



DET NORSKE VIDENSKAPS-AKADEMI

KOMITE FOR GEOMEDISIN – MAT, MILJØ, HELSE

Symposium tirsdag 30. oktober 2018:

Lavt innhold av jod og selen i norsk kosthold og fôrvekster – Et helseproblem for mennesker og produksjonsdyr?

Sted: Det Norske Videnskaps-Akademi (DNVA), Drammensveien 78, Oslo

Jod og selen er essensielle sporelementer for mennesker og husdyr. Mye taler for at inntaket av dem er lavere enn ønskelig i Norge. Dette har blant annet bakgrunn i at jordsmonnet er fattig på disse elementene. I viktige funksjoner spiller jod og selen sammen. I tillegg til å inngå i enzymer med antioksidantfunksjon, har selen blant annet betydning for dannelse og omsetning av jodholdige skjoldbruskkjertelhormoner. I dette seminaret tar vi opp nyere forskning som belyser helsemessige konsekvenser og mulige tiltak for å bedre situasjonen.

Hvorfor er jod og selen viktig?

Fysiologiske virkninger og inntaket i den europeiske befolkningen i dag

Jan Alexander, fagdirektør og professor, Folkehelseinstituttet

Jod og selen er to sentrale og livsviktige sporstoffer. Jod er en nødvendig bestanddel av hormoner produsert i skjoldbruskkjertelen, tyreoida: tyroksin eller 3,5,3',5'-tetraiodotyronine (T4) og liotyronin eller 3,5,3'-triiodotyronine (T3). Det meste av kroppens jod er bundet til T4 og tyroglobin i kjertelen. T3, som er det aktive hormonet, dannes fra T4 både i kjertelen og perifert i lever og andre vev. Den biologiske aktiviteten formidles genomisk gjennom binding av T3 til en kjerne reseptor og ikke-genomisk via reseptorer i cellemembran eller cytoplasma. Hormonene er sentrale i reguleringen av energimetabolismen i mitokondriene, cellulære oksidasjonsprosesser, temperatur, stoffskifte, karbohydrat-, lipid- og proteinmetabolisme samt bevaring av nitrogen i kroppen. De er livsviktige for tidlig vekst og utvikling av de fleste organer, spesielt hjernen, muskler og hjerte, nyre, reproduksjonsorganer og hypofysen. Helseproblemer ses både ved for lite og for høyt jodinntak og ved hypo- og hyperfunksjon av tyreoida.

Selen inngår som et nødvendig sporelement i den 21 aminosyren – selenocystein (SeCys). I det humane genom er det 25 gener som koder for selenproteiner. Selenocystein skiller seg fra cystein (Cys) ved at selenolgruppen er ionisert ved fysiologisk pH og har høyere nukleofilisitet og reaktivitet enn tiolgruppen i Cys. Mange selenproteiner inngår i redoks reaksjoner og beskytter mot reaktive oksygenforbindelser: glutationperoksidaser og tioreduktaser, i tillegg har selenproteinene mange andre kjente og ukjente funksjoner i kroppen. Selenoprotein P (SELENOP) er det viktigste ekstracellulære selenprotein. Det utskilles fra lever og transporterer selen til perifere vev. I motsetning til de andre selenproteinene som inneholder ett SeCys, er det opptil 10 SeCys i SELENOP. Inkorporeringen av SeCys i selenproteiner skjer ved en spesiell mekanisme der selen omdannes til selenid f r det bindes til serin-tRNA og inkorporeres i peptidkjeden ved hjelp av en spesiell mekanisme ulik den for andre aminosyrer. I tillegg til inkorporering ved denne spesifikke mekanismen kan selenometionin, som er den vanligste formen for selen i kosten, bli uspesifikt inkorporert i proteiner (uten spesiell funksjon) i stedet for metionin og utgjøre et lager av selen.

Selen har stor betydning for jodomsetningen i kroppen. Tyreoida er det organet med størst mengde selen. Tre deiodinaser som aktiverer T4 til T3 og videre ved deiodinering inaktiverer disse, er selenproteiner og finnes i tyreoida, lever, hjerne og andre organer inklusive placenta. I tillegg er selenproteiner med på å beskytte tyreoida mot peroksider som dannes under binding av jod til tyroglobulin, og regulere opptaket av jod via jodtransport ren. Helseproblemer både hos dyr og mennesker kan oppstå ved både for lavt og for høyt inntak av selen.

Karakteristisk for det europeiske jordsmonnet er lavt innhold av selen og dermed et lavt innhold av selen i kostholdet. Store deler av den europeiske befolkning ligger under referanseinntaket satt av EFSA. Inntaket av jod er også lavt i mange befolkningsgrupper i Europa. Berikning av salt eller dyrefôr med jod har gjort situasjonen bedre enn den i mange tilfelle ville vært.

Jod og selen i den norske befolkningen gjennom historien

Helle Margrete Meltzer, Forskningssjef, Folkehelseinstituttet

Berggrunnen og dens innhold av mineraler påvirker den kjemiske sammensetningen av jordsmonnet, som sammen med pH og andre forhold påvirker kjemien til planter og vann. I tillegg kommer bidraget fra regnvann og eventuell bruk av gjødsel og sprøytemidler. Beitende dyr kan derfor få et «avtrykk» av lokal geokjemi i k ttet og melken. Jo større andel lokalt dyrket mat mennesker spiser, desto mer vil også vår mineraleksponering påvirkes av lokale jordbunnsforhold.

Det er store geografiske variasjoner i innholdet av mineraler i jordsmonnet, også innenfor Norges grenser. Både husdyr og mennesker med høy andel selvberging har derfor opp gjennom historien v rt prisgitt både for mye og for lite av enkelte mineraler. Jod og selen er sporstoffer der eksponeringen må ha vært svært lav i deler av befolkningen, særlig innlands, men helseeffekten av dette har vi kun gode beskrivelser av for jodmangel.

De siste 140 årene har lav selvforsyningsgrad for norsk korn «reddet» selenstatus til den norske befolkningen: fra ca. 1880 skyllet amerikansk korn inn over det europeiske markedet og utkonkurrerte mange europeiske produsenter. Fram til ca. 1990 sikret derfor selenrikt amerikansk korn nordmenns selenstatus, og vi hadde blant de høyeste blodverdiene i Europa. Fra ca. 1990-tallet har utviklingen av norske hvetesorter medført større andel norskprodusert korn i matmelet v rt, og tilsvarende har selenstatus i den norske befolkningen gått betraktelig ned. Betydningen av dette for folkehelsen er ikke avklart.

Selv om jodmangel ble knyttet til struma allerede på 1820-tallet i Frankrike, skulle det ta nesten 120 år f r norske leger var sikre på at denne utbredte og alvorlige plagen sikkert skyldtes jodmangel i kostholdet.

Struma og strumaoperasjoner er beskrevet i SSBs historiske rapporter *Beretning om Sundhetstilstanden og Medicinalforholdene*. Struma var ikke meldepliktig, så utbredelsen var antakelig langt høyere enn det enkelt amtsleger på eget initiativ melde inn. For eksempel beskrives 16 struma-operasjoner i 1868, og i 1877 leser vi at struma var «temmelig almindelig» ved Tyristranden på Ringerike. Interessen fra medisinmilj et i Norge varierte sterkt, men Carl Schiøtz, professor i hygiene og bakteriologi, beskrev utbredt struma blant skolebarn i Hamar-området i årene før 1917. Så sent som i juni 1938 skriver Aftenposten om strumaplagen i innlands-Norge, men at man nå har «anbefalt at man til bekjempelse av strumaen skulde bruke jodert salt. Dette salt foreligger nu på markedet og fåes k pt i ferdige pakker. Det er spesielt å gjøre at barna f r dette salt, da strumaanlegget kommer tidlig....» osv.

Fra 1950-årene forsvant struma nærmest over natten fra det norske helse-bildet. Grunnen var at kraftfor til kyr fra da av ble tilsatt jod, og overskuddet fra denne tilsetningen spilt over i melken. Som et melkedrikkende folk har melk og melkeprodukter siden den gang v rt vårt viktigste jodkilde. Mange «tause» år fulgte, til jod igjen kom på dagsorden for noen år siden, spesielt takket v re studier i Den norske mor og barnundersøkelsen.

Jod i svangerskapet og barns helse

Marianne Hope Abel, klinisk ernæringsfysiolog og stipendiat, TINE SA / OsloMet
storbyuniversitetet / Folkehelseinstituttet

Jod inngår i stoffskiftehormonene som blant annet er viktige for hjernens utvikling i fosterlivet. De bidrar i å styre mange prosesser i hjernecellenes utvikling som celledeling, cellevandring og dannelse av nervebaner. Fosteret har ingen egenproduksjon av stoffskiftehormoner f r svangerskapsuke 18-20 og er helt avhengig av tilførsel av hormoner fra mor. I fosterlivet dannes opptil 250 000 nerveceller per minutt, og ved termin inneholder barnets hjerne nesten alle nervecellene den vil ha for resten av livet.

Konsekvenser av alvorlig jodmangel i fosterlivet er godt dokumentert og omfatter blant annet veksthemning, irreversibel hjerneskade og økt risiko for død i fosterlivet og spedbarnsalder. I områder med kronisk moderat- til alvorlig jodmangel skårer barna i gjennomsnitt 8-10 IQ-poeng lavere enn i tilsvarende områder med adekvat jodinntak. Det er betydelig mindre kunnskap om potensielle effekter av mild- til moderat jodmangel. Resultater fra dyrestudier indikerer at selv mildere jodmangel i svangerskapet kan gi irreversible forandringer i hjernen og endret atferd og prestasjonsevne hos avkommet. Flere observasjonsstudier i populasjoner med mild- til moderat jodmangel hos gravide har funnet assosiasjon mellom mors jodinntak i svangerskapet og mål for barnets nevroutvikling, blant annet IQ, skoleprestasjoner, språk og atferd. Dette inkluderer funn i Den norske mor og barn undersøkelsen (MoBa).

I Norge har gravide kvinner mild- til moderat jodmangel. MoBa er en observasjonsstudie som inkluderer nesten 114 500 mor-barn par. I MoBa ble mors jodinntak i første halvdel av svangerskapet beregnet ut fra et omfattende matvarefrekvensskjema, og det ble også målt jod i urin hos et utvalg av kvinnene. Om lag 1/3 av kvinnene tok tilskudd med jod. Median jod i urin i MoBa var 68 $\mu\text{g/L}$ (59 $\mu\text{g/L}$ hos ikke-tilskuddsbrukerne), mens Verdens helseorganisasjon anbefaler at median UIC er minst 150 $\mu\text{g/L}$ hos gravide. I MoBa fant man signifikant sammenheng mellom mors jodinntak og hennes nivåer av stoffskiftehormoner i plasma i svangerskapet. Barnets utvikling rapporteres av mødrene i flere spørreskjemaer ved ulike aldre. Lavt jodinntak hos mor var assosiert med barnets språk, finmotorikk og atferdsproblemer ved tre års alder, og med ADHD symptomer ved 8 års alder, men ikke signifikant med risiko for ADHD diagnose. Alt i alt er funnene fra MoBa relativt konsistente, og et inntak lavere enn ca. 150 $\mu\text{g/dag}$ (tilsvarer anbefalt inntak for ikke-gravide) er assosiert med dårligere prestasjon og mer atferdsproblemer. Forskjellene er små, men likevel relevante siden det gjelder såpass mange (69% av mødrene i MoBa hadde jodinntak fra kost <150 $\mu\text{g/dag}$). Verken i MoBa eller i randomiserte, kontrollerte studier har man imidlertid funnet at det å ta tilskudd med jod i svangerskapet når man har mild- til moderat jodmangel er assosiert med gunstig effekt på barnets utvikling. Forskerne spekulerer i om det kan være for sent å starte med tilskudd i svangerskapet, og om at det kanskje også kan være uheldig å brått øke jodinntaket dersom det har vært lavt over tid.

Samlet peker forskningen i retning av at det er viktig å sikre en god jodstatus hos mor for å sikre optimal fosterutvikling. Det kan se ut til at en god jodstatus bør sikres f r graviditet, men mer forskning er nødvendig for å konkludere.

Jodberikning og risiko

Anne Lise Brantsæter, seniorforsker, Folkehelseinstituttet

Jodstatus var ansett som god i den norske befolkningen de siste femti årene og fram til nylig. Rapporten «Risiko for jodmangel i Norge» utarbeidet av Nasjonalt råd for ernæring for Helsedirektoratet slo i 2016 fast at unge kvinner og gravide har urovekkende lavt jodinntak. Forskningsresultater fra Den norske mor og barn-undersøkelsen lå til grunn for rapporten. Nyere datainnsamlinger publisert etter 2016 bekrefter at mild- til moderat jodmangel er utbredt, særlig hos kvinner i fertil alder, gravide og ammende, mens barn og ungdom og voksne menn har tilfredsstillende inntak. Jod er i en særstilling blant næringsstoffene fordi både for lavt og for høyt inntak medfører risiko for thyreoideaforstyrrelser. Helsemyndighetene har igangsatt tiltak for å sikre bedre jodstatus hos kvinner i fertil alder. Helsedirektoratet har gitt Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) i oppdrag å gjennomføre en nytte-risiko vurdering av tilsetning av jod til bordsalt, i brødvare og i vegetabiliske alternativer til kumelk. VKM skal vurdere hvilket nivå av jod tilsetning som kan forebygge moderat jodmangel hos kvinner uten andre grupper i befolkningen får jodinntak som er høyere enn det som anses å være trygt.

Verdens helseorganisasjon anbefaler jodberiking av salt for å øke inntaket på befolkningsnivå. I Norge kommer hoveddelen av salt i kosten fra industriframstilt mat og myndighetene jobber aktivt med å redusere saltinntaket. Bruk av jodberiket salt i husholdningen og i brødvare er innført i flere land, blant annet Danmark. Danskene gjennomførte en systematisk overvåking av jodstatus før og etter innføring av jodberiket salt i brød, og forekomsten av thyreoideaforstyrrelser ble også overvåket. Resultatene viste at jodinntaket økte i alle aldersgrupper og at forekomsten av struma og thyreoideaforstyrrelser endret seg selv ved relativt små endringer i jodinntaket. Ved lavt jodinntak øker thyreoida sitt opptak av jod og kompenserer for det lave inntaket så langt det er mulig. Når jodinntaket så økes, enten ved beriking eller ved bruk av jodtilskudd, blir det økning i forekomsten av hypotyreose og Graves sykdom (hypertyreose), men erfaringene fra andre land er at økningen er forbigående. Fosterutviklingen er den mest sårbare perioden for negative effekter av jodmangel. Verdens helseorganisasjon anser at *helsegevinsten* (nyttien) av jodberiking (sikre god jodstatus hos gravide og unngå thyreoideaforstyrrelser på grunn av lavt jodinntak) er langt større enn *helsetapet* (risikoen) knyttet til thyreoideaforstyrrelser på grunn av høyt jodinntak.

Noen tang- og tarearter har forholdsvis høy konsentrasjon av jod, spesielt brunalger. Selv en liten mengde tørkede brunalger kan gi et svært høyt jodinntak. Tare og tilskudd laget av tare må brukes med forsiktighet for å unngå høyere enn anbefalt inntak av jod.

Selenstatus i svangerskapet og barns helse

Anne Lise Bjørke-Monsen, overlege og førsteamanuensis, Haukeland universitetssykehus og Universitetet i Bergen

Selen er et essensielt sporelement og mangel er assosiert med negative effekter blant annet på immunsystem og hjerne. Et lavt maternalt selennivå i svangerskapet er rapportert å kunne gi misdannelser og redusert psykomotorisk utvikling hos barnet.

Behovet for selen er økt i perioder med rask vekst, og gravide, ammende kvinner og barn har en økt risiko for selenmangel. Det finnes imidlertid lite data på hva som er et optimalt seleninntak hos disse gruppene. Man antar at omkring 2 μg overføres til fosteret per dag i svangerskapet. Ettersom dette er en liten dose, er anbefalt inntak hos norske gravide som hos voksne kvinner, 60 μg . Den norske mor barn studien (1999-2008) viste at omkring 40 % av de gravide hadde et seleninntak som lå under denne anbefalingen.

Ved amming overføres omkring 11 μg selen i morsmelken per døgn. I de nordiske anbefalingene er anbefalt daglig inntak ikke økt hos ammende kvinner, mens de amerikanske anbefalingene gir et tillegg på 16 μg (totalt 76 μg), basert på en biotilgjengelighet på omkring 70 %.

Selenniv et i morsmelk reflekterer mors status og inntak av selen og varierer betydelig både mellom geografiske områder og i tid etter fødsel. Selenniv et er høyest i kolostrum og reduseres utover i ammeperioden. I en nylig publisert norsk studie var median selennivå i morsmelk 0,13 $\mu\text{mol/L}$ 6 uker etter fødsel og 0,10 $\mu\text{mol/L}$ etter 4 måneder [1]. Dette er lavere enn det som er rapportert fra land utenfor Norden (nadir nivå ved 1-3 måneder: 0.19 $\mu\text{mol/L}$).

Anbefalt inntak i barnealder er basert på studier hos voksne og regulert i forhold til barnets alder. Det er ikke gitt anbefaling for aldersgruppen 0-6 måneder fordi man antar at behovet dekkes ved fullamming. Studier viser imidlertid at omkring 30 % av fullammede spedbarn ikke får dekket sitt selenbehov.

Et serum selennivå på 1,57 $\mu\text{mol/L}$ er hos voksne angitt å være optimalt, basert på en avflatning i plasmanivået av selenoprotein P. Betydelig lavere verdier, median 1,07 $\mu\text{mol/L}$, ble funnet hos norske kvinner i fertil alder [1], mens nivået var ytterligere redusert hos gravide kvinner. Serum selen sank utover i svangerskapet (median 0,96 i uke 18 til 0,87 $\mu\text{mol/L}$ i uke 36), økte etter fødsel og holdt seg uendret de første 6 månedene postpartum [1].

Den samme studien fant at 6 måneder gamle barn født av mødre med serum selen $\leq 0.90 \mu\text{mol/L}$ i svangerskapsuke 18, skåret dårligere på en psykomotorisk test (ASQ), enn barn født av mødre med høyere selennivå [1]. Man fant også at maternell serum selen $\leq 0.78 \mu\text{mol/L}$ i uke 36 var assosiert med en økt risiko for tidlig infeksjon hos barnet (første 6 leveuker) [1].

Det er imidlertid viktig å være klar over at også for høye maternelle selennivå kan være farlig for fosteret. I en spansk undersøkelse fant man at maternell serum selen $>1,11 \mu\text{mol/L}$ i første trimester var assosiert med dårligere kognitiv funksjon hos barnet ved 1 års alder.

Referanser

1. Varsi, K., et al., Impact of maternal selenium status on infant outcome during the first 6 months of life. *Nutrients*, 2017; 9(5).

Hj rtsjukdom och selenbrist, med fokus på Norden

Urban Alehagen, professor og  verl kare, Linköpings universitet og Universitetssjukhuset i Linköping

Jordarna i Europa har generellt ett lågt inneh ll av selen. Detta medför i allmänhet ett intag av selen som  r lägre än vad som rekommenderas av myndigheterna. I litteraturen finns sparsamma data kring konsekvenserna av lågt selenintag. Inom det kardiovaskulära området blir informationen ännu sparsammare, vilket  r förvånande. Selen har en central funktion vad gäller inflammation liksom i försvaret mot oxidativ stress. Bägge processerna har stor betydelse vid utveckling av hjärt-k rlesjukdom.

 r 2003 publicerade Xia och medarbetare data som visade nära relation mellan selen och ubiquinon (coenzym Q10) i cellen. F r reduktion av ubiquinon till den aktiva formen, ubiquinol, krävs närvaro av selen i cellens mevalonatcykel, samt närvaro av ubiquinon i cellen f r optimal produktion av de selenhaltiga enzymer som bl. har viktig funktion i kroppens f rsv r.

Med detta som bakgrund analyserades en grupp äldre friska pensionärer. Man kunde visa att intaget av selen var långt under rekommenderade nivåer. Studiepopulationen följdes under 6  r.  kad kardiovaskulär dödlighet kunde påvisas hos de med lågt selenintag.

Baserat på dessa data genomfördes intervention med selen och coenzym Q10 till 443 friska äldre personer under 4  r. Primärt genomfördes en uppföljning på 5  r. Minskad kardiovaskulär dödlighet, f rb tttrad hjärtfunktion, samt minskad nivå av hj rtpeptiden NT-proBNP kunde påvisas som följde av interventionen.

Som ett resultat av dessa överraskande fynd genomfördes ytterligare analyser för att söka få en förklaringsmodell till de positiva kliniska resultaten.

Som resultat av interventionen har analyser av biomarkörer för inflammation visat minskad inflammationsaktivering, biomarkörer för oxidativ stress visat minskad oxidativ stress, och analys av insulin growth factor 1 (IGF-1) har visats ökad nivå, vilket positivt påverkar cellapoptosen. Analys av biomarkörer för fibros som ses vid åldrandet av det kardiovaskulära systemet, uppvisade minskad fibros med selen och coenzym Q10.

För att analysera effekterna av interventionen har även metabolska profiler analyserats där signifikanta effekter kunnat ses som resultat av interventionen. Stora skillnader i microRNA expression har kunnat påvisas, som ett tecken på effekter också inne i cellen.

Den patientorienterade hälsorelaterad livskvalitet har även analyserats. Resultatet visar en säkerställd positiv skillnad.

Slutligen har kardiovaskulär mortalitet analyserats också efter 10, och efter 12 års uppföljning. Trots att interventionen endast pågick i 4  r kunde lägre mortalitet också visas efter 10 års, respektive 12 års uppföljning.

Sammantaget visar resultaten att intervention hos de med lågt selenintag ger positiva folkhälsoeffekter. Det är snarast förvånande att inte st rre politiskt intresse att påverka situationen för den Nordiska befolkningen kan noteras.

Selen og jod – viktig for beskyttelse mot str lingseffekter

Brit Salbu, professor, Norges milj - og biovitenskapelige universitet (NMBU),  s

Menneskeskapte radioaktive stoffer (radionuklider) finnes i miljøet hovedsakelig på grunn av nedfall fra atmosfæriske prøvesprengninger særlig i perioden 1955–1963, samt utslipp i forbindelse med atomulykkene i Tsjernobyl og Fukushima. Utslipet fra Windscale-ulykken bidro også med nedfall av radioaktivt jod på Sørlandet 1957.

Ved fisjon splittes uranatomet og radioaktive isotoper av en rekke grunnstoffer dannes. Flyktige radionuklider som radioaktivt jod kan lett unnsnippe som gass og blir spredt over store områder, mens radioaktivt cesium og strontium er mindre flyktig og transporteres i luft ofte som partikler. Radionuklidene kan deretter tas opp i mennesker og dyr (intern stråling av alfa- og betastråling) via inhalasjon eller via mat og drikke, samtidig som vi alle utsettes for ekstern gammastråling. Når organismer utsettes for ioniserende stråling, eksiteres og ioniseres vannmolekyler og fri radikaler dannes. Ved rekombinasjon, produseres peroksider og ROS (reaktive oksygen species) som gir opphav til oksidativt stress og skader på biomolekyler som DNA og RNA. Ved høye doser oppstår akutte effekter over en viss terskelverdi. Ved lave stråledoser kan langtidseffekter oppstå, slik som ulike kjente kreftformer; skjoldbruskkjertelkreft hvis radioaktivt jod akkumuleres i skjoldbruskkjertelen, leukemi om strontium-90 akkumuleres i beinmarg, og svulster i diverse organer som kan skyldes akkumulering av cesium-137. Stabilt jod hindrer opptak av radioaktivt jod, jod-131, i kritisk organ (skjoldbruskkjertel), danner viktige hormoner, mens stabilt selen og jod også har essensielle antioksidant-effekter.

Marint miljø er rikt på selen og jod, og konsentrasjonen av disse elementene avtar med avstanden fra havet. Fukushima ligger ved havet og dietten har stort innslag av marine produkter. Tsjernobyl ligger langt fra havet, med suboptimale nivåer av jod (struma-område). Til tross for utslipp av betydelige mengder radioaktivt jod ved begge ulykkene, viser komparative studier så langt ingen økning av skjoldbruskkjertelkreft i Fukushima, men opptil 9-10.000 tilfeller i området rundt Tsjernobyl sannsynligvis kan tilskrives stråling (UNSCEAR, 2018). Det vil si at stabilt jod i japansk diett blokkerte opptaket av radioaktivt jod i skjoldbruskkjertelen, mens slikt opptak var stort for befolkningen omkring Tsjernobyl.

Bortsett fra kystområdene er også Norge et selen- og jodfattig land. Selenrik hvete ble fra 1970-årene importert fra USA og Canada, og bidro til adekvate Se-konsentrasjoner i serum. Screening-analyser ved Isotoplaboratoriet, NMBU viste at Se-nivået i serum i 2006 og 2007 var redusert til ca 2/3 etter bruk av kun norsk hvete. Tilsvarende screening av norsk melk viste at jodniv et i vinterhalvåret var halvert i 2008 p ga endret kraftf rsammensetning, og jodinnholdet i kraftfor m tte økes. I samarbeid med Folkehelseinstituttet viste eksperimenter med Se-fattige hammus som ble utsatt for gamma stråling, også at kombinasjon av suboptimalt Se-nivå og ioniserende stråling bidro til reproduksjonsproblemer: påvirket sædkvalitet og sterile avkom. Antioksidant-status er derfor vesentlig for omfanget av skader som kan oppstå ved eksponering av ioniserende stråling.

Kjemisk form av selen i fôret påvirker dyras helse og selenfordeling i kroppen

Michaela Falk, forsker, Veterinærinstituttet

I 1970 ble uorganisk selen i form av natriumselenitt eller -selenat godkjent som supplement i dyrefôr i EU. Maksimalt lovlig seleninnhold i fôret er fortsatt 0,5 mg Se/kg fullfôr. In 2006 ble den første organiske selenkilden, selenisert gjær, godkjent som tilsetningsstoff i EU på samme nivå som den uorganiske formen. Dette ble revidert i 2011 og den øvre grensen for tilsetning av organiske selenprodukter ble satt ned til 0,2 mg/kg fullfôr ut fra folkehelsemessige vurderinger. I praksis betyr det at fôrindustrien kan tilsette 0,2 mg organisk selen og fylle opp med uorganisk selen til 0,5 mg Se/kg i en fullfôrblending.

Dette gjenspeiler at metabolismen av uorganisk og organisk selen til dels er forskjellig i kroppen og at organisk selen i motsetning til uorganisk selen bygges inn i kroppens proteiner, f. eks. melke- og muskelproteiner. Dermed overføres selen fra organiske selenkilder i en mye større grad til diende dyr og konsumenter av animalske næringsmidler enn det gjøres ved bruk av uorganisk selen i dyrets fôr. Dette er spesielt hensiktsmessig med tanke på serumets selennivå i den norske befolkningen som har minket betraktelig etter at Norge sluttet å importere selenrikt korn fra Nord-Amerika i 1984. Lavt selennivå ses i sammenheng med både psykiske og fysiske lidelser, som f. eks. schizofreni, fertilitetsproblemer og noen kreftarter.

Avling av gris har gjennom tiårene ført til en kraftig reduksjon grisens fettprosent (-75% spekk de siste 100 år), veksthastigheten økte spesielt pga muskelvekst (+100% de siste 100 år) og fôrutnyttelsen har blitt bedre. De siste årene har det i økende grad blitt påvist forekomst av sykdomsbilder hos gris i alle aldersklasser som responderer på Se-behandling. Selv om vitamin E, en fettløselig antioksidant, blir tilsatt i høyere konsentrasjoner enn anbefalt, har ikke problemene blitt løst. Spørsmålet er dermed om den maksimale selentilsetningen, uendret siden 1970, ikke lenger oppfyller grisenes behov eller om nye selenkilder, som f. eks. selenmetionin, er bedre egnet til dette formålet.

På dette grunnlaget ble det, i 2014, startet et prosjekt om selenbehov i norsk griseproduksjon og fôrprodusentene har i økende grad begynt å tilsette organisk selen i grisens fôr. Resultater oppnådd gjennom dette forsøket, antyder at natriumselenitt kan øke nivået av oksidativt stress i dyrenes kropp. Dette legges til et allerede økt stressnivå pga både økt veksthastighet og fôrutnyttelse. I samsvar med funn hos andre dyrearter var immunresponsen bedre hos gris fôret med den organiske selenkilden. Mens dyrene ved tilsetning av uorganisk selen i stor grad er avhengig av kontinuerlig tilføring av selen via fôr, frigjøres selen som er lagret i kroppens proteiner gjennom den normale proteinmetabolismen. Dermed er selennivået i dyrenes kropp mer stabilt og mindre avhengig av kontinuerlig fôrinntak. I perioder med økt stress, f. eks. ved omplassering, sykdom, avvenning kan fôrinntaket være redusert. Dette kan medføre at de får underskudd av antioksidanter. En viss bufferkapasitet av stoffer med antioksidantfunksjon, slik som organisk selen er derfor ønskelig.

Status av jod og selen i ammekyr i Norge

Aksel Bernhoft, seniorforsker, Veterinærinstituttet

Det er ca 70.000 ammekyr i Norge, der kalven går med mora gjennom hele beitesesongen. Driften er beitebasert i tillegg til innefôring i enkle, åpne fjøs, og gjennomsnittlig er det 21 ammekyr pr besetning. De viktigste rasene er importerte raser som hereford, charolais, aberdeen angus, limousin og simmental, men også en del kryssning med norsk rødt fe (NRF). Fordi disse besetningene gjennomgående fôres relativt ekstensivt og fordi vi vet at det kan være lite jod og selen i norske fôr- og beitevekster, ønsket vi å kartlegge status av disse sporelementene i ammekyr i Norge. Det var også et mål å se på sammenhengen mellom sporelementstatus og produksjons- og helsemessige forhold i besetningene. Undersøkelsen var et samarbeid mellom NMBU og Veterinærinstituttet og ble finansiert av Norges forskningsråd.

Blodprøver som var samlet inn til Mattilsynet/Veterinærinstituttets overvåkings- og kartleggingsprogram for smittsomme sykdommer hos ammekyr i 2012, ble undersøkt. Utvalget til undersøkelsen var 680 blodprøver, gjennomgående 3 kyr fra besetning, der besetninger med helseregistreringer ble foretrukket. De fleste besetningene hadde vårkalving. Resultatene viste regionsforskjeller i sporelementstatus hos kyrne, og jod og selen viste den samme fordelingen. Kyr fra Nord-Norge (Nordland, Troms) hadde de laveste gjennomsnittskonsentrasjonene av begge elementene (henholdsvis 59 og 17 µg/kg blodserum av jod og selen), mens kystfylkene fra Vest-Agder til Sogn og Fjordane hadde de høyeste (88 og 32 µg/kg). Innlandsfylkene i Sør-Norge, samt Møre og Romsdal og Trøndelag skilte seg derimot ikke ut i noen retning. At kystområdene i vest hadde høyest innhold av jod og selen var forventet ut fra hva man vet om naturlig geografisk fordeling av disse elementene, men det var noe overraskende at det var Nord-Norge og ikke innlandsstrøkene som skilte seg ut i motsatt retning. Forklaringen på det siste er sannsynligvis forskjeller i bruk av mineraltilskudd. Det var en signifikant korrelasjon mellom jod og selen i prøvematerialet ($r=0,33$). Det ble ikke funnet sammenheng mellom sporelementene og produksjonsmessige forhold (kalvingsintervall eller kalvingsnummer). Fordi registreringene av helsedata var mangelfulle, var materialet ikke egnet til å studere andre parametere knyttet til produksjon og helse. Når det gjelder vurdering av status av jod og selen i ammekyrne i Norge forhold til referanseverdier, hadde kun 0,5 % av dyra et jodnivå under 25 µg I/kg som kan indikere en mangelfull status, mens hele 45 % av dyra hadde mangelfullt selennivå (under 25 µg Se/kg). Mangelfullt selennivå ble påvist i alle regioner. Det må tilføyes at det er begrenset kunnskap om konsentrasjoner av jod i serum hos drøvtyggere, men det er antydning at 'normal' jodkonsentrasjon hos voksne storfe og sau ligger på 30-40 µg/kg (Suttle, Mineral Nutrition of Livestock, 4. ed., 2010). For selen er det derimot langt mer referansedata, og Veterinærinstituttet regner at tilfredsstillende selenkonsentrasjon i serum hos drøvtyggere er 50-100 µg/kg.

Det lave nivået av selen i ammekyrne bekrefter tidligere erfaring av selenmangel hos husdyr på ekstensiv fôring i Norge. Det var derimot noe overraskende at såpass liten andel av dyra hadde mangelfullt jodnivå. Det er grunn til å anta at utbredelsen av klinisk jodmangel hos husdyr har vært sporadisk, og samlet sett betydd langt mindre enn klinisk selenmangel i Norge.

Jod og selen i beiteplanter og -dyr

Tore Sivertsen, førsteamanuensis emeritus, NMBU Veterinærhøgskolen

Bakgrunnen for dette foredraget er en undersøkelse fra 2006-07, der vi undersøkte sporelementer og andre mineraler i utvalgte beiteplanter fra utmarksbeiter for sau, graspr ver fra ammekubeiter, og leverprøver fra sau, lam og ammeku som hadde gått på de aktuelle beitenene. Innsamlingen av planteprøver fra sauebeitenene ble utført av beitelagsansvarlige og andre sauebønder, i beiter som var utvalgt på forhånd. Innsamlingen av leverprøver ble gjort av kontrollveterin rer ved slakterier over hele landet, mens innsamling av graspr ver fra ammekubeiter ble gjort av ammeku-eierne året etter, sammen med opplysninger om f ring etc. Analysene ble utført med ICP-MS, ved NTNU. Totalt antall var ca 700 planteprøver og 1200 leverprøver, og ca 40 ulike elementer ble bestemt.

For jod var det bare planteprøvene som kunne gi relevant informasjon, fordi lever ikke er lagringsorgan for jod hos dyra. I tillegg fikk vi noen analytiske problemer, med tegn på carry-over av jod mellom ulike prøver. Resultatene var likevel klare. I beiteplanter fra utmark var jodniv ene høye og tilstrekkelige for dyra i alle prøver tatt ute ved kysten, landet rundt. Mens nesten alle prøver fra innlandet, spesielt i Sør-Norge, viste lave verdier; stort sett langt under behovet hos husdyra.

For selen viste flertallet av planteprøvene sett under ett lave verdier; godt under behovet hos beitende dyr. Det var liten forskjell mellom ulike plantearter i utmarksbeitenene, og mellom prøver tatt i utmark og innmark. På dette punktet skilte Se-resultatene seg tydelig fra flere andre essensielle elementer, som Cu, Zn og Co. Derimot var det en tydelig geografisk fordeling, med noe høyere og mer adekvate Se-verdier vest for langfjella og langs kysten nordover, mens mange innlandspr ver fra Sør-Norge viste svært lave verdier. I leverprøvene var det imidlertid ikke et tilsvarende tydelig geografisk mønster, verken hos lam eller ammeku. Årsaken til dette er trolig at ulike bruk av mineraltilskudd i forskjellige besetninger har større betydning, og dekker over de geografiske forskjellene.

Ved sammenligning av det geografiske mønsteret for jod og selen i beiteplanter, var det tydelige forskjeller. Begge elementene viste høyere konsentrasjoner langs kysten enn i innlandet, trolig som resultat av atmosfærisk transport. Jodniv ene synes imidlertid å falle raskere ved økende avstand fra kysten enn det selen gjør, noe som kan bero på ulike egenskaper hos de kjemiske forbindelsene som blir transportert atmosfærisk, for disse to elementene.

Referanse

Sivertsen T, Garmo TH, Lierhagen S, Bernhoft A, Steinnes E. Geographical and botanical variation in concentrations of selenium, cobalt, iodine, zinc and other essential elements in sheep pasture plants in Norway. *Acta Agric Scand, sect A*, 2014; 64, 188-197.

Nedgang av jodinnholdet i melk

Egil Prestløkken, førsteamanuensis, NMBU,  s

Melk og melkeprodukter har siden 1950-tallet v ert den viktigste jodkilden i norsk kosthold. Årsaken til det er tilsetting av jod i f rrasjoner til melkekyr ut over dyrenes behov. Overf ringsgraden av jod fra f r til melk er høy og mer enn 25 % av tilført jod kan finnes igjen i melka. Overføringen av jod til melk er imidlertid avhengig av f ret. Den viktigste faktoren i så måte er innholdet av jod, og økt innhold i f ret gir tilnærmet lineær økning av jodinnhold i melk.

Tilførsel av f r som inneholder glukosinolater, eller metabolitter av glukosinolater, som tiocyanat, vil imidlertid redusere innholdet av jod i melk. Årsaken er at anion som tiocyanat konkurrerer med jod ved opptaket fra blod til melk. De mest brukte f r varene som har denne hemmende effekten er rapskake og rapsmel. Dette er proteinrike f rmidler, og særlig bruken av rapskake i f r til melkeku har økt sterkt fra ca år 2000 og fram til i dag. Forskningsresultat fra NMBU har vist at innholdet av jod i melk kan bli mer enn halvert ved bruk av rapsprodukt i f r. Dette innebærer at jodinntaket i norsk kosthold kan bli betydelig påvirket, og særlig befolkningsgrupper med lavt inntak av melk og melkeprodukt er i risiko for sub-optimal tilførsel av jod. Innholdet av jod i melk bør imidlertid heller ikke være for høyt. Høyt innhold av jod fra melk og melkeprodukter sammen med høyt inntak av jod fra annen mat (f.eks. sjømat), kan føre til et inntak av jod over anbefalt maksimal mengde.

Rapsproduktene som benyttes i f r til melkeku er gode og kostnadseffektive råvarer i f r, og er hovedsakelig dyrket i Nord-Europa uten GMO problematikk. Det er derfor viktig å identifisere faktorer som påvirker overføringen av jod fra f r til melk slik at innholdet av jod i melk kan bli styrt til et stabilt og ønsket nivå uavhengig av fôrrasjonen forøvrig. I perioden 2013 og ut 2015 ble det gjennomført et forskningsprosjekt ved NMBU der målsettingen var å kartlegge noen av disse forholdene. Det ble lagt spesiell vekt på mengde og kvalitet av rapsprodukt i f r. Forsøkene viste en klar reduksjon i innholdet av jod i melk ved bruk av rapsprodukt. Videre viste forsøkene at reduksjonen var sterkere knyttet til bruk av rapsprodukt i f r enn mengde rapsprodukt og glukosinolatinnhold i dem.

Ved bruk av rapsprodukt i f r vil økt tilsetting av jod være et effektivt tiltak for å motvirke reduksjon i innhold av jod i melk. Den mest brukte jodkilden i dag er kalsiumjodat ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$), men kaliumjodid (KI) er også tillatt. Jodat blir raskt og tilnærmet fullstendig omdannet til jodid i vomma. I samråd med meieriindustrien har fôrindustrien økt innholdet av tilsatt jod i kraftfôr til melkeku fra 2.0 til 5.0 mg/kg. Sammen med naturlig innhold av jod i kraftfôr og grovfôr gir dette et jodinnhold i den samlede fôrrasjonen i området 2.5 til 3.5 mg/kg tørrstoff f r. Dette sikrer ei melk med et stabilt innhold av jod også ved bruk av rapsprodukt i f ret. Innholdet av jod i melk blir i dag overvåket av TINE. Dersom det ikke benyttes rapsprodukt, må innholdet av jod i f ret reduseres da melka ellers kan få for høyt innhold av jod. Høyeste tillatte konsentrasjon av jod i f r til melkeku i dag er 5 mg/kg f r. En ekspertutredning fra EFSA har foreslått å redusere høyeste tillatte innhold til 2 mg/kg f r, men dette er ikke implementert i f rwareforskriften.

Bio-fortification of food crops with selenium and its impact on human health

Bal Ram Singh, professor emeritus, NMBU, Ås

Among the various soil related constraints associated with crop production, deficiency of several essential trace elements (e.g. Se and Zn) is quite prevalent in many countries of the world. About half of the world's population suffers with deficiencies of micronutrients, for example selenium (Se) and zinc (Zn), because of low dietary intake of these minerals and consumption of less diversified food. Although, Se deficiency can be avoided through dietary diversification, mineral supplementation, food fortification and/or increasing mineral concentrations in edible crops (biofortification). However, mineral supplementation and food fortification have not always been successful. Therefore, biofortification of crops through the application of mineral fertilizers, combined with breeding varieties with an increased ability to acquire mineral elements, is advocated as an immediate strategy not only to increase mineral concentrations in edible crops but also to improve yields on infertile soils. Agronomic approaches either with application of mineral fertilizers and/or improving the mobilization of mineral elements in the soil have proved successful in enhancing the mineral content in food and feed crops. Similarly, breeding approach with increased abilities to acquire mineral elements and accumulate them in edible tissues has also given good results.

Field trials conducted in Balkan countries and elsewhere show positive biofortification of Se in the edible parts of winter wheat and maize crops and that foliar application of Se fertilizers was more effective than their soil application. Severe deficiency of Se in cows and sheep was observed in all Balkan countries necessitating the bio-fortification of both food and feed crops with Se. The consumption of bio-fortified food elevated the level of minerals in blood leading to positive health effects. A need for the systematic monitoring studies on the whole food chain including human population is widely felt.

Sj mat som kilde til selen og jod

Lisbeth Dahl, seniorforsker, Havforskningsinstituttet

Selen og jod er begge essensielle sporstoffer som fisk og annen sjømat kan være gode kilder til. For å kunne vurdere hvor stor betydning sjømaten kan ha som kilde for selen og jod i kostholdet v rt, trenger vi oppdaterte analyserte verdier på ulike fiskearter og annen sjømat. Matvaretabellen (<http://www.matvaretabellen.no/>) gir oss en samlet oversikt på innhold av energi og næringsstoffer for de vanligste matvarene vi spiser i Norge. Ved Havforskningsinstituttet har vi en egen database «Sjømatdata» hvor du kan søke etter, og sammenligne, innholdet av næringsstoffer og uønskede stoffer i fisk og annen sjømat (<https://sjomatdata.hi.no/#search/>).

Analyserte selenverdier av torsk fra 2006 til i dag viser liten variasjon og et gjennomsnitt på 25 μg pr 100 g filet. Andre magre arter som sei og hyse inneholder i gjennomsnitt henholdsvis 28 og 35 μg selen pr 100 g filet. Villfanget sjøkreps inneholder 83 μg selen pr 100 g viser analyser fra 2014. Oppdrettslaks har i dag 17 μg selen pr 100 g filet og har variert mellom 12 og 23 μg pr 100 g siden 2006. Analyser fra perioden 2006 til 2017 viser at sild og makrell inneholder i gjennomsnitt 50 μg selen pr 100 g. Innholdet av selen i hermetisk tunfisk er i gjennomsnitt 74 $\mu\text{g}/100\text{g}$, mens jodinnholdet er 9 $\mu\text{g}/100\text{g}$ viser analyser fra 2015. Når det gjelder fiskeprodukter som fiskepinner, fiskekaker og fiskepudding viser analyser at innholdet av selen er betydelig lavere enn av jod. Fiskekaker har for eksempel i gjennomsnitt 17 μg selen og 60 μg jod pr 100 g. Fiskep legg som kaviar og makrell i tomat er også gode kilder til jod da de inneholder henholdsvis 60 μg og 42 μg jod pr 100 g. Analysedata viser også at de magre fiskeartene inneholder mer jod sammenlignet med de fete fiskeartene. For torsk viser de nyeste analysene at jodkonsentrasjonen er i gjennomsnitt 190 μg pr 100 g og at jod varierer fra 22 til 720 μg pr 100 g filet. Enda større variasjon i jodinnhold ble funnet i lyr og hyse. Lyr hadde i gjennomsnitt 790 μg jod og varierte fra 48 til 3000 μg pr 100 g filet, mens hyse hadde i gjennomsnitt 400 μg jod og varierte fra 35 til 2200 μg jod pr 100 g filet. Jodanalyser av oppdrettslaks i perioden 2011 til 2018 viser lave nivå og et gjennomsnitt på bare 4 μg pr 100 g filet. Andre fete fiskearter som sild og makrell inneholder omtrent 20 μg jod pr 100 g filet.

Samlet sett viser dette at man bør ha et variert inntak av fisk og annen sjømat som kilde for selen og jod i kostholdet.