

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



## Forord

Denne oppgåva vart skriven våren 2013 ved Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitskap (IHA) ved Universitetet for Miljø- og Biovitskap (UMB). Dei 5 åra eg har vore på Ås har vore nokre fantastisk kjekke år, der eg har møtt masse flotte folk!

Valet av retning var enkelt då eg i løpet av mine 5 år ved IHA alltid har vore mest interessert i ernæring, og då helst på storfe. Då oppgåva "Jod i mjølk" vart tilbudd meg var det ingen tvil om at dette var oppgåva eg ville ha. Det å no ha fullført ei mastergrad er eg veldig stolt av, og tykkjer sjølv at eg fortener eit lite klapp på skuldra.

Eg vil takke min veileidar Egil Prestløkken for fantastisk oppfølging gjennom heile master skrivinga, kunne ikkje fått ein betre veileidar. Eg vil også takke Gisken Trøan for god hjelp til alle spørsmål eg har hatt. Felleskjøpet Fôrutvikling, TINE, Forskingsrådet og UMB skal også ha ein takk for å ha gjort heile prosjektet mogleg ved finansiell støtte.

Ein stor takk til Stine, Bente Helene og Beate for god hjelp til korrekturlesing, de er supre! Elles må eg takke alle jentene på lesesalen for eit flott halvår, tida på lesesalen hadde ikkje vore den same utan dykk alle. Sist men ikkje minst må eg takke min kjære sambuar Geir som har måtte overta jobben som husmor ein periode, frakta proviant til lesesalen og fordi du er den du er.

Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitskap, UMB

Ås, august 2013

Silje Herlofsen Nes

## Samandrag

Denne oppgåva er ein del av prosjektet "Jod i mjølk" ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitskap, og målet med oppgåva var å sjå korleis ulike mengder rapskake i rasjonen til mjølkekyr ville påverke innhaldet av jod i mjølk. Hypotesane for forsøket var at bruk av rapskake som proteinkjelde i kraftfôr i staden for soyamjøl ville senke innhaldet av jod i mjølk, og at denne negative samanhengen var lineær med aukande mengde rapskake i fôrrasjonen.

I dag er mjølk og mjølkeprodukt rekna som den viktigaste kjelda til jod i kosten på grunn av eit høgt innhald av jod. Fram til i dag har det vore antatt at menneskjer i Noreg gjennom eit variert kosthald og eit høgt konsum av mjølk og mjølkeprodukt har hatt eit tilstrekkeleg tilskot av jod. Med bakgrunn i nyare studiar der det er vist ei halvering av innhaldet av jod i kumjølk på kort tid, er det derimot stilt spørsmål om jodstatusen er tilfreds hjå alle. Årsaka til det låge innhaldet av jod er antekje å vere ein auka bruk av raps og rapsprodukt i kraftfôret. Det er fortsatt ikkje heilt klart kva i raps og rapsprodukt som reduserar innhaldet av jod i mjølk, men det er antekje at det har ein samheng med innhald av glukosinolatar. Når glukosinolatar blir brote ned blir det danna ulike nedbrytingsprodukt, som til dømes thiocyanat. Thiocyanat hindrar opptak av jod til juret ved at den sjølv blir frakta inn til juret via natrium-jodid symportereren (NIS) i staden for jod.

Forsøket var satt opp som to 4 x 4 latinske kvadrat med fire kyr i kvart kvadrat og periodar på 14 dagar kvar. Rasjonen bestod av surfôr og kraftfôr, der kontrollkraftfôret innehaldt soyamjøl og forsøksfôret rapskake som proteinkjelde. Tildelinga av kraftfôr vart gjort slik at innhaldet av rapskake i den totale rasjonen var 0, 3, 7 og 10 %. Det vart tatt ut mjølkeprøvar som vart analysert for kjemisk innhald og innhald av jod. Begge kraftfôrtypane og grovfôret vart i tillegg til kjemisk analyse analysert for innhald av jod, og kraftfôret vart også analysert for innhald av glukosinolatar.

Innhaldet av jod i mjølk gjekk ned frå 240 µg/liter ved 0 % rapskake i rasjonen til 80 µg/liter ved 10 % rapskake i rasjonen. Nedgangen var signifikant ( $p < 0,05$ ) for kyrne som fekk 10 % rapskake samanlikna med dei som fekk 0 og 3 % rapskake i rasjonen. Det var signifikant forskjell mellom 7 og 0 % rapskake i rasjonen. Det var tendens til signifikant forskjell ( $p < 0,1$ ) mellom kyr som fekk 7 og 3 % rapskake og 3 og 0 % rapskake i rasjonen. Det var ikkje signifikant forskjell i innhald av jod mellom 7 og 10 % rapskake. Samanhengen mellom

innhald av jod i mjølk og tilførsel av rapskake var tilnærma lineær til 7 % rapskake, då kurva krumma av frå 7 til 10 % rapskake i rasjonen. Korrelasjonen mellom rapskake i fôret og jod i mjølk berekna ved eit polynom var 0,9996.

Det var observert signifikant forskjell i overføringsgraden av jod frå fôr til mjølk mellom kyrne som fekk 0 % rapskake og kyrne som fekk 7 og 10 % rapskake i rasjonen, medan det var ein tendens til signifikant forskjell ( $p < 0,1$ ) mellom 0 og 3 % rapskake i rasjonen. Det var ikkje observert signifikant forskjell ( $p > 0,05$ ) i overføring av jod frå fôr til mjølk mellom kyrne som fekk 7 og 10 % rapskake. Det var ingen signifikante forskjellar ( $p > 0,05$ ) i mjølkeyting og kjemisk samansetninga av mjølka mellom kyrne som fekk 0, 3, 7 og 10 % rapskake i rasjonen.

Konklusjonen frå dette forsøket er at innhaldet av jod i mjølk blir lågare ved aukande mengde rapskake opp mot 7 % i rasjonen. Det var ikkje noko forskjell i innhald av jod i mjølka når innhaldet av rapskake i fôrrasjonen auka frå 7 til 10 %. Samanhengen mellom rapskake i rasjonen og innhald av jod i mjølk var tilnærma lineær fram til 7 % rapskake då kurva krumma av.

## **Abstract**

This master thesis is a part of the project "Iodine in milk" at the Institute of Animal and Aquacultural Sciences. The objective of this thesis is to investigate how different amount of rapeseed cake in the diet of dairy cows will affect the iodine content in milk. The hypothesis was that use of rapeseed cake as a source of protein instead of soybean meal in the concentrate would lower the iodine content in milk and that this negative relationship was linear with increasing amount of rapeseed cake in the diet.

Today, milk and dairy products, are consider as the most important source of iodine in the human diet because of a high content of iodine. Until recently it has been assumed that people in Norway have had an adequate supply of iodine through a varied diet and a high consume of milk and dairy products. However, recent studies have shown a near halving of the content of iodine in cow milk within a few years, and sufficient iodine status in people is now questioned. The reduced iodine content is expected to be related to an increased use of rapeseed and rapeseed products in the concentrates fed to milking cows. The mechanisms are not clear what decreases the content of iodine in milk, but it is believed that it is related to the content of glucosinolates in rapeseed and rapeseed products. When glucosinolates are decomposed, various degradation products like thiocyanate are formed. Thiocyanate inhibit uptake of iodine to the udder by self being transported into the udder via the sodium-iodide symporter (NIS) instead of iodine.

The experiment was set up as two 4 x 4 Latin squares with four cows in each square, using 14 days periods. The diet consisted of silage and concentrate, where the control concentrate contained soybean meal and the experiment concentrate contained rapeseed cake as the source of protein. Allocation of concentrate was done so that the content of rapeseed cake in the total diet was 0, 3, 7 and 10 %. Milk samples were taken in each period and analysed for chemical content and content of iodine. Both the control and experiment concentrates and the silage was in addition to chemical analyses, analysed for content of iodine and both the concentrates were also analysed for content of glucosinolates.

The content of iodine in milk decreased from 240 µg/litre at 0 % rapeseed cake in the diet to 80 µg/litre at 10 % rapeseed cake in the diet. The decrease was significant ( $p < 0.05$ ) for cows receiving 10 % rapeseed cake compared to those receiving 0 and 3 % rapeseed cake in the diet. There was a significant difference between 7 and 0 % rapeseed cake in the diet. There

was tendency to significant difference ( $p < 0.1$ ) among cows receiving 7 and 3 % rapeseed cake and 3 and 0 % rapeseed cake in the diet. There was no significant difference in the content of iodine in milk between 7 and 10 % rapeseed cake in the diet. The relationship between content of iodine in milk and supply of rapeseed cake was almost linear up to 7 % rapeseed cake, with the curve leveling out from 7 to 10 % rapeseed cake in the diet. The correlation between rapeseed cake in the diet and the iodine content in milk estimated by a polynomial was 0.9996.

There was observed significant difference in the carry over rate of iodine from feed to milk from cows receiving 0 % rapeseed cake and cows receiving 7 and 10 % rapeseed cake in the diet, while there was a tendency to significant difference ( $p < 0.1$ ) between 0 and 3 % rapeseed cake in the diet. It was not observed significant difference ( $p > 0.05$ ) in milk yield or on the chemical composition of the milk between cows receiving 0, 3, 7 and 10 % rapeseed cake in the diet.

The conclusion from this study is that the iodine content in milk is decreasing by increasing amount of rapeseed cake up to 7 % rapeseed cake in the diet. There was no further decrease in the content of iodine in the milk when the amount of rapeseed cake in the diet increased from 7 to 10 % in the diet. The relationship between rapeseed cake in the diet and content of iodine in milk were close to linear up to 7 % rapeseed cake in the diet where the effect leveled out.

## Innhald

1.0 Innleiing .....	1
2.0 Litteratur.....	3
2.1 Jod.....	3
2.2 Jod sin funksjon.....	4
2.3 Behov for jod hjå menneskjer og dyr .....	6
2.4 Mangel på jod .....	7
2.5 Absorpsjon og metabolisme av jod .....	8
2.5.1 Absorpsjon av jod .....	8
2.5.2 Natrium-jodid symporter .....	9
2.5.3 Jod til ulike vev i kroppen.....	10
2.6 Raps og rapsprodukt .....	12
2.6.1 Raps og Rybs .....	12
2.6.2 Glukosinolatar og thiocyanat .....	15
2.6.3 Produksjon av rapsolje, rapskake og rapsmjøl.....	17
2.6.4 Rapskake/rapsmjøl og glukosinolatar .....	19
2.7 Andre faktorar som påverkar innhaldet av jod i mjølk.....	20
2.7.1 Laktasjon.....	20
2.7.2 Sommarmjøl versus vintermjøl.....	21
2.7.3 Spenedupping.....	21
3.0 Eige studie .....	22
3.1 Material og metode.....	22
3.1.1 Forsøksdyr.....	22
3.1.2 Fôrrasjon .....	22
3.1.3 Prøvetaking .....	24
3.1.4 Analyse .....	25
3.1.5 Berekningar og statistikk .....	26

3.2 Resultat .....	28
3.2.1 Kjemisk samansetning av fôret .....	28
3.2.2 Kjemisk innhald i mjølk.....	29
3.2.3 Innhald av jod i mjølk .....	29
3.2.4 Overføringsgrad av jod frå fôr til mjølk.....	34
4.0 Diskusjon.....	35
5.0 Konklusjon .....	41
6.0 Referanseliste .....	42



## 1.0 Innleiing

Jod er eit sporstoff som er livsnødvendig for både menneskjer og dyr. Jod inngår blant anna i hormona tyroksin og trijodtyronin, som blir produsert i skjoldbruskkjertelen (Sjaastad et al. 2003). Av våre vanlege matvarer har marin fisk og andre fiskeprodukt av marint opphav høgast innhald av jod, medan mjølk og mjølkeprodukt kjem på andre plass (Dahl et al. 2003a). Desse to kjeldene til jod står til saman for 80 % av inntaket av jod i Noreg. Dersom det blir sett på det totale inntaket av jod i eit norsk kosthald er det mjølk og mjølkeprodukt som er den viktigaste kjelda til jod då konsumet av mjølk er høgare enn av marin fisk (Frey 1986; Frey et al. 1993; Dahl et al. 2003a; Dahl et al. 2003b).

Mangel på jod var tidlegare eit problem i heile Europa, med struma og hjerneskade som konsekvensar (WHO 2007). I Noreg var det vanleg med mangel på jod fram til omkring 2. verdskrig (Frey 1986). Dette oppstod spesielt i innlandet der inntaket av saltvassfisk var lågt. Tilsetjing av jod i bordsalt var ein viktig faktor som bidrog til at mangel på jod vart meir sjeldan. (WHO 2007). Tilsetjing av jod i fôr til mjølkekyr har også vore ein viktig faktor for å unngå mangel på jod hjå menneskjer.

Så seint som i 1993 viste Frey et al. (1993) at jodstatusen hjå menneskjer var tilfredstillande i Noreg, som vart forklart med eit høgt innhald av jod i mjølk saman med eit normalt konsum av mjølk og mjølkeprodukt. Ved å sjå på inntak av jod og innhaldet av jod i urin konkluderte derimot Dahl et al. (2003b) at det kunne vere menneskjer i Noreg som hadde eit for lågt inntak av jod. Data samla frå omkring år 2000 (Dahl et al. 2003b) viste eit innhald av jod i mjølk på omkring 230 µg/l i vintermjølk og omkring 90 µg/l i sommarmjølk. I ein liknande studie gjort i 2008 fann Haug et al. (2012) berre 125 og 126 µg/l høvevis vinter- og vårmjølk, medan innhaldet i sommarmjølk var tilnærma uendra.

Halveringa av innhaldet av jod i vintermjølk vil ha konsekvensar for inntaket av jod og jodstatusen hjå menneskjer. Årsaka til nedgangen i innhaldet av jod er ikkje kjent, men sidan år 2000 har det skjedd ein auke i bruken av rapskake og andre rapsprodukt i kraftfôr frå tilnærma null til omkring 100 000 tonn per 2012 (Statens Landbruksforvaltning 2012). Av dette fôret går ca. 50 % til drøvtyggjarar. Årsaka til den aukande bruken av rapsprodukt kan forklarast med produksjon av biodiesel. Dei siste åra har denne produksjonen blitt større, der mesteparten av produksjonen er basert på rapsolje (Kaldmae et al. 2010), der biproduktet vil

vere blant anna rapskake. Den aukande bruken av rapsprodukt i kraftfôr tek med seg utfordringar når det gjeld innhaldet av jod i mjølk.

Redusert innhald av jod i mjølk ved bruk av raps og rapsprodukt i fôret er kjent (Papas et al. 1978; Papas et al. 1979; Laurberg et al. 2002; Vesely et al. 2009) og i ein nyare studie fann Franke et al. (2009a) eit redusert innhald av jod i mjølk ved å bruke fôr som inneheld rapsmjøl samanlikna med eit rapsfritt fôr. I den rapsfrie dietten blei 30 - 55 % av jod som vart tilført fôret funne igjen i mjølka, medan for dietten som innehaldt rapsmjøl låg denne på 10 - 25 %. I eit anna forsøk blei det vist ein overføringsgrad av jod til mjølk på 30 - 40 % ved bruk av rapsfritt fôr (Schone et al. 2009). Det er derimot ingen forskjell på innhald av jod i mjølk ved aukande mengde rapsprodukt i rasjonen (Laarveld et al. 1981).

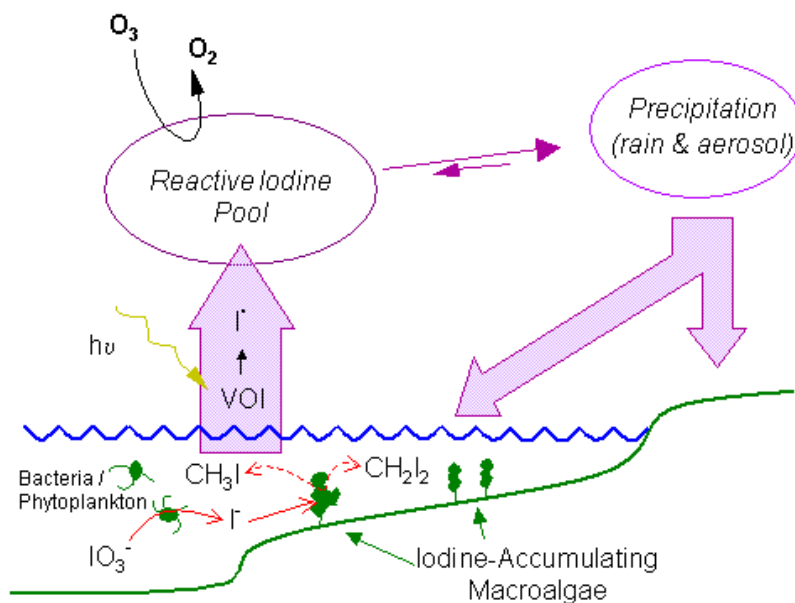
Den antekne årsaka til problemet med eit lågt innhald av jod i mjølk er glukosinolatane som finst i raps og rapsprodukt (Papas et al. 1978; Papas et al. 1979; Laurberg et al. 2002; Franke 2009). Glukosinolatane hindrar ikkje i seg sjølv opptaket av jod, men ulike nedbrytingsprodukt av desse som til dømes thiocyanat er vist å gi ein negativ effekt på innhaldet av jod i mjølk (Tripathi & Mishra 2007). Når det blir fôra med raps og rapsprodukt er det vist ein høgare konsentrasjon av thiocyanat i mjølk saman med eit lågare innhald av jod (Papas et al. 1978; Papas et al. 1979; Laarveld et al. 1981). Thiocyanat påverkar innhaldet av jod i mjølk ved at den hemmar opptaket av jod til juret (Dohán et al. 2003). Dette skjer ved at thiocyanat festar seg til opptaksmekanismen til jod (natrium-jodid symportereren) og blir transportert inn til juret i staden for jod.

Ulike rapsprodukt er viktige proteinkjelder til mjølkekyr og andre drøvtyggjarar. Løysinga på problemet er difor ikkje å slutte med bruken av raps og rapsprodukt, men å kome fram til årsakar og løysingar som gjev mjølk med eit kjent og stabilt innhald av jod. Denne oppgåva er ein del av eit større forskingsprosjekt på dette, som er finansiert støtta av Forskningsrådet, Tine, Felleskjøpet Fôrutvikling og Universitetet for Miljø- og Biovitskap. I denne oppgåva blir det sett på korleis ulike mengder av rapskake i rasjonen til mjølkekyr påverkar innhaldet av jod i mjølk. Hypotesane til forsøket er at rapskake i rasjonen vil senke overføringa av jod frå fôr til mjølk og dermed gi eit lågare innhald av jod i mjølk, og at aukande mengde rapskake i rasjonen vil gi ein lineær reduksjon av innhald av jod i mjølk.

## 2.0 Litteratur

### 2.1 Jod

Jod (I) er eit grunnstoff med nummer 53 i det periodiske system og har ei atomvekt på 126,9 u. Jod høyrer til gruppa halogenar (Chang 2008), og er difor svært reaktiv og finst av denne grunn ikkje naturleg i den elementære forma, men som  $I_2$  (Preedy et al. 2009). I naturen er jod i ein evig syklus (Figur 1), og mesteparten av jod finst i sjøvatn (McDowell 2003). Jod i sjøvatn er i den mest stabile forma, jodat, før den blir redusert til jodid i sjøoverflata (Baker 2002). Deretter blir jodid oksidert av sollys til jod, som så forsvinn til atmosfæren. Heile 400 000 tonn jod forsvinn kvart år frå sjøvatn til lufta. Ved regn og snø blir jod ført tilbake til jorda, for så å komme tilbake til sjøvatn (McDowell 2003).



Figur 1: Syklusen av jod i naturen (Baker 2002)

Plantar har, til forskjell frå dyr og menneskjer, ikkje behov for jod (McDowell 2003; Preedy et al. 2009). Innhaldet av jod i fôr som har opphav i planter er av den grunn generelt lågt (Haldimann et al. 2005). Det finst derimot forskjellar i innhaldet av jod i plantar avhengig av kvar i landet dei veks, og normalt er det eit høgare innhald av jod i plantemateriale ved kysten enn i innlandet (McDowell 2003). Dette er forklart med at det er meir jod i jordsmonnet ved kysten enn i innlandet. Andre faktorar som har betydning for mengde jod i jorda er kor lang tid

det har gått sidan førre istid og nedbørsmengde. Det er også mogleg å påverke innhaldet av jod i grovfôret ved å gjødsle graset med jod.

Det finst unntak i planteverda når det gjeld innhald av jod. Tang og tare har eit svært høgt innhald av jod, og tek ein grisetang som eit døme har den eit innhald av jod på 100 – 1 000 mg/kg TS (Indergaard 2010). I Tabell 1 er det gitt ei oversikt over innhaldet av jod i ulike fôrmidlar. I tabellen kan det sjåast kor mykje jod grisetang inneheld i forhold til andre fôrmidlar som er viktige komponentar i kraftfôr, planter og i ferdig kraftfôr til mjølkekyr.

**Tabell 1: Innhald av jod blant ulike fôrmidlar, mg/kg TS**

	<b>Innhald av jod</b>	
<b>Plantemateriale</b>	0,01-1,0 <sup>1</sup>	Hetzel og Wellby (1997)
<b>Havre</b>	0,2	Fôrtabell (2008)
<b>Ekstrahert soyamjøl</b>	0,5	Fôrtabell (2008)
<b>Kraftfôr</b>	3,5 <sup>2</sup>	Felleskjøpet (2013)
<b>Grisetang</b>	100-1000	Indergaard (2010)

<sup>1</sup>Den store variasjonen skuldast forskjellar i innhald av jod i jordsmonnet

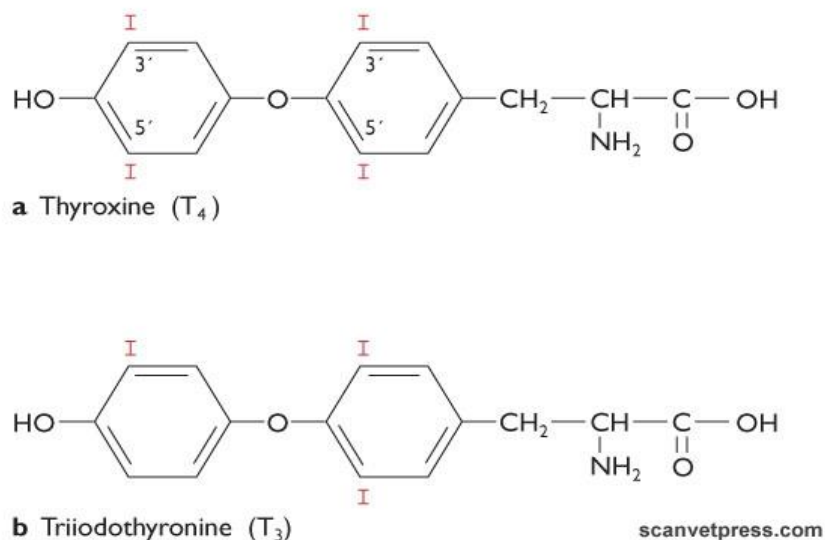
<sup>2</sup> Innhaldet var 2 mg/kg TS fram til 2011-2012. Det høge innhaldet av jod i kraftfôr kjem av tilsetning av jod i form av ulike premiksar

Sidan plantematerialet inneheld lite jod må det tilførast dyret ved kraftfôret. Tilsetjing av jod i kraftfôr vil sikre dyra sine behov, og sikre eit tilstrekkeleg innhald av jod i produkt frå dyret, som til dømes mjølk. Ved å tilsetje jod i kraftfôret vil det kunne forhindre jodmangel hjå både dyr og menneskjer. I Noreg er vassfritt kalsiumjodat ( $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ), heksahydrat kalsiumjodat ( $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), kaliumjodid (KI) og natriumjodid (NaI) godkjente jodtilsetjingar i kraftfôr til mjølkekyr (Lovdata 2012). I premiksane som blir nytta i kraftfôr til mjølkekyr blir det i all hovudsak nytta vassfritt kalsiumjodat som kjelde til jod (personleg opplysning, Normin). I ein rasjon til mjølkekyr er det satt eit maksimum på innhald av jod på 5 mg/kg fôr (Lovdata 2012).

## 2.2 Jod sin funksjon

Jod er eit livsnødvendig sporstoff for både dyr og menneskjer. Jod er nødvendig for blant anna produksjon av tyroksin og trijodtyronin i skjoldbruskkjertelen (Sjaastad et al. 2003), der heile 70 - 80 % av joden i kroppen er konsentrert (Chaney 1958; McDowell 2003). Normalt

utgjør tyroksin om lag 90 % av hormona som blir skild ut frå skjoldbruskkjertelen, medan trijodtyronin utgjør omlag 10 % (Sjaastad et al. 2003). Tyroksin og trijodtyronin er oppbygd av to joderte tyrosinmolekyl (Figur 2). Tyroksin har 4 jodatome som er festa på karbonatom i 3', 5', 3', 5' posisjon, og blir på grunn av dette også kalla 3, 3', 5, 5'-tetrajodtyronin (Suttle 2010). Trijodtyronin har tre jodatome festa på karbonatomet i 3', 5', 3' posisjon, og blir også omtalt som 3, 3', 5-trijodtyronin.



**Figur 2: Oppbygging av tyroksin a) og trijodtyronin b) (Sjaastad et al. 2003)**

Dei to tyroideahormona har fleire viktige oppgåver i kroppen. Dei viktigaste er å auke den metabolske aktiviteten, sikre normal vekst og utvikling og sikre ein normal utvikling av sentralnervesystemet (Sjaastad et al. 2003). Mellom anna blir effekten av det sympatiske nervesystemet forbetra av tyroideahormona, og leiingshastigheita i nervesystemet blir redusert ved mangel av dei to hormona. Tyroksin og trijodtyronin er også med på å sikre ein normal gonadefunksjon (Sjaastad et al. 2003), og er såleis viktig for reproduksjon. Tyroksin og trijodtyronin er med på å regulere natrium-kalium-pumpene i cellene og det kan av denne grunn seiast at dei to tyroideahormona styrer energiomsetninga hjå dyr og menneskjer (Larsen & Sehested 2003).

Sjølv om 70 - 80 % av tilført jod er konsentrert i skjoldbruskkjertelen, finst jod i dei fleste vev i kroppen. Det er 15 andre komponentar i kroppen der jod inngår, som til dømes i uorganisk form i blod og urin, tyroksin-bindande protein i blod og dijodtyronin i nyrene (Chaney 1958).

## 2.3 Behov for jod hjå menneskjer og dyr

Utanom tyroideahormona er lageret av jod i kroppen lite og både dyr og menneskjer har daglege behov for jod. Nordic nutrition recommendations (NNR 2004) sine anbefalingar til dagleg inntak av jod blant kvinner, menn og born er vist i Tabell 2. I tabellen er det gitt ein oversikt over anbefalt inntak, gjennomsnittleg behov og lågaste kritiske inntak.

**Tabell 2: Anbefalt inntak av jod hjå menneskjer (NNR 2004), µg/dag**

	Kvinner	Menn	Born		
			2-5 år	6-9 år	10-13 år
<b>Anbefalt inntak</b>	150	150	90	120	150
<b>Gjennomsnittleg behov</b>	100	100			
<b>Lågaste inntak</b>	70	70			

Anbefalingane som er satt ovanfor er i samsvar med dei gjort av World Health Organization (WHO) og Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), sjå Tabell 3.

Tabellen nedanfor viser ein oversikt over anbefalt inntak av jod hjå vaksne og born.

**Tabell 3: Anbefalt inntak av jod for vaksne og born (WHO 2004)**

Jod, µg/dag	Voksen	Born		
		0-1 år	1-6 år	7-12 år
<b>Anbefalt inntak</b>	150	90	90	120

Gravide og ammande kvinner har eit høgare behov for jod enn andre på grunn av at inntaket skal dekke både kvinna og fosteret/barnet. I 2007 kom det nye retningslinjer for gravide og ammande kvinner (Andersson et al. 2007), der dei nye anbefalingane for jod vart endra frå 200 µg/dag til 250 µg/dag.

For storfe i vekst eller sinkyr er det gitt anbefalingar om 0,6 mg jod/100 kg levande vekt til vedlikehald (NRC 2001). I laktasjon er det eit større behov for jod på grunn av at produksjon av tyroksin aukar, som aukar behovet for jod til 1,5 mg/100 kg levande vekt. I andre retningslinjer om behov for jod er det satt eit behov på 0,2 mg jod/kg tørrstoff til drøvtyggjarar (Jarrige 1990). Det er tidlegare nemnt at maksimum innhald av jod i rasjonen til mjølkekyr er 5 mg/kg fôr. Denne grensa for jod i ein rasjon er mykje høgare enn behovet hjå

mjølkekyr i produksjon. Årsaka til at det blir tilført meir jod til fôret enn behova tilseier er for å sikre eit tilstrekkeleg innhald av jod i mjølka, dette for å sikre ei god human helse.

I 2013 kom EFSA (European Food Safety Authority) med ein anbefaling om å senke maksimumsgrensa for jod i fôret frå 5 mg/kg fôr til 2 mg/kg fôr (European Food Safety Authority 2013). Ei av årsakene til dette forslaget er redsle for at menneskje, særleg småborn med eit høgt konsum av mjølk, skal få for mykje jod slik at det oppstår ein toksisk effekt. Overflødig jod kan føre til hypertyreose, som skuldast auka produksjon av tyroksin og trijodtyronin og dermed vil gi eit høgare stoffskifte.

## **2.4 Mangel på jod**

Jodmangel kan ramme menneskjer i alle aldrar, men er spesielt kritisk når det gjeld gravide, ammande kvinner, kvinner i reproduksjonsalder og born yngre enn 3 år (WHO 2004). Det er spesielt kritisk for denne gruppa menneskje på grunn av at mangel av jod hjå foster, spedborn og unge born i vekst kan føre til varige skadar i hjernen og sentralnervesystemet. Til foster kjem tilførselen av tyroideahormona tyroksin og trijodtyronin til hjernen nærmast utelukkande frå mora, difor kan jodmangel hjå gravide føre til abort, daudfødslar og auka dødelegheit hjå spedbarnet etter fødsel (WHO 2007).

Hjå menneskjer og dyr er det første teiknet på mangel av jod ein forstørtra skjoldbruskkjertel, som blir kalla struma (Jarrige 1990; Sand et al. 2006). Ved mangel på jod får ikkje skjoldbruskkjertelen nok jod til og oppretthalde produksjon av tyroksin og trijodtyronin, slik at konsentrasjon av dei to hormona i plasma minkar (Sjaastad et al. 2003). Ein låg konsentrasjon av tyroksin og trijodtyronin i plasma vil føre til at hypofysen aukar produksjon av tyroidea stimulerande hormon (TSH), men på grunn av mangel på jod kan ikkje skjoldbruskkjertelen auke produksjon av dei to tyroideahormona. Den høge konsentrasjonen av TSH i skjoldbruskkjertelen vil stimulere follikkelcellene til å vekse og dele seg, og slik føre til at skjoldbruskkjertelen blir forstørtra (Sjaastad et al. 2003). Hjå dyr kan jodmangel gå ut over veksten og hår kan falle av (Jarrige 1990). For eldre dyr kan mangel på jod gå ut over fertiliteten, og kyr i mjølkeproduksjon kan få ein nedgang i produksjonen. For alle drøvtyggjarar vil for lite jod i rasjonen også føre til ein redusert appetitt (Jarrige 1990).

Mangel på jod blant dyr skjer oftare enn ein situasjon med for mykje jod, men dette kan også oppstå. Symptom på eit toksisk nivå av jod hjå dyr kan vere tap i kroppsvekt og redusert appetitt (McDonald 2002). Andre symptom kan vere problem med å svelgje, mykje tårar frå

tårekanalen og mykje nasalt utslepp (McDowell 2003). Unge dyr har ein større risiko for å få forgifting av jod enn eldre kyr i laktasjon. Rutinen ved jodforgifting vil vere å fjerne jod frå dietten, og dyret vil då raskt bli symptomfri og få ein normal jodstatus.

## **2.5 Absorpsjon og metabolisme av jod**

### **2.5.1 Absorpsjon av jod**

Jod blir hovudsakleg absorbert som uorganisk jodid (Larsen & Sehested 2003; Franke 2009), slik at jodat, som i all hovudsak blir tilført fôret gjennom vassfritt kalsiumjodat, må bli omdanna til jodid før det kan bli absorbert (Hays 1984; Cavalieri 1997; BfR 2006). Jodat og organisk jod blir dermed kvantitativt omdanna til jodid ved reduksjon.

Hjå drøvtyggjarar blir omtrent 70 - 90 % av jod frå fôret absorbert i vom, nettmage og bladmage (Barua et al. 1964; Miller et al. 1975), medan det i løypen er ein sekresjon av jod som er rundt 18 gonger større enn absorpsjonen (Miller et al. 1975). Utskiljing av jod i løypen kjem frå hovudcellene og celler i slimhinna, og joden går så vidare til tarmen for å bli absorbert (Cavalieri 1997). Barua et al. (1964) fann at det også skjedde ei utskiljing av jod frå galleblæra. Dei såg på korleis konsentrasjonen av jod endra seg gjennom fordøyelsesystemet hjå ungdyr, og såg at konsentrasjonen auka etter formagane og heilt fram til første delen av tynntarmen. Då konsentrasjonen igjen sank tyda det på ei utskiljing av jod frå både løypen og via gallen. Dette var bekrefta då også Miller et al. (1975) såg at jod vart skilt ut gjennom gallen. Forklaringa på kvifor jod blir skilt ut frå galleblæra er at det blir brote ned noko tyroksin i levera, som blir skilt ut via gallen. Den resterande delen av jod som ikkje blir absorbert i formagane og som blir skilt ut i løypen og galleblæra går til tarmen for absorpsjon (Barua et al. 1964).

Medan det lenge har vore kjent at absorpsjon av jod hjå drøvtyggjarar skjer i både vomma og tarmen har det heilt fram til nyare tid vore ukjent kva for mekanisme som står for absorpsjonen (Nicola et al. 2009). Miller et al. (1975) synte at det var eit mykje større lager av jod i fordøyelsekanalen enn i plasma, og på grunnlag av dette konkluderte med at absorpsjon av jod skjedde på grunn av ein gradientforskjell, ein passiv diffusjon. I nyare tid har det blitt kjent at natrium-jodid symporter (NIS) er den sentrale absorpsjonsmekanismen for jod i tarmen, og jod blir vidare ført til blodet via Cl<sup>-</sup> kanalar. (Nicola et al. 2009). Denne symporteren er eit glykoprotein, som vil seie at proteinet er addert med ploysakkarider, og har til hovudhensikt å transportere jod over cellemembranar (Dohán et al. 2003).



På same måte som tidlegare vist i skjoldbruskkjertelen (Dohan et al. 2006), vil jod verke nedregulerande mot NIS-transporten i tynntarmen ved høge konsentrasjonar av jod (Nicola et al. 2009; Nicola et al. 2012), på same måte som tidlegare vist i skjoldbruskkjertelen.

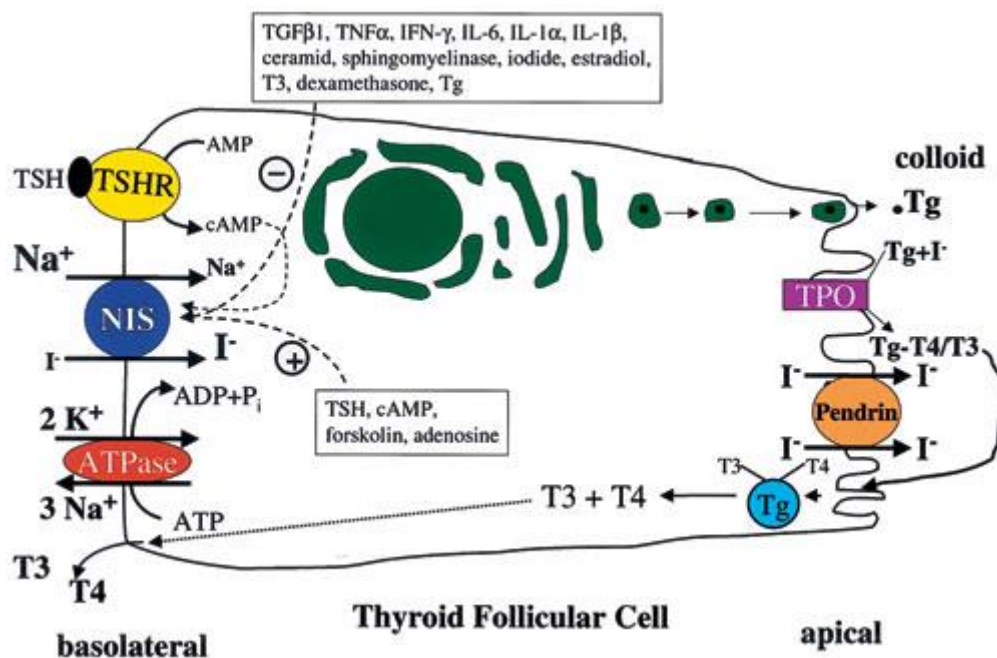
Mekanismen for opptak av jod i vomma er for forfatternen ikkje kjent, men det kan tenkjast at NIS også finst i vomveggen og står for transporten av jod frå vomma.

I tillegg til at jod kan bli absorbert i vomma og tarmen kan også jod bli absorbert via overhud (Larsen & Sehested 2003). Dette kan bli gjort ved å duppe spenane i ei jodløysing før eller etter mjølkning (Flachowsky et al. 2007).

### **2.5.2 Natrium-jodid symporter**

NIS finst basolateral i overflata til epitelcellene i blant anna skjoldbruskkjertelen, juret, spyttkjertelen og slimhinna i mage/tarm-kanalen (Dohán et al. 2003). NIS er svært hydrofob og består hjå menneskje av 643 aminosyrer (Kohrle & Schmutzler 1998). Etter kloning og biokjemisk karakterisering vart det kjent at NIS-proteinet har same struktur som andre natrium-avhengige transportørar, som til dømes natrium-glukose- og natrium-nukleosidsymporteren (Kohrle & Schmutzler 1998).

Opptak av jod i skjoldbruskkjertelen via NIS er styrt av utskilling av TSH, som blir skilt ut frå hypofysen (Dohán et al. 2003). Opptak av jod i andre vev som spyttkjertel, jur og slimhinna i mage/tarm-kanalen er uavhengig av TSH, og i desse veva treng NIS berre energi for å frakte jod inn i cellene. Denne energien kjem frå  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$  eller meir kjent som natrium-kalium pumpe. I denne blir  $\text{Na}^+$  ført ut av cella, og det oppstår ein gradient som gjer at  $\text{Na}^+$  og samtidig  $\text{I}^-$  blir ført inn i cella ved hjelp av natrium-jodid symporteren (Kohrle & Schmutzler 1998).  $\text{Na}^+$  verkar difor som ei drivande kraft for transporten av jod inn i cellene (Dohán et al. 2003). For å få  $\text{I}^-$  til å gå frå blodet og inn i cellene blir det brukt 2  $\text{Na}^+$  som drivkraft. Figur 3 viser korleis NIS er med på å transportere jodid inn til skjoldbruskkjertelen. Sjølv om denne illustrasjonen gjeld skjoldbruskkjertelen, vil prinsippet for NIS vere den same både i juret, spyttkjertel og slimhinna i mage/tarm-kanalen.



Figur 3: Transporten av jodid og syntesen av tyroideahormona i skjoldbruskkjertelen<sup>1</sup> (Spitzweg & Morris 2002)

<sup>1</sup>ADP = adenosin difosfat, AMP = adenosin monofosfat, ATP = adenosin trifosfat, cAMP = syklisk adenosin monofosfat, IGF-1 = Insulin-lik vekst faktor, NIS = natrium-jodid symporter, P<sub>i</sub> = fosfat, Tg = tyroglobin, TPO = Thyroid peroksidase, TSH = tyroideastimulerende hormon, TSHR = TSH reseptor

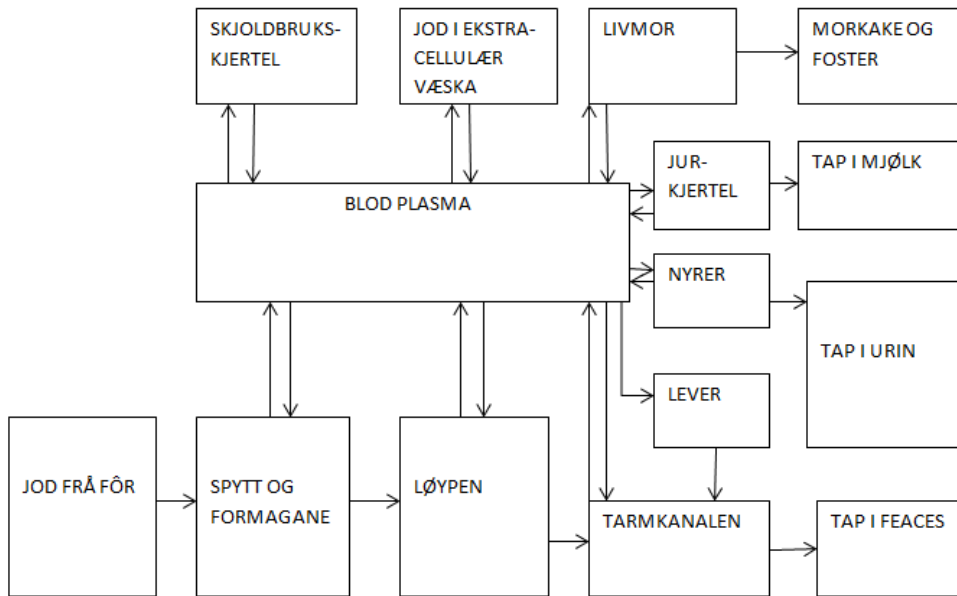
Sidan natrium-kalium pumpa er ei drivkraft for at jod skal kome inn i cella, vil inhibitorar til denne kunne hindre at jod kjem til juret, og dermed mjølka. Ein slik inhibitor er ouabain som er eit hjertemuskelstyrkande glykosid, som finst i nokre afrikanske planter. For at natrium-kalium pumpa skal fungere treng den energi gjennom ATP som blir produsert i mitokondrie (Kohrle & Schmutzler 1998). Inhibitorar til mitokondrie vil då kunne hindre transporten av jodid inn i cella.

### 2.5.3 Jod til ulike vev i kroppen

Etter absorpsjon blir jod frakta med blodet laust bunden til protein i plasma for til slutt å ende opp i ein "jodid pool" (McDowell 1992; Larsen & Sehested 2003; Suttle 2010). Jod i denne "jodid poolen" vil stadig bli utveksla mellom plasma og andre ekstracellulære væsker (Hays 1984).

Det er fleire vev i kroppen som har moglegheit for å ta opp jodid (Figur 4), som til dømes follikkelcellene i skjoldbruskkjertelen, spyttkjertelen, slimhinna i løypen, morkaka og jurkjertelen (Cavaliere 1997). Av desse veva er det opptaket i skjoldbruskkjertelen som tek størstedelen av absorbert jod med 70 - 80 % (McDowell 2003). I ein situasjon med lite jod i

rasjonen er det vist at jod til skjoldbruskkjertelen blir prioritert framfor dei ikkje livsnødvendige prosessane i kroppen, som til dømes jod til juret (Vandecasteele et al. 2000).



Figur 4: Distribusjon av jod i kroppen, laga etter Miller et al. (1975)

Hjå menneskjer går det meste av uorganisk jodid frå den ekstracellulære væska til skjoldbruskkjertelen og nyrene (Saller et al. 1998). For kyr går i tillegg ein stor del av absorbert jod til juret, og vidare over i mjølk (Miller 1975). Det er vist at blant menneskjer er utskilling av jod gjennom feaces minimal, på om lag 1 % (Cavalieri 1997), medan for kyr er det vist ein utskiljing gjennom feaces på 24 - 46 % av dagleg tilført jod (Miller et al. 1975). For drøvtyggjarar er tap av jod gjennom sveitte av ubetydeleg mengde (McDowell 2003). Når tilførsel av jod er høg og skjoldbruskkjertelen får ein tilfredstillande tilførsel av jod, vil meir jod bli tilgjengeleg i blodet og kan gå til juret. Når tilførselen av jod til juret blir høg vil juret bli metta av jod, og overføringa av jod frå blod til jur vil bli mindre (Vandecasteele et al. 2000).

Samanlikna med morsmjølk inneheld mjølk frå kyr nesten dobbelt så mykje jod (Etling & Gehin-Fouque 1984). Saller et al. (1998) rapporterte at ammande kvinner har ein overføringsgrad av jod frå kosten til mjølka på 10 - 15 %. Hjå kyr er overføringa av jod til mjølk vanlegvis høg, og utskillinga i mjølk er ei av dei viktigaste ekskresjonsrutene. Under normale forhold utan raps eller rapsprodukt i rasjonen fann Schone et al. (2009) ein

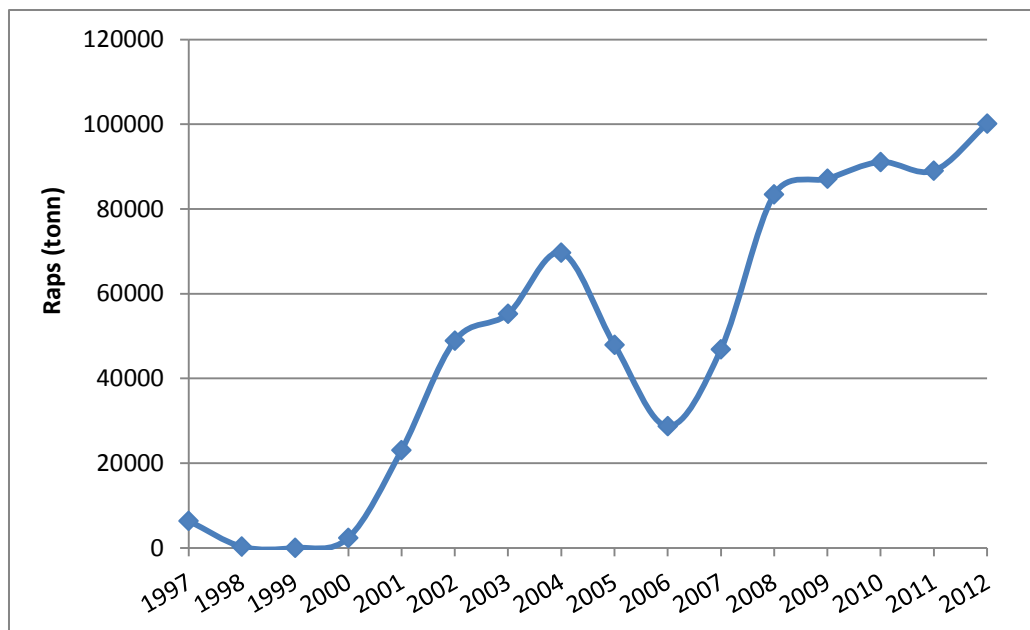
overføringsgrad av jod frå fôr til mjølk på 30 - 40 %, medan Franke (2009) fann ein overføringsgrad på 30 - 55 %. Mesteparten av jod i mjølk til både kvinner og kyr opptre som jodid, medan berre ein liten del finst som organisk jod (Etling & Gehin-Fouque 1984).

## **2.6 Raps og rapsprodukt**

### **2.6.1 Raps og Rybs**

Raps og rybs høyrer til korsblomstfamilien, og er karakterisert med gule blomster. Raps- og rybsfrø inneheld om lag 22 % råprotein, 45 % feitt og 22 % nøytral løyseleg fiber (NDF) på tørrstoffbasis (Fôrtabell 2008). Raps- og rybsfrø som blir dyrka i Noreg blir i all hovudsak nytta i fôret til drøvtyggjarar som ei kjelde til feitt, samtidig som det blir importert store mengder raps som blir nytta som ei kjelde til protein (Statens Landbruksforvaltning 2012). I Noreg blir det i all hovudsak dyrka vårrybs på grunn av at rybs er meir hardfør i det kalde klimaet enn raps (Abrahamsen et al. 2005). På verdsbasis er det derimot vinterraps som er dominerande. Når det gjeld forskjell i feittsyresamansetjing er raps og rybs like, bortsett frå at rybs har eit lågare innhald av palmitinsyre og høgare innhald av linolsyre (Abrahamsen et al. 2007).

Soya har blitt rekna som den beste vegetabiliske kjelda til protein i kraftfôr og ekstrahert soyamjøl er den mest brukte kjelda til protein i fôr til drøvtyggjarar (Randby 2005; Felleskjøpet 2012). I dag er også rapsprodukt ei viktig kjelde til protein i fôr til drøvtyggjarar, og bruken av rapsprodukt har auka kraftig dei siste åra (Figur 5).



Figur 5: Bruken av raps i kraftfôr (Felleskjøpet 2012)

Forskjellen mellom soyabønner og raps-/rybsfrø er blant anna eit høgare innhald av råprotein og mindre innhald av råfeitt og NDF i soyabønnene (Tabell 4). Samanlikna med soya inneheld raps/rybs meir av dei svovelhaldige aminosyrene Cystein og Meteonin og ligg på same nivå når det gjeld innhald av Lysin (Fôrtabell 2008). Raps gir ein redusert fôrverdi på grunn av eit høgare innhald av fiber, men tross dette kan det ikkje synast å vere nokon forskjell på produksjonsresultat om det blir nytta raps- eller soyamjøl (Laarveld et al. 1981; Emanuelson 1989; Randby 2005). Franke et al. (2009b) fann ingen forskjell i fôropptak og mjølkeyting blant kyr som fekk raps i staden for soya i dietten. Det er også vist at fôring med raps auka ytinga, feittprosenten og produsert protein per dag (Vesely et al. 2009). Forsøket til Shingfield et al. (2003) synte ingen ulikheit i produksjonsresultat mellom varmebehandla rapsmjøl og ekstrahert soyamjøl, bortsett frå ein auke i mjølkeytinga blant mjølkekyr som fekk rapsmjøl. Papis et al. (1979) synte ingen forskjellar på fôropptak eller innhald av protein, feitt, laktose og mineraler i mjølka blant kyr som fekk raps i staden for soya.

**Tabell 4: Kjemisk innhald i raps-/rybsfrø og soyabønner (Fôrtabell 2008)**

	<b>Raps/rybs</b>	<b>Soya</b>
<b>Tørrstoff %</b>	93,5	89,6
<b>Råprotein g/kg TS</b>	217,9	404,3
<b>Råfeitt g/kg TS</b>	451,5	228,5
<b>NDF g/kg TS</b>	237,6	173
<b>Lysin g/100 g råprotein</b>	6,0	6,2
<b>Cystein g/100 g råprotein</b>	2,3	1,5
<b>Meteonin g/100 g råprotein</b>	2,0	1,5

I Tabell 4 er det vist at raps og rybs inneheld dobbelt så mykje råfeitt enn soya, og fordelinga av ulike feittsyrer er gitt i Tabell 5. Dei største forskjellane mellom ekstrahert raps og soya er det høge innhaldet av oljesyre i raps og eit høgt innhald av linolsyre i soya.

Feittsyresamansetninga i mjølk frå kyr som vart fôra med raps har synt seg å vere meir gunstig med eit høgare innhald av einumetta feittsyrer og mindre palmitinsyre (C16:0) og fleirumetta feittsyrer (Vesely et al. 2009).

**Tabell 5: Innhald av feittsyrer i ekstrahert raps (dobbellåg) og ekstrahert soya, g/100 g feittsyrer (Fôrtabell 2008)**

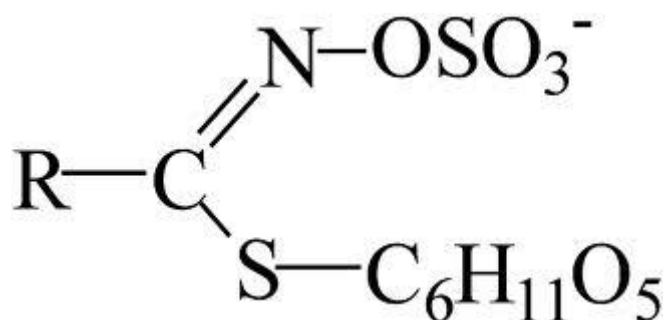
	<b>Ekstrahert raps</b>	<b>Ekstrahert soya</b>
<b>Palmitinsyre C16:0</b>	8,3	12,9
<b>Stearinsyre C18:0</b>	1,9	3,6
<b>Oljesyre C18:1</b>	47,5	15,0
<b>Linolsyre C18:2</b>	27,4	55,9
<b>Linolensyre C18:3</b>	6,1	9,9

Tidlegare hadde alle typar raps eit høgt innhald av erukasyre (Shahidi 1990). På grunn av ein lågare næringsverdi når raps med eit høgt innhald av erukasyre vart nytta i fôr til dyr, var det naudsynt å få fram sortar som hadde eit mindre innhald. Dette var gjort ved avl på planter som hadde eit lågt innhald, der den nye typen raps med lågare erukasyre vart kalla singel-låg eller låg type (Shahidi 1990). Sjølv om den nye typen hadde eit lågare innhald av erukasyre var det fortsatt glukosinolatar i frøa som reduserte fôrverdien. Ved vidare avl på rapsplantane kom det fram typar med både eit lågt innhald av erukasyre og glukosinolatar som vart kalla dobbellåge typar (Mawson et al. 1993), og innan 1974 fantes det fleire typar dobbellåge

rapsplanter (Shahidi 1990). Canola er ein type raps som høyrer til den dobbellåge sorten, og har fått namnet sitt etter Canada, der den først vart dyrka (Sogn 1984; Oplinger et al. 1989).

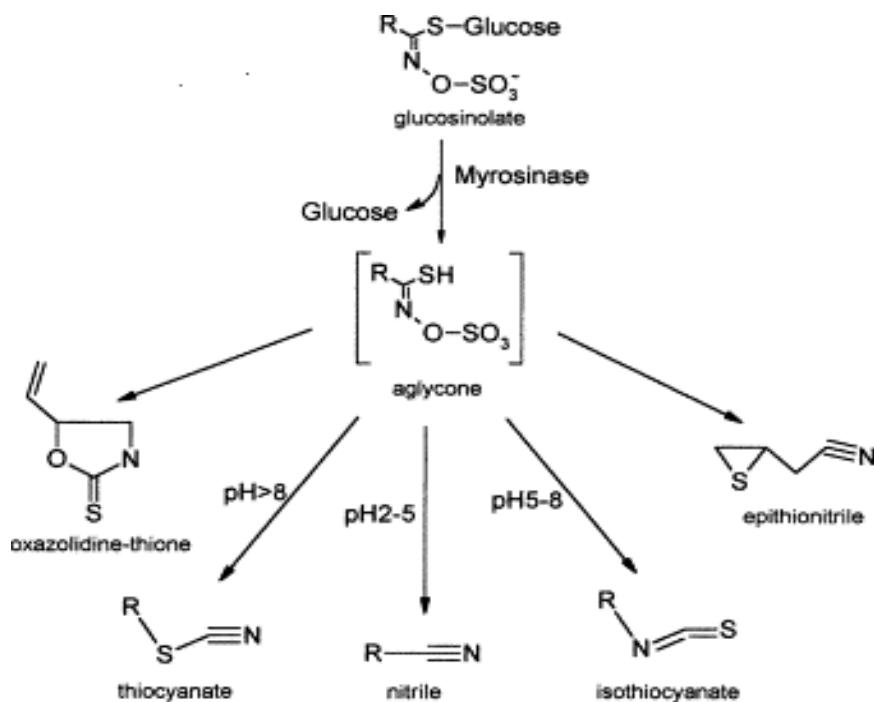
### 2.6.2 Glukosinolar og thiocyanat

Glukosinolar er sekundære plante metabolittar som finst i nesten alle planter av Brassica, som er ei planteslekt i krossblomstfamilien der blant anna kål og raps inngår (Chen & Andreasson 2001; Tripathi & Mishra 2007). Det finst mange ulike typar glukosinolar, men dei har alle felles oppbygging ved at dei består av ei  $\beta$ -D-thioglukosegruppe, ei sulfat gruppe og ei variabel side-kjede som skapar fleire ulike typar glukosinolar (Figur 6) (Tripathi & Mishra 2007). I 2010 var det kjent 27 forskjellige glukosinolar i raps (Kaldmae et al. 2010), og progoitrin, gluconapin og glucobrassicinapin er dei det finst mest av (Tripathi & Mishra 2007). Raps som blir dyrka i Europa inneheld hovudsakleg glukosinolaten progoitrin (Tripathi & Mishra 2007).



Figur 6: Generell struktur av glukosinolar

Hjå plantar har glukosinolar og deira nedbrytingsprodukt ei viktig oppgåve å beskytte mot insekt og planteetarar (Fenwick et al. 1983). Glukosinolar er til stades i alle delar av planta og er fysisk avskilt frå enzymet myrosinase som også finst i alt plantevev. Når plantevevet blir øydelagt, ved til dømes mekanisk behandling eller tygging, kjem glukosinolatane i kontakt med myrosinasen og det skjer ei hydrolysering av glukosinolatane (Fenwick et al. 1983; Tripathi & Mishra 2007), og danning av fleire forbindelsar med ulik biologisk verknad (Chen & Andreasson 2001). Hovudprodukta etter nedbryting av glukosinolar er thiocyanat (SCN<sup>-</sup>), isothiocyanat, nitril og goitrin (Fenwick et al. 1983). Korleis nedbrytinga av glukosinolar føregår er vist i Figur 7. Ved hydrolyse av glukosinolar i rapsfrø vil endeprodukta i all hovudsak bestå av goitrin og thiocyanat (Tripathi & Mishra 2007).



Figur 7: Namn og struktur på nedbrytingsprodukt av glukosinolat (Chen & Andreasson 2001)

Glukosinolar i fôret til mjølkekyr har fleire negative konsekvensar som til dømes redusert fôropptak og mjølkeproduksjon (Ingalls & Sharma 1975) og redusert opptak av jod til skjoldbruskkjertel og jur (Papas et al. 1978; Laarveld et al. 1981; Laurberg et al. 2002; Franke et al. 2009a). Biverknadane av glukosinolar i fôret kan oppstå hjå alle produksjonsdyr, men det er dokumentert at drøvtyggjarar har ei større toleransegrense enn einmaga dyr (Tripathi & Mishra 2007). Det er også vist at eldre dyr er mindre sensitive for glukosinolar i fôret enn yngre dyr (Mandiki et al. 2002). Glukosinolatane i seg sjølv har ikkje nokon effekt i kroppen, og er biologiske inaktive molekyl, medan nedbrytingsprodukta i fôret er ei utfordring for dyr (Tripathi & Mishra 2007). Papas et al. (1979) synta at innhaldet av jod i mjølk blei redusert ved bruk av rapsmjøl, og innhaldet av thiocyanat auka. Laarveld et al. (1981) synta at dersom soyamjøl blir bytta ut med rapsmjøl blir innhaldet av jod i mjølk lågare. Den viste på den andre sida at det ikkje var signifikant forskjell i innhald av jod når andelen rapsmjøl i rasjonen auka. Når dei såg på konsentrasjonen av thiocyanat i mjølka blei den større ved å auke andelen av rapsmjøl i rasjonen.

Nedbrytinga av glukosinolar i raps skjer under heile proseseringa, frå ekstraksjon av oljen og fram til kraftfôret er ferdig framstilt (Tripathi & Mishra 2007). Det vil også skje ein vidare nedbryting av glukosinolar i fordøyelsesystemet, då i både vomma og tarmen der

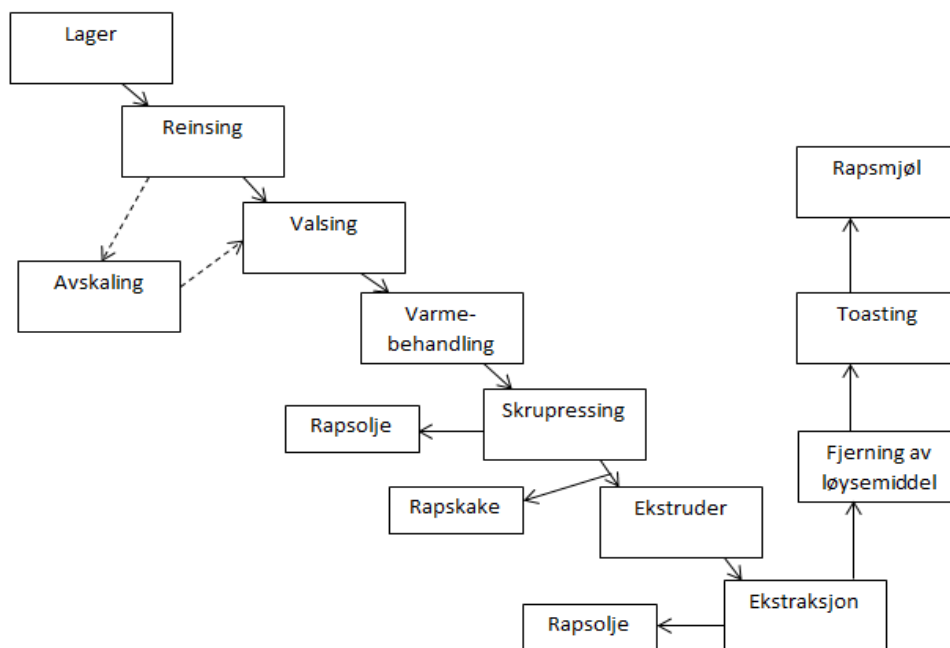


mikroorganismane produserer myrosinase. Mabon et al. (2000) viste at etter å ha gitt ein rasjon med eit innhald av glukosinolar på 4,28  $\mu\text{mol/g}$  TS til lam var det ikkje nokon intakte glukosinolar i lamma etter at dei var slakta. Dette støtter opp under argumentet at det skjer ein nedbryting av glukosinolar i dyret.

Nedbrytingsprodukta frå glukosinolatane er med å hindre overføringa av jod til juret og mjølka, og for kyr i laktasjon er det eit problem som gir utfordringar ved bruk av rapsprodukt i fôret. Thiocyanat kan på same måte som jodid nytte NIS og bli frakta over til juret på grunn av at det likna jodid i både storleik og ladning (Kohrle & Schmutzler 1998; Dohán et al. 2003) Det er også andre anion som kan hindre opptak av jod i juret, som til dømes perklorat som set seg på symporteren og difor hindrar transport av jod inn i cella (Yoshida et al. 1997).

### 2.6.3 Produksjon av rapsolje, rapskake og rapsmjøl

I produksjonen av rapsolje er det mange steg før eit ferdig produktet. To av biprodukta etter denne produksjonen er rapskake og rapsmjøl, sjå Figur 8. Før rapsfrøa kan bli pressa blir dei reinsa og sortert, slik at det berre er rapsfrø og ikkje andre partiklar som blir med vidare i prosessen (Booth 2004). Etter reinsing kan frøa gå gjennom ein prosess der skalet blir teke vekk, og berre kjernen står igjen. Avskaling av rapsfrøa vil gjere at meir olje blir pressa ut (Kracht et al. 2004), men til trass dette blir det rekna som ein lite gunstig økonomisk prosess på grunn av at frøa er små og vanskelege å handtere.



Figur 8: Produksjon av rapsolje, rapskake og rapsmjøl, laga etter Booth (2004)

Etter reinsing og eventuelt avskaling av rapsfrøa blir dei knust ved å gå gjennom ei eller to valsar, som vanlegvis har ein diameter på 500 - 800 mm og er 1 000 – 1 500 mm lange (Booth 2004). I valsa vil den eine rullen ha eit turtall som er 2 - 5 % høgare enn den andre slik at frøa blir delt opp i flak. Dette blir gjort for å øydelegge celleveggane slik at lipid frå frøa vil migrere til overflata av flaket og bli separert frå den solide resten. Denne øydelegginga av rapsfrøa vil også gjere at ved seinare ekstraksjon vil løysemiddelet klare å trenge inn og oppløyse lipida slik at det meste av oljen kan utvinnast av rapsfrøa. Tynne flak, omkring 0,30 mm, vil gjere vidare ekstraksjon betre sidan avstanden til diffusjonen av løysemiddelet og oljen ut av flaket blir kortare. Flaka bør ikkje vere tynnare enn 0,20 mm då flaka vil vere svært skjøre og mindre partiklar kan komme i oljen og vere vanskeleg å fjerne ved seinare filtrasjon.

Neste steg i produksjonen av rapsolje er varmebehandling av flaka (Booth 2004). Her blir flaka varma ved hjelp av damp på 75 - 85 °C for å øydelegge strukturen til feittcellene som fortsatt er intakte etter valsinga (Unger 1990). Behandlinga vil også gi flaka ein fuktigheit på 5,0 - 6,5 %, noko som er naudsynt for å kunne presse dei i ei skrupresse (Booth 2004).

Deretter blir dei pressa i ei skrupresse som består av ein roterande skrue i ein sylinderaforma behaldar. Inni behaldaren er det ei linje med klossar som er satt med eit vist mellomrom, som gjer at oljen renn mellom dei medan den solide massen held seg inne i sylindera. Skruen vil skape trykk og ein høg temperatur i seg sjølv slik at det ikkje er naudsynt med ekstra energi til dette. Den solide massen som er igjen inne i sylindera er rapskake. Forskjellen i kjemisk innhald mellom rapsfrø, rapskake og rapsmjøl er vist i Tabell 6. Tabellen viser blant anna korleis innhaldet av feitt blir lågare dess lenger prosesseringa av rapsolje går, og korleis innhaldet av protein og NDF aukar.

**Tabell 6: Kjemisk innhald i raps- og rybsfrø, rapskakemjøl og ekstrahert raps (rapsmjøl), g/kg TS (Førtabell 2008)**

	<b>Raps- rybsfrø</b>	<b>Rapskakemjøl</b>	<b>Ekstrahert raps (dobbellåg)</b>
<b>Tørrstoff %</b>	93,5	88,7	89,9
<b>Råprotein</b>	217,9	317,5	373,5
<b>Feitt</b>	451,5	162,5	39,9
<b>NDF</b>	237,5	253	271,8

Vidare bruk av mekanisk pressing av rapskaka er mogleg, til dømes med hjelp av ein ekstruder. Denne prosessen har i dei siste tiåra blitt meir vanleg å bruke i tillegg til skrupressa

av fleire årsakar (Unger 1990), men den kan også bli nytta direkte etter valsing av rapsfrøa. Ekstrudering av rapsfrø eller rapskake vil blant anna inaktivere enzym som til dømes myrosinase, og vil også gjere det lettare å få ut mest mogleg olje ved seinare ekstraksjon med løysemiddelet heksan. Heksan blir varma til 50 - 60 °C for så å kome i kontakt med rapsresten etter skrupressa og eventuelt ekstruderen, og vil trekke inn i rapskaken og lagre seg i luftboblene som finst i rapskaka. Når oljen og heksan får kontakt vil oljen bli oppløyst og det vil danne seg ei konsentrert micelle av oljen og løysningsmiddelet. Ettersom løysemiddelet kontinuerleg går gjennom rapskaka vil micella bli fortynna, og oljen vil bevege seg ut av rapskaka (Unger 1990).

Når ekstraksjonen med heksan er ferdig er det naudsynt å fjerne restane av heksan i rapsresten, som kan vere på 30 - 35 % (Booth 2004). Dette blir gjort ved at resten blir ført inn i ein lukka behaldar som består av fleire dampvarma stålskuffer, som blir kalla "toasting". Over kvar skuff er det ein roterande arm som syter for at det blir ein jamn varme, hindrar at rapsresten festar seg til skuffa og gjer at den ekstraherte rapsen blir blanda over skuffene. Etter kvart vil alt løysemiddelet vere fordampa, og vil kunne bli brukt på ny. Rapsmassen vil no bli tørka, og blir heretter kalla rapsmjøl.

#### **2.6.4 Rapskake/rapsmjøl og glukosinolar**

Sidan glukosinolar i fôret til både einmaga dyr og drøvtyggjarar skapar utfordringar er det viktig å sjå på korleis innhaldet av glukosinolar i rapsprodukt kan reduserast. Sidan enzymet myrosinase er med på å bryte ned glukosinolatane til blant anna thiocyanat vil ein senka aktivitet av denne hindre ei nedbryting av glukosinolatane. Ekstrudering ved 150 °C har vist seg å senke aktiviteten til enzymet myrosinase, men hadde ingen effekt på konsentrasjonen av glukosinolar i rapsfrø (Fenwick et al. 1986), medan Aumaitre et al. (1989) viste i sitt forsøk at ekstrudering ved same temperatur senka innhaldet av glukosinolar i ein dobbellåg sort. Sidan det er påvist at det skjer ei nedbryting av glukosinolar ved hjelp av mikroorganismar i fordøyelsesystemet vil det ikkje vere nok å reaktivere enzymet myrosinase. Innhaldet av sjølve glukosinolatane må difor reduserast ved ulike prosessar.

Kaldmae et al. (2010) såg blant anna på forskjellen i innhald av glukosinolar når rapskaka vart varmebehandla ved 100 °C i 20 - 25 minuttar. Det blei vist at innhaldet av glukosinolar vart om lag 50 % mindre i den varmebehandla rapskaka, og for nokre typar glukosinolar var reduksjonen heilt opp mot 70 %. Det vart også sett at proteinkvaliteten vart forbetra ved varmebehandling av rapskaka. I studiet til Fenwick et al. (1986) vart det vist at for å redusere

konsentrasjonen av glukosinolar burde rapsfrøa få ein behandling av ulike kjemikaliar før ekstrudering, der det mest effektive var ein behandling med 5 % alkali og 1 % jernholdig sulfat. Ved denne behandlinga minska innhaldet av glukosinolar med heile 80 %. Sjølv om denne prosessen hadde ein positiv effekt på innhald av glukosinolar hadde den også negative effektar som til dømes ein nedgang i proteinverdi og fordøyelegheit.

Avskaling av rapsfrøa før produksjonen av rapsolje er ein moglegheit for å få pressa meir olje ut av frøa (Kracht et al. 2004) og fjerne tanniner og fytinsyre som finst i skalet (Mawson et al. 1993). Det er derimot vist at avskaling av rapsfrø gir høgare innhald av glukosinolar per kg tørrstoff i rapskake og rapsmjøl (Maheshwari et al. 1980; Minkowski 2002; Kracht et al. 2004), som blir forklart ved at skalet ikkje inneheld noko glukosinolar, slik at konsentrasjonen vil auke ved fjerning av skalet.

For rapsmjølet som går gjennom "toasting", der løysemiddelet blir fjerna etter ekstraksjon med heksan (Unger 1990; Booth 2004), vil innhaldet av glukosinolar vere mindre enn i rapskake som ikkje går gjennom denne prosessen (Kracht et al. 2004). Denne reduksjonen av glukosinolar synte seg å vere på om lag 50 % for rapskake frå både frø med og utan skal. Ein anna måte å redusere innhaldet av glukosinolar i rapsfrø er varmebehandling i mikrobølgeovn (Aumaitre et al. 1989). Denne behandlinga av rapsfrøa reduserte innhaldet av glukosinolar i rapsfrø av typen dobbellåg.

Det er ikkje berre ulike prosessar ved produksjon av rapsolje som kan endre innhaldet av glukosinolar i rapskake/rapsmjøl. Det blir antekt at tørke og lite tilgang til vatn aukar innhaldet av glukosinolar, ved at syntesen av aminosyrer og sukker blir større, som igjen er ein forløpar i biosyntesen av glukosinolar (Tripathi & Mishra 2007). Det er også andre teoriar om variasjonen i innhald av glukosinolar som variasjon innan årstidene, der det er eit høgare innhald av glukosinolar i plantar som er hausta om hausten enn plantar som er hausta om vinteren (Agerbirk et al. 2001).

## **2.7 Andre faktorar som påverkar innhaldet av jod i mjølk**

### **2.7.1 Laktasjon**

Det er påvist at det er forskjell i innhald av jod mellom råmjølk og mjølk seint i laktasjonen, då innhaldet av jod i mjølk var to til tre gonger større i råmjølk, enn i mjølk ved slutten av laktasjonen (Suttle 2010). Franke et al. (1983) synte at det også var forskjell i innhald av jod i

mjølk ved ulikt stadium i laktasjon, ved at kyr som var lenger i laktasjonen hadde eit høgare innhald av jod enn kyr i tidleg laktasjon. Nyare studie viser på den andre sida at innhaldet av jod i mjølka ikkje endrar seg gjennom laktasjonen (Vandecasteele et al. 2000).

### **2.7.2 Sommarmjølke versus vintermjølke**

Fleire forsøk har vist at det er forskjell i innhald av jod i mjølke som er produsert om sommaren enn om vinteren (Dahl et al. 2003b; Suttle 2010; Haug et al. 2012). Haug et al. (2012) fant den lågaste konsentrasjonen av jod i mjølke på slutten av beitesesongen, som var på 80 µg/liter. Det høgaste innhaldet blei funnet under innefôringa på 126 µg/liter. Planter inneheld lite jod, og hovudkjelda til jod i mjølke er tilsetting i kraftfôret. I ein innefôringsperiode gjennom vinteren blir det tildelt meir kraftfôr enn det blir ved sommarmjølking, som er forklart til å vere grunnen til den store skilnaden på innhald av jod i sommar- og vintermjølke.

### **2.7.3 Spenedupping**

Jod kan bli ført til kroppen via huda (Larsen & Sehested 2003). På grunnlag av dette er det blitt sett på om bruken av ulike jodløyser på spenar i forbindelse med mjølking hadde noko effekt på innhaldet av jod i mjølke. Flachowsky et al. (2007) fann at ved å duppe spenane i ei jodløyser etter mjølking auka konsentrasjonen av jod i mjølka med om lag 50 %. Castro et al. (2012) såg i sitt forsøk at ved å bruke ein spray som inneheld jod i staden for å duppe spenane i ei jodløyser hadde større effekt på jodkonsentrasjonen. Sjølv om det kan tyde på at bruken av ulike jodpreparat har effekt på innhaldet av jod i mjølke er ikkje dette i dag ei vanleg prosedyre i norske fjøs.

## 3.0 Eige studie

### 3.1 Material og metode

Forsøket vart utført ved Senter for Husdyrforsøk, i tidsrommet 22. februar til 3. mai 2013.

Forsøket vart satt opp som to balanserte 4 x 4 latinske kvadrat, med fire periodar på 14 dagar.

#### 3.1.1 Forsøksdyr

Åtte dyr av rasen Norsk Rødt Fe (NRF) blei nytta i forsøket, der alle var på om lag same stadium i laktasjon med ei mjølkeyting på 25 - 37 kg/dag. På førehand vart det registrert grovfôropptak på kyrne, der dei som låg nærmast 9 kg TS per dag vart plukka ut til forsøket. Det vart også satt krav til at alle dyra skulle vere i tilnærma likt hold og drektigheitstatus. Nærmare informasjon om dyra brukt i forsøket er gitt i Tabell 7.

Tabell 7: Laktasjonsnummer, dagar frå kalving, alder og mjølkeyting hjå forsøksdyra

<b>Ku</b>	<b>Laktasjons- nummer</b>	<b>Dagar frå kalving</b>	<b>Alder år</b>	<b>Mjølkeyting kg</b>
<b>4975</b>	6	88	3,5	25,6
<b>5062</b>	5	79	3,5	30,2
<b>5285</b>	4	138	5,5	29,0
<b>5456</b>	3	97	6,5	36,6
<b>5577</b>	2	91	4,5	32,6
<b>5600</b>	2	89	5	30,6
<b>5603</b>	2	76	3,5	29,0
<b>5650</b>	2	55	2,5	34,4

#### 3.1.2 Fôrrasjon

Kyrne fekk ein fôrrasjon som bestod av kraftfôr og surfôr. Det vart ikkje gitt noko tilskot av mineral utanom kraftfôret, som til dømes saltstein.

#### Kraftfôr

Det vart brukt to ulike typar kraftfôr, eit forsøkskraftfôr med 20 % rapskake og eit kontrollkraftfôr med 0 % rapskake (Tabell 8). Kontrollfôret var basert på bygg, havre, kveitekli, melasse, tørrfeitt og soyamjøl, medan i forsøksfôret var soya erstatta med rapskake.

Det var også tilsett vitaminer og mineraler i begge blandingane, der tilskotet av jod var på 7,0 mg/kg kraftfôr. Som kjelde til jod var det nytta kalsiumjodat ( $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ).

**Tabell 8: Komposisjon og berekna kjemisk innhald av kontroll- og forsøkskraftfôret. Oppgitt i prosent, dersom ikkje anna er oppgitt**

	Kontrollfôr soyamjøl	Forsøksfôr rapskake
<b>Komposisjon:</b>		
- Bygg	46	43
- Havre	20	20
- Kveitekli	8	8
- Melasse	5	5
- Tørrfeitt	1	0
- Soyamjøl	16	0
- Rapskake	0	20
- Vitaminer og mineraler	4	4
<b>Berekna:</b>		
- Tørrstoff	86,3	86,6
- Protein	15,1	14,9
- Feitt	3,1	3,6
- Oske	5,8	6,1
- NDF	17,8	20,5
- Stivelse	34,3	31,9
- VLKH <sup>1</sup>	10,1	9,4
- Jod mg/kg	7,5	7,5

<sup>1</sup>Vatn-løseleg karbohydrat

Alle kyrne fekk 10 kg kraftfôr per dag som blei fordelt på fôringar klokka 06.00, 11.00, 15.30 og 17.30. Basert på mengde tildelt kraftfôr og forventa opptak av surfôr blei dei to kraftfôrblendingane tildelt slik at det blei fire forsøksgrupper med høvevis 0 (10 kg kontrollfôr), 3 (3 kg forsøksfôr, 7 kg kontrollfôr), 7 (7 kg forsøksfôr og 3 kg kontrollfôr) og 10 % (10 kg forsøksfôr) rapskake i samla rasjon. Fordelinga av kyr på fôrgruppene i dei to latinske kvadrata er vist i Tabell 9.

**Tabell 9: Tildeling av kraftfôr**

	<b>Periode 1</b>	<b>Periode 2</b>	<b>Periode 3</b>	<b>Periode 4</b>
<b>Kvadrat 1</b>				
<b>5285</b>	Kontroll	Rapskake 10 %	Rapskake 3 %	Rapskake 7 %
<b>4975</b>	Rapskake 3 %	Kontroll	Rapskake 7 %	Rapskake 10 %
<b>5062</b>	Rapskake 7 %	Rapskake 3 %	Rapskake 10 %	Kontroll
<b>5456</b>	Rapskake 10 %	Rapskake 7 %	Kontroll	Rapskake 3 %
<b>Kvadrat 2</b>				
<b>5600</b>	Kontroll	Rapskake 3 %	Rapskake 10 %	Rapskake 7 %
<b>5603</b>	Rapskake 3 %	Rapskake 7 %	Kontroll	Rapskake 10 %
<b>5650</b>	Rapskake 7 %	Rapskake 10 %	Rapskake 3 %	Kontroll
<b>5577</b>	Rapskake 10 %	Kontroll	Rapskake 7 %	Rapskake 3 %

### **Grovfôr**

Alle kyrne fekk surfôr etter appetitt gjennom heile forsøksperioden. Grovfôropptaket vart registrert tre påfølgande dagar i veke to i kvar periode, dag 11, 12 og 13. Dette vart gjort ved innveging av fôr og utveging av restar.

#### **3.1.3 Prøvetaking**

Det vart tatt ut representative prøvar av kraftfôr og grovfôr til kjemiske analyser. Ein prøve av kvar kraftfôrblending vart tatt ut ein gong i kvar periode, og prøvar av surfôret vart tatt ut to påfølgande dagar og deretter samla til ein prøve kvar periode. Prøvane vart tørka ved 60 °C og deretter malt på 1,0 mm sold for analyse av hovudnæringsstoff ved IHA. Kraftfôret vart i tillegg analysert for glukosinolar, og grovfôret vart analysert for flyktige feittsyrer ved Eurofins. Ei prøve av kvart fôrslag vart i tillegg malt på 0,2 mm sold og analysert for jod ved Institutt for Plante- og Miljøvitskap (IPM).

Kyrne vart mjølka to gonger dagleg, ca. klokka 06.00 og 15.30, og det vart teke mjølkeprøvar på dag 4, 7, 11, 13 og 14 i kvar periode. Minimum 90 ml mjølk vart tatt ut etter at morgon- og ettermiddagsmjølka var blanda i forhold til mjølkemengda. Dette vart fordelt med 45 ml i to 50 ml polypropylen sentrifugerøyr, og lagra ved - 18 °C fram til analysen av jod.

Mjølkeprøvane på dag 14 i kvar periode vart i tillegg sendt til Tine sitt laboratorium i



Brummunddal for analyse av protein, fett, laktose, celler og frie fettstoffer. Det vart registrert mjølkemengde på dei dagane det vart tatt ut mjølkeprøvar.

### 3.1.4 Analyse

#### Analyse av jod

Analysen av jod i mjølk blei i all hovudsak gjort etter prinsipp frå Nobrega et al. (1997). Dei frosne prøvane med mjølk vart tint og sentrifugert ved 4 500 g i 10 minutt ved ein temperatur på 4 °C. Etter sentrifugeringa vart fløyten (fettet) i mjølka fjerna på grunn av ein risiko for å tette instrumentet som skulle måle innhaldet av jod i mjølka. Det vart tatt ut 0,5 ml prøve av "skumma mjølka", og 0,25 ml av 16 prøvar med heilmjølk for å sjå forskjellen på innhaldet av jod i mjølk med og utan fett. Prøvane vart så tilsett 0,5 ml CFA-C, som er 50 % aminer blanda i metta etylendiamintetraeddiksyre (EDTA) og 0,1 ml intern standard (129-I). Etter tilsetning av EDTA og intern standard (IS) vart prøven fortynna til 10 ml med ionebytta vatn og analysert på ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). I tillegg til mjølkeprøvane vart det nytta blankprøvar som bestod av 0,5 ml ionebytta vatn, 0,5 ml konsentrert CFA-C løysing og 0,100 ml internstandard som vart fortynna til 10 ml med ionebytta vatn. Andre blankprøvar som vart nytta var Standard 1 som bestod av 400 µl 127I + 2,5 ml CFA-C og 500 µl IS, og kalibreringsblank som bestod av 2,5 ml CFA-C og 500 µl IS. Det vart også nytta sertifisert referansemateriale som heilmjølkepulver med sertifisert innhald av jod på  $2,3 \pm 0,4$  mg/kg TS og skumma mjølkepulver med eit innhald av jod på  $0,81 \pm 0,05$  µg/g i tørt materiale.

Begge kraftfôrtypane og grovfôret vart sendt til analyse for jod hjå IPM, og analysen vart gjort i all hovudsak etter prinsipp av Fecher et al. (1998). Prøvane vart først frysetørka og deretter malt på 0,2 mm. Det vart tilsett 4,5 ml ionebytta vatn i 15 ml sentrifugeglas og vege ut 0,2 - 0,3 prøve i kvart glas der det vart laga fire parallellar av kvar prøve. Til kvar prøve var det tilsett 1 ml 25 % Tetramethylammonium Hydroxide-oppløysing (TMAH) og 0,5 ml intern standard. I tillegg til prøvane vart det preparert tre blankprøvar som innehaldt 1 ml TMAH, 0,5 ml intern standard og 4,5 ml ionebytta vatn. Alle prøvane vart så blanda på vortexmikser og i ultralydvatnbad, for så å bli sett i varmeskåp ved 90 °C i tre timar. Etter tre timar i varmeskåp vart prøvane avkjølt og fortynna med ionebytta vatn til 10 ml for så å bli sentrifugert ved 5 000 g i 30 minutt. Etter sentrifugeringa av prøvane vart 2 ml av løysninga overført til eit nytt røyr og fortynna med ionebytta vatn til 10 ml. Prøvane vart deretter analysert for jod ved hjelp av ICP-MS. Det vart også brukt sertifisert referanse

materiale som var høypulver, spinat, eggepulver, skumma mjølkepulver og blanda fôr som ikkje er eit referanse materiale, men har ein kjent verdi for jod.

### **Kjemisk analyse**

Analyse for gjæringsmønster i grovfôret vart analysert etter prinsipp av Åkerlind et al. (2011) ved Eurofins Moss. Den kjemiske analysen av tørrstoff, oske, feitt og Kjeldahl-N vart gjort etter beskriving av European Commission Regulation (EC No 152 2009). Analysen av stivelse i kraftfôret vart gjort etter metode som er beskriven av McCleary et al. (1994). NDF i fôret vart analysert etter metode som er beskriven av Mertens et al. (2002).

### **Analyse av glukosinolar**

Begge kraftfôrtypane vart sendt til Eurofins for analyse av glukosinolar. Analysen vart utført i Danmark og vart gjort etter metode 1864/90/EØF (European Communities 1990). Metoden er også beskriven av Vicas et al. (2012). Prøven vart først malt og frysetørka, for så å bli lagra ved - 20 °C. Dupliserte prøvar på 200 mg vart så tatt ut og ekstrahert i 5 ml 70 % metanol i fem minutt ved 80 °C, og sentrifugert ved 5 000 g i 20 minuttar. Ekstraksjonen vart gjort ein gong til på same måte med den faste massen etter sentrifugeringa. Etter dei to sentrifugeringane vart væska i begge prøvane samla og volumet vart målt. Kvart ekstrakt vart analysert to gonger i ei mini-kolonne fylt med 0,6 ml DEAE-Sephadex A-25 anion-bytta harpiks. Etter vasking med 3 ml buffer vart 200 µl sulfatase tilført mini-kolonna som vart lagra over natta i romtemperatur. Desulfo-glukosinolatane vart så vaska med 3 ml ultrareint vatn og analysert ved FT-MIR (Fourier transform-middle infrared spectrometry).

### **3.1.5 Berekningar og statistikk**

Det vart rekna statistikk på både mjølkeyting i kg/dag og energikorrigert mjølk (EKM). EKM blir rekna ut frå feitt, protein og laktose i mjølka etter Sjaunja et al. (1991):

$$EKM = mjølkeytelse * (0,01 + 0,122 * feitt \% + 0,077 * protein \% + 0,053 * laktose \%)$$

[Formel 1]

For å finne kor stor overføringsgrada var for jod frå fôr til mjølk vart følgjande formel nytta:

$$Overføringsgrad = (jod i mjølk / jod i fôr) * 100$$

[Formel 2]

For å rekne statistikk for resultatene i forsøket vart statistikkprogrammet SAS versjon 9.2 brukt (SAS 2008). Det vart brukt General Linear Model (GLM) etter følgjande modell:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \varepsilon_{ijk}$$

[Modell 1]

der:

$Y_{ijk}$  = undersøkt variabel

$\mu$  = middelværdi for undersøkt variabel

$\alpha_i$  = effekt av ku,  $i = 1, 2, \dots, 8$

$\beta_j$  = effekt av periode,  $j = 1, 2, 3, 4$

$\gamma_k$  = effekt av mengde raps,  $k = 1, 2, 3, 4$

$\delta_l$  = effekt av kvadrat,  $l = 1, 2$

$\varepsilon_{ijkl}$  = tilfeldig feil

Middelværdiane vart berekna som least mean square (LSmeans) og forskjellane mellom LSmeans vart vurdert med pdiff statementet i GLM. Resultata vart rekna som signifikant forskjellige dersom p-verdi  $< 0,05$  og ein tendens til signifikant dersom p-verdi  $< 0,10$ .

I tillegg til modellen ovanfor vart det også brukt ein modell der det vart tatt omsyn til overføringseffekt mellom periodane. Dette var spesielt viktig for kyrne som gjekk direkte frå 10 til 0 % rapskake.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \zeta_m + \varepsilon_{ijklm}$$

[Modell 2]

der:

$Y_{ijk}$  = undersøkt variabel

$\mu$  = middelværdi for undersøkt variabel

$\alpha_i$  = effekt av ku,  $i = 1, 2, \dots, 8$

$\beta_j$  = effekt av periode,  $j = 1, 2, 3, 4$

$\gamma_k$  = effekt av mengde raps,  $k = 1, 2, 3, 4$

$\delta_l$  = effekt av kvadrat,  $l = 1, 2$

$\zeta_m$  = effekt av overføring,  $m = 1, 2, 3, 4$

$\varepsilon_{ijklm}$  = tilfeldig feil

## 3.2 Resultat

### 3.2.1 Kjemisk samansetning av fôret

Tabell 10 viser den kjemiske samansetninga av grovfôret og dei to kraftfôrtypane som vart nytta i forsøket. Tala for grovfôret er gitt som gjennomsnitt av grovfôranalysane frå alle fire periodane.

Tabell 10: Kjemisk innhald i grovfôret, kontrollkraftfôret og forsøkskraftfôret, oppgitt i g/kg TS om ikkje anna er oppgitt

	Grovfôr	Kontrollkraftfôr	Forsøkskraftfôr
<b>Tørrstoff g/kg</b>	871,5	947	967
<b>Oske</b>	91	62	66
<b>Protein</b>	125	162	164
<b>Feitt</b>	30	44	43
<b>Stivelse</b>	-	340	400
<b>VLKH g/100g prøve</b>	1,3	0,68	0,71
<b>NDF</b>	513	175	157
<b>Jod mg/kg TS</b>	0,257	3,701	2,521
<i>Gjæringskvalitet</i>			
<b>Mjølkesyre</b>	26,4	-	-
<b>Eddiksyre</b>	5,8	-	-
<b>Propionsyre</b>	2	-	-
<b>Smørsyre</b>	<1	-	-
<b>pH</b>	4,3	-	-

Ut frå Tabell 10 er det vist at kontroll- og forsøkskraftfôret var forholdsvis like når det gjaldt kjemisk samansetning. Kontrollkraftfôret skilte seg ut ved å ha eit lågare innhald av stivelse og eit høgare innhald av NDF og jod. Innhaldet av jod i grovfôret var noko lågare enn kraftfôrtypane med 0,257 mg/kg TS. I tillegg til kjemisk analyse av dei vanlege næringsstoffa og jod vart også kraftfôret og rapskaka nytta i forsøksfôret analysert for innhald av glukosinolatar (Tabell 11).

Tabell 11: Innhold av glukosinolar i kontroll- og forsøkskraftfôret og rapskake ( $\mu\text{mol/g}$ )

	Kontrollkraftfôr	Forsøkskraftfôr	Rapskake
Glucobrassicinapin	<0,1	<0,1	<0,1
Glucobrassicin	<0,1	<0,1	<0,1
Gluconapin	<0,1	<0,1	0,22
Gluconapoleiferin	<0,1	<0,1	<0,1
Progoitrin	<0,1	<0,1	0,63
4-Hydroxyglucobrassicin	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Total glukosinolar</b>	<b>&lt;0,1</b>	<b>0,14</b>	<b>1,02</b>

Det totale innholdet av glukosinolar i kontroll- og forsøkskraftfôret var høvevis <0,1 og 0,14  $\mu\text{mol/g}$ . I rapskaka som vart nytta i forsøkskraftfôret var innholdet av glukosinolar på 1,02, der det var høgast innhold av progoitrin som var på 0,63  $\mu\text{mol/g}$ .

### 3.2.2 Kjemisk innhald i mjølk

Tabell 12 viser mjølkeyting, energikorrigert mjølk og innhald av protein, feitt og laktose målt i prosent.

Tabell 12: Mjølkeyting, EKM og kjemisk analyse av mjølk ved høvevis 0, 3, 7 og 10 % rapskake

	0 %	3 %	7 %	10 %	SEM <sup>1</sup>	p-verdi
Yting kg/dag	26,8	27,4	26,9	27,8	0,5666	0,5623
EKM	27,7	28,3	27,5	28,7	0,7132	0,6279
Protein %	3,48	3,44	3,47	3,44	0,0195	0,3284
Feitt %	4,16	4,16	4,10	4,17	0,0834	0,9246
Laktose %	4,76	4,74	4,75	4,78	0,0143	0,3356

<sup>1</sup>Standardfeilen til lsmeans

Det var ikkje observert nokon signifikante forskjellar mellom ulik tildeling av rapskake i rasjonen, og heller ikkje mellom soya og rapskake i mjølkeyting eller den kjemiske samansetninga i mjølka.

### 3.2.3 Innhald av jod i mjølk

I Tabell 13 er innholdet av jod i dei fire forskjellige rasjonane med høvevis 0, 3, 7 og 10 % rapskake på dag 13 og 14 i forsøksperioden saman med p-verdiar og standardfeilen til gjennomsnittet.

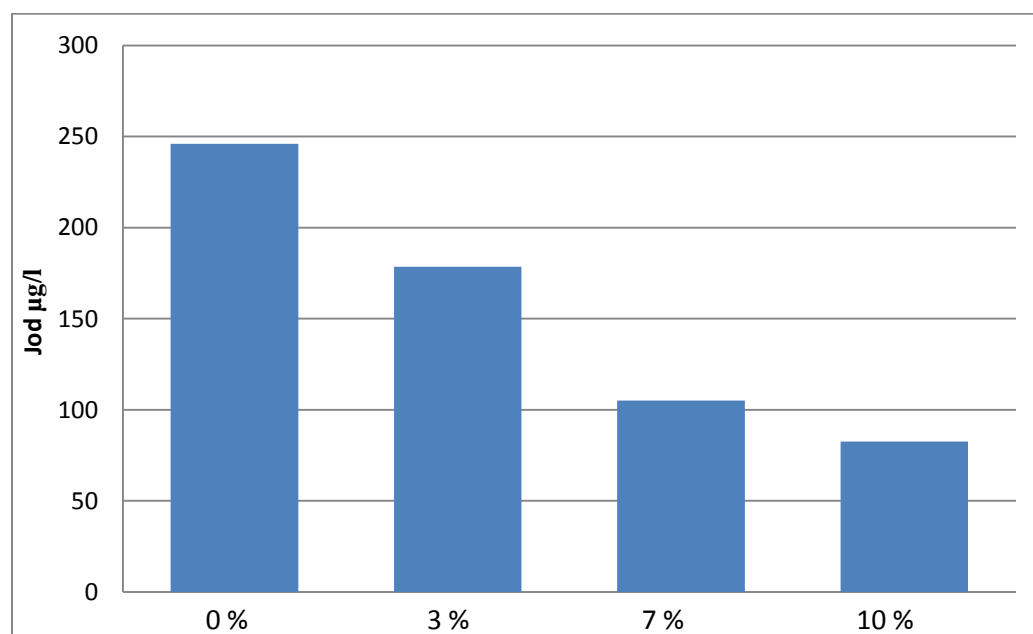
**Tabell 13: Gjennomsnittleg innhald av jod i mjølk målt i µg/l på dag 13 og 14**

	0 % raps	3 % raps	7 % raps	10 % raps	SEM	p-verdi
<b>Jod dag 13</b>	252 <sup>a</sup>	184 <sup>b</sup>	105 <sup>c</sup>	85 <sup>c</sup>	17,9	<0,0001
<b>Jod dag 14</b>	240 <sup>a</sup>	173 <sup>ab</sup>	105 <sup>bc</sup>	80 <sup>c</sup>	23,8	0,0007

a, b og c gir uttrykk for signifikant forskjell ved  $p < 0,05$

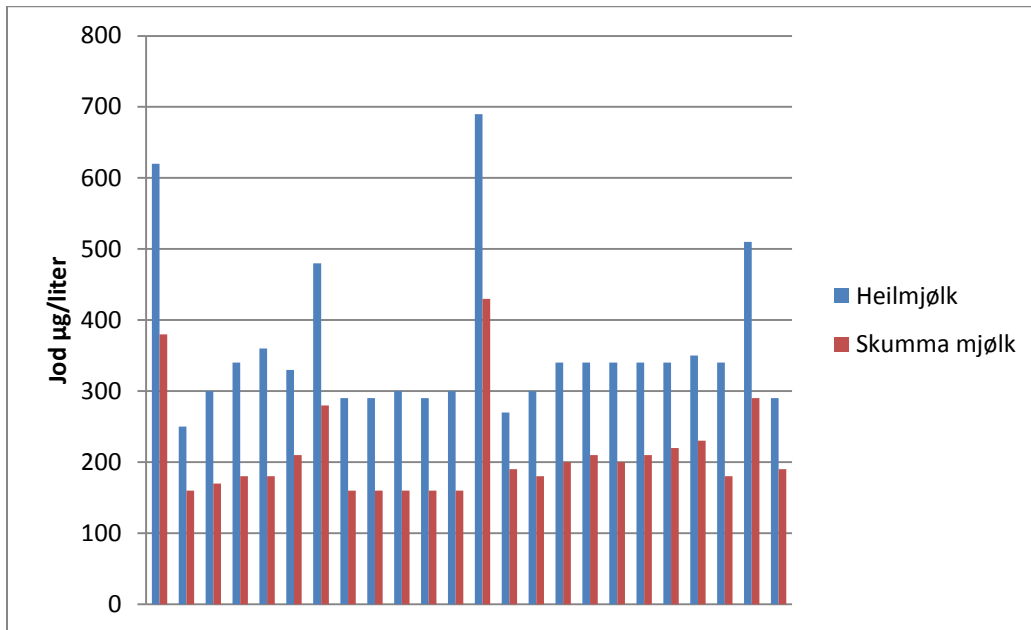
På dag 13 i kvar periode i forsøket var det signifikante forskjellar ( $p < 0,05$ ) mellom 0, 3 og 7 % rapskake i rasjonen. Den siste dagen i forsøksperioden, dag 14, hadde kyrne som ikkje fekk noko rapskake eit signifikant høgare innhald av jod enn dei som fekk 7 og 10 % rapskake. Det var også signifikant mindre jod ved 10 % rapskake enn ved 3 %. Det var ein tendens til signifikant forskjell ( $p < 0,1$ ) mellom 0 og 3 % og 3 og 7 % rapskake. Det var ikkje vist signifikant forskjell mellom 3 og 7 % rapskake på dag 14. Mellom 7 og 10 % rapskake var det ikkje vist signifikant forskjell på verken dag 13 eller dag 14 i kvar forsøksperiode.

Figur 9 viser innhaldet av jod som eit gjennomsnitt for dag 13 og 14 i fôrrasjonane med 0, 3, 7 og 10 % rapskake.

**Figur 9: Gjennomsnittleg innhald av jod i mjølk for dag 13 og 14 i rasjon med 0, 3, 7 og 10 % rapskake**

Det var tydeleg forskjell i innhald av jod i mjølk hjå kyr som får ulik mengde raps i fôrrasjonen. Det var høgaste innhald av jod blant dei kyrne som ikkje fekk noko rapsprodukt, medan innhaldet sank ved større mengde raps i rasjonen.

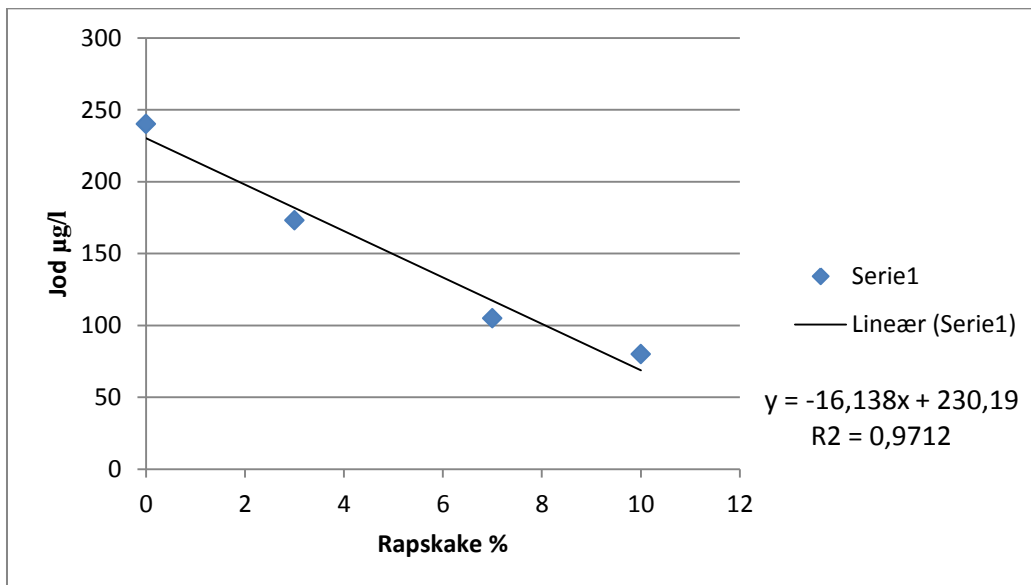
Figur 10 viser ei samanlikning av innhaldet av jod i heilmjølkk og "skumma mjølkk".



Figur 10: Forholdet i innhald av jod i heilmjølkk og "skumma mjølkk"

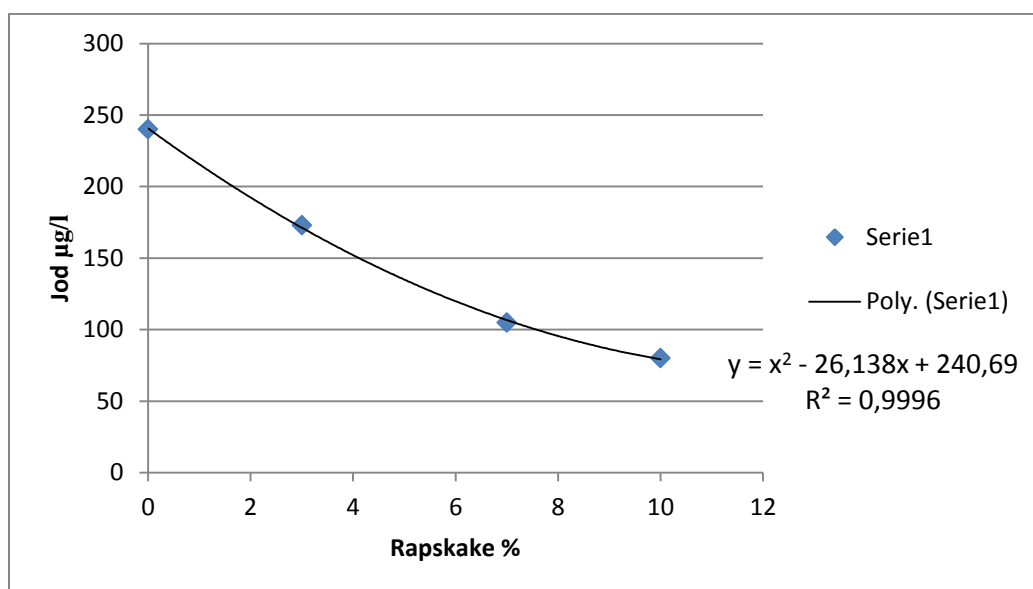
Det vart vist at heilmjølkk innehaldt meir jod enn skumma mjølkk i alle prøvar. I nokre prøvar vart det påvist nesten dobbelt så mykje jod i heilmjølka enn det var i skumma mjølka. Det gjennomsnittlege forholdstalet mellom skumma mjølkk og heilmjølkk var 1,7.

Ei av hypotesane i oppgåva var at det var ein negativ lineær samanheng mellom rapskake i rasjonen og innhald av jod i mjølkk. I Figur 11 er det blitt satt inn ei lineær linje som viser samanhengen mellom innhald av jod og raps.



Figur 11: Lineær samanheng mellom innhald av jod i mjølkk og mengde rapskake i rasjonen

Korrelasjonen mellom mengde rapskake i rasjonen og innhald av jod i mjølka ved ei lineær linje var 0,9712. For å sjå korleis ein meir korrekt samanheng mellom innhald av jod og mengde rapskake i rasjonen vart det satt inn ei "best fit" linje (polynom), som er vist i Figur 12.

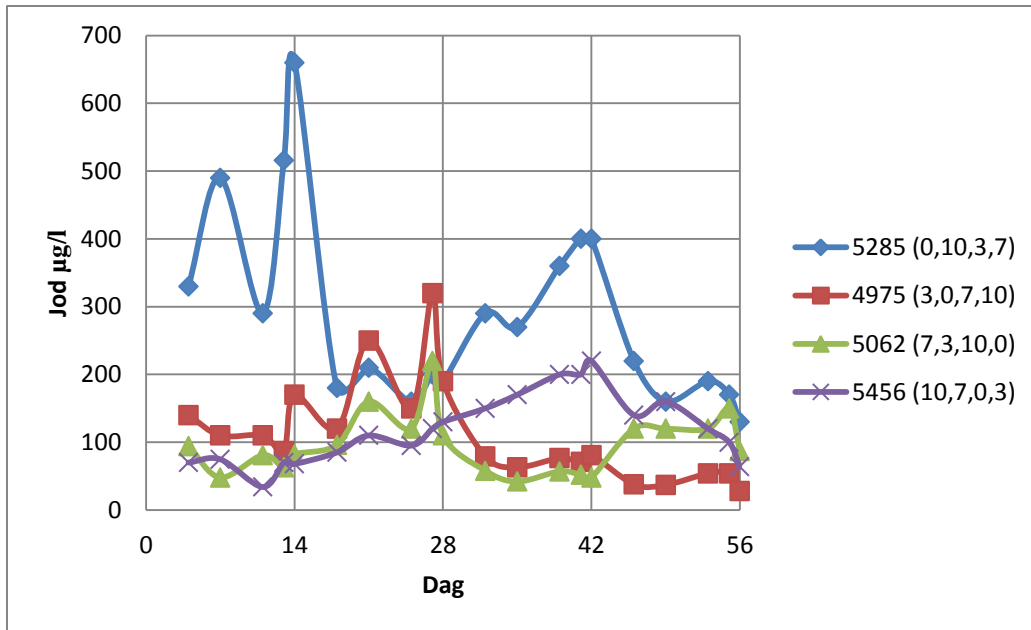


Figur 12: Samanheng mellom innhald av jod i mjølk og mengde rapskake i rasjonen

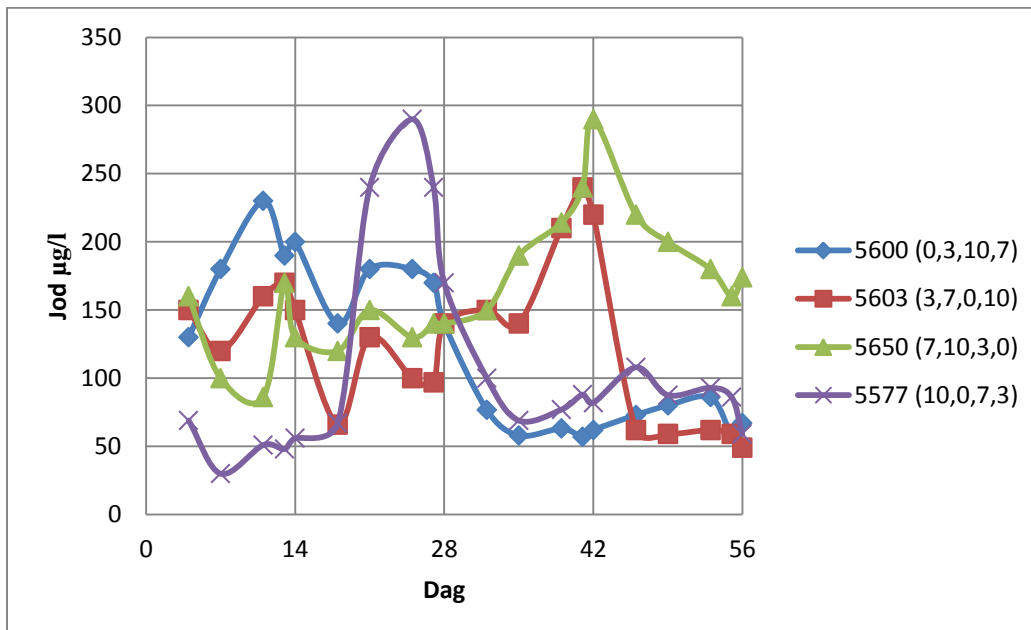
Samanhengen mellom innhald av jod i mjølk og raps var negativ, og samanhengen var tilnærma lineær frå 0 til 7 % raps i rasjonen, medan den vart meir krumma frå 7 til 10 % raps. Korrelasjonen med ei polynom linje var 0,9996.

I Figur 13 og 14 er det vist korleis innhaldet av jod i mjølk endrar seg når mengde rapskake i fôrrasjonen endrar seg. Fôrskifte skjedde ved dag 14, 28 og 42, og er merka med loddrett aksar i begge figurane. Rekkefølga på dei fire ulike fôrrasjonane for kvar kyr er gitt i forklaringa til høgre for figuren.





Figur 13: Endring i innhald av jod mjølk gjennom kvar periode hjå kyr i kvadrat 1



Figur 14: Endring i innhald av jod i mjølk gjennom kvar periode hjå kyr i kvadrat 2

Innhaldet av jod i mjølka hjå alle kyr endra seg raskt etter førskifte. Endringa i jod var spesielt drastisk etter at kyrne ikkje hadde fått noko rapsprodukt og gjekk over til kraftfôret med 10 % rapskake. Kyrne som hadde høgast innhald av jod var ved ein rapsfri diett, og minst ved ein diett på 10 % rapskake. Det var spesielt ku nummer 5285 som skilte seg ut med eit generelt høgt innhald av jod i mjølka gjennom heile forsøket, med eit toppunkt på over 650 µg/l mjølk ved 0 % raps i rasjonen.

### 3.2.4 Overføringsgrad av jod frå fôr til mjølk

For å finne ut kor stor del jod frå fôret som vart skilt ut i mjølka er det rekna ut ei overføringsgrad (Tabell 14). Data for innhaldet av jod i mjølka er tatt frå dag 14 i kvar periode.

Tabell 14: Overføring av jod frå fôr til mjølk (%)

	0 %	3 %	7 %	10 %	SEM	p-verdi
<b>Overføring</b>	18,5 <sup>a</sup>	15,0 <sup>a</sup>	10,0 <sup>b</sup>	9,2 <sup>b</sup>	1,4287	0,0006

a og b gir uttrykk for signifikant forskjell ved p-verdi < 0,05

Det var ein signifikant forskjell i overføringa av jod frå fôr til mjølk mellom kyrne som ikkje fekk noko raps og dei som fekk 7 og 10 % rapskake. Dei som fekk 3 % rapskake i rasjonen hadde ein signifikant høgare overføringsgrad enn dei kyrne som fekk 7 og 10 %. Forskjellen i overføringsgrad mellom 0 og 3 % var ikkje signifikant ved 0,05, men hadde ein tendens til signifikant med ein p-verdi på 0,1. Ved fôring med 7 og 10 % rapskake var det ikkje signifikant forskjell i overføring av jod til mjølk.

## 4.0 Diskusjon

Begge kraftfôrtypane som vart nytta i dette forsøket vart tilsett 7 mg jod/kg, noko som er dobbelt så mykje som det er vanleg å tilsetje i kraftfôr til mjølkekyr. Analysert innhald av jod i kontroll- og forsøkskraftfôret var på 3,7 og 2,5 mg/kg (Tabell 10). Årsaka til lågare innhald av jod enn tilsett er ikkje kjend. Dette kan skuldast til dømes ein feil i analysen av jod eller at det har blitt tilsett mindre jod i kraftfôret. Eit lågt innhald og meir enn 1 mg jod/kg forskjell mellom forsøksfôret og kontrollfôret gjer at kyrne som fekk rapskake i rasjonen fekk mindre jod enn kyrne som berre fekk kontrollfôr. På grunn av dette vil kyrne som fekk forsøksfôr ha eit mindre innhald av jod i mjølka som ikkje skuldast innhald og mengde av rapskake i rasjonen. Dette må takast omsyn til ved vidare diskusjon av resultata, og forskjellen i innhald av jod mellom dei to blandingane er meir uheldig enn lågare innhald av jod i kraftfôret enn berekna.

I utgangspunktet var det ønskeleg med eit samla opptak av fôr på om lag 18 kg TS/dag og at forholdet grovfôr:kraftfôr skulle vere omkring 50:50 dvs. om lag 9 kg TS/dag av både grovfôr og kraftfôr. Opptaket av grovfôr var i gjennomsnitt om lag 12 kg TS/dag som vil seie 3 kg meir enn det som var ønskeleg. Dette gjer at forholdet mellom grovfôr og kraftfôr ikkje vart 50:50, men om lag 60:40. Innhaldet av jod i surfôret var berre 0,3 mg/kg. Sjølv med under halvparten av tiltenkt konsentrasjon av jod i kraftfôret enn planlagt kjem likevel hovuddelen av tilført jod frå kraftfôret, slik at dette ikkje har mykje å seie for dagleg opptak av jod, men opptaket per kg TS vart lågare. Betydninga for forsøksspørsmålet var difor mest truleg marginal og resultata er vurdert som relevante for vidare diskusjon.

Haug et al. (2012) fann eit innhald av jod i mjølk blant 104 besetningar i Noreg, fordelt på alle 19 fylker, på 126 µg/liter i prøvar frå ein innefôringsperiode i 2008. I prøvar frå ein innefôringsperiode omkring år 2000 fann Dahl et al. (2003b) eit innhald av jod i mjølk på omkring 230 µg/liter. Årsaka til nedgangen frå 2000 er ikkje kjend, men frå at det tidlegare har vore soya og soyaprodukt som har dominert som proteinkjelde i kraftfôr til mjølkekyr i Noreg (Felleskjøpet 2012), har det i seinare tid blitt brukt stadig meir rapsprodukt. Den auka bruken av rapsprodukt kan forklarast med at interessa for alternativt drivstoff, som biodiesel basert på rapsolje, har auka kraftig dei siste åra (Kaldmae et al. 2010). Dette har ført til at det i dag er vanleg å tilsetje 8 - 10 % rapsprodukt i kraftfôret til mjølkekyr, berekna på bakgrunn av mengda raps og rapsprodukt i kraftfôr og mengda kraftfôr som går til mjølkekyr (Felleskjøpet 2012). Det mest brukte rapsproduktet er rapskake som er restproduktet etter oljen er blitt

pressa ut frå rapsfrøa. Denne pressresten har eit høgt innhald av protein og eit lågt innhald av feitt (Unger 1990; Booth 2004), og er rekna som ei god og kostnadseffektiv proteinkjelde i kraftfôr.

I dette forsøket gjekk innhaldet av jod i mjølk ned frå 240 µg/liter for leddet utan rapskake til 80 µg/liter for kyrne som fekk 10 % rapskake i rasjonen (Tabell 13). Lågare innhald av jod i mjølk ved bruk av raps og rapsprodukt i staden for andre kjelder til protein i fôret er vist tidlegar både hjå kyr (Papas et al. 1978; Papas et al. 1979; Franke et al. 2009a; Vesely et al. 2009) og hjå purker (Schone et al. 2001). På bakgrunn av at det tidlegare er kjend at rapsprodukt kan setje ned innhaldet av jod i mjølk, har German Society of Nutrition Physiology kome med forslag om at det skal tilsetjast dobbelt så mykje jod dersom det er tilsett rapsprodukt i kraftfôret (Franke 2009). Sjølv om dette også har vore kjent i Noreg har tilskotet av jod vore fast på 2 mg/kg kraftfôr fram til 2012 då dei fleste kraftfôrfirma auka tilskotet til 3,5 mg/kg kraftfôr.

Årsaka til nedgangen i innhald av jod i mjølka ved fôring av raps er tidlegare anteke å ha samanheng med glukosinolar som finst i raps og rapsprodukt (Papas et al. 1978; Papas et al. 1979; Laurberg et al. 2002; Franke 2009). Analysane av kontrollfôret og forsøksfôret viser at innhaldet av glukosinolar er mindre enn 0,1 µmol/g i kontrollkraftfôret og 0,14 i forsøksfôret, noko som er lågt i begge typane. Det låge innhaldet av glukosinolar tyder på at det ikkje er glukosinolar i seg sjølv som er årsaka til nedgangen i innhald av jod i mjølk. På grunnlag av dette vil ikkje innhaldet av glukosinolar vere noko godt kvalitetsmål på rapsprodukt med omsyn til betydinga for innhaldet av jod i mjølk.

Det er tidlegare vist at nedbrytingsproduktet thiocyanat frå glukosinolatane er årsaka til nedgangen i innhald av jod i mjølk, då thiocyanat hindrar jod i å gå til juret, ved at det sjølv blir tatt opp ved hjelp av natrium-jodid symportereren (Kohrle & Schmutzler 1998; Dohán et al. 2003). Om det er thiocyanat som er årsaka til lågt innhald av jod i mjølk er vanskeleg å seie ut frå denne oppgåva, då det ikkje vart analysert for thiocyanat.

Sjølv om det er gjort mange studiar på korleis innhaldet av jod i mjølk endrar seg ved bruk av rapsprodukt i rasjonen til mjølkekyr, ser det ikkje ut til å vere mange studiar som er gjort på innhald av jod i mjølk med aukande tildeling av rapsprodukt i rasjonen. Den einaste studien funne er Laarveld et al. (1981) som fann at konsentrasjonen av jod i mjølk ikkje var signifikant forskjellig når mengda raps i rasjonen auka frå 5,7 - 18,9 %. Dette strider mot resultatane i dette forsøket der det vart funne signifikant forskjell i innhald av jod i mjølka

mellom ulik tildeling av rapskake i rasjonen (Tabell 13). Blir det derimot sett nærmare på talmaterialet til Laarveld et al. (1981) viser den same trenden som dette forsøket, med mindre jod ved høgare mengde raps i rasjonen.

Det kjem fram av Tabell 14 at overføringa av jod frå fôr til mjølk er signifikant mindre blant kyrne som fekk 7 og 10 % rapskake i rasjonen enn dei som fekk 0 og 3 % rapskake, det var også observert ein tendens til signifikant forskjell mellom kyrne som fekk 0 og 3 % rapskake i rasjonen. Overføringa av jod til mjølk var ikkje signifikant forskjellig mellom dei kyrne som fekk 7 og 10 % raps. Det at overføringa av jod til mjølk minkar med auka bruk av raps og rapsprodukt i fôr til mjølkekyr stemmer overeins med tidlegare studie (Franke 2009). Franke et al. (2009a) og Schone et al. (2009) viste at overføringsgraden av jod frå fôr til mjølk i ein rasjon utan raps var på 30 - 55 %. I dette forsøket var overføringa av jod ved 0 % rapskake 18,5 %. Dette er om lag halvparten av det Franke et al. (2009a) og Schone et al. (2009) viste i sine resultat. Den store skilnaden kan forklarast ved at feittet i mjølka i dette forsøket vart fjerna før analysen av jod på grunn av ein risiko for at analyseapparatet skulle gå tett ved for mykje feitt i mjølka. Ut frå tidlegare forsøk er det vist at det ikkje fantes jod av betydelege mengder i feittet i mjølk (Varo et al. 1982; Lee et al. 1994; MAFF 2000), noko som ikkje stemte overeins med dette forsøket der innhaldet av jod i nokre prøvar av heilmjølk var opp mot dobbelt så høgt som innhaldet i den skumma mjølka. Dette gjer at innhaldet av jod i mjølk i denne oppgåva ikkje stemmer heilt overeins med kva som er verkelegheita. Sjølv om innhaldet av jod i mjølk i denne oppgåva vil bli litt kunstig vil trenden for jod i mjølk, ved aukande mengde rapskake i rasjonen, vere den same som ved mjølkeprøvar av heilmjølk. Dersom det blir tatt omsyn til at innhaldet av jod i heilmjølk var over 50 % høgare enn i skumma mjølka vil overføringsgradene i denne oppgåva kunne tenkast å vere om lag på same nivå som vist i dei to tyske studiane.

Ei av hypotesane i dette studiet var at aukande mengde rapskake i rasjonen til mjølkekyr ville ha ein negativ lineær effekt på innhaldet av jod i mjølk. Ut frå Figur 11 er det vist at den lineære korrelasjonen mellom innhald av raps og innhald av jod i mjølk er på 0,9712. Den lineære likninga i figuren viser at når mengda rapskake i rasjonen aukar med 1 % vil innhaldet av jod gå ned 16,138  $\mu\text{g/liter}$  mjølk. Ein korrelasjon på 0,9712 tyder på ein svært god samanheng mellom innhald av rapskake i fôrrasjonen og innhald av jod i mjølk, men samanhengen er ikkje fullstendig lineær. Figur 12 viser den verkelege samanhengen mellom mengde rapskake og innhald av jod i mjølk. Av figuren kjem det fram at samanhengen er tilnærma lineær fram til 7 % rapskake, då kurva krummar av mot 10 % rapskake i rasjonen.

Dersom sammenhengen mellom innhold av jod i mjølk og mengde rapskake i rasjonen hadde vore fullstendig lineær, ville det bety at når mengde rapskake i rasjonen kjem opp i om lag 14 % vil innholdet av jod i mjølka vere lik null. Dette vil ikkje vere eit sannsynleg scenario, og den polynome linja i Figur 12 vil difor vise ein meir riktig samanheng. For den polynome linja viser likninga at dersom det blir tilsett 14 % rapskake i rasjonen ville innholdet av jod vere om lag 70 µg/liter.

Studiar har vist at overføringa av jod frå fôr til mjølk aukar når tilskotet av jod minkar (Schone et al. 2009). På grunn av mindre jod i forsøkskraftfôret fekk kyrne mindre jod tilført jo høgare innblandinga av forsøkskraftfôret var, og då minst ved 10 % rapskake. Dette vil er med å forklare kvifor kurva i Figur 12 krumma av frå 7 til 10 % rapskake, då kyrne som fekk 7 og 10 % rapskake hadde ei høgare overføring av jod til mjølka på grunn av mindre tilskot av jod. Samtidig er det også vist at innholdet av jod i mjølk stig med aukande mengde jod tilsett i fôrrasjonen (Schone et al. 2009). Dette vil gjere det vanskeleg å forklare kvifor linja krumma av ved at kyrne fekk mindre jod i fôret. Den verkelege årsaka til kvifor reduksjonen av jod i mjølk blir mindre mellom 7 og 10 % rapskake i rasjonen er ikkje klar ut frå denne oppgåva.

Ved å tilsetje 7 % rapskake i rasjonen er det observert ei overføring av jod på 10 % (Tabell 14). Dersom tilsetjinga av jod i kraftfôret utgjer 5 mg/kg fôr som i dag er grensa i Noreg og EU (Lovdata 2012; European Food Safety Authority 2013) vil innholdet av jod i mjølk bli 0,5 mg/liter eller 500 µg/liter. Med dette høge innholdet vil behovet for jod blant vaksne, som er på 150 µg/dag (NNR 2004; WHO 2004), bli dekkja av å drikke 3 dl mjølk om dagen. For born er behovet for jod mindre enn for vaksne, då behovet er 90 µg/liter. Med det same innholdet av jod vil behovet bli dekkja etter eit inntak av mjølk på om lag 2 dl. For born som drikk mykje mjølk vil difor behovet fort bli dekkja, og inntaket av jod kan bli for høgt og forgifting kan oppstå. Dersom fôrrasjonen ikkje inneheld noko rapsprodukt er overføringa av jod til mjølk høgare, og det blir høgare innhald av jod i mjølka. I dette tilfellet vil behova for jod hjå menneskje bli dekkja fortare enn ved aukande mengde rapsprodukt i rasjonen. Risikoen for at innholdet av jod i mjølk kan bli for høgt har gjort at European Food Safety Authority (EFSA) kom med eit forslag i 2013 om å senke tillate mengde tilsett jod i kraftfôr til mjølkekyr frå 5 til 2 mg/kg fôr (European Food Safety Authority 2013). Med tanke på at overføringsgrada i dette forsøket også er underestimert, vil resultata frå denne oppgåva støtte forslaget om å senke tillate tilsetjing av jod. På den andre sida er det vist at innhald av rapsprodukt i ein fôrrasjon har mykje å seie for kor mykje jod som blir overført frå fôr til mjølk. Det kunne

difor vore gunstig å inkludert innhald av raps og rapsprodukt i rasjonen saman med ein eventuell ny anbefaling frå EFSA om tilsetjing av jod i kraftfôr.

I Figur 13 og 14 er det vist korleis innhaldet av jod endrar seg når mengda rapskake i rasjonen blir endra. Figurane viser også at det er forskjell i konsentrasjonen av jod i mjølk blant forsøkskyrne. Ei av kyrne, kunnummer 5285, har eit generelt høgare innhald av jod i mjølka gjennom heile forsøksperioden, med 660 µg/liter på det høgaste. Den same kua viste også på mjølkeprøvane at ho hadde eit høgt celletal gjennom heile forsøket. Miller et al. (1973) viste at betent vev innehaldt meir jod enn vev som ikkje var betent. Det kunne difor tenke seg at det kunne vere ein korrelasjon mellom celletal og innhaldet av jod i mjølk, men med ein korrelasjon på berre 0,03203 kan ikkje dette stadfestast. Det var også andre kyr som hadde høgt celletal som samtidig ikkje skilte seg ut når det gjaldt høgt innhald av jod i mjølka. Ku nummer 5285 skil seg likevel ut frå dei andre då ho gjennom heile forsøket hadde høgt celletal, medan dei andre berre hadde høgt celletal i kortare periodar. Det kan difor tenkast at eit høgt celletal over tid kan ha påverknad på innhaldet av jod i mjølka. Då det ikkje er funne noko litteratur omkring dette, vil dette imidlertid berre bli ein spekulasjon.

Kunnummer 5285 skil seg også ut frå dei andre med at ho var kommen lenger i laktasjonen då ho var på dag 138 og dei andre låg mellom 55 og 97 dagar. Franke et al. (1983) viste i sin studie at stadiet i laktasjonen kunne vere med å forklare forskjellar i innhald av jod i mjølk blant kyr. Det vart vist at innhaldet av jod i mjølk var høgare dess lenger kua var i laktasjonen. Nyare studiar har derimot vist at innhaldet av jod i mjølka ikkje endra seg gjennom laktasjonen (Vandecasteele et al. 2000). Det er mogleg at årsaka til forskjellane i innhald av jod i mjølka blant forsøkskyrne kan rett og slett skuldast ulike behov for jod og individuelle forskjellar i evna til å skilje ut jod i mjølk.

Ei av utfordringane i dette forsøket var om forsøksperiodar på 14 dagar var lang nok for å unngå etterverknad frå perioden før. Dette gjaldt spesielt for dei kyrne som fekk 10 % rapskake før ein periode med 0 % rapskake i rasjonen. På grunnlag av risikoen for ein etterverknad av rapskaka vart det tatt med ein variabel for dette i modellen i SAS. Resultatet her vart at ein eventuell overføringseffekt ikkje hadde særleg innverknad på modellen, og det vart ein dårlegare p-verdi. På grunnlag av dette vart det ikkje tatt med noko variabel i modellen for ein eventuell overføringseffekt. Det er tidlegare sett på kor lang tid det tar før innhaldet av jod i mjølk stabiliserer seg etter å ha gitt forskjellig mengde jod i fôret (Schone et al. 2009). I det forsøket var det synt at innhaldet av jod i mjølk stabiliserte seg etter 10 dagar.

I Figur 13 og 14 er det vist korleis innhaldet av jod i mjølka blant kyrne endra seg i løpet av kvar periode. Det kjem ikkje fram av figurane at innhaldet av jod var stabilt ved dag 14 i periodane, som vil bety at innhaldet av jod i mjølka fortsatt kunne ha stege eller minska før det hadde blitt stabilt. Sidan det tidlegare er vist at jod i mjølka skal bli stabilt etter 10 dagar (Schone et al. 2009), kan det vere ein etterverknad frå rapskaka i perioden før som gjer at innhaldet av jod ikkje blir stabilt etter 14 dagar. Det kan då tyde på at 14 dagars periodar ikkje var tilstrekkeleg, og til vidare forsøk vil det vere meir gunstig med ein lenger periode på til dømes 21 dagar.

Raps og rapsprodukt er ein svært viktig ressurs i husdyrhaldet, og er ei like god kjelde til protein som soya, både når det gjeld mjølkeyting og kjemisk samansetning av mjølka (Laarveld et al. 1981; Emanuelson 1989; Franke 2009; Vesely et al. 2009). Fokus på miljøproblematikken i verda vil mest sannsynleg fortsette å auke. I kva for grad produksjonen av biodiesel vil auke tilsvarande er ikkje klart, men det er sannsynleg. Dersom rapsprodukt fortsett å vere viktig i dyrefôr framover er det viktig å syte for å ha nok kunnskap til å unngå lågt innhald av jod i mjølka. For at også utnyttinga av tilsett jod i kraftfôret også skal bli mest mogleg effektiv er det viktig at årsaka til hindra opptak av jod i juret blir funne. Det vil dermed i framtida bli viktig å finne heile årsaka til kvifor bruken av raps og rapsprodukt minkar innhaldet av jod i mjølk, og korleis dette skal løysast.



## 5.0 Konklusjon

Rapskake i staden for soyamjøl i rasjonen til mjølkekyr minkar innhaldet av jod i mjølka. Ved aukande mengde rapskake opp til 7 % i rasjonen var nedgangen av jod i mjølka signifikant ( $p < 0,05$ ). Det var ikkje signifikant forskjell ( $p > 0,05$ ) i innhald av jod ved å auke mengde rapskake i rasjonen frå 7 til 10 %.

Samanhengen mellom mengde rapskake i rasjonen og innhald av jod i mjølka var tilnærma lineær fram mot 7 % rapskake i rasjonen for deretter å krumme av mot 10 % rapskake i rasjonen.

## 6.0 Referanseliste

- Abrahamsen, U., Åssveen, M., Uhlen, A. K. & Olberg, E. (2005). Dyrkings- og avlingspotensial av rybs, raps og erter i Norge. I: *Husdyrforsøksmøtet 2005*.
- Abrahamsen, U., Uhlen, A. K., Åsveen, M. & Olberg, E. (2007). Kvaliteten og dyrkingspotensialet for norske proteinrike kraftfôrråvarer. I: *Husdyrforsøksmøtet 2007*, s. 648.
- Agerbirk, N., Olsen, C. E. & Nielsen, J. K. (2001). Seasonal variation in leaf glucosinolates and insect resistance in two types of *Barbarea vulgaris* ssp. *arcuata*. *Phytochemistry*, 58 (1): 91-100.
- Andersson, M., de Benoist, B., Delange, F. & Zupan, J. (2007). Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the Technical Consultation. *Public Health Nutrition*, 10 (12A): 1606-1611.
- Aumaitre, A., Bourdon, D., Peiniau, J. & Freire, J. B. (1989). Effect of graded levels of raw and processed rapeseed on feed digestibility and nutrient utilization in young pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 24 (3-4): 275-287.
- Baker, A. (2002). *Air-Sea Exchange of Iodine*. Sch Environ Sci, University of East Anglia, United Kingdom. Tilgjengelig fra: <http://www.uea.ac.uk/~e780/airseaiod.htm> (lest 19.03.2013).
- Barua, J., Miller, J. K. & Cragle, R. G. (1964). Sites of gastrointestinal-blood passage of iodide + thyroxine in young cattle. *Journal of Dairy Science*, 47 (5): 539-541.
- BfR. (2006). *Use of Minerals in Foods-Toxicological and nutritional-physiological aspects*. BfR Wissenschaft, Berlin: Domke, A., Grosskalus, R., Niemann, B., Przyrembel, H., Richter, K., Schmidt, E., Weissenvorn, A., Wörner, B., Ziegenhagen, R.,. Tilgjengelig fra: [http://bfr.bund.de/cm/350/use\\_of\\_minerals\\_in\\_foods.pdf](http://bfr.bund.de/cm/350/use_of_minerals_in_foods.pdf) (lest 09.04.2013).
- Booth, E. J. (2004). Extraction and refining. I: Gunstone, F. D. (red.) *Rape seed and cannola oil. Production, processing, properties and uses*, s. 222. USA og Canada: Blackwell Publishing Ltd.
- Castro, S. I. B., Berthiaume, R., Robichaud, A. & Lacasse, P. (2012). Effects of iodine intake and teat-dipping practices on milk iodine concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (1): 213-220.
- Cavalieri, R. R. (1997). Iodine metabolism and thyroid physiology: Current concepts. *Thyroid*, 7 (2): 177-181.
- Chaney, A. L. (1958). Protein-bound iodine. I: Sobotka, H. & Stewart, C. P. (red.) *Advances in clinical chemistry*, s. 398. London, United kingdom: Academic Press Inc.
- Chang, R. (2008). *General Chemistry: The Essential Concepts, Fifth Edition*: McGraw-Hill. 757 s.
- Chen, S. & Andreasson, E. (2001). Update on glucosinolate metabolism and transport. *Plant Physiology and Biochemistry*, 39 (9): 743-758.
- Dahl, L., Johansson, L., Julshamn, K. & Meltzer, H. M. (2003a). The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutrition*, 7 (4): 569-576.
- Dahl, L., Opsahl, J. A., Meltzer, H. M. & Julshamn, K. (2003b). Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *British Journal of Nutrition*, 90 (3): 679-685.
- Dohan, O., De la Vieja, A. & Carrasco, N. (2006). Hydrocortisone and purinergic signaling stimulate sodium/iodide symporter (NIS)-mediated iodide transport in breast cancer cells. *Molecular Endocrinology*, 20 (5): 1121-1137.
- Dohán, O., de la Vieja, A., Paroder, V., Riedel, C., Artani, M., Reed, M., Ginter, C. S. & Carrasco, N. (2003). The Sodium/Iodide Symporter (NIS): Characterization, Regulation, and Medical Significance. *Endocrine Reviews*, 24 (1): 48-77.
- EC No 152. (2009). *Commission Regulation laying down the methods of sampling and analysis for the official control of feed*: Official Journal of the European Union L54/1:1-130. Tilgjengelig fra: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:054:0001:0130:EN:PDF> (lest 22.06.13).
- Emanuelson, M. (1989). *Rapeseed products of double low cultivars to dairy cows. Effects of long-term feeding and studies on rumen metabolism*. Dissertation. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård. 182 s.

- Etling, N. & Gehin-Fouque, F. (1984). Iodinated Compounds and Thyroxine Binding to Albumin in Human Breast Milk. *Pediatr Res*, 18 (9): 901-903.
- European Communities. (1990). *Regulation (EEC) No 1470/68 one the drawing and reduction of samples and on methods of analysis in respect of oil seeds*: Official Journal of the European Communities L 170/27. Tilgjengelig fra: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1990:170:0027:0034:EN:PDF> (lest 20.06.13).
- European Food Safety Authority. (2013). Scientific Opinion on the safety and efficacy of iodine compounds (E2) as feed additives for all animals species: calcium iodate anhydrous and potassium iodide, based on a dossier submitted by Ajay Europe SARL. *EFSA Journal*, 11 (2).
- Fecher, P. A., Goldmann, I. & Nagengast, A. (1998). Determination of iodine in food samples by inductively coupled plasma mass spectrometry after alkaline extraction. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 13 (9): 977-982.
- Felleskjøpet. (2012). *Prosjekt norsk korn i kraftfôr*. Tilgjengelig fra: <http://www.fk.no/Documents/Eksterne/NFK/kornpolitikk/Rapport-Norsk-korn-i-kraftfor.pdf> (lest 11.3.13).
- Felleskjøpet. (2013). *Innleggseddel frå kraftfôr til mjølkekyr*.
- Fenwick, G. R., Heaney, R. K. & Mullin, W. J. (1983). Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *Crc Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 18 (2): 123-201.
- Fenwick, G. R., Spinks, E. A., Wilkinson, A. P., Heaney, R. K. & Legoy, M. A. (1986). Effect of processing on the antinutrient content of rapeseed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37 (8): 735-741.
- Flachowsky, G., Schone, F., Leiterer, M., Bemann, D., Spolders, M. & Lebzien, P. (2007). Influence of an iodine depletion period and teat dipping on the iodine concentration in serum and milk of cows. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16 (1): 18-25.
- Fôrtabell. (2008). *Fôrtabell*. Tilgjengelig fra: <http://statisk.umb.no/iha/fortabell/index.php> (lest 10.04.13).
- Franke, A. A., Bruhn, J. C. & Osland, R. B. (1983). Factors affecting iodine concentration of milk of individual cows. *Journal of Dairy Science*, 66 (5): 997-1002.
- Franke, K. (2009). *Effect of various iodine supplementations and species on the iodine transfer into milk and on serum, urinary and faecal iodine of dairy cows fed rations varying in the glucosinolate content*. Dissertation, Halle/Saale: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Tierernährung des Bundesforschungsinstitutes für Tiergesundheit des Friedrich-Loeffler-Institutes & Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Naturwissenschaftlichen Fakultät III. 120 s.
- Franke, K., Meyer, U., Wagner, H. & Flachowsky, G. (2009a). Influence of various iodine supplementation levels and two different iodine species on the iodine content of the milk of cows fed rapeseed meal or distillers dried grains with solubles as the protein source. *Journal of Dairy Science*, 92 (9): 4514-4523.
- Franke, K., Meyer, U., Wagner, H., Hoppen, H. O. & Flachowsky, G. (2009b). Effect of various iodine supplementations, rapeseed meal application and two different iodine species on the iodine status and iodine excretion of dairy cows. *Livestock Science*, 125 (2-3): 223-231.
- Frey, H. (1986). Iodine status in Scandinavia. *Acta Pharmacologica Et Toxicologica*, 59: 111-115.
- Frey, H., Rosenlund, B., Try, K. & Theodorsen, L. (1993). *Urinary-excretion of iodine in Norway*. Iodine Deficiency in Europe: A Continuing Concern, b. 241. New York: Plenum Press Div Plenum Publishing Corp. 297-300 s.
- Haldimann, M., Alt, A., Blanc, A. & Blondeau, K. (2005). Iodine content of food groups. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (6): 461-471.
- Haug, A., Taugbøl, O., Prestløkken, E., Govasmark, E., Salbu, B., Schei, I. & Harstad, O. M. (2012). Iodine concentration in Norwegian milk has declined the last decade. *Acta Agri Scandinavica Animal Science*, 62 (3): 127-134.
- Hays, M. T. (1984). Compartmental models for human iodine metabolism. *Mathematical Biosciences*, 72 (2): 317-335.
- Hetzel, B. S. & Wellby, M. L. (1997). Iodine. I: O'Dell, B. L. & Sunde, R. A. (red.) *Handbook of nutritionally essential mineral elements*, s. 692. New York: Marcel Dekker.

- Indergaard, M. (2010). *Tang og tare - i hovedsak norske brunalger: Forekomster, forskning og anvendelse*. 132 s.
- Ingalls, J. R. & Sharma, H. R. (1975). Feeding of bronowski, span and commercial rapeseed meal with or without addition of molasses or flavor in rations of lactating cows *Canadian Journal of Animal Science*, 55 (4): 721-729.
- Jarrige, R. (1990). *Ruminant nutrition: recommended allowances and feed tables*: John Libbey. 400 s.
- Kaldmae, H., Leming, R., Kass, M., Lember, A., Tolp, S. & Kart, O. (2010). Chemical composition and nutritional value of heat-treated and cold-pressed rapeseed cake. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 49 (71): 55-60.
- Kohrle, J. & Schmutzler, C. (1998). How iodine reaches the thyroid - New information about the sodium iodide symporter. *Internist*, 39 (6): 560-565.
- Kracht, W., Danicke, S., Kluge, H., Keller, K., Matzke, W., Hennig, U. & Schumann, W. (2004). Effect of dehulling of rapeseed on feed value and nutrient digestibility of rape products in pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 58 (5): 389-404.
- Laarveld, B., Brockman, R. P. & Christensen, D. A. (1981). The effect of tower and midas rapeseed meals on milk-production and concentrations of goitrogens and iodide in milk *Canadian Journal of Animal Science*, 61 (1): 131-139.
- Larsen, T. & Sehested, J. (2003). *Absorption og omsætning af mineraler*. Kvægets ernæring og fysiologi-Næringsstofomsætning og fodervurdering: Hvelpelund, T., Nørgaard, P.,. 642 s.
- Laurberg, P., Andersen, S., Knudsen, N., Ovesen, L., Nohr, S. B. & Pedersen, I. B. (2002). Thiocyanate in food and iodine in milk: From domestic animal feeding to improved understanding of cretinism. *Thyroid*, 12 (10): 897-902.
- Lee, S. M., Lewis, J., Buss, D. H., Holcombe, G. D. & Lawrance, P. R. (1994). Iodine in British foods and diets. *British Journal of Nutrition*, 72 (3): 435-446.
- Lovdata. (2012). *Forskrift om tilsetningsstoffer til bruk i fôrvarer*.
- Mabon, N., Mandiki, S. N. M., Derycke, G., Bister, J. L., Wathelet, J. P., Marlier, M. & Paquay, R. (2000). Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on lamb physiology and performance. 3. Antinutritional factors in plasma and organs. *Animal Feed Science and Technology*, 85 (1-2): 111-120.
- MAFF. (2000). *Iodine In Milk*: Ministry of Agriculture Fisheries and Food. Tilgjengelig fra: [http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ceecis.org%2Fiodine%2F09\\_utilisation%2F02\\_Animals%2F09\\_ut\\_il\\_anim\\_cowsmilk.doc&ei=mm\\_EUdDtHoGXtAbE-YD4CA&usg=AFQjCNEq7-ZHx6FzBDmIj2FQCnyKaUWiAA&sig2=M37tgLhp7\\_WcJB0xDtbTvg&bvm=bv.48293060,d.Yms](http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ceecis.org%2Fiodine%2F09_utilisation%2F02_Animals%2F09_ut_il_anim_cowsmilk.doc&ei=mm_EUdDtHoGXtAbE-YD4CA&usg=AFQjCNEq7-ZHx6FzBDmIj2FQCnyKaUWiAA&sig2=M37tgLhp7_WcJB0xDtbTvg&bvm=bv.48293060,d.Yms) (lest 21.06.13).
- Maheshwari, P. N., Stanley, D. W. & Vandevort, F. R. (1980). Microwave treatment of dehulled rapeseed to inactivate myrosinase and its effect on oil and meal quality. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 57 (7): 194-199.
- Mandiki, S. N. M., Derycke, G., Bister, J. L., Mabon, N., Wathelet, J. P., Marlier, M. & Paquay, R. (2002). Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on gestating and lactating ewes: 1. Animal performances and plasma hormones and glucose. *Animal Feed Science and Technology*, 98 (1-2): 25-35.
- Mawson, R., Heaney, R. K., Piskula, M. & Kozłowska, H. (1993). Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. 1. Rapeseed production and chemistry of glucosinolates. *Nahrung-Food*, 37 (2): 131-140.
- McCleary, B. V., Gibson, T. S., Solah, V. & Mugford, D. C. (1994). Total starch-measurement in cereal products - interlaboratory evaluation of a rapid enzymatic test procedure. *Cereal Chemistry*, 71 (5): 501-505.
- McDonald, P. (2002). *Animal nutrition*. Harlow: Prentice-Hall. 693 s.
- McDowell, L. R. (1992). *Minerals in animal and human nutrition*. San Diego, Calif.: Academic Press. 524 s.
- McDowell, L. R. (2003). *Minerals in animal and human nutrition*. Amsterdam: Elsevier. 644 s.
- Mertens, D. R., Allen, M., Carmany, J., Clegg, J., Davidowicz, A., Drouches, M., Frank, K., Gambin, D., Garkie, M., Gildemeister, B., et al. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated

- neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *Journal of Aoac International*, 85 (6): 1217-1240.
- Miller, J. K., Swanson, E. W. & Lyke, W. A. (1973). Iodine concentration in nonthyroid tissues of cows. *Journal of Dairy Science*, 56 (10): 1344-1346.
- Miller, J. K., Swanson, E. W. & Spalding, G. E. (1975). Iodine absorption, excretion, recycling, and tissue distribution in dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 58 (10): 1578-1593.
- Miller, W. J. (1975). New concepts and developments in metabolism and homeostasis of inorganic elements in dairy-cattle - Review. *Journal of Dairy Science*, 58 (10): 1549-1560.
- Minkowski, K. (2002). Influence of dehulling of rape seeds on chemical composition of meal. *Animal Feed Science and Technology*, 96 (3-4): 237-244.
- Nicola, J. P., Basquin, C., Portulano, C., Reyna-Neyra, A., Paroder, M. & Carrasco, N. (2009). The Na<sup>+</sup>/I<sup>-</sup> symporter mediates active iodide uptake in the intestine. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 296 (4): C654-C662.
- Nicola, J. P., Reyna-Neyra, A., Carrasco, N. & Masini-Repiso, A. M. (2012). Dietary iodide controls its own absorption through post-transcriptional regulation of the intestinal Na<sup>+</sup>/I<sup>-</sup> symporter. *Journal of Physiology-London*, 590 (23): 6013-6026.
- NNR. (2004). *Nordic nutrition recommendations : NNR 2004 : integrating nutrition and physical activity*, b. 2004:13. [København]: Nordisk Ministerråd. 435 s.
- Nobrega, J. A., Gelinas, Y., Krushevska, A. & Barnes, R. M. (1997). Direct determination of major and trace elements in milk by inductively coupled plasma atomic emission and mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 12 (10): 1243-1246.
- NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C.: National Academy Press. 381 s.
- Oplinger, E. S., Hardman, L. L., Gritton, E. T., Doll, J. D. & Kelling, K. A. (1989). *Canola (Rapeseed)*. Tilgjengelig fra: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/canola.html> (lest 22.06.13).
- Papas, A., Ingalls, J. R. & Cansfield, P. (1978). Effects of tower and 1821 rapeseed meals and tower gums on milk-yield, milk-composition and blood parameters of lactating dairy-cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 58 (4): 671-679.
- Papas, A., Ingalls, J. R. & Campbell, L. D. (1979). Studies on the effects of rapeseed meal on thyroid status of cattle, glucosinolate and iodine content of milk and other parameters. *Journal of Nutrition*, 109 (7): 1129-1139.
- Preedy, V. R., Burrow, G. N. & Watson, R. R. (2009). *Comprehensive handbook of iodine : nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects*. London: Academic Press. 1312 s.
- Randby, Å. T. (2005). Kraftfôr med soya eller raps til mjølkekyr. I: Kaurstad, E. K. (red.) *Husdyrforsøksmøtet 2005*, s. 648.
- Saller, B., Fink, H. & Mann, K. (1998). Kinetics of acute and chronic iodine excess. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 106: S34-S38.
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., Haug, E., Bjålie, J. G. & Toverud, K. C. (2006). *Menneskekroppen: fysiologi og anatomi*. Oslo: Gyldendal akademisk. 544 s. : ill. ; 29 cm s.
- SAS. (2008). *SAS/STAT 9.2 User's guide, second edition SAS Inst., Inc., Car, NC*.
- Schone, F., Leiterer, M., Hartung, H., Jahreis, G. & Tischendorf, F. (2001). Rapeseed glucosinolates and iodine in sows affect the milk iodine concentration and the iodine status of piglets. *British Journal of Nutrition*, 85 (6): 659-670.
- Schone, F., Leiterer, M., Lebzien, P., Bemann, D., Spolders, M. & Flachowsky, G. (2009). Iodine concentration of milk in a dose-response study with dairy cows and implications for consumer iodine intake. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 23 (2): 84-92.
- Shahidi, F. (1990). Rapeseed and Canola: Global Production and Distribution. I: Shahidi, F. (red.) *Canola and rapeseed. Production, Chemistry, Nutrition and Processing Technology*, s. 355. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Shingfield, K. J., Vanhatalo, A. & Huhtanen, P. (2003). Comparison of heat-treated rapeseed expeller and solvent-extracted soya-bean meal as protein supplements for dairy cows given grass silage-based diets. *Animal Science*, 77: 305-317.

- Sjaastad, Ø. V., Hove, K. & Sand, O. (2003). *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press. 735 s.
- Sjaunja, L. O., Baevre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J. & Setälä, J. (1991). A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula *Performance Recording of Animals : State of the Art*, 50: 156-157.
- Sogn, L. (1984). Arter og sorter. I: Sogn, L. & Heir, J. A. (red.) *Dyrking av oljevekster : samling av artikler fra "Norsk landbruk"* s. 47. Oslo: Landbruksforlaget.
- Spitzweg, C. & Morris, C. J. (2002). Sodium Iodide Symporter (NIS) and thyroid. *Hormones*, 1 (1): 22-34.
- Statens Landbruksforvaltning. (2012). Råvareforbruk i norsk produksjon av kraftfôr til husdyr 2012: Statens landbruksforvaltning.
- Suttle, N. F. (2010). *Mineral nutrition of livestock*. Wallingford: CABI Publishing. 587 s.
- Tripathi, M. K. & Mishra, A. S. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 132 (1-2): 1-27.
- Unger, E. H. (1990). Commercial Processing of Canola and Rapeseed: Crushing and Oil Extraction. I: Shahidi, F. (red.) *Canola and rapeseed. Production, Chemistry, Nutrition and Processing Technology*, s. 355. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Vandecasteele, C. M., Van Hees, M., Hardeman, F., Voigt, G. & Howard, B. J. (2000). The true absorption of <sup>131</sup>I, and its transfer to milk in cows given different stable iodine diets. *Journal of Environmental Radioactivity*, 47 (3): 301-317.
- Varo, P., Saari, E., Paaso, A. & Koivistoinen, P. (1982). Iodine in Finnish foods. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 52 (1): 80-89.
- Vesely, A., Krizova, L., Trinacty, J., Hadrova, S., Navratilova, M., Herzig, I. & Fiserá, M. (2009). Changes in fatty acid profile and iodine content in milk as influenced by the inclusion of extruded rapeseed cake in the diet of dairy cows. *Czech Journal of Animal Science*, 54 (5): 201-209.
- Vicas, S. I., Fetea, F., Carbuñar, M. & Socaciu, C. (2012). Comparative Fingerprint of Glucosinolates from Brassica Vegetables Using HATR/FT-MIR Spectroscopy. *Bulletin UASVM Agriculture*, 69 (2): 430-439.
- WHO. (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*: World Health Organization ; Food and Agriculture Organization of the United Nations CY - Geneva. 341 s.
- WHO. (2007). *Iodine Deficiency in Europe: A continuing public health problem*. I: Andersson, M., Benoist, B., Darnton-Hill, I. & Delange, F. (red.): World Health Organization.
- Yoshida, A., Sasaki, N., Mori, A., Taniguchi, S., Mitani, Y., Ueta, Y., Hattori, K., Sato, R., Hisatome, I., Mori, T., et al. (1997). Different electrophysiological character of I<sup>-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, and SCN<sup>-</sup> in the transport by Na<sup>+</sup>/I<sup>-</sup> symporter. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 231 (3): 731-734.
- Åkerlind, M., Weisbjerg, M., Eriksson, T., Tøgersen, R., Udén, P., Ólafsson, B. L., Harstad, O. M. & Volden, H. (2011). Feed analyses and digestion methods. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, s. 180: Wageningen Academic.