som er vurdert tilstrekkelig for andre arter (NRC 2005). Men det er langt fra 1:1 forholdet som var vanlig for mennesker for lenge siden (Candela et al. 2011). Så om det er optimalt eller ikke trengs det forskning for å finne ut av. Inntar hesten tilstrekkelig mengder grovfôr vil behovet mest sannsynlig dekkes.

3.1 Omega 3 og omega 6 fettsyrer

Interessen for den biologiske påvirkningen av ulike fettsyrer og ulike kilder har økt i seinere tid, og hesteeiere er mer opptatt av slikt både for seg selv, og for hesten. Spesielt de essensielle omega 3 og omega 6 for sine funksjoner i kroppen; vedlikehold av flyt og integritet i cellemembranen, reseptor og ionekanal funksjon, genuttrykk, nevralt og retinal utvikling, inflammasjon og immunforsvar (Geor et al. 2013).

Omega 3 og omega 6 bidrar begge til den samlede responsen så de er begge viktige, men omega 6 har en større tilgjengelighet enn omega 3, slik at det er lett å innta i for mye omega 6 i forhold til omega 3. Derfor blir forholdet mellom de to fettsyrene sett på som vesentlig.

I kroppen former linolsyre (LA; C18:2n-6) de langkjedede flerumettede fettsyrene dihomogamma-linolensyre (DGLA; C20:3n-6) og arakidonsyre (AA; C20:4n-6) ved å forlenge og tilføre flere dobbeltbindinger (desaturere).

alpha-linolensyre (ALA; C18:3n-3) konkurrerer om de samme forlengelses- og desaturase enzymene til å forme eicosapentaensyre (EPA; C20:5n-3) og docosahexaensyre (DHA; C22:6n-3) (Brenna et al. 2009).

Omega 3 og omega 6 konkurrerer ikke bare om de tilgjengelige enzymene, men også om inkorporering inn til cellemembranens fosfolipider. EPA vil inkorporeres inn til cellemembraner delvis på bekostning av AA om det er store kvantiteter tilstede (Calder 2006).

Dette gir forandringer i flyt og integritet i membranen, cellereseptor signaler og proteinsyntese vil også bli påvirket og kunne endre den biologiske responsen på traume og infeksjon.

Eicosanoider er syntetisert i cellemembranen fra oksidasjon av EPA, DGLA og AA, og de inkluderer prostaglandiner, leukotriener og tromboksaner og er videreformidlere i flere tilfeller; som ved inflammasjon, blodstrøm og trykk, og blodlevring.

Eicosanoider fra omega 6 fettsyrer har sterkere pro-inflammatoriske responser enn eicosanoider fra omega 3 som produserer svakere inflammatoriske responser. Men det er balansen mellom de ulike eicosanoidene som er viktig da de genererer den endelige biologiske responsen sammen.

3.2 Supplementering av omega 3 fettsyrer

Som herbivore er hesten tilpasset en fôrrasjon som naturlig inneholder en forholdsvis høy andel omega 3 fettsyrer. Grovfôr har et lavt fettinnhold (<4 %), men det inneholder en stor andel ALA (Boufaied et al. 2003). Andelen ALA er normalt høyere enn LA både i grovfôr og i friskt gress. Blant annet har korn, soya, mais og de fleste vegetabiliske oljene derimot en større andel LA, mens linfrø og linfrøolje igjen inneholder en større andel ALA.

Anbefalingen fra NRC (2005) er et ALA:LA forhold på 1:5 til 1:10, som også inntil videre brukes til hest. Det kreves stadig mer av hestene og forbruket av kraftfôr har økt, spesielt til konkurransehester, avlshopper, unghester som vokser, og andre hester som har et høyere energibehov, hvor grovfôret ikke strekker til, eller eierne følger strømmen og bruker kraftfôr av popularitet. Jo mer korn som tilsettes hestens rasjon og eventuelt mindre grovfôr, jo mer blir ALA:LA forholdet i ubalanse. Hvis man da i tillegg supplerer med en vegetabilisk olje fortsetter andelen LA å stige. Kanskje kan det spekuleres i om grovfôret har en lavere kvalitet enn tidligere, eller om det er en trend å fôre med mer kraftfôr. Ved normal fôring har man litt å gå på før ALA:LA forholdet går utenfor den anbefalingen, slik at de fleste hester vil komme innunder anbefalingen.

På grunn av fettsyrenes konkurransemessige natur anses ALA:LA forholdet som viktig da de har ulike biologiske roller. Goyens et al. (2006) gjorde en studie på mennesker hvor de undersøkte om det var inntaket av ALA eller LA, eller forholdet mellom dem som påvirket ALA metabolismen. De fant ut at om den totale mengden ALA eller LA var mer enn det anbefalte forholdet kunne det påvirke omdannelsen av forløperfettsyrene og den biologiske

responsen. Konklusjonen ble da at det var de totale mengdene ALA og LA i rasjonen som bestemte ALA omdannelsen, og ikke forholdet mellom dem (Goyens et al. 2006).

For å kunne anbefale noe konkret og optimalt til hest, enten det er forholdet omega 3:omega 6, mengden av hver enkelt fettsyre, eller en sammenheng mellom mengde og forholdet, så trengs det mer forskning.

Omega 3 har den effekten at det reduserer eicosanoider avledet fra arakidonsyre, og reduserer produksjonen av inflammatoriske cytokiner. Det er også trodd at omega 3 potensielt har en betennelsesdempende effekt, og at det er bra for immunforsvaret. I tillegg kan omega 3 fettsyren brukes terapeutisk ved akutte eller kronisk inflammatoriske komponenter (Calder 2006). Det er spesielt på grunn av disse effektene og påstandene at interessen for omega 3 supplementer er blitt så populært til mennesker, og at det er blitt et så fremtidsrettet produkt til hest. Dagligdagse kilder til denne svært så nyttige fettsyren er gress og grovfôr, linfrø og linfrøolje som har høyest forhold ALA og LA, men det er også andre kilder som inneholder ALA. Som fiskeolje, raps og rapsolje, og eventuelt soyaolje, i stigende andel LA (viser til tabell 1).

Linfrøolje har et høyt omega 3:omega 6 forhold (4,1:1) sammenlignet med andre vegetabiliske oljer, som rapsolje (1:2), soyaolje (1:7,4), maisolje (1:45) og solsikkeolje (1:717). De fleste vegetabiliske oljene har en høy overvekt av omega 6 (viser til tabell 1).

Marine kilder som fiskeoljer, alger og lignende er de kildene som inneholder mest langkjedede omega 3 fettsyrer, EPA og DHA. Selv om marine kilder utfra mengden omega 3 er supre så er det en risiko for at de også inneholder andre komponenter som ikke er like ønskelig. Som tran som har et høyt innhold av vitamin A, og at produkter fra fisk kan inneholde ulike tungmetaller som kobber og kvikksølv, organiske miljøgifter som PCB eller dioksiner og lignende (Domingo et al. 2007).

Linfrø er kjent for å skulle gi skinnende pels, mye på grunn av sitt høye innhold av omega 3, og har vært vanlig å bruke i lengre tid, og er fremdeles aktuelt for hesteeiere å supplere med. Linfrø kan benyttes på mange måter. Noen mener frøene bør kvernes og/eller stabiliseres for at det skal kunne nyttes best mulig. Males frøene lettes tilgjengeligheten for nedbrytning men samtidig blir fettene mer eksponert, og mer utsatt for oksidering. Stabilisering og tilsetning av antioksidanter reduserer risikoen for oksidasjon. Et annet alternativ er å koke frøene før

konsumering, noe som vil fordampe bort skadelig cyanid som frøene inneholder (Oomah et al. 1992). Sjansen for skadelige mengder cyanid er liten, og magesyren har uansett evnen til å inaktivere enzymene i frøet (O'Neill et al. 2002). Om det brukes mye linfrø i rasjonen bør det også korrigeres for høyt innhold fosfor i forhold til kalsium. Linfrø brukes som både olje, mel og behandlet som ekstrudert. Ekstrudering redusere risikoen for harskning er vesentlig lavere, i forhold til linfrøolje som er veldig utsatt for harskning.

Under en liten studie på hester med påvist allergi mot culicoides, som også kalles sommereksem, altså at de får en allergisk reaksjon fra spyttet til forskjellige insekter fra denne arten, som sviknott, fikk hestene mindre utslett når de fikk tilført malte linfrø, og allergiresponsen ble redusert. Dette var ved bruk av 0,1 kg/100 kg BW per dag i 42 dager. Linfrømelet reduserte generelt det angrepne hudområdet hos hester med atopisk dermatitt, endret fettsyreprofilen i pelsen, reduserte inflammasjon, og hestene fikk ingen negative bivirkninger (O'Neill et al. 2002).

I kontrast til dette fant Friberg og Logas (1999) ingen reduksjon i kløe eller redusert betennelse i huden av hverken linfrøolje (200 ml) eller maisolje (200 ml), som tilsvarer 37,2 g/100 kg BW linfrøolje, eller 38 g/100 kg BW soyaolje per dag i 6 uker.

Selv om fiskeprodukter har et rikt innhold av omega 3, og mennesker bruker det mye selv, er det mange som ikke vil bruke det til hestene sine. De vanligste argumentet er at fisk er en animalsk kilde, men også andre faktorer som ubehagelig lukt og smak, at det er dyrt, og at det er lettere å få tak i andre oljer.

Spesialisert fiskeolje til hest kan kontrolleres for å sikre lavt innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter, og tilpasses ved å redusere eller fjerne lukt og tilsette smak/aroma, slik at det blir et mer aktuelt produkt. Det er ikke så mange alternativer enda, men ettersom populariteten øker vil nok flere versjoner av spesialprodusert fiskeolje til hest bli tilgjengelig på markedet.

En annen mulighet å tilføre EPA og DHA er ved innkapslet fiskeolje som er pelletert.

Fettsyrene vil da være stabilisert og smakeligheten vil være forbedret.

Alternativt er algeprodukter en mulighet istedenfor fiskeprodukter, og det kommer nok flere alternativer på markedet, men inntil videre er det dyrt å produsere sammenlignet med fiskeprodukter.

Ross-Jones et al. (2014) gjorde et forsøk for å se på om omega 3 langkjedede fettsyrer endret leddvæskens fettsyresammensetning og komposisjonen av prostaglandiner, som er en betennelsesindikator. Hestene ble delt i 3 grupper etter supplering; marin kilde (143,5 mg/kg BW), hele linfrø (142,5 mg/kg BW) og en kontrollgruppe (78,7 mg/kg BW). Suppleringene med den marine kilden og linfrøene tilførte totalt 38 g langkjedede omega 3 fettsyrer. Leddvæsken hos dem som fikk den marine kilden inneholdt mer DHA og EPA enn kontrollgruppa, og mer DHA enn linfrøgruppa. De fant ikke tilstedeværelse av EPA i leddvæsken hos hestene som hadde fått linfrø. Leddvæsken hos de som hadde fått den marine kilden inneholdt både DHA og EPA, noe som foreslår at supplementer med både EPA og DHA er nødvendig for å endre fettsyrekomposisjonen. Prostaglandin E₂ skilte seg ikke tydelig ut blant hestene, men de som fikk den marine kilden supplert hadde en tendens til å ha lavere verdier prostaglandiner i leddvæsken sammenlignet med kontrollgruppa. Konklusjonen med dette er at marine kilder kan forbedre leddvæsken.

3.3 Potensielle fordeler ved bruk av omega 3 fettsyre supplement

Når det kommer til forskning med omega 3 til hest som er gjort har det meste omhandlet inflammasjon, og det har vist lovende effekter ved bruk av ulike omega 3 tilskudd. Lange flerumettende omega 3 fettsyrer forandrer både struktur og funksjon ved å blant annet inkorporeres i cellemembraner, og moderere betennelsesresponsen (Hess & Ross-Jones 2014).

Forsøket Hall et al. (2004) gjorde fikk som resultat at flerumettede fettsyrer modulerer inflammatorisk respons hos hest, og både maisolje og fiskeolje økte produksjonen av det proinflammatoriske cytokinin TNF-alfa, men bare maisolje økte produksjonen av proinflammatoriske eicosanoid prostaglandin E₂ (PGE₂). De foreslo videre en mulighet for at fiskeolje kan hjelpe mot luftveisblokkeringer og andre inflammatoriske sykdommer siden fiskeolje ikke økte produksjonen av PGE₂ (Hall et al. 2004).

Khol-Parisini et al. (2007) gjorde et forsøk hvor de så på forskjellen mellom solsikkeolje som er rik på linolsyre (omega 6), og selspekkolje som er en kilde til langkjedede omega 3, på hester med tilbakevinnende luftveisblokkeringer. Omega 3:omega 6 forholdet i plasma og leukocyt membran fosfolipider ble redusert etter supplering med selspekkolje, i tillegg til at leukocytantallet i lungeepitelbeleggvæsken ble redusert. De ulike suppleringene viste ingen forskjell i lungefunksjon eller kliniske forbedringer, men resultatet viser allikevel at det er mulig at flerumettede omega 3 fettsyrer har en effekt på betennelsesmediatorer.

Oliveira et al. (2014) gjorde et forsøk på spranghester med linfrø blandet med mel og linfrøolje, i forholdet 75:25, som omega 3 kilde. De brukte 6 hester og delte dem på 2 latinske kvadrat (3 x 3). 0 g/dag som kontroll, 60 g linfrømikse/dag og 120 g linfrømikse/dag over 30 dager. De så bedring av haltheter ved 60 g/dag og ved 120 g/dag ble det observert økt steglengde i trav, og reduksjon av hevelse i metakarpofalangealledene sammenlignet med kontrollgruppa.

Supplementer med omega 3 fettsyrer har også blitt sagt å skulle hjelpe hester som har artritt eller artrose, som i dagligtale kalles slitasjegikt. Disse påstandene er basert på funn fra studier gjort på mennesker med leddgikt, noe som indikerer at supplementer med fiskeolje kan forbedre symptomer (Berbert et al. 2005). Fiskeolje er også assosiert med reduksjon i smerte hos mennesker med revmatisme (Moghaddami et al. 2015).

Det er også gjort noen forsøk på hest. I en studie på hest hvor de brukte innkapslet fiskeolje som supplement, 5,95 g stabilisert omega 3 fettsyrer sammen med fett som fettbærer med totalt 19,4 g fett. Dette resulterte i en tendens til lenger travskritt enn de som fikk kontrollrasjonen med 49 g maisolje, noe som kan foreslå at de hadde mindre smerte, eventuelt mer bevegelig kropp og lignende, og det er mange faktorer som kan spille inn. Suppleringen gav lavere omega 3:omega 6 forhold, økte DHA i blodplasma, men det var ingen generell økning i omega 3 i blodplasma (Woodward et al. 2007).

I en annen studie gjort på hest er av Manhart et al. (2009) hvor hester med artritt ble supplert EPA og DHA i 90 dager. De fikk en reduksjon av totalt leukocytter i leddvæsken i ledd med en betennelse, minsket plasma prostaglandin konsentrasjon, og generelt reduserte fibrinogen konsentrasjoner sammenlignet med hester som ikke fikk supplementet. Men kraftplateanalysen viste ingen forskjell i bevegelsesmønstre. De konkluderte med at supplementert omega 3 potensielt kan hjelpe hester med artritt, og det oppfordres til videre forskning.

Under doktorgraden sin gjorde Vineyard (2008) flere studier hvor det ble sett på påvirkningen fettsyresammensetning av omega 3 fettsyrer i plasma og cellemembran. Det ble brukt fiskeolje som kilde til EPA og DHA, og/eller hele linfrø som kilde til α -linolensyre. I den siste studien (Vineyard et al. 2008) ble det brukt maisolje og en oljeblanding av olivenolje og fiskeolje.

Alle studiene hadde en kontrollgruppe som ikke fikk supplementer. Supplementene med fisk gav en større andel EPA, DHA, og totalt innhold av omega 3 i plasma, røde blodceller, og

hvite blodcellemembraner, sammenlignet med de andre supplementene og kontrollgruppen. Forandringene i fettsyrekomposisjon både i plasma og cellemembraner varte bare en periode fra omega 3 supplementeringen var avsluttet, noe som betyr at det må være jevnlig tilførsel av omega 3 for å ha en effekt. Prostaglandin produksjonen ble redusert når omega 3 eller omega 6 fettsyrer var en del av en rasjon med høyt fettinnhold, men ikke når det var en del av en fettfattig rasjon. Som foreslår at både omega 6 og omega 3 påvirker funksjonene hos hestens immunsystem.

Videre blir det konkludert med at omega 3 fettsyrer ikke påvirket immunfunksjoner på en negativ måte, men kan hjelpe immunresponser hos friske hester (Vineyard 2008).

Det er også gjort noen få studier som omhandlet reproduksjon, som blant annet en cross-over-studie gjort av Brinsko et al. (2005), hvor de supplerte hingster som produserte sæd som var lite anvendelig til kjøling og frysing, 250 g DHA supplement i 14 uker. Fersk sæd forble av samme kvalitet, men viste forbedring ved både avkjøling og frysing. Noe som kan åpne for flere muligheter for hingster som produserer sæd med lav motilitet og lignende. Ikke minst gjøre den mer anvendelig.

Hvordan omega 3 påvirker reproduktive faktorer er det gjort svært få studier på, og det er stort potensiale for vinning om det forskes mer på et slikt tema. Både når det kommer til gode hingster og hopper som har vanskeligheter med sædkvaliteten eller fertiliteten.

4. Ulike fordeler ved å øke fettinntaket

Forskning har demonstrert og forsterket flere fordelmessige påstander når det gjelder bruk av høyere fettinntak, både når det gjelder fett generelt og mer spesifikt de essensielle fettsyrene, omega 3 og omega 6. Effekter som er forsket på er betennelsesdempende, immunmodulerende, sædmotilitet, energidensitet, termisk belastning og lignende. Potensialet med bruk av fett og enkelt fettsyrer er stort, men det finnes også tilfeller hvor supplering av fett kan være en ulempe. Både eventuelle fordeler og ulemper blir nevnt videre i oppgaven.

4.1 Øke energikonsentrasjonen i hestens rasjon

En av de mest vanlige og konkrete grunnene for å bruke fettsupplementer er for å øke energikonsentrasjonen i rasjonen, altså øke energiinnholdet i en rasjon uten å øke mengden fôr. Fett (39,3 kJ/g) inneholder omtrent 2,23 ganger mer bruttoenergi i kJ/g en karbohydrater (17,6 kJ/g) med samme vekt (Geor et al. 2013; Skrede 2000).

Kronfeld et al. (2004) estimerte en sann fordøyelighet for tilsatt fett på 100%.

En tilsetning av fett til en kraftfôrrasjon til shetlandsponnier vil gi en økning i tilgjengelig energi, fett fordøyelighet og energibalansen når 15 % eller 30 % maisolje blir tilsatt en kraftfôrrasjon av havre tilpasset et vedlikeholdsbehov (Kane et al. 1979). Ponnierne fikk 2040 g havre, og tilsatt enten 109 g eller 218 g maisolje.

Fettfordøyeligheten økte for supplementet med maisolje, men ikke for havren i rasjonen.

McCann et al. (1987) gjorde en lignende studie hvor en grunnrasjon ble tilsatt 15 % maisolje, talg, eller en blanding av vegetabilsk og animalsk fett. Konklusjonen var den samme som i Kane et al. (1979) sitt forsøk, at tilgjengelig energi, fett fordøyeligheten og energibalansen økte.

I et forsøk gjort av Kane et al. (1979) ble det estimert at maisolje hadde en DE, ME og NE på henholdsvis 8,8, 8,4 og 7,1 (Kcal/g), og at maisoljen økte både DE og ME, siden tillegget ikke økte varmetapet, og energibalansen økte. Det ble også funnet en omdannelse fra metabolsk energi til nettoenergi på 85 % (Kane et al. 1979). Tillegget av maisolje påvirket ikke fordøyeligheten av energi, altså var rasjoner med og uten fett ganske like i varmetap. Men selve varmeproduksjonen var lavere for rasjoner med tilsatt fett, om det blir sett på som en del av DE.

McCann et al. (1987) kalkulerte energibalansen for en grunnrasjon uten tilsatt fett, og med tilsatt 15 % maisolje, blandet fett eller talg til 16,9, 27,5, 29,1 og 20,8 % av ME.

Gjennomsnittet av grunnrasjonen med tilsatt fett gav 25,8 % til overs til prosesser i kroppen, mens grunnrasjonen uten tilsatt fett bare gav 16,9 %. Noe som viser at tilsatt fett i hestens rasjon gir mer igjen til energitrequende prosesser i kroppen.

Begge studiene indikerer at tilsetning av fett i rasjonen til hest vil øke nettoenergien tilgjengelig til produksjon, som vekst og aktivitet.

Begge de nevnte studiene ovenfor var gjort på voksne ponner med bare vedlikeholdsbehov, som altså ikke ble trent eller hadde andre behovstillegg, som vekst, melkeproduksjon og lignende.

Det kan uansett konkluderes med at fôrmidler med høyt fettinnhold øker totalenergien effektivt uten å måtte øke TS-inntaket, noe som kan være viktig for hester med høyt energibehov. Som avlshopper, hester i vekst, hester med høyt aktivitetsnivå, konkurransehester av ulike typer, og tynne hester som allerede inntar det de klarer spise av TS. Eventuelt også hester som av en eller annen grunn ikke tåler noen særlig store mengder av

normalt kraftfôr, med stort innhold ustrukturerte karbohydrater (NSC), som sukker og stivelse, men som trenger en økning av energiinntak.

Bruk av fett er en alternativ måte å tilsette mer energi i rasjonen til hest, uten å måtte fôre store mengder kornprodukter som inneholder mye NSC. Men heller bytte ut energi fra sukker og stivelse med fett, som ulike oljer og andre fettkilder som har en høyere energikonsentrasjon, og at man samtidig får redusert faren for rask fermentering og reduserer risiko for metabolske plager i sammenheng med rasjoner med høyt innhold av NSC (Hoffman 2009; Kronfeld & Harris 2003).

4.2 Glykemisk indeks og insulin responser

Glykemisk indeks (GI) var opprinnelig introdusert for å klassifisere ulike kilder til karbohydrater (CHO) og CHO-rikt fôr i rasjoner etter effekten det har på blodsukkeret. Fôr som har høy glykemisk indeks påvirker blodsukker og insulinnivå mer en fôr med lav glykemisk indeks.

Blir blodsukkeret ofte høyt eller er veldig svingende kan det føre til utvikling av insulinresistens, som betyr at hormonet insulin virker dårligere på kroppens sukkerregulering. Insulinresistens er forbundet med flere helseproblemer, som type 2-diabetes, fedme og hjertesykdom (Brouns et al. 2005).

Bruk av fett og fiber som erstatning til sukker og stivelse i isokaloriske mengder av kraftfôr ser ut til å senke den postprandiale glykemiske indeks, og insulinresponsen i blodet (Zeyner et al. 2006). Pagan et al. (1999) fant lignende effekter når et kraftfôr ble toppet med 10 % maisolje, og de så også at ulike kornsorter gav ulik GI, og at det å tilsette fett reduserte GI responsen generelt.

I kontrast til dette fant Vervuert et al. (2010) at ett tillegg på enten 0,2 ml/kg BW soyaolje eller fiskeolje til et måltid med knust mais ikke hadde noen effekt på glykemisk- eller insulinresponser. Som betyr at det ikke handler om å tilsette fett, men å redusere sukker og stivelse.

Fayt et al. (2008) erstattet noe bygg i en rasjon med 8 % linfrøolje. Dette ga ingen effekt på den postprandiale glukosekonsentrasjonen, men insulinkonsentrasjonen ble signifikant redusert.

De ulike studiene har blant annet brukt ulike fettkilder, ulike nivåer med fett og utgangspunktene har ulikt innhold av stivelse og sukker. Volumet til en rasjon, inntaksraten

og andre rasjonsmessige faktorer er alle faktorer som kan gi ulike glykemiske- og insulinresponser.

Risérus et al. (2009) så på studier gjort på mennesker og gnagere som omhandlet fett via kosten og risikoen for diabetes, og foreslår at utbytting av mettede- og transfettsyrer med enumettede eller flerumettede fettsyrer kan gi gunstige effekter på insulinsensitivitet, og kan redusere risikoen for diabetes type 2.

Disse ulike studiene har fått varierende resultater som blant annet kan være på grunn av ulike mengder fett, og fettkilder med ulike mengder stivelse og sukker. Et eventuelt videre forsøk kunne vært å se på hvilke effekter noen ulike fettkilder i like mengder, sammen med noen faste mengder stivelse og sukker, har på glukose- og insulinresponsen. Spesielt med tanke på anbefalinger for fôring av hester med spesielle behov, som ved insulinresistens.

5. Formål ved å bruke fett i hestens rasjon

5.1 Atferd

Hesteeiere kommenterer ofte at fett i hesten rasjon påvirker atferden. Som at hestene er mer medgjørlige når de får en rasjon med tilsatt fett, og at rasjoner med såkalte raske karbohydrater er trodd å føre til at hestene blir mer hissige, eller giret (Holland et al. 1996). Det er også funnet en reduksjon i reaktivitet på press, høye lyder, visuell stimuli og spontan aktivitet når hester fikk en kontrollrasjon med 10 % fett tilsatt i fôret, enten som maisolje, soyalecitin og maisolje, eller soyalecitin og soyaolje. Maisolje reduserte spontan aktivitet og reaksjon på visuelt stimuli. Soyalecitin og maisolje reduserte spontan aktivitet og reaksjon på visuelt stimuli, og med soyalecitin og soyaolje ble reaksjonen på visuelt stimuli redusert (Holland et al. 1996). Denne studien støtter påstanden om at hester er generelt roligere ved en rasjon tilsatt fett. I dette forsøket har de også redusert NSC, og økt høymengden i testrasjonene, i tillegg til å tilsette fett. Grunnrasjonen inneholdt 5 % mer av både mais og havre, og inneholdt 4,7 % mindre grovfôr. Noe som betyr at roligere hester også kan ha kommet av den reduserte mengden kraftfôr og økning av grovfôr, ikke bare økning av fett. Det betyr at det er flere faktorer som generelt vil redusere den eksplosive energien.

Nicol et al. (2005) utførte et forsøk hvor de ga avvendte fôll enten en rasjon med høyt innhold fett og fiber, eller en isokalorisk rasjon med høyt innhold stivelse og sukker. Føllene som fikk rasjonen med høyt fett og fiberinnhold galopperte sjeldnere og med kortere varighet, og

brukte mer tid på å utforske. I tillegg brukte de kortere tid på den standardiserte håndteringstesten, og virket generelt mindre stresset i forhold til føllene som fikk rasjonen med høyt innhold stivelse og sukker.

Lignende er funnet på voksne hester, hvor dressurhester hadde lavere kortisolkonsentrasjon i hvile, og en reduksjon i intensitet av skvette-responstest når de fikk en rasjon tilsatt fett, sammenlignet med en isokalorisk rasjon med høyt innhold av stivelse (Redondo et al. 2009). De konkluderte med at det å øke fettinnholdet i rasjonen kan være et hjelpemiddel til å redusere stress hos hesten, og risikoen for ulykker.

Påstanden om at supplerings med fett forandrer atferd når man bytter ut noe NSC til fordel for fett viser seg å stemme i disse tilfellene.

Så må man ikke glemme at atferd er en viktig faktor å se på når det kommer til fôring av hest, da fôring basert på mye korn rikt på lettløselige karbohydrater ikke bare påvirker hestens eksplosive energi, men også kan føre til ubehag i kroppen, som problemer i fordøyelsessystemet, som også kan påvirke atferden på andre negative måter, som stereotypier. Spesielt dersom kraftfôrbruken reduserer grovfôrinntaket, og ikke brukes som et tillegg. Atferden kan altså være et tegn på mer enn bare selve effekten av rasjonen (Hothersall & Nicol 2009).

5.2 Adaptasjon til fett og responsen på trening

Det virker som at adaptasjonen til en rasjon med høyt fettinnhold også gir en metabolsk adaptasjon og gir hesten en mulighet til å utnytte mer fett som energikilde.

Lavere plasma triacylglyserolkonsentrasjoner, høyere kolesterolkonsentrasjon og fosfolipider i plasma, og økt lipoprotein lipaseaktivitet, er assosiert med en rasjon med høyt fettinnhold hos hest (Frank et al. 2004; Geelen et al. 1999).

Geelen et al. (1999) fant blant annet at lipoprotein lipase (LPL)- aktiviteten økte ved supplerings av fett, noe som kan bety at skjelettmuskulaturen har økt den oksidative kapasiteten til å ta opp ikkeesterifiserte fettsyrer (NEFA) fra sirkulerende triacylglyserol. I og med at lipoprotein lipaseaktiviteten økte, mens plasma triacylglyserol ble redusert. Noe som kan være fordelmessig for hester i trening.

I tillegg til det er det blitt observert av Pagan et al. (2002) at hester tilvendt til en rasjon med høyt fettinnhold hadde en lavere respiratorisk utvekslingsratio under lav til moderat intensitet, noe som foreslår at kapasitet for oksidasjon av NEFA øker ved et tillegg av fett til rasjonen. Det er også funnet forbedret anaerob prestasjon hos sprinttrete hester tilvendt fett i rasjonen, ved at blodlaktat responser økte ved trinnvise tester, og gjentakende sprinttrening (Kronfeld et al. 1994). Dunnett et al. (2002) fant ikke lignende respons ved høyere intensitet, som foreslår at hesten er mer avhengig av karbohydrater under intensiv trening, og Geelen et al. (2000) fant ikke påvirkning av fettsupplering på konsentrasjon av muskelglykogen og triacylglyserol i plasma.

Pagan et al. (2002) tilførte hester en rasjon som var supplert med 29 % fordøyelig energi (DE) fra fett som førte til en mer en 30 % reduksjon av produksjon og utnyttelse av glukose under lavintensitets trening (35 % av VO_{2max}).

Treiber et al. (2008) så også på effekt av fett og fiber, og stivelse og sukker, og konkluderte med å redusere karbohydratene til fordel for fett, fordi ved å bruke fett som alternativ energikilde kan reduksjonen av sukker og stivelse redusere risikoen for ulike metabolske sykdommer som insulinresistens, og at hesten da kan spare på den begrensende energikilden i kroppen, som er glukose i musklene ved utholdenhetstrening.

Harkins et al. (1992) så på en rasjon uten tilsatt fett, og en rasjon med tilsatt fett, ved løpsprestasjon. Rasjonene inneholdt enten 2 % eller 12 % av totalt energiinnhold som fett. Tilsatt fett tilsatt var 354 ml maiolje per dag. De fant ut at etter inntak av rasjonen med tilsatt fett var blant annet muskelglykogenlagre og plasmaglukose nivåer i hvile økt med 15,8 % og 25,9 %. Ikkeesterifiserte fettsyrer i plasma i hvile var redusert med 71,8 % og tiden ved løpstreningen var forbedret med 2,5 sekunder (2,1 %) i gjennomsnitt for hestene som fikk rasjonen med tilsatt fett.

Eaton et al. (1995) så også på en forsøksrasjon med 2 % fett og en med 12 % fett av DE (390 ml maisolje), ved anaerob og aerob trening av hest. Ved forsøksrasjonen med tilsatt fett ble kraftfôrmengden redusert. De fant blant annet ingen forskjell i muskelglykogen i hvile eller glykogen utnyttelse ved trening, men foreslår allikevel at å inkludere noe fett i rasjonen til hest øker kapasiteten for trening med høy intensitet, da de fant en økt tid til hestene ble utslitt under intens trening, ved fett i rasjonen. Mekanismene til dette er uklar og de oppfordrer til videre studier.

Oldham et al. (1990) studerte effekt av fettsupplement på trening over grensen til anaerob trening, og resultatene indikerte at det var sannsynlig at supplering av fett i hestens rasjon også kan forbedre prestasjonen ved høyere intensiteter.

Pagan et al. (1986) gjorde en studie hvor de fant at konsentrasjonene av muskel- og leverglykogen var lavere etter en utholdenhetstest, og pulsen var generelt lavere, også ved submaksimal trening når hester ble føret på en kraftfôrrasjon med høyt fettinnhold (15 % soyaolje) i forhold til kontrollrasjonen. Noe som viser at type fôrrasjon påvirker glykogenlagrene og metabolsk respons på trening.

Samlet indikerer disse studiene en økning av fettutnyttelse og samtidig en senkning i karbohydrat utnyttelse for hester som er tilvendt en rasjon med høyt fettinnhold, og som trener på en intensitet fra lavt til moderat nivå.

Studiene sier også at substratoksidasjon ikke ser ut til å ha blitt endret når det kommer til trening med høy intensitet (>50-60 % VO_{2max}). Disse resultatene foreslår en glykogensparende effekt ved fettsupplering, men forsøk som blant annet omhandler glykogenutnyttelsen under enten submaksimal eller maksimal trening, har vist varierende resultater, noe som betyr at det kan være individuelle forskjeller og at bruken av karbohydrater som energikilde øker ved intensitet. Det trengs mer forskning på feltet for å kunne styrke eller avkrefte om rasjons sammensetning, eller mer spesifikt høyt fettinnhold i forhold til sammensetninger av næringsstoff, påvirker bruken av substrat til trening.

Det tar 3 uker med supplering før den metabolske responsen blir apparent, men effektene er midlertidige og vil ikke vare uten at man fortsetter med jevnlig supplering med fett. Om man slutter med fettsuppleringen vil responsen avta og forsvinne innen 5 uker (Orme et al. 1997). Dunnett et al. (2002) rapporterte at den metabolske adaptasjonen og responsen på supplering av olje varierer mellom hester, og at det er individuelt hvilken evne de har til å utnytte fett som energikilde under trening.

Fett supplert via hestens rasjon kan ikke brukes som substrat for glykogensyntese, noe som har skapt spekulering i om høyt fettinnhold kan hemme tømningen av glykogenlagre. Men til tross for redusert inntak av NSC er det flere studier som har rapportert en økt konsentrasjon av muskelglykogen i hvile og rolig utholdenhetstrening hos hester føret på en rasjon med høyt innhold av fett (Harkins et al. 1992; Meyers et al. 1989; Oldham et al. 1990; Scott et al. 1992).

Meyers et al. (1989) foreslår at en rasjon med høyt fettinnhold enten stimulerer til en glykogensparende effekt, eller en stimulerende effekt på syntesen av muskelglykogen ved rolig utholdenhetstrening.

Men til forskjell fra det er det også flere andre studier som har føret hester en rasjon med supplert fett og ikke har funnet tegn til reduksjon av muskelglykogen i hvile (Eaton et al. 1995; Hyypa et al. 1999; Orme et al. 1997). Hyypa et al (1999) sine resultater tyder på at tømming av muskelglykogen bare går saktere så lenge hesten ikke er tilvendt fôr med tilsatt fett, slik at fett i rasjonen ikke har noe effekt i forhold til annet fôr, etter tilvenning.

Disse studiene har fått varierende resultater som igjen kan være på grunn av ulike mengder fett tilsatt, treningsmetoder, omgivelser og sanseintrykk for hestene. Om det stemmer at disse metabolske adaptasjonene og responsene er individuelle, kan det være ulike faktorer fra hest til hest som gir de ulike resultatene.

5.3 Termisk belastning

En rimelig stor andel av konsumert bruttoenergi kan bli tapt til varme som resultat av omdanning av næringsstoff. Fordøyelse, assimilering av næringsstoff og katabolisme er ikke 100 % effektivt.

Den konsumerte bruttoenergien som blir tapt til varme blir en belastning for kroppen som må avgis slik at normal kroppstemperatur opprettholdes.

Selv om både Kane et al. (1979) og McCann et al. (1987) fikk som resultat at varmereproduksjonen ikke ble påvirket av supplementert fett, så foreslo Kronfeld (1996) at rasjoner med tilsatt fett kan redusere den termiske belastningen under trening.

Kronfeld (1996) sammenlignet hest i trening og varmereproduksjon ved bruk av 3 ulike forsøksrasjoner; høy, høy og havre (50:50), og høy, havre og maisolje (45:45:10). Under en fart- og utholdenhetstest ble varmereproduksjon estimert som 37, 35.4 og 34.6 MJ og estimatet for totalt daglig varmereproduksjon for de 3 forsøksrasjonene ble 105, 93 og 88 MJ.

Det indikeres videre blant annet at den fettsupplerte rasjonen i forhold til rasjonen med høy og havre reduserer daglig varmebelastning med 5 %, reduserte behov for væske med 12 % og i og med at fett har høyere energikonsentrasjon en andre fôrmidler vil hesten kunne spise mindre.

Reduksjonen i varmebelastning er relativt lav men vil fremdeles kunne være nyttig for hester som trenes under varme forhold og/eller steder med høy luftfuktighet. Dette er kun en teoretisk antagelse og for å si sikkert hvordan fettsuppleringen påvirker termisk belastning må det undersøkes nærmere.

Kronfeld et al. (1998) har også gjort en gjennomgang av tidligere studier hvor en del av konklusjonen er at supplering med fett kan gi lavere fôrinntak, og derfor lavere produksjon av avføring, mindre varme og CO₂, mindre vanntap ved avføring og fordamping, mindre spontan aktivitet og reaktivitet hos hester tilvendt fett. Og generelt at fettilvenning kan gi flere fordeler hos hest som trenes, spesielt under varme omgivelser.

Studiene indikerer at det er mange potensielle fordeler ved å supplere med fett når det kommer til blant annet termisk belastning.

5.4 Supplering av fett til sportshest

En assosiasjon til supplering med fett er forbedring av atletiske prestasjoner, til tross for at det ikke er noe særlig med forskning som støtter dette.

Eaton et al. (1995) fant en økt tid før hestene (vekt på omtrent 495 kg) ble utmattet ved maksimal trening ved bruk av en forsøksrasjon med 12 % av DE (390 ml) som maisolje/fett. Scott et al. (1992) rapporterte økt konsentrasjon av muskelglykogen og utnyttelse for hest i intens trening, Oldham et al. (1990) rapporterte at hestene (omtrent 500 kg) tilvendt til rasjonen med 0,34 kg fett (10 %, 3,4 kg kraftfôr/dag) løp raskere og økte muskelglykogen som tilsynelatende økte prestasjonen forbi anaerob terskel.

Meyers et al. (1989) fant også økt muskel glykogen, etter hvert som fett ble tilsatt forsøksrasjonen (5 %, 4,8 kg/dag eller 10 % fett, 4,6 kg/dag), og Harking et al. (1992) fant økt prestasjon i løp hos løpshester som fikk en rasjon med 12 % fett (tilsatt 10 % maisolje). De mener at det forbedrede løpstiden var et resultat av økt muskelglykogen.

I en studie fikk de høyere nivåer blodglukose ved begge de standardiserte testene, og høyere laktatnivåer ved utmattelse i siste testen hos sprinttrente hester som fikk tildelt en forsøksrasjon med kraftfôr tilsatt 10 % maisolje (Taylor et al. 1995).

De foreslår videre at supplering av maisolje kan gi metabolske fordeler under intens trening hos hester som er sprinttrente.

Under en gjennomgang av flere studier gjort av Kronfeld et al. (1998) ble det blant annet funnet at blodlaktat konsentrasjonen hos hester tilvendt supplering av fett var senket under aerobe tester, men økt under anaerobe. Det ser ut til at fettadapsjon forandrer den metabolske

reguleringen av glykolysen ved en glukose- og glykogensparende effekt ved aktivitet med lav intensitet, men ved å fremme glykolyse når ytterligere krefter er nødvendig for høyere intensitet. Blodlaktat responsen til gjentatte sprinter var økt mer av kombinasjonen av fettadapsjon og oral supplementasjon av natrium bikarbonat enn av responsen bare av fett eller bikarbonat alene. Deretter oppfordres det til videre studier av samhandlingen mellom fettadapsjon med kation-anion balansen i hestens rasjon, spesielt under varme omgivelse.

Det er også blitt gjort studier hvor lignende fettmengder er supplert og ikke vist noen forskjell på prestasjon, som; (Hyypa et al. 1999; Pagan et al. 1986).

Fett har vist positive effekter på hest for ulike formål ved supplering av fett, og vil kunne gi synlige metabolske adaptasjoner etter 3-5 uker etter presentasjon av fett i rasjonen, men ikke full effekt før 2-3 måneder (NRC 2007).

Det er behov for videre forskning på fettadapsjon hos hest og hvordan det påvirker treningskapasitet før man kan kunne si noe sikkert. Endring av substratbruk og den glykogensparende effekten er mekanismene som er foreslått som grunn til at supplering av fett gir forbedret prestasjon, og så langt er det mange potensielle positive effekter i forhold til negative, selv om mange av disse foreslåtte funksjonene er teoretiske og ikke bevist *in vivo*.

5.5 Effekt på magesår

Gastrisk magesår er veldig vanlig blant hest. Spesielt for løpshester, men også andre hester som ofte er i stressende situasjoner. Det kan være på grunn av stress, for lite grovfôr og for mye kraftfôr slik at pH i magesekken blir for lav, faste og lignende (Ribeiro et al. 2016). I enkelte studier er hele 60-90 % av prestasjonshest blitt diagnostisert med magesår (Reese & Andrews 2009).

Det blir ofte anbefalt for hest med magesår, eller som er spesielt utsatt, og supplere fett til hestens rasjon for å redusere hyppigheten, forekomsten, og alvorlighetsgraden. Som nevnt tidligere gir det en indirekte effekt, i og med at man kan redusere NSC ved å bytte ut noe til fordel for fett. Slik at man kan gi like mye energi i rasjonen, men redusere NSC som øker risikoen for magesår og lignende. Den fordelsmessige effekten av fett i seg selv er manglende.

Cargile et al. (2004) konkluderte med at maisolje potensielt kan redusere risikoen for magesår assosiert med administrering av ikke-steroid antiinflammatoriske midler (NSAID), etter at de utførte et forsøk hvor ponnier fikk supplert 45 ml maisolje oralt i tillegg til høy i 5 uker, etter 5 uker hvor de bare fikk høy. Poniene fikk redusert syreproduksjon, økt PGE₂ konsentrasjon og økt natrium konsentrasjon i den gastriske væsken da de fikk maisolje supplert.

Frank et al. (2005) fikk derimot ikke samme resultatet. Under denne studien fikk hester supplementert 240 ml (~0,6 ml/kg BW) maisolje, raffinert riskliolje, riskli råolje eller vann i 6 uker i et latinsk kvadrat (4 x 4). Mellom uke 5 og 6 ble hestene utsatt for 7 dager med periodisk fôring for å se hvilken effekt suppleringen hadde på magesår. Da fikk hestene i tillegg til suppleringen omtrent 1 % av BW tilført som kraftfôr (3,7-5,1 kg/dag) og det resterende i grovfôr, til 1,5 vedlikeholdsbehovet. Etterfulgt av en 5 ukers utvaskingsperiode mellom hver fôringsbehandling.

Hestene fikk hverken hindret utviklingen av magesår eller redusert alvorlighetsgraden.

Til tross for vekslende resultater er det mulig at supplering av fett kan dempe alvorligheten av magesår, om det betyr at NSC blir redusert til fordel for fett.

5.6 Kroniske muskelsykdommer

Inflammatoriske myopatier er en term for å beskrive en heterogen gruppe av muskelsykdommer (Manie 2015).

Supplering med fett i rasjonen kan være fordelmessig for hester rammet av kronisk anstrengelsesmyopatier, inkludert tilbakevennende anstrengelsesrabdomyolyse (RER), og type 1 og 2 polysakkarid lagringsmyopati (PSSM) (Geor et al. 2013).

I et forsøk gjort av McKenzie et al. (2003) fant de at en rasjon med høyt fettinnhold (20 % av DE) og stivelse (7 % av DE) gav fullblodshester i trening med RER mye lavere serum kreatinkinase (CK) aktivitet i forhold til en isokalorisk rasjon med høyt innhold stivelse (40 % av DE) og lite fett (5 % av DE). Som betyr at hestene har mindre muskelskade i kroppen ved inntak av rasjonen med mer fett.

McKenzie og Firshman (2009) foreslår å dekke det meste av næringsbehovet av fett og fiber, og minimere inntaket av NSC for hester med RER. For hester med PSSM bør stivelse begrenses til under 10 % av DE og minst 13 % fett. For hester som trenger mye energi og som har RER kan fettinntaket gradvis økes til 20-25 % av DE, og maks 20 % som stivelse av DE per dag. Da hester med RER ble fôret med 20 % fett og 9 % stivelse av DE ble CK etter trening redusert signifikant, eller normalisert etter en uke med fettsupplement. Denne raske

forbedringen ved bruk av fettsupplementet ble foreslått å komme av nevrohormonale forandringer som dermed reduserte forekomsten av rhabdomyolyse, som er forårsaket av stress hos spesielt disponerte hester.

I en studie hvor de så på hester med PSSM og rasjoner med ulikt innhold av fett og stivelse fant de en reduksjon i kliniske tegn ved å føre et lavt innhold av stivelse (<5 % av DE) og tilsatt fett (>12 % av DE). Det kan også redusere RER, muligens ved å øke tilgjengeligheten av FFA til muskelmetabolisme (Ribeiro et al. 2004).

En rasjon med lavt stivelsesinnhold og høyt fettinnhold er potensielt en fordel for hester med PSSM fordi da vil tilgangen på glukose reduseres, slik at glukoseopptaket i musklene vil bli lavere, og fettsyrer vil kunne utnyttes av musklene under trening.

Men fett er et energirikt næringsstoff slik at det kan være en utfordring å unngå at hestene går for mye opp i vekt. Noe som kan gjøre det enda mer problematisk er at mange hester med slike problemer ikke trenes, og overskudd av energi kan raskt føre til overvekt, eller økt overvekt. Problemene med PSSM kan være av ulik grad og behovet for fettsupplering vil være ulikt, men som konklusjon er det en fordel å bytte ut eventuelle NSC rike fôr med et fettriakt fôr. Men bare dersom hestene trenger mer energi enn det grovfôrasjonen tilfører. Borgia et al. (2010) gjorde et forsøk hvor det ble konkludert med at langkjedede fettsyrer, >14 karboner, er det som egner seg best til å redusere effekten av PSSM. Langkjedede fettsyrer, som blant annet maisolje, reduserte intoleransen mot trening og rhabdomyolyse signifikant.

Fettsupplering kan redusere kliniske tegn for hester med ulike former for kroniske muskelsykdommer, og i og med at anbefalingene av mengde er ganske konkret er muligens neste steg å lage fôrblandinger som kan brukes til akkurat fôring av hester med muskelsykdommer, slik at hestene kan føres mer som normalt.

5.7 Insulinsensitivitet

Type 2 diabetes er bestemt hovedsakelig ut fra livsstil og gener, men fôrrasjonen har mye å si når det kommer til utvikling av sykdommen (Risérus et al. 2009).

Risérus et al. (2009) har også konkludert med at å bytte ut mettede- og transfettsyrer med umettede fettsyrer, både enumettede og flerumettede, kan redusere insulinsensitivitet og vil igjen redusere risikoen for diabetes type 2. Mens det å supplere et kosthold som består av høyt

innhold mettet fett med flerumettede fettsyrer har vist seg å ikke gi en positiv effekt på insulinrespons.

I motsetning til langkjedede omega 3 fettsyrer som ikke viste forbedring av insulinsensitivitet så har noen flerumettede omega 6 fettsyrer rike på linolsyre vist seg å ha en positiv effekt.

Dette er for mennesker, hvor høyt inntak av fett sees på som over 38 % av daglig kaloriinntak, mens høyt fettinnhold for hester er langt lavere, noe som er naturlig med tanke på at hesten er en herbivore mens mennesket er omnivore. Høyt fettinnhold for hest er betegnet som 10-20 % av DE (Geor et al. 2013), slik at det vil være noe ulikt hvis man sammenlignet høyt fettinnhold for mennesket og hest. Den typen fett som suppleres i rasjonen til hest er også som oftest oljer som er rike på flerumettede fettsyrer. Om hesten reagerer på helt samme måte som mennesker og andre arter er ukjent. Derfor bør ulike fettkilders og fettsyrrers effekt på insulinrespons forskes mer på for at det skal kunne gis en konklusjon. Men forskning som er gjort foreslår at hester reagerer på samme måte.

En annen studie viste at å erstatte 8 % bygg i et kraftfôr med linfrøolje resulterte i reduksjon av insulinkonsentrasjon (Fayt et al. 2008), som kan være fordi noe av NSC ble redusert. Det økte også fordøyeligheten av både TS, NDF og fett. I denne studien inntok hestene (474 kg i gjennomsnitt) 3,1 kg høy og 3,1 kg kraftfôr, som betyr at tilført linfrøolje var 248 g.

Lindase et al. (2016) gjorde et forsøk hvor de feitet opp hester med grovfôr og fettsupplement. De økte gradvis fôrmengden inntil de nådde 2,5 ganger daglig vedlikeholdsbehov. BW økte med 10 % og BCS økte med >1,5 (skala fra 1-9) fra starten til slutten av perioden (22 uker) med oppfôring. Deretter ble hestene satt på beite i 4 uker. De fant ingen forskjell i insulinsensitivitet under vektøkningen hos hestene, men ukene på beite forbedret insulinsensitiviteten med 54 %, og det var ingen forandring i kroppsvekt. Resultatet indikerer at hestens rasjon påvirker insulinsensitivitet mer enn vektøkning.

Tidligere studier støtter også resultatet om at rasjonen ser ut til å ha større påvirkning på insulinrespons enn vektøkning (Quinn et al. 2008), og at kraftfôr basert på fiber og fett, som er rikt på flerumettede fettsyrer, gir høyere insulinsensitivitet enn et isokalorisk kraftfôr med høyt innhold stivelse og sukker (Quinn et al. 2008; Treiber et al. 2005).

Sammen indikerer disse studiene at rasjonen har en større påvirkning på insulinsensitivitet enn vektøkning og at en rasjon bestående av fett og fiber vil gi en høyere insulinsensitivitet enn en rasjon bestående av sukker og stivelse. Insulinsensitiviteten er observert høyere ved fett og fiber, og virker å være et resultat av redusert NSC, og ikke direkte tilsetningen av fett.

5.8 Kolikk

Kolikk betyr smerter i magen (Wormstrand et al. 2014) men ofte tenker man på gass eller forstoppelse i fordøyelseskanalen. Mange tror at fôring med vegetabiliske oljer kan ha en smørende effekt, og at man på den måten kan forebygge problemer i fordøyelseskanalen som forstoppelse. Det kan ha noe med at det er vanlig å behandle kolikk med relativt store mengder mineralolje nasogastrisk (Singer & Smith 2002). Det er også brukt mineralolje og psyllium (loppefrø) som forebyggende behandling for hester som får i seg mye sand, hvor en kombinasjon gav best resultat i forsøk, sammenlignet med bare mineralolje (Hotwagner & Iben 2008).

Mineralolje som administreres nasogastrisk ved kolikk er et flytende petroleumprodukt som hverken fordøyes eller absorberes, og er ikke det samme som vegetabiliske oljer som brukes i fôr. Vegetabilisk olje som man vanligvis supplerer med blir nesten totalt fordøyd, som tidligere nevnt, og for en hest som er tilvendt fett, vil svært lite komme ut igjen sammen med avføringen. Men for hester som ikke er tilvendt fettmengden, vil en stor dose olje risikere å skape ubalanse i fordøyelsessystemet, som tilsynelatende vises i form av oljete og løs avføring (Schumacher et al. 1997).

Det at vegetabiliske oljer kan motvirke kolikk er ikke på noen måte bekreftet, men den virker avførende for en hest som ikke er tilvendt, om den gis store mengder. Nøyaktig hvor mye vil variere utfra toleransen til individet.

6. Når fett skal inkluderes i hestens rasjon

Det er mange ulike muligheter for hvordan man kan tilsette fett i en rasjon til hest, men det er lurt å følge visse retningslinjer da hesten trenger en forsiktig overgang til fettrike rasjoner på samme måte som ved økning av kraftfôr, til og fra beite og lignende (van den Berg et al. 2013). Om det ønskes å suppleres med olje vil en trygg måte å gjøre det på være å starte med ~ 60 ml per måltid, for så å øke med ~ 60 ml hver 3-4 dag, inntil ønsket mengde (ofte rundt 240-480 ml per dag) er nådd (Geor et al. 2013). Er det snakk om en kraftfôrblanding med tilsatt fett kan det startes med ~ 25 % av ønsket mengde, for så å øke hver 3-4 dag (Geor et al. 2013). Hvor stor hest de dette gjelder står ikke, men hvis man tenker seg at dette er en hest på rundt 500 kg, så bør man bruke lavere mengder om man har en mindre hest/ponni.

Det er ulike kilder til fett, enten det er fettrike fôrmidler eller tilskudd med oljer man ønsker å bruke, og om det tilsettes en eksisterende rasjon, eller om man bruker en kraftfôrblanding som er tilsatt fett.

Når metode og kilde for fettsuppleringen velges bør flere faktorer tas med i vurderingen, som; hestens preferanse, hvordan fettkilden passer inn i fôrplanen, tilgjengelighet, målet med suppleringen og eventuelt pris. For eksempel er ikke alle oljer og fettkilder like godt likt av hver enkelt hest. Hvis man bare ønsker å øke energimengden kan rimelige oljer være likeså greit, og er det på grunn av sykdom og lignende og man ønsker et fettsupplement med høyt innhold av omega 3, så velger man kanskje ikke en rimelig dagligvareolje, men en som er mer tilpasset behovet. Selv om det er forskjeller på de vegetabiliske oljene på en dagligvarebutikk også.

Den enkleste og tryggeste måten å tilføre fett på er å bruke fettsupplerte fôrmidler som allerede er balanserte med tanke på andre næringsstoffer i en kraftfôrblanding. Da det vil være en risiko for at det blir ubalanse av næringsstoffene om man supplerer selv med ulike enkeltprodukter. Noe som er spesielt viktig å være klar over om man fører en hest med spesielle behov som avlshopper eller unghester i vekst.

Fettberikning kan øke energikonsentrasjonen i et kraftfôr med 10-50 % (Geor et al. 2013).

Noe som betyr at om man bruker et fettrikt fôr kan man redusere mengden i forhold til et vanlig kraftfôr basert på NSC. En annen mulighet for supplering av fett er å tilsette olje på en allerede eksisterende rasjon for å øke andelen fett.

Holland et al. (1998) gjorde en studie på preferanse av ulike typer fett og fant at hestene prefererte maisolje og generelt vegetabiliske oljer fremfor animalsk fett.

200 g olje tilsvarer omtrent 10 % av vedlikeholdsbehovet i DE for en 500 kg hest (Geor et al. 2013).

Fett tilfører energi, men inneholder ikke andre næringsstoffer som protein og mineraler. Det vil også i varierende grad tilføre fettløselige vitaminer (A, D, E og K) og vil kunne bidra til absorpsjon av fettløselige vitaminer da kroppen er avhengig av triasyglyserol og annet fett i tynntarmen for å kunne absorbere fettløselige næringsstoffer. På grunn av muligheten for oksidasjon under lagring vil mye av det naturlige innholdet av vitamin E (tokoferoler) kunne bli brukt opp og det vil da være utilgjengelig for hesten og vil ikke bli brukt til å dekke vitamin E behovet. For å unngå dette blir det ofte tilsatt beskyttet vitamin E i kraftfôrblandinger.

Vitamin E er spesielt viktig da studier med dyr viser at behovet for vitamin E stiger omtrent lineært med mengden umettede fettsyrer. Det betyr at for å få de ønskede helsefordelene ved å tilsette flerumettede fettsyrer må vitamin E behovet være dekket (Raederstorff et al. 2015).

6.1 Valg av fettmengde

Hvor mye fett man bør, eller skal, tilsette rasjonen vil være avhengig av hva man ønsker å oppnå ved tilsetningen. Om det gjelder blank pels eller å dekke noe av energibehovet til hest i trening og lignende. Mange ønsker blank pels og tilsetter derfor fett. Fett vil gjøre pelsen blankere på grunn av fettstoffet sebum, som skilles fra talgkjertlene i hestens hud, og som øker når kosten har høyere innhold fett (Getty 2014).

Kanskje holder det med topping på kraftfôret om man ønsker blankere pels, men om det er for å øke energitilførselen til høytstående hester må kan kanskje helt opp til 1 dl/100 kg BW. Hvor mye olje som trengs for å øke energitilskuddet vil variere med mange faktorer, som størrelse på hesten, graden av trening og om hesten trenger å redusere inntaket av NCS. Eller om man ønsker å øke andelen omega 3. Da vil type fettkilde være viktig, i forhold til om målet bare er å øke energikonsentrasjonen, da fett og oljer er en ren energikilde, mens oljene har ulikt innhold av omega 3 og omega 6. Men de fleste vegetabiliske oljer inneholder absolutt en størst andel omega 6.

Fôring med høyere innhold av fett i rasjon til hester med stort energibehov er blitt mer og mer vanlig. Nøyaktig hvor mye man bør bruke vil variere utfra treningsform, om det er utholdenhets- eller eksplosivitetstrening og om hesten fungerer på NSC, eller har godt av å redusere sukker og stivelsesinnholdet.

Hester som trenes utholdenhet på submaksimalt treningsnivå anbefales ofte en rasjon basert på mer fett (8-10 %), mens hester som trenes i høy fart som løpshester er anbefalt lavere fettinntak (Marlin & Nankervis 2014).

Tanken bak disse anbefalinger med fettmengde utfra hvordan hesten trenes er at musklene har større behov for lettfordøyelige karbohydrater som substrat under høy intensitetstrening med kort varighet, såkalt anaerob trening. Tidligere nevnte studier viser noe endring av substrat under fôring på rasjoner med høyere fettinnhold ved lavere treningsintensitet, men viker ikke å endres med treningsintensitet $>50-60\%$ av VO_{2max} (Dunnett et al. 2002). Slik at disse

hestene fremdeles bør innta en del lettfordøyelige karbohydrater med tanke på trening med høy intensitet. Mest sannsynlig vil fett som energikilde virke bra for hester med ulike behov, men det er viktig at den totale rasjonen er tilpasset behovet til hver enkelt, slik at hestens rasjon blir balansert med tanke på energi, protein, mineraler og vitaminer. Disse behovene vil være litt ulike utfra trening og eventuelt form for produksjon.

Hoffman et al. (1999) føret føll på ulike forsøksrasjoner, beite og fôr basert på fett og fiber, eller beite og fôr basert på sukker og stivelse, for å se på beinutvikling. Begge rasjonene hadde samme energiinnhold og proteininnhold (isokaloriske og isonitrogeniske), og mineraler var balansert i forhold til beite, og behov var dekket etter daværende NRC (1989) anbefalinger. Blant annet var innholdet av mineraler i bein lavere hos de som fikk rasjonen basert på fett og fiber, noe de mente kunne ha en sammenheng med binding av kalsium av fett og fiber, til kalsiumsåpe, og at det kan skape forandring i tilgjengelighet av næringsstoffer nødvendig for utvikling av bein. Derfor kan voksende hester ha et økt behov for kalsium og andre mineraler om de får en rasjon med høyt fettinnhold.

6.2 Innhold av fett i rasjoner til hest

Det er ikke etablert en øvre grense for alle ulike fettkilder i rasjoner til hest. Men det er gjort studier hvor ulike mengder, og ulike fettkilder, er brukt, og det er ikke blitt observert skadelige effekter. Det viser at man trygt kan føre god del fett uten risiko, så lenge man gir hesten den nødvendige tiden den trenger til å tilvenne seg fettmengden, og øker gradvis, til man har nådd den ønskede mengden, som tidligere beskrevet. Og at det også sørges for at rasjonen er balansert, spesielt når det gjelder hester med spesielle behov. Supplementeringer med enkeltfettkilder gjør det mer komplisert for eier å sørge for at alle behov blir nådd, derfor er det enkleste og mest bekvemmelige å kjøpe en allerede balansert kraftfôrblending som passer bruken.

En enkel regel for supplerings med olje man ofte hører rundt i hestemiljøet er at man kan tilsette opp til 1 dl per 100 kg BW (Warren 2011).

6.3 Introdusering av fett til hestens rasjon

Som alle andre fôrskeer trenger introdusering av fett til rasjonen en gradvis overgang for å unngå irritasjoner i fordøyelsessystemet.

Inkludering av fettrike fôr eller olje til friske hester varierer i lengde avhengig av type fett og ønsket målmengde, men bør normalt ta 4 til 14 dager, det kan også være individuelle variasjoner.

Et tydelig tegn på om man går for rask frem ved introduksjon eller økning av fett i rasjonen er avføringen. Går man for raskt frem vil det være synlig på avføringen og det vil da være fornuftig å redusere litt, eller å vente med ytterligere økning inntil avføringen er normal igjen. Om økningen har skjedd for fort for hesten vil avføringen bli fettete, gråaktig på farge og unormalt fyldig eller løs. Før det skjer får man et forvarsel ved at avføringen kommer ut i klumper dekket av et glansaktig lag (Kronfeld et al. 2004). Hvordan introdusere fett til hestens rasjon er beskrevet tidligere.

6.4 Fetttilsatte rasjoner kan påvirke behov for antioksidanter

Fettsyrer generelt er utsatt for oksidasjon, og flerumettede fettsyrer er spesielt utsatt. For å motvirke det er det vanlig å tilsette ekstra antioksidanter i fôrmidler eller fôrblandinger som inneholder umettet fett. De fleste fettsuppleringer inneholder store mengder umettede fettsyrer. Nøyaktig hvor mye fettrike rasjoner påvirker behovet hestene har for antioksidanter vet man ikke. Men det antas at antioksidanter, som vitamin E, i fôret vil risikere å blir kraftig redusert ettersom det beskytter mot oksidasjon. Vitamin E er den antioksidanten som er mest brukt på grunn av sin funksjon til å inkorporere seg inn til cellemembranen, hvor den beskytter umettede fettsyrer og andre utsatte deler av membranen mot oksidativ skade, ved å donere et hydrogenatom (NRC 2007).

Siciliano og Wood (1993) fant ikke negativ effekt på vitamin E status ved tilsetning av 6,4 % soyaolje i TS av den totale dagsrasjonen til 2 år gamle hester. Men disse hestene var ikke i trening.

Trening med høy intensitet forårsaker myocardial stress hos hesten, og vitamin E vil kunne gi en beskyttende effekt mot myocardial stress, og lipid perokidasjon (Yonezawa et al. 2015).

Noe som betyr at ved trening vil behovet for vitamin E øke, og ytterligere tilføring av vitamin E vil kunne gi fordelsmessige effekter.

Dette indikerer at om hesten både trenes hardt, og får supplert fett eller fôres på ett fettrikt fôr, så er den under stor oksidativ belastning, og et tillegg i vitamin E vil bidra til å motvirke denne belastningen.

Ulike oljer og fettrike fôrmidler inneholder ulike mengder vitamin E, noe som kan gi ulike effekter, og kan påvirke utfallet til studier som omhandler dette. Følgelig bør dette undersøkes nærmere i fremtiden. Det er også en mulighet for at en del av de eventuelle tokoferolene som naturlig er i vegetabiliske oljer og andre fôrmidler rike på fett brukes opp under lagring for å beskytte mot lipid peroksidasjon, slik at de som nevnt tidligere ikke bidrar til å dekke hestens behov for vitamin E.

Anbefalt mengde vitamin E av NRC (2007) ved vedlikeholdsbehov er 50 IU/kg TS (~1 IU/kg/BW), og 80 IU/kg TS ved trening. Men da vitamin E ikke virker å ha toksisk effekt hos hester, selv ved høye mengder, er det trygt å tilsette ekstra ved supplering eller fôring med fett som inneholder umettede fettsyrer. Hvis man tar utgangspunkt i en hest på 500 kg, og som inntar 2 % av BW, altså 10 kg fôr, vil da ha et vedlikeholdsbehov på 500 IU, eller 800 IU om hesten trenes, av Vitamin E.

Valk og Hornstra (2000) anbefaler som passende minimum 0,6 mg α -tokoferol ekvivalenter per gram linolsyre for mennesker, basert på dyreforsøk. Behovet for vitamin E vil øke ettersom inntak av umettede fettsyrer. Antageligvis vil det være noe lignende for hest. Forskningen har vist inkonsekvente resultater, og det trengs mer forskning på effekter av ulike kilder til umettede fettsyrer og grad umettethet, ulike treningsnivå og ulike mengder vitamin E supplert.

6.5 Risiko for oksidasjon

Tilsatt fett i kraftfôr eller oljer generelt har et stort potensiale for oksidasjon og kraftfôr med fett har derfor en kortere holdbarhetsdato en kraftfôr uten tilsatt fett. Er klimaet varmt og fuktig vil dette gjøre holdbarheten kortere enn ved tørt og kaldt klima. Ofte tilsettes slike fôr antioksidanter for å begrense den reduserte holdbarheten (NRC 2007), men risikoen for harskning er allikevel der om fôret blir liggende på lager, eller i butikk over tid før det blir solgt, eventuelt om kjøper lagrer produktet ugunstig, eller bruker lang tid for å bruke opp fôret etter at sekken er åpnet. Jo høyere innhold av umettede fettsyrer, jo mer er fôret utsatt for oksidasjon. Oksidasjon gir tap av næringsstoffer og danner i tillegg helseskadelige stoffer.

Om fôret har harsknet vil man kunne lukte det. Harskning gir en gjenkjennelig lukt som kan beskrives som søt og alkoholaktig, og gir smaksfeil slik at hestene ofte ikke vil spise det. I og med at fettrike supplementer, og fettrike fôr og oljer, har denne risikoen for oksidasjon bør det kjøpes inn i passende mengder som brukes opp innen 2-4 uker, og holdes kaldt og tørt. Holdbarhetstiden vil variere etter årstid og klima, og bør ikke brukes om det er tvil, på grunn av skadeligheten.

6.6 Potensielle ulemper ved fôring med fett

Fett kan med fordel brukes ved mange tilstander og behov, men det er ikke alltid fettinnholdet i hestens rasjon bør økes. For noen hester kan økt fettinnhold være en ulempe. Fett har en høy energikonsentrasjon i forhold til andre energikilder og er den mest energirike komponenten som kan tilsettes en fôrrasjon.

Det betyr at hester og ponnier som allerede er overvektige ikke bør tildeles et fôr med høy energikonsentrasjon, da det ikke bare kan føre til mer overvekt, men også sykdommer som assosieres med overvekt, såkalte livsstilssykdommer.

Hester eller ponnier som skal fôres opp fra å ha blitt fastet, sterkt underernærte eller sykdom som har gjort at de har måttet begrense fôrintaket kraftig, bør ikke få tilsatt fett til rasjonen. Grunnen er at mange av dem har nedsatte fordøyelses- og organ funksjoner, og må gradvis startfôres (Kronfeld 1993; Witham & Stull 1998).

Hester og ponnier som er spesielt utsatt, eller som opplever hyperlipedemi, noe som også kalles høyt kolesterol, en sykdom som kommer av for høy mobilisering av triglyseridlagring (Durham & Thiemann 2015), bør heller ikke få tilsatt fett i rasjonen.

7. Hestens behov for fett, og de essensielle fettsyrene omega 3 og omega 6

Nøyaktig hva hesten trenger av fett, og de essensielle fettsyrene, vet man lite om, annet enn at den er nødt til å ha triasyglyseroler og annet fett tilstede i tynntarmen for å kunne absorbere fettløselige vitaminer. Det er ingen konkrete anbefalinger når det kommer til bruk av fett i fôr til hest, eller ved supplering. En bør se på hestens behov. Hester som ikke får dekket energibehovet sitt via grovfôr og må suppleres med mye kraftfôr kan med fordel innta et fôr med høyere fettinnhold for å redusere inntaket av kraftfôr. Det er også funnet en øvre fettfordøyelighet som inntreffer fra et fettinnhold på mellom 100-150 g/kg TS og opprettholdes

til 230 g/kg TS (Kronfeld et al. 2004). Noe om betyr at om man trenger å øke energimengden vil det være mest effektivt å holde seg innenfor disse mengdene, slik at energien blir best mulig utnyttet.

Anbefalingene så langt når det gjelder omega 3 og omega 6 er heller ikke harde fakta, og mangel på EFA er ikke registrert. Anbefalingen på LA er minimum 0,5 % av TS inntak (NRC 2007), og ALA behovet er ikke etablert, men det er anbefalt et ALA:LA forhold på mellom 1:5 og 1:10. Fordi det er vurdert tilstrekkelig for andre arter (NRC 2005). Jo mer populære disse fettsyrene blir, jo større blir behovet for å etablere behovene hos hest. Til tross for det vil hester som får tilstrekkelig av grovfôr av godt næringsmessig innhold vil få dekket behovene som er anbefalt med god margin. Men jo mer kraftfôr og oljer som blir tilsatt, jo høyere vil andelen LA bli.

8. Diskusjon

Inkludering av fôr med høyere fettinnhold til hestens rasjon blir mer og mer vanlig for hesteindustrien. Konseptet med fettsupplering er ganske nytt sett på lang sikt, og man kan lure på om dette har noe med forandring av bruken av hestene, generelt mer penger, rimeligere fôr, det at kvalitets grovfôr er mer begrenset, eller rett og slett at det er større interesse for helse. Oljer og andre fettrike fôrmidler tilbyr en måte å øke energiinntaket betydelig hos hest, ikke bare når det gjelder kvantitet men også kvalitet, muliggjør en trygg og effektiv rasjon for friske hester og de med spesielle behov. Sammenlignet med andre kraftfôrblandinger hvor raske karbohydrater er energikilden.

Selv om det er gjort noe forskning så er det mange sider og påvirkninger av fettsupplering som må undersøkes fordi det fortsatt er masse å lære om hvordan hesten utnytter fett, i tillegg til de biologiske og fysiologiske fordeler som kan utnyttes fra ulike fettkilder.

At fett gir flere muligheter for å tilpasse fôringen mer til individet er det ingen tvil om. Om man bare trenger litt supplering av kraftfôr i tillegg til grovfôret er det ikke sikkert det er behov for noe særlig fettsupplering, men hvis man ser på det lave innholdet av fett i grovfôr og eventuelt fordøyeligheten er det mulig fettsupplering kan være nødvendig allikevel, på grunn av de fettløselige vitaminene.

Når det kommer til omega 3 og omega 6 gjenstår det mye. Det er veldig grove anbefalinger for begge, men ikke for det som er optimalt, men for å redusere risikoen for negative følger. Man vet at omega 3 og omega 6 konkurrerer om både tilgjengelig enzymer og inkorporering

inn til cellemembranens fosfolipider, og tilgjengeligheten av omega 6 er mye større enn omega 3. På grunn av det vil forholdet indirekte være en faktor, selv om noe forskning har vist at mengdene er viktig. Omega 3 virker ikke å være direkte betennelsesdempende, men indirekte betennelseshemmende dersom forholdet omega 3:omega 6 i rasjonen er bedre.

Det bør absolutt gjøres flere studier som kan gi en pekepinn mot optimalisering, både når det kommer til eventuell minimumsinntak av fett, og forhold/mengder omega 3 og omega 6.

Det er usikkerhet omkring det er forholdet omega 3:omega 6 som er den tellende faktoren, eller selve mengden omega 3 som suppleres, eventuelt en kombinasjon. Mange av forsøkene har brukt lave mengder grovfôr som ikke er unaturlig at vil påvirke hestens fordøyelsessystem negativt, og flere har ved inkludering av fett i rasjonen har redusert kraftfôrmengden. Da er det heller ikke unaturlig at hesten blir påvirket, i og med at raskt fordøyelige karbohydrater blir redusert. Noen forsøk har også brukt veldig lite fett i forsøksrasjonen som kanskje burde vært litt høyere for å kunne gi et litt mer sikkert resultat.

Noe man også må ta høyde for er at noen forsøk er lite realistiske og ville ikke vært fornuftig å gjøre i praksis, og at det hadde vært mer interessant om mengden grovfôr fulgte anbefalingen, og at det så ble brukt kraftfôr og fett for å nå energibehovet. Slik at rasjonene viste realistiske situasjoner. Eventuelt bruke grovfôr med en lavere energiinnhold for å kunne bruke mer kraftfôr til å dekke behovet.

9. Konklusjon

Det er ikke etablert konkrete anbefalinger mot optimalisering for hest når det kommer til hverken fett generelt, eller omega 3 og omega 6, og trengs mer forskning. Men det er anbefalt mengder for å unngå negative effekter, 0,5 % av TS som omega 6, og et omega 3:omega 6 forhold mellom 1:5 og 1:10.

Det er gjort studier med ulike fettmengder og fettkilder som kan gi en pekepinn på trygge mengder. NRC (2007) anbefaler maks 0,7 g fett/kg BW, som er 350 g for en 500 kg hest, når det kommer til vegetabilsk olje. Den vanlige huskeregelen er 1 dl/100 kg BW, men det er flere studier som har tilsatt mer enn det. Det er for eksempel tilsatt omtrent 159 ml/100 kg BW soyaolje, og omtrent 350 g/100 kg BW maisolje uten negative effekter. Det er også blitt tilsatt 300 g/100 kg BW maisolje, talg eller en blanding mellom animalsk og vegetabilsk fett, og 200 g/100kg BW kokosnøttolje eller soyaolje, uten påvirkning på mineralabsorpsjon, noe som har vært en bekymring ved tilsetning av fett. Det er vist en redusert allergirespons ved tilsetning av 0,1 kg/100 kg BW linfrø for hester med sommereksem. Marine kilder har vist seg å kunne bedre leddvæsken. Det kan konkluderes med at det er trygt å tilsette hestens rasjon en del fett uten uønskelige effekter om hesten trenger mer energi i rasjonen. Det kan også med fordel velges fettkilder med høyere innhold omega 3 som kan ha effekter på blant annet sommereksem, leddvæske og en høyere andel omega 3 i forhold til omega 6 vil gi en betennelseshemmende effekt. Men er målet blankere pels vil alle typer fett fungere, og de fleste hester vil få dekket behovet for både omega 3 og omega 6 med nok grovfôr.

10. Kilder

- Aabakken, L. & Waaler, B. A. (2016). *Fordøyelse*: store medisinske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/ford%25C3%25B8yelse> (lest 4.7.16).
- Bakken, Ø., Bøhn, E., Heidenberg, T., Knævelsrud, T., Næsset, J. A., Vangen, O. & Enstrøm, K. (2009). *Hest og hestehold*: Tun Forlag. 276 s.
- Berbert, A. A., Kondo, C. R. M., Almendra, C. L., Matsuo, T. & Dichi, I. (2005). Supplementation of fish oil and olive oil in patients with rheumatoid arthritis. *Nutrition*, 21 (2): 131-136.
- Borgia, L. A., Valberg, S. J., McCue, M. E., Pagan, J. D. & Roe, C. R. (2010). Effect of dietary fats with odd or even numbers of carbon atoms on metabolic response and muscle damage with exercise in Quarter Horse-type horses with type 1 polysaccharide storage myopathy. *American Journal of Veterinary Research*, 71 (3): 326-336.
- Boufaied, H., Chouinard, P. Y., Tremblay, G. F., Petit, H. V., Michaud, R. & Belanger, G. (2003). Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of Animal Science*, 83 (3): 501-511.
- Brenna, J. T., Salem, N., Sinclair, A. J., Cunnane, S. C. & Issfal. (2009). alpha-Linolenic acid supplementation and conversion to n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in humans. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 80 (2-3): 85-91.
- Brinsko, S. P., Varner, D. D., Love, C. C., Blanchard, T. L., Day, B. C. & Wilson, M. E. (2005). Effect of feeding a DHA-enriched nutraceutical on the quality of fresh, cooled and frozen stallion semen. *Theriogenology*, 63 (5): 1519-1527.
- Brouns, F., Bjorck, I., Frayn, K. N., Gibbs, A. L., Lang, V., Slama, G. & Wolever, T. M. S. (2005). Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*, 18 (1): 145-171.
- Bush, J. A., Freeman, D. E., Kline, K. H., Merchen, N. R. & Fahey, G. C. (2001). Dietary fat supplementation effects on in vitro nutrient disappearance and in vivo nutrient intake and total tract digestibility by horses. *Journal of Animal Science*, 79 (1): 232-239.
- Calder, P. C. (2006). Polyunsaturated fatty acids and inflammation. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 75 (3): 197-202.
- Candela, C. G., Lopez, L. M. B. & Kohen, V. L. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. *Nutricion Hospitalaria*, 26 (2): 323-329.
- Cargile, J. L., Burrow, J. A., Kim, I., Cohen, N. D. & Merritt, A. M. (2004). Effect of dietary corn oil supplementation on equine gastric fluid acid, sodium, and prostaglandin E-2 content before and during pentagastrin infusion. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 18 (4): 545-549.
- Castiglione, K. E., Read, N. W. & French, S. J. (2002). Adaptation to high-fat diet accelerates emptying of fat but not carbohydrate test meals in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 282 (2): 366-371.
- Davison, K. E., Potter, G. D., Greene, L. W., Evans, J. W. & McMullan, W. C. (1991). Lactation and reproductive-performance of mares fed added dietary-fat during late gestation and early lactation. *Journal of Equine Veterinary Science*, 11 (2): 111-115.
- de Godoi, F. N., de Almeida, F. Q., Saliba, E. D. S., Ventura, H. T., Franca, A. B. & Rodrigues, L. M. (2009). Intake, digestive kinetics and nutrient digestibility in athletic horses fed diets with soybean oil. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, 38 (10): 1928-1937.
- Delobel, A., Fabry, C., Schoonheere, N., Istasse, L. & Hornick, J. L. (2008). Linseed oil supplementation in diet for horses: Effects on palatability and digestibility. *Livestock Science*, 116 (1-3): 15-21.

- Domingo, J. L., Bocio, A., Falco, G. & Llobet, J. M. (2007). Benefits and risks of fish consumption Part I. A quantitative analysis of the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants. *Toxicology*, 230 (2-3): 219-226.
- Dunnett, C. E., Marlin, D. J. & Harris, R. C. (2002). Effect of dietary lipid on response to exercise: relationship to metabolic adaptation. *Equine Veterinary Journal*, 34 (S34): 75-80.
- Durham, A. E. & Thiemann, A. K. (2015). Nutritional management of hyperlipaemia. *Equine Veterinary Education*, 27 (9): 482-488.
- Eaton, M. D., Hodgson, D. R., Evans, D. L., Bryden, W. L. & Rose, R. J. (1995). Effect of a diet containing supplementary fat on the capacity for high intensity exercise. *Equine Veterinary Journal*, 27 (S18): 353-356.
- Fahy, E. (2010). A comprehensive classification system for lipids (vol 46, pg 839, 2005). *Journal of Lipid Research*, 51 (6): 1618-1618.
- Fayt, J., Dotreppe, O., Hornick, J. L. & Istasse, L. (2008). Spelt, an ancient cereal and first pressure linseed oil as ingredients of compound feedstuffs for modern horse feeding. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92 (3): 303-309.
- Fonnesbeck, P. V., Lydman, R. K., Noot, G. W. V. & Symons, L. D. (1967). Digestibility of proximate nutrients of forage by horses. *Journal of Animal Science*, 26 (5): 1039-1045.
- Frank, N., Sojka, J. E. & Latour, M. A. (2004). Effect of hypothyroidism on the blood lipid response to higher dietary fat intake in mares. *Journal of Animal Science*, 82 (9): 2640-2646.
- Frank, N., Andrews, F. M., Elliott, S. B. & Lew, J. (2005). Effects of dietary oils on the development of gastric ulcers in mares. *American Journal of Veterinary Research*, 66 (11): 2006-2011.
- French, S. J., Murray, B., Rumsey, R. D., Fadzlin, R. & Read*, N. W. (1995). Adaptation to high-fat diets: effects on eating behaviour and plasma cholecystokinin *British Journal of Nutrition* (73): 179-189.
- Friberg, C. A. & Logas, D. (1999). Treatment of Culicoides hypersensitive horses with high-dose n-3 fatty acids: a double-blinded crossover study. *Veterinary Dermatology*, 10 (2): 117-122.
- Geelen, S. N., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. & Beynen, A. C. (1999). Dietary fat supplementation and equine plasma lipid metabolism. *Equine veterinary journal. Supplement* (30): 475-478.
- Geelen, S. N. J., Jansen, W. L., Geelen, M. J. H., van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. S. & Beynen, A. C. (2000). Lipid metabolism in equines fed a fat-rich diet. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 70 (3): 148-152.
- Geor, R. J., Harris, P. A. & Coenen, M. (2013). *Equine applied and clinical nutrition*. UK: Saunders Elsevier.
- Getty, J., Phd. (2014). *Myth: A Shiny Horse is a Healthy Horse*: Horse Journals (lest 22.6.16).
- Goyens, P. L., Spilker, M. E., Zock, P. L., Katan, M. B. & Mensink, R. P. (2006). Conversion of alpha-linolenic acid in humans is influenced by the absolute amounts of alpha-linolenic acid and linoleic acid in the diet and not by their ratio. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84 (1): 44-53.
- Gray, J. *General Feeding – Understanding the Basics*. redmills.ie. Tilgjengelig fra: <http://www.redmills.ie/Horses/the-red-scoop/Articles/general-feeding-understanding-the-basics> (lest 9.8.16).
- Hall, J. A., Van Saun, R. J., Tornquist, S. J., Gradin, J. L., Pearson, E. G. & Wander, R. C. (2004). Effect of type of dietary polyunsaturated fatty acid supplement (corn oil or fish

- oil) on immune responses in healthy horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 18 (6): 880-886.
- Harking, J. D., Morris, G. S., Tulley, R. T., Nelson, A. G. & Kamerling, S. G. (1992). Effect of added dietary fat on racing performance in thoroughbred horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 12 (2): 123-129.
- Harkins, J. D., Morris, G. S., Tulley, R. T., Nelson, A. G. & Kamerling, S. G. (1992). Effect of added dietary-fat on racing performance in thoroughbred horses *Journal of Equine Veterinary Science*, 12 (2): 123-129.
- Hess, T. & Ross-Jones, T. (2014). Omega-3 fatty acid supplementation in horses. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, 43 (12): 677-683.
- Hintz, H. F., Schryver, H. F. & Cornell, U. (1989). Digestibility of various sources of fat by horses. *Proceedings : 1989 Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*: 144-148.
- Hoffman, R. M., Lawrence, L. A., Kronfeld, D. S., Cooper, W. L., Sklan, D. J., Dascanio, J. J. & Harris, P. A. (1999). Dietary carbohydrates and fat influence radiographic bone mineral content of growing foals. *Journal of Animal Science*, 77 (12): 3330-3338.
- Hoffman, R. M. (2009). Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horses. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, 38: 270-276.
- Holland, J. L., Kronfeld, D. S. & Meacham, T. N. (1996). Behavior of horses is affected by soy lecithin and corn oil in the diet. *Journal of Animal Science*, 74 (6): 1252-1255.
- Holland, J. L., Kronfeld, D. S., Rich, G. A., Kline, K. A., Fontenot, J. P., Meacham, T. N. & Harris, P. A. (1998). Acceptance of fat and lecithin containing diets by horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 56 (2-4): 91-96.
- Hothersall, B. & Nicol, C. (2009). Role of Diet and Feeding in Normal and Stereotypic Behaviors in Horses. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 25 (1): 167-181.
- Hotwagner, K. & Iben, C. (2008). Evacuation of sand from the equine intestine with mineral oil, with and without psyllium. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92 (1): 86-91.
- Hyypä, S., Saastamoinen, M. & Reeta Poso, A. (1999). Effect of a post exercise fat-supplemented diet on muscle glycogen repletion. *Equine veterinary journal. Supplement* (30): 493-498.
- Jansen, W. L., Van der Kuilen, J., Geelen, S. N. J. & Beynen, A. C. (2000). The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fibre in trotting horses. *Equine Veterinary Journal*, 32 (1): 27-30.
- Jansen, W. L., Van der Kuilen, J., Geelen, S. N. J. & Geynen, A. C. (2001). The apparent digestibility of fibre in trotters when dietary soybean oil is substituted for an iso-energetic amount of glucose. *Archives of Animal Nutrition-Archiv Fur Tierernahrung*, 54 (4): 297-304.
- Jansen, W. L., Geelen, S. N. J., van der Kuilen, J. & Beynen, A. C. (2002). Dietary soyabean oil depresses the apparent digestibility of fibre in trotters when substituted for an iso-energetic amount of corn starch or glucose. *Equine Veterinary Journal*, 34 (3): 302-305.
- Jansen, W. L., van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. S., Cone, J. W., De Vries, H. T., Hallebeek, J. M., Hovenier, R., Van der Kuilen, J., Huurdeman, C. M., Verstappen, D., Gresnigt, M. C., et al. (2007). Studies on the mechanism by which a high intake of soybean oil depresses the apparent digestibility of fibre in horses. *Animal Feed Science and Technology*, 138 (3-4): 298-308.
- Kane, E., Baker, J. P. & Bull, L. S. (1979). Utilization of a corn-oil supplement diet by the pony. *Journal of Animal Science*, 48 (6): 1379-1384.

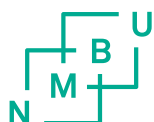
- Khol-Parisini, A., van den Hoven, R., Leinker, S., Hulan, H. W. & Zentek, J. (2007). Effects of feeding sunflower oil or seal blubber oil to horses with recurrent airway obstruction. *Canadian Journal of Veterinary Research-Revue Canadienne De Recherche Veterinaire*, 71 (1): 59-65.
- King, S. S., Abughazaleh, S. S., Webel, A. A. & Jones, S. K. (2008). Circulating fatty acid profiles in response to three levels of dietary omega-3 fatty acid supplementation in horses. *Journal of Animal Science*, 86 (5): 1114-1123.
- Kronfeld, D. S. (1993). Starvation and malnutrition of horses - recognition and treatment. *Journal of Equine Veterinary Science*, 13 (5): 298-304.
- Kronfeld, D. S., Ferrante, P. L. & Grandjean, D. (1994). Optimal nutrition for athletic performance, with emphasis on fat adaptation in dogs and horses. *The Journal of nutrition*, 124 (12 Suppl): 2745S-2753S.
- Kronfeld, D. S. (1996). Dietary fat affects heat production and other variables of equine performance, under hot and humid conditions. *Equine veterinary journal. Supplement* (22): 24-34.
- Kronfeld, D. S., Custalow, S. E., Ferrante, P. L., Taylor, L. E., Wilson, J. A. & Tiegs, W. (1998). Acid-base responses of fat-adapted horses: relevance to hard work in the heat. *Applied Animal Behaviour Science*, 59 (1-3): 61-72.
- Kronfeld, D. S. & Harris, P. A. (2003). Equine grain-associated disorders. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 25 (12): 974-983.
- Kronfeld, D. S., Holland, J. L., Rich, G. A., Meacham, T. N., Fontenot, J. P., Sklan, D. J. & Harris, P. A. (2004). Fat digestibility in *Equus caballus* follows increasing first-order kinetics. *Journal of Animal Science*, 82 (6): 1773-1780.
- Lindase, S. S., Nostell, K. E., Muller, C. E., Jensen-Waern, M. & Brojer, J. T. (2016). Effects of diet-induced weight gain and turnout to pasture on insulin sensitivity in moderately insulin-resistant horses. *American Journal of Veterinary Research*, 77 (3): 300-309.
- Little, T. J., Horowitz, M. & Feinle-Bisset, C. (2005). Role of cholecystokinin in appetite control and body weight regulation. *Obesity Reviews*, 6 (4): 297-306.
- Lorenzo-Figueras, M., Preston, T., Ott, E. A. & Merritt, A. M. (2005). Meal-induced gastric relaxation and emptying in horses after ingestion of high-fat versus high-carbohydrate diets. *American Journal of Veterinary Research*, 66 (5): 897-906.
- Lorenzo-Figueras, M. & Merritt, A. M. (2006). Role of cholecystokinin in the gastric motor response to a meal in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 67 (12): 1998-2005.
- Lorenzo-Figueras, M., Morisset, S. M., Morisset, J., Laine, J. & Merritt, A. M. (2007). Digestive enzyme concentrations and activities in healthy pancreatic tissue of horses. *American Journal of Veterinary Research*, 68 (10): 1070-1072.
- Manhart, D. R., Scott, B. D., Gibbs, P. G., Coverdale, J. A., Eller, E. M., Honnas, C. M. & Hood, D. M. (2009). Markers of Inflammation in Arthritic Horses Fed Omega-3 Fatty Acids. *The Professional Animal Scientist*, 25 (2): 155-160.
- Manie, M. (2015). Meeting the challenges in the diagnosis of inflammatory myopathies. *Samj South African Medical Journal*, 105 (12).
- Marchello, E. V., Schurg, W. A., Marchello, J. A. & Cuneo, S. P. (2000). Changes in lipoprotein composition in horses fed a fat-supplemented diet. *Journal of Equine Veterinary Science*, 20 (7): 453-458.
- Marlin, D. & Nankervis, K. (2014). *Equine exercise physiology*: Blackwell publishing
- McCann, J. S., Meacham, T. N. & Fontenot, J. P. (1987). Energy- utilization and blood traits of ponies fed fat-supplemented diets. *Journal of Animal Science*, 65 (4): 1019-1026.
- McKenzie, E. C., Valberg, S. J., Godden, S. M., Pagan, J. D., MacLeay, J. M., Geor, R. J. & Carlson, G. P. (2003). Effect of dietary starch, fat, and bicarbonate content on exercise

- responses and serum creatine kinase activity in equine recurrent exertional rhabdomyolysis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 17 (5): 693-701.
- McKenzie, E. C. & Firshman, A. M. (2009). Optimal Diet of Horses with Chronic Exertional Myopathies. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 25 (1): 121-135.
- Meyer, H., Flothow, C. & Radicke, S. (1997). Preileal digestibility of coconut fat and soybean oil in horses and their influence on metabolites of microbial origin of the proximal digestive tract. *Archives of Animal Nutrition-Archiv Fur Tierernahrung*, 50 (1): 63-74.
- Meyer, J. H., Gu, Y., Elashoff, J., Reedy, T., Dressman, J. & Amidon, G. (1986). Effects of viscosity and fluid outflow on postcibal gastric-emptying of solids. *American Journal of Physiology*, 250 (2): G161-G164.
- Meyer, J. H., Elashoff, J. D. & Lake, R. (1999). Gastric emptying of indigestible versus digestible oils and solid fats in normal humans. *Digestive Diseases and Sciences*, 44 (6): 1076-1082.
- Meyers, M. C., Potter, G. D., Evans, J. W., Greene, L. W. & Crouse, S. F. (1989). Physiologic and metabolic response of exercising horses to added dietary-fat *Journal of Equine Veterinary Science*, 9 (4): 218-223.
- Moghaddami, M., James, M., Proudman, S. & Cleland, L. G. (2015). Synovial fluid and plasma n3 long chain polyunsaturated fatty acids in patients with inflammatory arthritis. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 97: 7-12.
- Nicol, C. J., Badnell-Waters, A. J., Bice, R., Kelland, A., Wilson, A. D. & Harris, P. A. (2005). The effects of diet and weaning method on the behaviour of young horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 95 (3-4): 205-221.
- Nomenclature, I.-I. C. o. B. (1968). The nomenclature of lipids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 123 (2): 409-415.
- Nomenclature, I.-I. C. o. B. (1976). The nomenclature of lipids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 123 (2): 409-415.
- NRC. (2005). *Dietary references intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids (macroutrients)*: The National Academies Press, Washington, DC.
- NRC. (2007). *Nutrient requirements of horses sixth rev ed.* Washington, DC: The National Academies Press, .
- O'Neill, W., McKee, S. & Clarke, A. F. (2002). Flaxseed (*Linum usitatissimum*) supplementation associated with reduced skin test lesional area in horses with *Culicoides* hypersensitivity. *Canadian Journal of Veterinary Research-Revue Canadienne De Recherche Veterinaire*, 66 (4): 272-277.
- Oldham, S. L., Potter, G. D., Evans, J. W., Smith, S. B., Taylor, T. S. & Barnes, W. S. (1990). Storage and mobilization of muscle glycogen in exercising horses fed a fat-supplemented diet. *Journal of Equine Veterinary Science*, 10 (5): 353-359.
- Oliveira, K., Heinrichs, R., Costa, C., Millen, D. D. & Meirelles, P. R. L. (2014). Functional capacity of jumping horses supplemented with linseed. *Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinaria E Zootecnia*, 66 (2): 497-504.
- Oomah, B. D., Mazza, G. & Kenaschuk, E. O. (1992). Cyanogenic compounds in flaxseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40 (8): 1346-1348.
- Orme, C. E., Harris, R. C., Marlin, D. J. & Hurley, J. (1997). Metabolic adaptation to a fat-supplemented diet by the thoroughbred horse. *British Journal of Nutrition*, 78 (3): 443-458.
- Pagan, J. D., Essen-Gustavsson, B., Lindholm, A. & Thornton, J. (1986). *The effect of dietary energy source on eercise performance in standardbred horses. In: Equine Exercise Physiology 2. Gillespie, J.R., and Robinson, N.G. (eds.): ICEEP Publications, Davis, CA.*

- Pagan, J. D., Harris, P. A., Kennedy, M. A. P., Davidson, N., Hoekstra, K. E., Kpp & Kpp. (1999). *Feed type and intake affect glycemic response in thoroughbred horses*. *Advances in Equine Nutrition*. 147-149 s.
- Pagan, J. D., Geor, R. J., Harris, P. A., Hoekstra, K., Gardner, S., Hudson, C. & Prince, A. (2002). Effects of fat adaptation on glucose kinetics and substrate oxidation during low-intensity exercise. *Equine veterinary journal. Supplement* (34): 33-8.
- Quinn, R. W., Burk, A. O., Hartsock, T. G., Petersen, E. D., Whitley, N. C., Treiber, K. H. & Boston, R. C. (2008). Insulin Sensitivity in Thoroughbred Geldings: Effect of Weight Gain, Diet, and Exercise on Insulin Sensitivity in Thoroughbred Geldings. *Journal of Equine Veterinary Science*, 28 (12): 728-738.
- Raederstorff, D., Wyss, A., Calder, P. C., Weber, P. & Eggersdorfer, M. (2015). Vitamin E function and requirements in relation to PUFA. *British Journal of Nutrition*, 114 (8): 1113-1122.
- Redondo, A. J., Carranza, J. & Trigo, P. (2009). Fat diet reduces stress and intensity of startle reaction in horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 118 (1-2): 69-75.
- Reese, R. E. & Andrews, F. M. (2009). Nutrition and Dietary Management of Equine Gastric Ulcer Syndrome. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 25 (1): 79-92.
- Ribeiro, G., Silva, L. C. L. C. d., Belli, C. B., Vargas, L. P., Piffer, M. L. T., Mirian, M., Feijó, V. A. & Fernandes, W. R. (2016). Occurrence of gastric ulcers in horses exercised on a treadmill. *Ciência Rural*, 46 (5): 909-914.
- Ribeiro, W. P., Valberg, S. J., Pagan, J. D. & Gustavsson, B. E. (2004). The effect of varying dietary starch and fat content on serum creatine kinase activity and substrate availability in equine polysaccharide storage myopathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 18 (6): 887-894.
- Risérus, U., Willett, W. C. & Hu, F. B. (2009). Dietary fats and prevention of type 2 diabetes. *Prog Lipid Res*, 48 (1): 44-51.
- Ross-Jones, T., Hess, T., Rexford, J., Ahrens, N., Engle, T. & Hansen, D. K. (2014). Effects of Omega-3 Long Chain Polyunsaturated Fatty Acid Supplementation on Equine Synovial Fluid Fatty Acid Composition and Prostaglandin E-2. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34 (6): 779-783.
- Sakhno, L. O. (2010). Variability in the Fatty Acid Composition of Rapeseed Oil: Classical Breeding and Biotechnology. *Cytology and Genetics*, 44 (6): 389-397.
- Sales, J. & Homolka, P. (2011). A meta-analysis of the effects of supplemental dietary fat on protein and fibre digestibility in the horse. *Livestock Science*, 136 (2-3): 55-63.
- Sanggaard, A. K. Q. (2011). *Effect of fat supplement on apparent digestibility of dietary fibre in horses*. master: University of Copenhagen, Life Sciences.
- Schumacher, J., DeGraves, F. J. & Spano, J. S. (1997). Clinical and clinicopathologic effects of large doses of raw linseed oil as compared to mineral oil in healthy horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 11 (5): 296-299.
- Scott, B. D., Potter, G. D., Greene, L. W., Hargis, E. S. & Anderson, J. G. (1992). Efficacy of a fat-supplemented diet on muscle glycogen concentrations in exercising thoroughbred horses maintained in varying body conditions. *Journal of Equine Veterinary Science*, 12 (2): 109-113.
- Siciliano, P. D. & Wood, C. H. (1993). The effect of added dietary soybean oil on vitamin-E status of the horse. *Journal of Animal Science*, 71 (12): 3399-3402.
- Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56 (8): 365-379.
- Singer, E. R. & Smith, M. A. (2002). Examination of the horse with colic: is it medical or surgical? *Equine Veterinary Education*, 14 (2): 87-96.
- Skrede, A. (2000). *Kraftfôr (kompendiet)*: Norges landbrukshøgskole.

- Sturgeon, L. S., Baker, L. A., Pipkin, J. L., Haliburton, J. C. & Chirase, N. K. (2000). The digestibility and mineral availability of Matua, Bermuda grass, and Alfalfa hay in mature horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 20 (1): 45-48.
- Taylor, L. E., Ferrante, P. L., Kronfeld, D. S. & Meacham, T. N. (1995). Acid-base variables during incremental exercise in sprint-trained horses fed a high-fat diet. *Journal of Animal Science*, 73 (7): 2009-2018.
- Treiber, K. H., Boston, R. C., Kronfeld, D. S., Staniar, W. B. & Harris, P. A. (2005). Insulin resistance and compensation in Thoroughbred weanlings adapted to high-glycemic meals. *Journal of Animal Science*, 83 (10): 2357-2364.
- Treiber, K. H., Geor, R. J., Boston, R. C., Hess, T. M., Harris, P. A. & Kronfeld, D. S. (2008). Dietary energy source affects glucose kinetics in trained Arabian geldings at rest and during endurance exercise. *Journal of Nutrition*, 138 (5): 964-970.
- Valk, E. E. J. & Hornstra, G. (2000). Relationship between vitamin E requirement and polyunsaturated fatty acid intake in man: a review. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 70 (2): 31-42.
- van den Berg, M., Hoskin, S. O., Rogers, C. W. & Grinberg, A. (2013). Fecal pH and Microbial Populations in Thoroughbred Horses During Transition from Pasture to Concentrate Feeding. *Journal of Equine Veterinary Science*, 33 (4): 215-222.
- Vervuert, I., Klein, S. & Coenen, M. (2010). Short-term effects of a moderate fish oil or soybean oil supplementation on postprandial glucose and insulin responses in healthy horses. *Veterinary Journal*, 184 (2): 162-166.
- Vineyard, K. (2008). *Dietary Omega-3 Fatty Acid Supplementation and its Effect on Plasma and Cell Membrane Composition and Immune Function in Yearling Horses*. Phd. Gainesville, Fla: University of Florida, Animal Sciences. 216 s.
- Vineyard, K. R., Warren, L. K. & Kivipelto, J. (2008). Effect of high fat diets and fat source on immune function in yearling horses.
- Vineyard, K. R., Warren, L. K. & Kivipelto, J. (2010). Effect of dietary omega-3 fatty acid source on plasma and red blood cell membrane composition and immune function in yearling horses. *Journal of Animal Science*, 88 (1): 248-257.
- Warren, L. K. (2011). *The Skinny on Feeding Fat to Horses*: University of Florida, Animal Sciences.
- Watson, T. D. G., Packard, C. J. & Shepherd, J. (1993). Plasma-lipid transport in the horse (equus-caballus). *Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology*, 106 (1): 27-34.
- Williams, C. A. (2004). *The Basics of Equine Nutrition*. http://esc.rutgers.edu/fact_sheet/the-basics-of-equine-nutrition/ (lest 21.3.16).
- Witham, C. L. & Stull, C. L. (1998). Metabolic responses of chronically starved horses to refeeding with three isoenergetic diets. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 212 (5): 691-696.
- Woodward, A. D., Nielsen, B. D., O'Connor, C. I., Skelly, C. D., Webel, S. K. & Orth, M. W. (2007). Supplementation of dietary long-chain polyunsaturated omega-3 fatty acids high in docosahexaenoic acid (DHA) increases plasma DHA concentration and may increase trot stride lengths in horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology* 4(2): 71-78.
- Wormstrand, B. H., Ihler, C. F., Diesen, R. & Krontveit, R. I. (2014). Surgical treatment of equine colic - a retrospective study of 297 surgeries in Norway 2005-2011. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 56.
- Wyse, C. A., Murphy, D. M., Preston, T., Sutton, D. G. M., Morrison, D. J., Christley, R. M. & Love, S. (2001). The C-13-octanoic acid breath test for detection of effects of meal

- composition on the rate of solid-phase gastric emptying in ponies. *Research in Veterinary Science*, 71 (1): 81-83.
- Yonezawa, L. A., Barbosa, T. S., Watanabe, M. J., Marinho, C. L., Knaut, J. L. & Kohayagawa, A. (2015). Effect of vitamin E on oxidative and cardiac metabolism in horses submitted to high intensity exercise. *Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinaria E Zootecnia*, 67 (1): 71-79.
- Zadeh, A. B. (2014). Digestion mechanisms in the stomach and the intestine of horse. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 3 (6).
- Zeyner, A., Hoffmeister, C., Einspanier, A., Gottschalk, J., Lengwenat, O. & Illies, M. (2006). Glycaemic and insulinaemic response of quarter horses to concentrates high in fat and low in soluble carbohydrates. *Equine veterinary journal. Supplement* (36): 643-7.
- Zhou, M. X., Robards, K., Glennie-Holmes, M. & Helliwell, S. (1999). Oat lipids. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76 (2): 159-169.



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway