GENialt

Tidsskrift fra Bioteknologinemnda // 3–2010 // 19. årgang

Genmodifisert potet

Et alternativ for norske bønder?

Biobanker side 20

Biologiske prøver og helsedata lagres i store databaser verden over. Hvordan sikres forskningsdeltakernes rettigheter?

Genmodifiserte dyr side 14

Kommer genmodifisert laks på norske middagsbord?

Drivstoff fra alger og bakterier side 16

Jakten på mer miljøvennlig drivstoff.

INNHOLD // 3–2010

Leder 3

Genmodifisert potet:
Godkjent i EU – hva med Norge? 4

Soya med omega-3 7

Uklar lovgivning for gener som gir resistens mot antibiotika 10

Fagseminar:
Kan genmodifiserte plantar bidra til berekraftig utvikling? 12

Genmodifisert laks med ekstra veksthormon 14

Miljøvennleg drivstoff frå mikroalgar? 16

Drivstoff frå bakteriar 17

Bakteriar ryddar opp etter oljeutslepp 18

Bioteknologi-/biobankprosjekt 19

Internasjonal konferanse:
Utveksling av genetiske forskningsdata fra mennesker 20

Nobelprisen i medisin til pionér innen prøverørsbefruktning 22

Småstoff:
Arrangement, biotekquiz 24

Forsidefoto: Genmodifisert potet er nå til vurdering i Norge, se s. 4. Foto: iStockphoto.

GENialt 3–2010 // 19. årgang

Redaksjonen avsluttet: 18. oktober 2010

Ansvarlig redaktør: Sissel Rogne
Redaktør: Norunn K. Torheim
Redaksjonsmedarbeider: Audrun Utskarpen

Utgiver: Bioteknologinemnda
Opplag: 8400

Utkommer fire ganger i året og sendes gratis til alle interesserte.

Postadresse:
Postboks 522 Sentrum, 0105 OSLO
Besøksadresse:
Rosenkrantz' gate 11, Oslo
Internett: www.bion.no
E-post: bion@bion.no

Design: Tank AS
Trykk: RK Grafisk AS

Bioteknologinemnda er et frittstående, regjeringsoppnevnt organ og ble første gang oppnevnt i 1991. Nemnda er hjemlet i lov om humanmedisinsk bruk av bioteknologi m.m. og lov om fremstilling og bruk av genmodifiserte organismer. Foruten å være rådgivende i saker som angår bruk av bio- og genteknologi i relasjon til mennesker, dyr, planter og mikroorganismer, skal nemnda bidra til opplysning og debatt.

I sine vurderinger skal nemnda spesielt vektlegge de etiske og samfunnsmessige konsekvensene ved bruk av moderne bioteknologi.

Bioteknologinemnda har 21 medlemmer og observatører fra sju departementer. Bioteknologinemndas sekretariat er lokalisert i Oslo sentrum.

Bioteknologinemnda har et budsjett på 8,1 millioner kroner for 2010.

Bioteknologinemnda

IKKE BARE
heftig og begeistret

Lars Ødegård

Alle har vi store forhåpninger til at forskningen skal løse problemene våre og gi oss et bedre liv. Derfor er det også lett å bli betatt av nye oppfinnelser eller oppdagelser. Bio- og genteknologien gir mengder av ny kunnskap som genererer store muligheter for å lage nye produkter. Når vi i Bioteknologinemnda skal se på de etiske utfordringene som er knyttet til bruken av bio- og genteknologi, er det nødvendig å ikke bare være heftig og begeistret, men å også stille kritiske spørsmål rundt bruken av teknologien og mulige negative virkninger for individer og samfunn. Med et slikt fokus vil nemnda lett kunne framstå som kritisk til alt det teknologiske nyvinninger har å tilby, både når det gjelder bruk av teknologien på mennesker, og når det gjelder søknader om å få dyrke eller importere genmodifiserte planter.

Men vår jobb er å gi råd, mens andre tar avgjørelsene. Som rådgivere fyller vi vår funksjon best gjennom å argumentere både for og imot bruk av teknologien for ulike formål – ikke for å bremse begeistringen, men for å fremme en bærekraftig og samfunnsnyttig utnyttelse av teknologi til beste for både mennesker og miljø.

Nemnda besøkte nylig landets største biobank, HUNT Biobank (Helseundersøkelsen i Nord-Trøndelag) i Levanger. Bioteknologinemnda ser den store verdien biobanker og helseregistre har for forskning og utvikling av bedre helsetjenester, men om vi bare hadde kringkastet dette selvfølgelige, ville vi ikke ha gjort jobben vår. Sammen med alt det gode disse systemene kan føre med seg, må vi gi råd om hvilke retningslinjer, lover og forskrifter vi bør ha for bruken av disse dataene. De tusener av kvinner og menn som bidrar med sensitiv informasjon gjennom biologiske prøver og helseopplysninger, skal kunne kjenne seg helt trygge på at deres data blir oppbevart og brukt på en måte som ikke svekker personvernet.

Nemnda har også besøkt Fertilitetsseksjonen og Senter for fostermedisin ved St. Olavs Hospital i Trondheim. Der er de ansatte hver dag i kontakt med par som ønsker å få barn, eller som får fosterdiagnostikk under svangerskapet. Begge disse feltene har hatt stor teknologisk framgang de siste tiårene. Bruk av assistert befruktning har ført til stor glede i mange norske hjem. Prøverørsbefruktningens far ble til og med hedret med nobelprisen i medisin for 2010. Men det skal ikke stikkes under stol at det også innad i fagmiljøet har vært kritiske diskusjoner rundt en del av de foreslåtte behandlingstilbudene innen både assistert befruktning og fosterdiagnostikk. Det vi ser, er at pengene ofte avgjør hvilke behandlingsformer som blir prioritert, og hvilken vei forskerne går.

Også innen nemndas andre hovedområde, genmodifiserte organismer, er det mange gode hensikter med det som gjøres. Til nå har det ofte dreiet seg om dyrking eller import av genmodifiserte planter. Vi som har jobbet med dette i mange år, ser kanskje mer enn noen andre at her må vi være forsiktige. Begeistringens mulige uforsiktighet kan føre til uopprettelig skade, derfor støtter vi oss til det ulike vitenskapelige kilder viser. Hvem skal styre den teknologiske utviklingen? Det offentlige eller private firma? Her må samfunnet ta kontroll selv, ikke bare gjennom risikovurdering og risikohåndtering, men også ved å stille spørsmål ved om den nye teknologien er samfunnsnyttig og bidrar til bærekraftig utvikling.

Ikke alt som glitrer er gull, og i all forsknings- og profesjonsetikk er det derfor viktig å ikke la den heftige begeistringen

overskygge nødvendigheten av å stille de kritiske spørsmålene om mulige konsekvenser av selv det som gjøres med de beste og mest godhjertete intensjoner.

GENMODIFISERT POTET:

Godkjent i EU – hva med Norge?

Da den genmodifiserte stivelsespoteten Amflora ble godkjent tidligere i år, var det første gang på 12 år at en genmodifisert plante ble godkjent for dyrking i EU. EØS-avtalen gjør at Norge også må vurdere poteten, men siden den inneholder gener for antibiotikaresistens, er en godkjenning lite sannsynlig.

Tage Thorstensen

AMFLORA ER EN potet som er genmodifisert slik at den har fått et stivelsesinnhold som gjør den mer attraktiv for industrien. Som mat er den derimot uegnet. I stedet for både amylose og amylopektin inneholder Amflora nesten bare amylopektin (se faktaboks). Amylopektin er en type stivelse med egenskaper som gjør den egnet som tyknings- og bindemiddel i mat-, kjemi- og papirindustrien. Amylose er derimot mer geléaktig, noe som gjør den uegnet til mange industrielle formål. Amylopektin kan blant annet brukes som tykningsmiddel i sauser, klebemiddel i sement og lim, til glansing av tråder i tekstiler og til glansing av papir. De store stivelsesprodusentene i Europa er i utgangspunktet positive til Amflora, men det er usikkert om de kommer til å bruke den i sin egen produksjon.

Godkjent i EU

Amflora er utviklet av Plant Science Sweden, som er et datterselskap av det verdensomspennende kjemiselskapet BASF. Poteten ble godkjent i EU 2. mars i år. Godkjenningen gjelder i hovedsak dyrking og industrielle formål. En separat søknad for bruk i mat og fôr er imidlertid også godkjent fordi man da kan bruke potetmasse og skrell til dyrefôr og gjødsel etter at stivelsen er tatt ut. Selv om Amflora ikke er beregnet som menneskeføde, innebærer godkjenningen at det er lov med en innblanding på 0,9 prosent i mat. Grunnen til dette er at det kan være vanskelig å holde potetmasse fra Amflora-potet og potetmasse fra matpoteter fullstendig atskilt under produksjonsprosessen.

Overvåkingsplan

De første Amflora-potetene ble sådd ut denne våren i Tsjekkia, Zepkow i Tyskland og Norrbotten i Sverige. Den første avlingen fra åkrene i Zepkow ble høstet 31. august. For å få godkjent Amflora til dyrking måtte BASF legge fram en omfattende overvåkingsplan som gjelder for hele godkjenningsperioden på 10 år. BASF er pålagt å overvåke negative effekter på menneske- og dyrehelse under produksjon og bruk av Amflora. Overvåkingsplanen innebærer at det utføres feltforsøk for å påvise eventuelle effekter på organismer som spiser potet, eller som holder til i nærheten av åkre med Amflora-potet. BASF må også kunne spore potetene og holde dem atskilt fra vanlige poteter. For å kunne spore Amflora-poteten har BASF fått godkjent en metode for deteksjon slik at potetene kan skilles fra vanlige poteter og merkes.

Ikke-godkjent genmodifisert potet funnet

I august ble det funnet 47 planter med en annen genmodifisert potet, kalt Amadea, i åkre med Amflora-potet i Norrbotten. Amadea-potetene ble oppdaget fordi de har hvite blomster i stedet for lilla, som Amflora-poteten har. Amadea-poteten har som Amflora-poteten endret stivelsesinnhold og produserer bare amylopektin. I motsetning til Amflora-poteten inneholder imidlertid ikke Amadea-poteten et gen for antibiotikaresistens, men har i stedet fått satt inn et gen som gjør at den tåler sprøytemidler av typen imidazolinon. Dette genet er et såkalt markørgen, og er satt inn for å skille modifiserte planter fra ikke-modifiserte planter (se tekstboks s. 11).

» HOFF SA, som er de eneste som produserer potetstivelse i Norge, og da utelukkende til bruk i næringsmidler, har ingen umiddelbare behov eller ønsker om å ta i bruk en slik genmodifisert potet til industrielle formål.

Genmodifiserte poteter dyrkes blant annet i Sverige. Foto: iStockphoto.

FAKTA

Potetstivelse

Vanlig potetstivelse består av de lange sukkermolekylene (polysakkaridene) amylose (20–30 prosent) og amylopektin (70–80 prosent). Amylose er bygget opp av glukosemolekyler som er bundet sammen i rette tråder, mens amylopektin er bygget opp av glukosemolekyler som danner forgreninger. I den genmodifiserte Amflora-poteten er nivået av enzymet granule-bound starch synthase (GBSS), som produserer amylose, sterkt redusert slik at amylopektin-andelen er økt til 98 prosent. Dette er gjort ved at den genmodifiserte poteten har fått innsatt et *gbss*-gen i motsatt retning av det opprinnelige genet (antisens), som fører til at genet skrus av. Poteten gjør det mulig å utnytte stivelsen mer effektivt til industrielle formål fordi amylose, som vanligvis må separeres fra amylopektin, ikke er til stede. Poteten inneholder også genet *nptII* som gjør den resistent mot antibiotikaene neomycin og kanamycin. Genene har ingen nytte i de ferdige potetene, men er satt inn for å skille de genmodifiserte fra de ikke-genmodifiserte potetplantene tidlig i utviklingen på laboratoriet.

BASF har sendt inn søknad om godkjenning for Amadea-poteten til det svenske Jordbruksverket og til European Food Safety Authority (EFSA, EUs helse- og miljørisikovurderingsorgan), men den har ennå ikke rukket å bli vurdert eller godkjent i EU. I følge BASF er det meningen at denne poteten på sikt skal erstatte Amflora-poteten, og de venter at den skal være på markedet allerede i 2013–2014. Funnet av ikke-godkjent potet har imidlertid ført til mye bråk i Sverige, fordi det viser at rutinene for behandling av genmodifiserte planter ikke er gode nok. Kritikerne hevder at dette viser at genmodifiserte planter ikke kan kontrolleres. Selv ikke i småskala-utplantinger, med strenge overvåkingsordninger, klarer man å hindre forurensing fra andre genmodifiserte planter. På grunn av innblandingen av Amadea-potet skal alle potetene fra den aktuelle åkeren ødelegges. BASF hevder utplantingen av Amadea skyldes en menneskelig svikt, og har innført rutiner for at dette ikke skal skje i fremtiden. Blant annet skal godkjente og ikke-godkjente poteter holdes fullstendig atskilt under produksjonen, og alle poteter som skal dyrkes i felt for første gang, skal testes med genteknologiske teknikker.

Foredling eller genmodifisering av stivelsespotet?

HOFF SA, som er de eneste som produserer potetstivelse i Norge, og da utelukkende til bruk i næringsmidler, har ingen umiddelbare behov eller ønsker om å ta i bruk en slik genmodifisert potet til industrielle formål. I Norge brukes det først og fremst stivelse fra mais, men også potetstivelse, til glansing av papir. For å produsere potetstivelse til industrielle formål, må amylose fjernes fra amylopektin i en prosess som er energikrevende og uøkonomisk. Ved å produsere stivelse fra genmodifisert potet som bare inneholder amylopektin, vil produksjonsprosessen bli mer effektiv, mindre energikrevende og billigere fordi amylose ikke må skilles ut. Amflora-potet er ifølge BASF derfor et mer miljøvennlig alternativ enn vanlig potet.

Selv om de store stivelsesprodusentene som AVEBE i Nederland, Emsland-gruppen i Tyskland og Lyckeby i Sverige har vist interesse tidligere, er det ikke sikkert at de vil bruke genmodifisert Amflora i sin produksjon. Produsentene er avhengig av at kundene er positive til produktet, og med den generelle negative holdningen til genmodifiserte produkter i Europa har de nølt med å si at de vil benytte Amflora i »

Endret farge på blomstene avslørte ikke-godkjente genmodifiserte poteter i svensk potetåker. Foto: ScanStockPhoto.

produksjonen. Selv om Lyckeby faktisk var med å sette i gang utviklingen av Amflora på 1980-tallet, er de avventende nettopp fordi poteten er så gammel, og fordi nye stivelsespoteter som for eksempel Amadea er på vei. I tillegg har firmaet AVEBE utviklet en lignende potet som Amadea og Amflora, som verken har gener for sprøytemiddeltoleranse eller antibiotikaresistens. Også Emsland-gruppen sier i en pressemelding at selv om de er positive til Amflora, har de på grunn av den lange godkjenningsprosessen utviklet en egen stivelsespotet som ikke er genmodifisert. Emsland har sammen med forskere fra Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology (IME) i Tyskland avlet frem en ny ikke-genmodifisert potetvariant som bare inneholder amylopektin. Denne varianten er utviklet ved såkalt «tilling», som står for «Targeting Induced Local Lesions in Genomes». Dette er en metode som øker hastigheten og presisjonen på klassisk avl, og metoden er derfor også kjent som presisjonsavl. Vanlige potetplanter ble behandlet med et kjemikalie som forårsaker mutasjoner. Kjemikaliet ble tilført for å lage mutasjoner i DNA-et, og er ikke til stede i avkommet til behandlede potetplanter. Mutasjonene gjør at genet for amylose blir slått av i noen av potetplantene. Deretter ble potetplanter der genet var slått av, påvist ved hjelp av DNA-teknikker og selektert for videre avl. Den nye potetvarianten er dermed ikke genmodifisert per definisjon, og inneholder derfor heller ikke gener for antibiotikaresistens.

Norsk behandling

I tillegg til genmodifiseringen som endrer stivelsesinnholdet, inneholder Amflora også gener for antibiotikaresistens (se faktaboks). Direktoratet for naturforvaltning (DN) har nå sendt ut søknaden om godkjenning av Amflora på høring for sluttbehandling i Norge. Søknaden har tidligere vært på høring i 1996, 1998 og 2005. Da var norske høringsinstanser negative, først og fremst på grunn av innholdet av gener for antibiotikaresistens. Søknaden som gjelder bruk av Amflora til mat og fôr, rammes av det norske forbudet mot gener som koder for antibiotikaresistens. Søknaden om dyrking og bruk av Amflora til industrielle formål rammes imidlertid ikke direkte av det norske forbudet. I sitt høringssvar til DN understreker Bioteknologinemnda at den er negativ til bruk av antibiotikaresistensgener uansett formål når de gir resistens mot antibiotika som er viktige for mennesker og dyr. Det er også usikkerhet knyttet til om slike gener kan spres i naturen. Bioteknologinemnda har nå også sendt brev til Miljøverndepartementet hvor den ber om tydeligere retningslinjer (se egen sak s. 10). Etter Bioteknologinemndas mening er bruken av gener for antibiotikaresistens en gammeldags metode. I stedet bør det legges opp til utvikling av mer miljøvennlige og bærekraftige alternativer. Bioteknologinemnda har sendt sin uttalelse til Direktoratet for naturforvaltning som tar den med i sitt høringssvar til Miljøverndepartementet. Det er Miljøverndepartementet som til slutt avgjør om Amflora skal godkjennes i Norge.

Norge ikke alene

EU-landene har tradisjonelt vært delt i synet på genmodifiserte organismer, og i EUs ministerråd klarte de ikke å bli enige om godkjenning av Amflora til dyrking, industriell bruk eller som fôr. Søknadene gikk derfor til EU-kommisjonen, som godkjente søknadene 2. mars i år på bakgrunn av EFSAs vitenskapelige vurderinger. Denne godkjenningen er kontroversiell, og flere EU-land utfordrer EU-kommisjonens godkjenning. Ungarn, Østerrike og Luxembourg har alle forbudt dyrking av Amflora, og har signalisert at de vil prøve EU-kommisjonens godkjenning for EU-domstolen. I det siste har også Frankrike og Polen sagt at de vil støtte en slik sak. ◆

Kilder:

- GMO Compass, www.gmo-compass.org
- BASF www.basf.com
- Muth, J. et al. (2008) Precision breeding for novel starch variants in potato. *Plant Biotechnology Journal*, 6. 576–584

Les høringssvaret fra Bioteknologinemnda på www.bion.no.

Foto:
yaymicro.com.

Soya med omega-3

Kan genmodifisert soya erstatte fisk som kjelde til omega-3-feittsyrer?

Audrun Utskarpen

Vi finn soya i mykje ferdigmat. Selskapet Monsanto reklamerer med at dei har laga ein ny genmodifisert soya som inneheld sunne omega-3-feittsyrer. I tillegg harsknar ikkje oljen frå denne soyaen så lett som fiskeolje.

Den nye soyaen frå Monsanto, med namnet MON 87769, har fått to nye gen som gjer at soyaoljen inneheld 20–30 prosent av omega-3-feittsyra stearidonsyre, som ikkje finst naturleg i soya (sjå tekstboks). Bioteknologinemnda har uttalt seg om denne soyaen under den første høyringsrunden i EU. Viss EU til slutt seier ja, må Noreg òg ta stilling til om vi skal tillate slik soya i mat og dyrefôr.

Etterspørselen aukar

Dei lange omega-3-feittsyrene EPA og DHA (sjå figur på neste side) er viktige blant anna for å førebyggje hjarte- og karsjukdommar. Desse feittsyrene finn ein først og fremst i fisk og sjødyr. Feitt frå fiskeolje blir brukt både i kosttilskot og fiskefôr. Etterspurnaden aukar, og fiskeolje byrjar derfor å bli mangelvare. Spørsmålet er om genmodifiserte plantar kan løyse problemet.

Korfor stearidonsyre?

Dei fleste plantar inneheld lite omega-3-feittsyrer samanlikna med fisk, unntaket er den korte omega-3-feittsyra α-linolensyre. Kroppen sjølv lagar ikkje så mykje EPA frå α-linolensyre. Derfor meiner kosthaldsrådgivarar at vi bør ete feit fisk. Forskarane har hittil ikkje lykkast med å genmodifisere plantar slik at dei produserer EPA og DHA direkte. Monsanto reknar med at det er lettare for kroppen å lage EPA av stearidonsyre enn av α-linolensyre, fordi stearidonsyre liknar litt meir på EPA.

Manglar dokumentasjon

Bioteknologinemnda meiner at dei påståtte helsefordelane ikkje er godt nok dokumenterte. Mange internasjonale forskingsstudiar har vist at dei lange omega-3-feittsyrene EPA og DHA er viktige for å førebyggje hjarte- og karsjukdommar. Stearidonsyre er det derimot forska svært lite på. Monsanto har sjølv finansiert ein studie som viser at den såkalla omega-3-indeksen i blodet (mengda EPA pluss mengda DHA delt på den totale feittsyremengda) aukar når ein et stearidonsyre. Men det har seks gonger så stor effekt å ete EPA direkte. Når det gjeld DHA, er ho blant anna viktig for utviklinga av hjernen, og det er ikkje vist at inntak av andre feittsyrer kan auke mengda DHA i blodet hos menneske. Denne feittsyra er det derfor viktig å få frå maten.

Både italienske og norske forskarar har vist at kva for mat feittsyrene kjem i frå, kan spele ei rolle for opptaket av EPA og »

FAKTA

Kva er feittsyrer?

Feittsyrer er lange kjeder av karbonatom som er bundne saman med enkelt- eller dobbeltbindingar. Feittsyrer med berre enkeltbindingar blir kalla metta feittsyrer. Feittsyrer med ei dobbeltbinding, slik som oljesyre, blir kalla einumetta, medan feittsyrer med fleire dobbeltbindingar blir kalla fleirumetta feittsyrer. Nemningane omega-3 og omega-6 kjem av plasseringa på den første dobbeltbindinga i feittsyrekjeda.

Dei viktigaste feittstoffa, eller lipida, i maten, er samansette av feittsyrer og glyserol og blir kalla triglyserid. Feitt er ein viktig byggjestein i cellemembranar, andre strukturar i cellene og viktige signalforbindelsar, hormon. Feittet kan òg omdannast til energi. Sjå òg GEN*i*alt 1/2005.

DHA. Dei fann ut at forsøkspersonar som åt fisk, hadde eit høgare opptak av EPA og DHA enn dei som fekk i seg feittsyrer gjennom fiskeolje. Truleg er det ikkje mengda feittsyrer som er viktig, men andre bestanddelar i fisken som antioksidantar eller noko anna som vi framleis ikkje kjenner til.

Bioteknologinemnda meiner at Monsanto må dokumentere dei påståtte helsefordelane på ein måte som oppfyller krava som EU stiller til helsepåstandar om matvarer. Det trengst òg fleire forskingsstudiar som fortel om kva verknad det har på helsa å ete soya med stearidonsyre. Berre slik kan ein seie noko om stearidonsyre verkeleg er like bra som dei lange omega-3-feittsyrene.

Helserisiko?

Den genmodifiserte soyaen har vore testa i dyreforsøk med broiler og rotter. Rotter blir gjerne brukte som modell når ein forskar på om plantar er helseskadelege. Men rotter bryt ned og set saman feittsyrer på ein annan måte enn menneske og større dyr. Det er òg uvisst kva andre forbindelsar som kan bli danna på grunn av dei nye enzyma. Derfor meiner Bioteknologinemnda at det ikkje er nok å teste om soyaen er skadeleg for rotter og broiler. Ein bør gjere forsøk på menneske og dyr som faktisk skal ete soyaen.

Meir berekraftig fiskefôr?

Algar er dei største produsentane av dei lange omega-3-feittsyrene. Villfisk får i seg feittsyrene naturleg gjennom å ete algar eller annan fisk, medan oppdrettsfisken må få dei i fôret. Mange fiskestammar er truga av overfiske, og oppdrettsnæringa treng stadig meir fiskeolje til fôr. Meir og meir fiskeolje går òg til kosttilskot for menneske. Det er såleis kamp om fiskeressursane i verda. I oppdrettsnæringa er det eit kjent problem at plantefôr gjer at oppdrettsfisk inneheld mindre EPA og DHA samanlikna med fisk som får fiskeolje. Dersom ein kunne gi oppdrettslaksen fôr frå plantar som er like rike på viktige feittsyrer som fiskeolje, kunne det gjere oppdrett meir berekraftig. Men resultat frå eit australsk forskingsprosjekt tyder på at stearidonsyre ikkje har nokon verknad på EPA-nivået i laks. Til no ser det derfor ikkje ut til at soya med stearidonsyre er meir eigna som fiskefôr enn annan soya.

Omega-6 versus omega-3

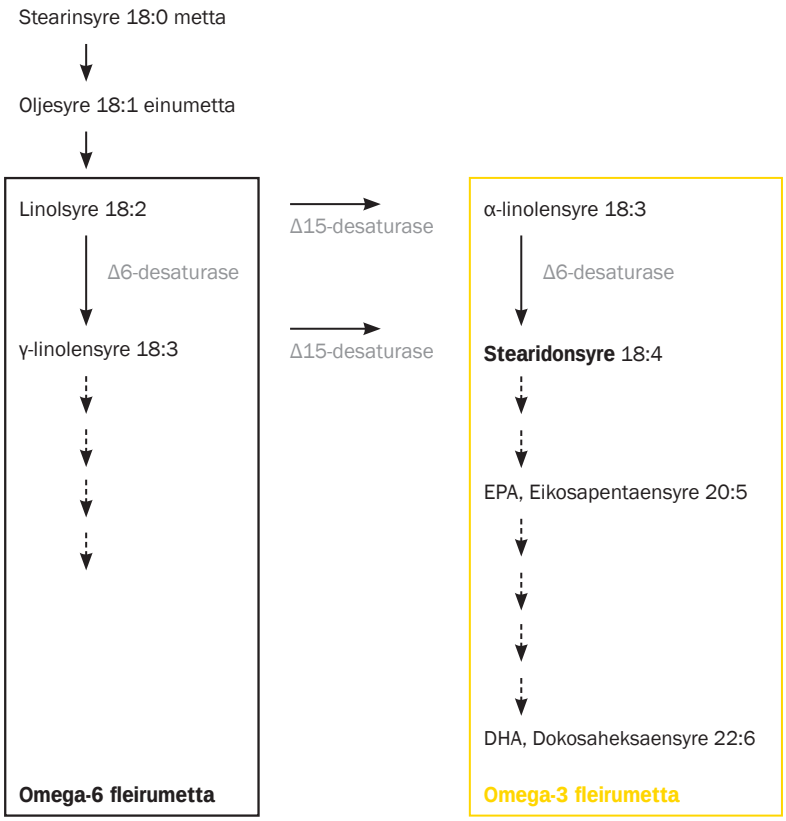
Fleire forskarar hevdar at vi får i oss alt for mykje omega-6-feittsyrer i forhold til omega-3-feittsyrer. For mykje omega-6-feittsyrer er ikkje sunt fordi dei kan fremje

FAKTA

Korleis lage soya med stearidonsyre?

Soyaen MON 87769 har fått to nye gen som kodar for enzym som gjer at planten produserer stearidonsyre, som er ein forløpar for den lengre omega-3-feittsyra EPA, eikosapentaensyre. Vanleg soya manglar enzyma som lagar stearidonsyre og lengre feittsyrer. Genet for enzymet Δ6-desaturase er henta frå kaukasusnøkleblom, *Primula Juliae*. Det nye enzymet gjer at den korte omega-3-feittsyra α-linolensyre blir omdanna til stearidonsyre. Det andre nye genet kodar for enzymet Δ15-desaturase og kjem frå muggsoppen *Neurospora crassa*. Δ15-desaturase sørgjer for at andre reaksjonar Δ6-desaturase tek del i, ikkje utkonkurrerer produksjonen av stearidonsyre. Figuren viser kva for reaksjonar som skjer.

Promotoren, gensekvensen som gjer at produksjonen av stearidonsyre startar opp, verkar berre i frø. Derfor blir stearidonsyra laga berre i frøa, som oljen blir utvunnen frå, og ikkje i blad, røter eller stengel.



Figuren viser feittsyrer i omega-3- og omega-6-familien. Reaksjonane som dei nye enzyma påskundar i soyaen MON 87769, er markerte i grått. I vanleg soya skjer ikkje reaksjonane som Δ6-desaturase tek del i. Dei einaste fleirumetta feitt-syrene i vanleg soya er α-linolensyre og linolsyre. Figuren viser òg kor mange karbonatom og dobbeltbindingar feittsyrene har. Eksempel: 18:4 tyder atten karbonatom og fire dobbeltbindingar. Dei stipla pilene viser reaksjonsvegane som gjer at lange feittsyrer blir danna i dyr og menneske. Dei fleste plantar lagar ikkje dei lengste feittsyrene.

betennelsesreaksjonar i kroppen. Ei av kjeldene til omega-6 er ferdigmat som inneheld soya. Ein mogleg fordel med den nye genmodifiserte soyaen er at han inneheld meir omega-3 og mindre omega-6. Før genmodifiseringa var det seks gonger så mykje omega-6 som omega-3, i soyaen medan forholdet etter genmodifiseringa var omtrent ein til ein.

Andre alternativ

Genmodifiserte plantar som produserer nye feittsyrer, er vanskelege å lage. Dess lengre feittsyrer, dess fleire nye gen trengst. Nokre firma jobbar med å setje inn gen frå algar som lagar EPA og DHA, i plantar. Andre arbeider med å få algar til å produsere EPA og DHA i større skala, med eller utan genmodifisering. Bioteknologinemnda ber Monsanto gjere greie for korfor den nye soyaen deira skulle vere ei betre kjelde til sunne omega-3-feittsyrer enn andre alternativ, som fisk, sjødyr, algar og andre genmodifiserte plantar. Ville det ikkje vere betre med ein plante som produserte dei lange feittsyrene direkte i staden for ein forløpar med uvisse eigenskapar? Det er ikkje sikkert at soya med stearidonsyre er den beste løysinga. ◆

Les høyringssvaret frå Bioteknologinemnda på www.bion.no.

Vil vi heller ha omega-3 frå genmodifisert soya enn frå fisk? Foto: yaymicro.com.

«Rekna som trygg» eller «vesentleg lik»?

Det amerikanske mat- og legemiddeltilsynet, U.S. Food and Drug Administration (FDA), har godkjent den genmodifiserte soyaen MON 87769 under den såkalla GRAS-ordninga. Det gjer at matprodusentane kan starte å prøve ut soyaoljen i produkta sine. GRAS står for «Generally recognized as safe» og er eit omgrep som blir brukt om mat eller matingrediensar som har vore vanlege i alle år og derfor må reknast som trygge å ete. Dersom ein til dømes får godkjent eit tilsetjingsstoff som GRAS, treng ein ikkje å undersøke om det er skadeleg. Monsanto argumenterer med at produkt som inneheld stearidonsyre, allereie er i bruk som kosttilskot. Eitt av kosttilskota er solbærolje med to til seks prosent stearidonsyre. Olje frå planten ormehovud, *Echium plantagineum*, som har opptil 12 prosent stearidonsyre, er godkjent under «ny mat»-forordninga i EU. Men ingen av desse produkta inneheld stearidonsyre i slike mengder som oljen frå soyaen MON 87769. Trass i dette meiner Monsanto ein kan seie at soya med stearidonsyre er trygg å ete. Denne påstanden må EU no vurdere.

I USA treng ikkje produsentane gjere studiar for å vurdere om det er helseskadeleg å ete genmodifiserte plantar. Det er fordi ein ser på desse plantane som «vesentleg like» dei ikkje-genmodifiserte variantane når det gjeld næringsinnhald (engelsk: «substantially equivalent»). Omgrepet «vesentleg lik» blir brukt både av FDA og OECD (Organisasjonen for økonomisk samarbeid og utvikling).
Ein soya som toler sprøytemiddel eller produserer insektgift, har berre fått eitt nytt gen, og bortsett frå det eine nye proteinet som blir laga frå dette genet, er næringsinnhaldet som før. Men når soyaen inneheld 20–30 prosent av ei ny feittsyre og tilsvarande mindre av andre feittsyrer, kan MON 87769 ikkje lenger reknast som vesentleg lik vanleg soya. Bioteknologinemnda meiner derfor at ein ikkje kan bruke FDA-godkjenninga som argument når ein slik genmodifisert soya skal vurderast.

Ny, insektresistent soya

Syttisju prosent av soyaen som vart dyrka i verda i 2009, var genmodifisert. Det er soya som toler sprøytemiddel med til dømes glyfosat og glufosinat-ammonium. Monsanto har no utvikla ein soyaplante, kalla MON 87701, som er resistent mot skadeinsekt. Denne planten produserer insektgifta Cry1Ac. Genet for proteinet Cry1Ac stammar frå jordbakterien *Bacillus thuringiensis* og er frå før brukt i insektresistent mais og bomull. Dei største produsentane av soya i verda er Brasil, USA og Argentina. Soyaen MON 87701 er utvikla for dyrking i Sør-Amerika, av di det er der soyaavlingane blir truga av skadeinsekta som Cry1Ac verkar mot. No har Monsanto søkt om å få godkjent denne planten saman med ei addert linje (kryssing mellom to typar genmodifiserte plantar) som både produserer Cry1Ac og toler sprøytemiddel med glyfosat. Den kryssa linja vart godkjent for dyrking i Brasil i august 2010, medan Noreg har fått søknader om import til mat og fôr til høyring gjennom EU.

Les dei to høyringssvara frå Bioteknologinemnda på www.bion.no.

Uklar lovgivning for gener som gir

resistens mot antibiotika

Forskere bruker gener for antibiotikaresistens for å skille planter som har blitt genmodifisert fra de som ikke har blitt genmodifisert. Foto: iStockphoto.

I den norske lovgivningen er det et forbud mot næringsmidler og fôr som inneholder gener som gir antibiotikaresistens. Regelverket er imidlertid uklart for andre anvendelsesområder, som for eksempel dyrking og industriell bruk.

Tage Thorstensen

GENER SOM GIR motstandsdyktighet (resistens) mot antibiotika som brukes innen medisin eller veterinærmedisin, er kontroversielle fordi det er en viss frykt for at de skal kunne overføres til sykdomsfremkallende bakterier. Sykdommer som forårsakes av disse bakteriene, kan da ikke lenger behandles med antibiotika fordi bakteriene har fått overført genet som gjør dem resistente. I nyere typer genmodifiserte planter er markørgener (se tekstboks) som koder for antibiotikaresistens, stadig oftere erstattet med andre typer markører som ikke er så kontroversielle, eller har mekanismer som gjør at de kan tas ut. Likevel er det allerede mange planter som inneholder gener for antibiotikaresistens på markedet, og det søkes fortsatt om nye godkjenninger for planter som inneholder slike gener (se sak om den genmodifiserte Amflora-poteten s. 4). En av årsakene til at de fortsatt inngår i nye søknader, er at søknadsprosessene ofte tar mange år fra utvikling til endelig godkjenning. Mange av disse plantene ble derfor utviklet flere år før de mulige negative konsekvensene ved bruk av gener for antibiotikaresistens ble kjent.

Vurdering av gener for antibiotikaresistens i EU

EU har tradisjonelt vært restriktiv til bruk av antibiotikaresistensgener. I EU-direktiv 2001/18 heter det at genmodifiserte planter som inneholder gener som koder for resistens mot antibiotika som brukes i veterinærmedisinsk eller medisinsk behandling, bør fases ut innen utgangen av 2004. I april 2004 kom imidlertid EUs eget helse- og miljørisikovurderingsorgan EFSA (European Food Safety Authority) med en rapport hvor de ikke gikk inn for et generelt forbud mot gener for antibiotikaresistens. I stedet delte

» ... gener som koder for resistens mot antibiotika som brukes i veterinærmedisinsk eller medisinsk behandling, bør fases ut ...

FAKTA

Hvorfor antibiotikaresistensgener?

For å gi en plante en ny egenskap kan arvematerialet genmodifiseres (endres) ved at det for eksempel settes inn et gen som koder for den nye egenskapen. For å skille de genmodifiserte plantene fra de som ikke er modifisert kobles det ofte et markørgen sammen med genet man ønsker å tilføre (GENialt 1/2010, s. 6).

Et markørgen er et gen som gjør at det er mulig å identifisere alle cellene eller organismene som har fått det nye genet. Det kan for eksempel være et gen som gjør at cellene lyser, at de kan vokse på en annen energikilde enn organismen som ikke er modifisert, eller at de kan bli resistente, motstandsdyktige, mot antibiotika.

Et slikt markørgen er spesielt viktig i en tidlig fase av utviklingen hvor de nye egenskapene ikke er tydelige ennå, eller i tilfeller hvor den tilførte egenskapen ikke gjør at organismen forandrer utseende. Markørgenet gjør det dermed lettere og mer effektivt å velge ut organismer som har fått de nye egenskapene.

De vanligste markørgenene tradisjonelt sett koder for antibiotikaresistens som gjør at de genmodifiserte plantene, i motsetning til de ikke-modifiserte, kan vokse på næring som inneholder antibiotika.

de genene for antibiotikaresistens inn i tre ulike grupper, der gener i gruppe 1 kan brukes uten restriksjon, mens gener i gruppe 3 ikke bør brukes.

Verdens helseorganisasjon (WHO) og det europeiske legemiddelkontoret (EMA) vurderte i 2007 de ulike antibiotikaene etter deres nytteverdi innen veterinær- og humanmedisin, og rangerte dem etter hvor viktige de er. Både WHO og EMA sier at antibiotikaene neomycin og kanamycin er «veldig viktige». Kanamycin brukes blant annet som reservemedisin mot multiresistente bakterier som forårsaker tuberkulose. Genet *nptII*, som gir resistens mot neomycin og kanamycin, brukes ofte som markørgen i genmodifiserte planter. På tross av direktivet og anbefalingene fra WHO og EMA har EFSA plassert *nptII*-genet i gruppe 1 for antibiotikaresistensgener, som betyr at det kan brukes ubegrenset. EFSA hevder at man ikke risikerer å ødelegge den terapeutiske effekten av neomycin og kanamycin ved at *nptII*-genet brukes i genmodifiserte planter. Denne vurderingen er imidlertid svært kontroversiell også innad i EU. Noen land, for eksempel Ungarn og Østerrike, er svært kritiske til EFSAs vurdering av gener for antibiotikaresistens, og deres holdninger er basert på en risikovurderingsrapport som er laget på initiativ fra østerrikske myndigheter.

Norsk lovgivning for gener som koder for antibiotikaresistens

Den norske lovgivingen for gener som koder for antibiotikaresistens, er etter Bioteknologinemndas mening uklar på bruksområder som ikke gjelder mat eller fôr. I den norske genteknologiloven er det ikke nedfelt et absolutt forbud mot organismer som inneholder gener som koder for antibiotikaresistens. Likevel forbyr forskrift om fôrvarer (2002-11-07), § 5, å: «tilvirke, importere og framby fôrvarer som inneholder gener som koder for antibiotikaresistens, der disse genene er tilført ved genmodifisering og kan påvises i sluttproduktet.» Det er også et tilsvarende forbud mot gener som koder for antibiotikaresistens i næringsmidler og næringsmiddelingredienser som trådte i kraft 1. juni 2002. Dette forbudet er imidlertid ikke absolutt siden Mattilsynet kan gi dispensasjon fra forskriften i særlige tilfeller.

Forbudene mot gener som koder for antibiotikaresistens i genmodifiserte planter som er nedfelt i forskriftene, gjelder anvendelsesområdene mat og fôr. Forbudene gjelder derfor, etter Bioteknologinemndas tolking, ikke direkte for andre bruksområder, der det ikke søkes om bruk til mat eller fôr. Et eksempel på anvendelse som ikke reguleres av forbudet, er industriell bruk og dyrking av poteten Amflora, som nå er til vurdering hos norske myndigheter (se s. 4).

Nye retningslinjer må på plass

Det særlige forbudet mot gener for antibiotikaresistens i fôrvarer og næringsmidler er etter Bioteknologinemndas mening ikke i samsvar med den mer generelle formuleringen i Matmeldingen (St. meld. nr.40, 1996-1997). Der vedtok Stortinget 18.06.97: «Stortinget ber Regjeringen om å forby produksjon, import og utsetting av alle genmanipulerte produkter som inneholder gener som koder for antibiotikaresistens, og å arbeide for internasjonale forbud på dette området.»

Bioteknologinemnda mener at for å ivareta en føre-var-holdning må en slik generell formulering også gjenspeiles i loven, og ikke bare gjelde næringsmidler og fôr. Dette er i tråd med EU-direktiv 2001/18. Bioteknologinemnda har derfor sendt et brev til Miljøverndepartementet for å få klargjort hva slags retningslinjer som gjelder. ◆

Se Bioteknologinemndas brev til Miljøverndepartementet på www.bion.no.

Kan genmodifiserte plantar bidra til berekraftig utvikling?

Kva økologiske, økonomiske og sosiale følgjer kan det ha å dyrke genmodifiserte plantar som toler skadeinsekt?

Audrun Utskarpen

DESSE SPØRSMÅLA vart drøfta på fagseminaret som Bioteknologinemnda og Direktoratet for naturforvaltning heldt i Oslo den 20. september.

Berekraft i genteknologiloven

Den norske genteknologiloven frå 1993 stiller krav om at ein genmodifisert plante skal bidra til berekraftig utvikling. Bakgrunnen for dette var arbeidet til Brundtlandkommisjonen med berekraftig utvikling. No har Bioteknologinemnda og Direktoratet for naturforvaltning oppretta ei *ad hoc*-gruppe som skal sjå på kva for konkrete krav Noreg bør stille til produsentane når det gjeld berekraft (sjå GEN*i*alt 2/2010 s. 11). Fagseminaret vart halde som eit ledd i arbeidet til gruppa.

Lærdom frå den grøne revolusjonen

Professor Magnus Jirström frå Lunds universitet i Sverige har forska på sosiale og økonomiske verknader av den grøne revolusjonen i Asia. Av denne forskinga kan det vere lærdom å hente for framtidige endringar i jordbruksteknologi, slik som bruk av genmodifiserte plantar.

Jirström meinte at ein ikkje berre må sjå på den grøne revolusjonen som eit resultat av ny teknologi, som nye såvarer, kunstgjødsel og sprøytemiddel. Like viktig var dei politiske avgjerdene som sette fart i produksjonen. Det offentlege investerte i forsking, ofte i internasjonale senter som delte informasjon over landegrensene. Det vart gitt støtte til infrastruktur og distribusjonsmåtar for ny teknologi, i tillegg til kredittordningar for småbønder. Medan det offentlege finansierte ny teknologi under den grøne revolusjonen, er det i dag private selskap som utviklar og sel nye plantar.

Dersom ny bioteknologi skal kunne redusere fattigdommen blant småbønder i utviklingsland, må teknologien vere like nyttig for desse bøndene som for dei som driv jordbruk i stor skala, sa Jirström. Teknologien må vere lønnsam og gi stabil nok inntekt. Her viser det seg at lågare produksjonskostnader ofte er viktigare enn større utbytte. Ein må òg sjå på korleis fordelinga av arbeidsoppgåver og inntekt endrar seg mellom menn og kvinner innafor det enkelte hushaldet. Det er dessutan viktig å ta omsyn til heile produksjonskjeda, både dyrking, foredling, transport og lagringstilhøve. Når ein skulle forske på endringar i jordbruksteknologi, viste det seg å vere svært nyttig med nye studiar på same staden over fleire år. Kontrollområde og kontrollprøver må òg fastleggjast ved starten av slike prosjekt, understreka Jirström.

Plantar som toler skadeinsekt

For å avgrense arbeidet har ekspertgruppa til Bioteknologinemnda og Direktoratet for naturforvaltning i første omgang konsentrert seg om genmodifiserte plantar som toler skadeinsekt (sjå tekstboks). Insektresistente plantar var derfor tema for resten av foredraga.

Bt-gift påverkar naturmiljøet

Angelika Hilbeck frå Universitetet i Zürich i Sveits og Thomas Bøhn frå GenØk – Senter for biotryggleik i Tromsø har forska på korleis insektresistente plantar (Bt-vekstar) påverkar naturmiljøet. Dei kunne dokumentere at Bt-vekstane var giftige for fleire organismar i jord og vatn. Meir enn 80 prosent av maisplanten blir igjen på

FAKTA

Bt-vekstar

Insektresistente genmodifiserte plantar har fått eitt eller fleire nye gen frå jordbakterien *Bacillus thuringiensis* (Bt) som gjer at dei produserer insektgift, og dei blir derfor gjerne kalla Bt-vekstar. Insektgifta tek livet av visse typar skadeinsekt og blir produsert i alt vev gjennom heile livsløpet til planten. Giftstoffet som bakterien lagar, verkar ikkje før det kjem ned i tarmen til insekta. Insektgifta som plantane lagar, er derimot verksam heilt frå ho blir produsert. Derfor er det viktig å forske på den genmodifiserte planten og ikkje berre gifta frå bakterien, slik det ofte er blitt gjort.

Er genmodifisert mais som lagar insektgift, berekraftig? Foto: yaymicro.com.

åkeren etter haustinga. Denne biomassen hamnar i økosystema på land, i jorda og i vassdrag. Slik får dyr, plantar og mikroorganismar i seg insektgifta gjennom maten.

Resistente skadeinsekt

I Sør-Afrika er skadeinsekta ifølgje Bøhn no blitt motstandsdyktige mot insektgifta frå Bt-maisen MON 810. Produsenten Monsanto gir derfor bøndene sprøytemiddel mot insekta medan selskapet utviklar nye sortar Bt-mais. Dei nye sortane produserer fleire typar Bt-insektgift i same plante. Ulempa er da at plantane kan skade fleire organismar som ikkje er blant skadeinsekta. Òg i åkrar med genmodifisert bomull i India og USA er skadeinsekta blitt meir resistente.

Insektgifta som plantane produserer, fører til at det minkar med skadeinsekt ikkje berre i åkeren, men òg i vegetasjonen rundt. Da kan nye slag skadeinsekt, som ikkje fanst i området frå før, rykke inn. I Kina har no nye typar skadeinsekt teke over i bomullsåkrane etter at dei opphavlege skadeinsekta forsvann på grunn av insektgifta.

– Ein kan ikkje sjå på dei nye genmodifiserte plantane berre som eit ekstra kjemikalium som ein bruker i åkeren, sa Hilbeck. For å vurdere om dyrkinga er berekraftig må ein sjå på heilskapen. Dersom ein plante er genmodifisert til å tole sprøytemiddel, må ein òg forske på verknadene av sprøytemiddelet og ikkje berre planten og det nye proteinet han produserer.

Modell for miljørisiko og måling av langtidsverknader

Hilbeck drøfta korleis ein kan lage ein god modell for vurdering av miljørisiko. Spørsmåla og forskingshypotesane i risikovurderinga byrjar der spørsmåla til produsentane sluttar, meinte ho. Etter at genmodifiserte plantar som toler sprøytemiddel, er tekne i bruk i Brasil og Argentina, har bruken av landareala endra seg mykje: Nye område er dyrka opp, jordbruket er blitt meir intensivt, og stadig færre plantesortar blir dyrka. Bruken av sprøytemiddel og rotasjonen av vekstar frå år til år har endra seg. Ingen av dei største produsentlanda, USA, Brasil og Argentina, har eit godt system for å følgje opp og måle langtidsverknader systematisk, sa Hilbeck. Sjølv etter 15 års dyrking av genmodifiserte landbruksvekstar, er det derfor lite vi veit sikkert om langtidsverknadene.

» Òg i åkrar med genmodifisert bomull i India og USA er skadeinsekta blitt meir resistente.

Langtidsverknader på miljøet

Achim Gathmann frå The Federal Office of Consumer Protection and Food Safety i Berlin har vore med og skrive BEETLE-rapporten på oppdrag frå EU. Rapporten var ferdig i 2007, og tek for seg langtidsverknader (verknader etter 10–20 år) av genmodifiserte plantar på helse og miljø. Forskarane har blant anna gått gjennom over 700 publikasjonar om miljøverknader. I BEETLE-rapporten sette dei opp ei prioritert liste over dei viktigaste moglege langtidsverknadene. Som nummer ein kom følgjene av endra driftsmåtar i landbruket, til dømes at sprøytemiddelbruken endra seg på grunn av Bt-vekstane.

Gathmann sa at det berre var to typar langtidsverknader som var godt dokumenterte: for det første at målinsekta utviklar resistens mot insektgifta og dernest at ugras blir resistent mot sprøytemiddel. Rapporten konkluderte med at andre negative langtidseffektar ikkje var påviste i storparten av studiane. Men når vi etter kvart får nye plantar som produserer fleire typar insektgift i same planten, kan faren for å utvikle allergiar auke av di ein får fleire allergen, sa Gathmann. Det kan vere allergiar både mot Bt-veksten i seg sjølv og mot andre matvarer.

Indikator for samfunnsøkonomisk lønnsemd

Ut frå økonomisk teori har forskarane i ECOGEN-prosjektet laga ein indikator for kost-nytte-analysar av genmodifiserte plantar. Justus Wesseler frå Wageningen-universitetet i Nederland fortalde om resultata frå dette prosjektet, som var ferdig i 2008. Indikatoren gir uttrykk for den høgaste irreversible kostnaden samfunn eller individ er villige til å betale for å få del i goda som følgjer med dyrking av genmodifiserte plantar. Denne kostnaden vart rekna ut for enkeltindivid, nasjonar og EU og samanlikna med nytten.

Utrekningane kombinerer omsynet til miljøet og økonomiske effektar, og skil mellom reversible og irreversible verknader. Døme på reversible gode er auka utbytte og inntekter til bøndene, medan irreversible verknader kan dreie seg om følgjene av endringar i sprøytemiddelbruk, talet på sprøytingar, dieselbruk per »

sprøyting og CO_2-utslepp. Ein skil òg mellom inntekter og utgifter og kva innsatsfaktorane kostar for firma og for privatpersonar som bønder og forbrukarar.

Wesseler meinte at det var store økonomiske fordelar med insektresistent mais på grunn av mindre avlingstap. Negative miljøverknader var ikkje godt nok dokumenterte, ifølgje ECOGEN-rapporten. Konklusjonen i prosjektet var at kostnadene ved insektresistent mais ikkje var høgare enn samfunnet kunne godta. Derfor kunne ein halde fram med å dyrke slike plantar.

Sameksistens i Spania

Spania er det landet i Europa som dyrkar mest genmodifisert mais. Den insektresistente maisen MON 810 er blitt dyrka i regionane Catalonia og Aragon sidan 1998. Rosa Binimelis frå Universitat Autònoma de Barcelona har forska på sameksistens mellom genmodifisert og ikkje-genmodifisert mais, med andre ord korleis det går å dyrke dei side om side i same området. Som eksempel tok ho for seg økologisk dyrka mais, som må vere fri for ureining frå genmodifisert mais for å kunne seljast som økologisk. I dag er 95 prosent av maisproduksjonen i Spania organisert i samvirke, som tek seg av alt frå innkjøp av utstyr til produksjon og sal.

Det er nærast umogleg å unngå krysning mellom økologisk dyrka og genmodifisert mais, og arealet som blir dyrka økologisk, har minka sidan 1998. Som økologisk bonde kan du få kompensasjon dersom avlingane dine blir ureina. Men det er vanskeleg å måle og å prove ureininga. Binimelis sa at bønder som driv økologisk kvir seg for å rapportere og saksøkje naboar. Nokre bønder blir òg utsette for trugsmål. Binimelis sa at ingen av lovframlegga om sameksistens i Spania er vedtekne, og ho ønskte meir offentleg debatt om genmodifisert mais. Ein kan ikkje krevje at sameksistens skal vere mogleg utan konfliktar, men styresmaktene bør ikkje overlate ansvaret til enkeltbønder, meinte ho. Binimelis etterlyste til slutt meir systematisk forsking på biotryggleik, særleg på sosioøkonomiske følgjer av å ta i bruk genmodifiserte plantar. ◆

Du kan sjå video frå møtet på bioteknologinemnda.blip.tv.

Genmodifisert laks

med ekstra veksthormon

Hvis den genmodifiserte laksen AquAdvantage godkjennes i USA, vil det være første gang et genmodifisert dyr blir godkjent for matproduksjon. Produsenten har ennå ikke sendt noen søknad til EU eller Norge.

Tage Thorstensen

GENMODIFISERTE PLANTER til bruk i matproduksjon har eksistert i mange år allerede, men ingen genmodifiserte dyr er hittil godkjent til mat, selv om mange forskningslaboratorier jobber med å utvikle slike dyr.

Det første produktet fra et genmodifisert dyr som er godkjent for bruk i mennesker, er den antikoagulerende (blodfortynnende) medisinen ATryn som ble godkjent av U.S. Food and Drug Administration (FDA, det amerikanske mat- og legemiddeltilsynet), i 2009. Den produseres fra melken til genmodifiserte geiter. En annen søknad som er inne til vurdering hos FDA, er den genmodifiserte grisen Enviropig, som har mindre fosfor i avføringen. Grisen er utviklet for å være mindre belastende for miljøet.

Rasktvoksende laks

Bioteknologiselskapet AquaBounty har en søknad om godkjenning av den genmodifiserte atlanterhavslaksen AquAdvantage til vurdering hos FDA. Det ventes at denne laksen blir det første genmodifiserte dyret som godkjennes for matproduksjon. AquAdvantage-laksen er genmodifisert slik at den vokser mye raskere enn vanlig laks, men den blir ikke større. Laksen kan slaktes etter 16 til 18 måneder i stedet for tre år. For å få til en slik rask vekst har laksen fått satt inn et gen for et veksthormon fra en annen type laks. Genet styres av en «bryter» (promotor) fra ålekvabbe-fisken. I ålekvabbe regulerer bryteren produksjonen av et antifrysprotein som gir ålekvabbe evnen til å leve under veldig lave temperaturer. Den kuldetilpassede bryteren gjør at veksthormongenet i AquAdvantage-laksen kan skrus på også ved lave temperaturer. På den måten kan veksthormon produseres uavhengig av temperatur. Laksen vokser derfor jevnt hele året i stedet for bare om våren og sommeren.

Nye muligheter

Fordelen med rasktvoksende laks er at mer laks kan produseres på kortere tid, og dermed blir den økonomiske gevinsten større for produsenten. Produsenten argumenterer også med at denne typen rasktvoksende dyr er viktig for å dekke verdens matbehov, som ventes å øke på grunn av befolkningsveksten. For å hindre utilsiktet spredning av laksen, er eggene behandlet slik at det bare utvikles sterile hunner. Laksen er også tilpasset slik at den kan holdes i dammer eller tanker i innlandet for å redusere risikoen for rømming og forurensing til havet. En slik type laks er derfor en mindre fare for villaksstammene. En laks som når slaktevekten på halvparten av tiden, er også en mindre miljøbelastning,

Den genmodifiserte laksen AquAdvantage vokser mye raskere enn vanlig laks. Foto: AquaBounty Technologies.

fordi den har bedre fôrutnyttelse og derfor trenger mindre mat og ressurser.

Kontroversiell FDA-vurdering

Det er mange år siden AquaBounty søkte om godkjenning av AquAdvantage første gang, men det ventes nå at en endelig godkjenning kan komme ganske raskt. Forskerne hos FDA har i sin rapport fra september vurdert AquAdvantage-laksen som sikker for helse og miljø. I sin vurdering konkluderer FDA med at mat fra AquAdvantage er det samme som mat fra annen atlanterhavslaks. De mener også at det ikke er noen som helst biologisk relevant forskjell mellom AquAdvantage og atlanterhavslaks. Etter amerikansk lov er det derfor ingen krav om at laksen må merkes som genmodifisert.

Hos andre arter har dyr med ekstra veksthormoner ofte flere misdannelser og plager som skyldes den raske veksten. FDA rapporterer at de finner det bevist at det er en minimal økning i misdannelser i blant annet skjelett og kjeve hos den genmodifiserte laksen, men at økningen er så liten at de anser genmodifiseringen som ufarlig for laksen.

Både eventuell godkjenning og merking av laksen er svært kontroversielt også i USA. I september arrangerte FDA offentlige møter for den veterinærmedisinske vitenskapskomiteen der teknologien bak AquAdvantage og resultatene av FDAs risikovurdering ble diskutert. De holdt også et offentlig møte der de orienterte om lovgivingen for merking av AquAdvantage etter en eventuell godkjenning. På disse møtene fikk også eksterne forskere og forbrukerorganisasjoner uttale seg. Men selv om flertallet av forskerne var enige i at laksen sannsynligvis er trygg, mente de at de tilgjengelige dataene var for dårlige og at det trengtes mer forskning før AquAdvantage-laksen blir godkjent for matproduksjon.

> » Fordelen med rasktvoksende laks er at mer laks kan produseres på kortere tid ...

Mye av kritikken mot FDA går ut på at uavhengige forskere og organisasjoner ikke får godt nok innsyn i godkjenningsprosessen, og at vurderingene til FDA i hovedsak er basert på AquaBountys egne data.

Norge og EU har ikke fått søknad

Selv om det kan være mange fordeler med rasktvoksende laks, er det også mulige farer for helse og miljø som må vurderes før en eventuell godkjenning i Norge. Bioteknologinemnda har fulgt søknadsprosessen for AquAdvantage-laksen i USA med interesse, men har ikke diskutert om en slik laks vil være aktuell for godkjenning i Norge. Dette skyldes at produsenten ennå ikke har søkt om en slik godkjenning verken i Norge eller EU. Når en slik søknad foreligger, vil Bioteknologinemnda på bakgrunn av produsentens dokumentasjon og tilgjengelig uavhengig dokumentasjon, ta stilling til om laksen er etisk forsvarlig, er samfunnsnyttig og om produksjonen av fisken er bærekraftig. I tillegg vil det vurderes om fisken kan være en risiko for helse og miljø.

Det er ikke noe forbud mot genmodifiserte organismer i den norske lovgivningen så lenge de oppfyller vurderingskravene. Ved vurdering av tidligere søknader for genmodifiserte organismer er det blant annet lagt stor vekt på at den genmodifiserte organismen ikke skal krysse seg med beslektede arter i nærmiljøet, og at den ikke skal være skadelig for konsumenten, for eksempel ved å gi allergier. Slike faktorer vil også vurderes før en eventuelt kan tillate oppdrett og salg av genmodifisert laks. Det er Miljøverndepartementet som gir endelig godkjenning i slike saker. ◆

Miljøvennleg drivstoff frå

mikroalgar?

Mikroalgar blir sett på som ei lovande kjelde til miljøvennleg biodrivstoff. Men ein treng teknologisk utvikling på mange felt for at dette skal bli berekraftig og økonomisk lønsamt.

Norunn K. Torheim

Oljeprisane stig, energibehovet aukar og miljøproblema veks. Derfor prøver forskarane å finne meir miljøvennlege drivstoff.

Meir miljøvennleg

I dag blir mikroalgar først og fremst brukte til å lage kostbare produkt som omega-3-feittsyrer og karotenoid som blir brukte i mat og fôr. Men mikroalgar omdannar karbondioksid til karbonrike feittstoff mykje meir effektivt enn jordbruksplantar som inneheld olje, utan å leggje beslag på landjord. Frå oljen kan ein lage biodiesel. Derfor er mikroalgar gode produksjonseiningar for miljøvennleg biodrivstoff.

Teknologisk utvikling nødvendig

For å dekkje behovet for transportdrivstoff i Europa treng ein 0,4 milliardar kubikkmeter biodrivstoff per år, og då må mikroalgane dyrkast i tusen gonger større skala til ein tiandedel av kostnaden samanlikna med i dag. For å få effektive bioraffineri trengst det teknologisk utvikling på fleire felt. For det første må ein lære meir om dei biokjemiske prosessane i mikroalgane og utvikle mikroalgestammar som eignar seg for denne bruken. For det andre må ein oppskalere prosessane og få på plass ei produksjonskjede med god logistikk.

Biologisk kunnskap

Forbetring av produksjonsprosessen når det gjeld for eksempel penicillin frå sopp, har ført til 5000 gonger høgare produktivitet enn for femti år sidan. Ein tenkjer seg at produksjonen av biodrivstoff frå mikroalgar kan gå gjennom ei tilsvarande utvikling. Eit ledd i ei slik utvikling vil vere å leite etter mikroalgestammar som eignar seg spesielt godt. Ein kan òg ta i bruk genteknologiske metodar for å optimalisere stammane.

I dag må ein utsetje algane for stressreaksjonar for at dei skal produsere meir feittstoff. Men dess meir feittstoff dei lagar, dess mindre veks dei, og då går produktiviteten ned. Betre kjennskap til korleis feittstoffa blir danna kan gi auka produktivitet. Her vil òg kunnskap om arvestoffet til algane vere nyttig.

Sollys

For å lage feittstoff frå mikroalgane treng ein lys, vatn, karbondioksid (CO_2), nitrogen og fosfor. Men ei utfordring er å unngå at for mykje sollys overbelastar fotosyntesesystemet slik at produktiviteten går ned.

Forsking i laboratoriet for å finne fram til mikroalgestammar som kan brukast til å lage biodrivstoff, er nødvendig for at produksjonen skal bli miljøvennleg og økonomisk lønsam. Foto: Science Photo Library/Scanpix.

Dette kan ein motverke ved blant anna å redusere mengda lys på overflata til bioreaktorane ein dyrkar mikroalgane i. Ei løysing er å ha vertikale reaktoreiningar i vatn.

Vatn

Mikroalgar krev mykje mindre vatn enn jordbruksplantar. Til å lage éin liter biodrivstoff frå landbruksplantar treng ein 10 000 liter vatn. Med mikroalgar treng ein truleg berre 1,5 liter vatn for å lage éin liter biodrivstoff. Men ein treng òg vatn for å kjøle ned produksjonssystemet, så i praksis trengst mykje meir. Ved å ta i bruk varmeutveksling med saltvatn, ville ein fått redusert bruken av ferskvatn. Mikroalgar kan òg dyrkast i salt sjøvatn. Ein kan til og med dyrke dei i ørkenen, berre det finst vassførande bergartar der. Ein kan òg dyrke mikroalgane i innsjøar eller i havet dersom ein har vern mot vinden.

Karbondioksid

Ein treng store mengder CO_2 for å få store mengder biomasse. Overskot av CO_2 frå blant anna forbrenning av drivstoff er eit miljøproblem, så det hadde vore bra om ein kunne brukt overskotet til noko nyttig, slik som algedyrking. Spørsmålet er korleis ein skal transportere karbondioksidet dit ein treng det.

Nitrogen og fosfor

Hovudnæringsstoffa til mikroalgane er fosfor og nitrogen. Dersom ein skulle lage nok biodrivstoff til å dekkje behovet for drivstoff i Europa, ville ein trunge meir enn dobbelt så mykje av desse to stoffa som det ein i dag bruker til å lage gjødsel i Europa. Dersom produksjonen skal vere berekraftig, må ein derfor bruke det som er igjen av reststoff i algane og resirkulere næringsstoffa.

Ferdig produkt

Når ein skal hauste biomasse frå mikroalgane, er metoden gjerne sentrifugering. Men fordi prosessen gir lite utbytte, er dyr og energikrevjande, må det utviklast betre løysingar. Det er òg mange uløyste problem med utvinning av olje frå biomassen. Oljen må blant anna utvinnast på ein måte som gjer at ein ikkje øydelegg for eksempel protein, karbohydrat og omega-3-feittsyrer som kan brukast til andre produkt.

Berekraftig og lønsam?

Forskarane peikar på at det ikkje vil bli økonomisk lønsam produksjon av biodrivstoff frå mikroalgar utan at ein kombinerer produksjon av biodrivstoff med produksjon av kjemikalium og mat- eller fôringrediensar. Dersom ein for eksempel får produsert protein samtidig, vil det kunne erstatte dagens produksjon av protein frå soya og vel så det.

Det kan ta ti til femten år før vi får berekraftig og økonomisk lønsam kommersiell produksjon av biodrivstoff frå mikroalgar. Miljøforskarane må vere med i utviklingsarbeidet, og dei må gjere livssyklusanalysar av produksjonsprosessen og måle verknaden på det biologiske mangfaldet på jorda. ◆

FAKTA

Drivstoff

Vanleg bensin og diesel blir laga frå råolje som blir pumpa opp frå havbotnen.

Råolje består av mange ulike kjemiske forbindelsar. Alkan er hydrokarbonkjeder i råolje og som kan brukast som drivstoff. Eksempel på alkan er heptan og oktan.

Biodrivstoff kan blant anna lagast frå olje frå vegetabilske eller animalske kjelder. Her er det feittstoffa i oljen som blir brukt til å lage drivstoffet.

Kjelde:
Wijffels, R. H. og Barbosa. M. J. (2010) An Outlook on Microalgal Biofuels, *Science* 329 (5993), 796–799.

Drivstoff frå bakteriar

Eit amerikansk firma har funne ut korleis bakteriar lagar molekyl som kan brukast som drivstoff. Kan dette vere framtidas energi?

Norunn K. Torheim

Alkan og alken er lange molekyl som er bygde opp av karbon og hydrogen. Desse molekyla er hovudkomponentane i fossilt brennstoff som bensin, diesel og jetdrivstoff. Eit firma i San Francisco har funne ut korleis bakteriar lagar alkan og alken.

Blågrønalgar

Forskarane har oppdaga og patentert to gen i blågrønalgar. Blågrønalgar blir òg kalla cyanobakteriar. Dei har enzym som omdannar feittsyremetabolittar (stoffskifteprodukt) til alkan og alken av den sorten som finst i drivstoff.

Genjakta

Forskarane fann dei to gena ved å samanlikne ein bakteriestamme som ikkje laga alkan med ti stammar som laga alkan og såg kva gen dei andre hadde som den første ikkje hadde. Dei fann 17 gen som ikkje var felles for dei to typane. Ti av gena hadde kjende funksjonar. Av dei sju andre var det to som peika seg ut på grunn av proteina dei danna. Forskarane sjekka at dei hadde riktige gen blant anna ved å setje gena inn i bakterien *Escherichia coli* (*E. coli*) og vise at *E. coli*-bakterien då skilde ut dieselliknande drivstoff. No driv firmaet og skalerer opp prosessen. Forskarane håpar at ein på denne måten skal få billig, fornybart transportdrivstoff.

Kjelde:
Schirmer A. et al. (2010) Microbial biosynthesis of alkanes, Science 329(5991), 559–62.

Bakteriar ryddar opp etter oljeutslepp

Bakteriar som bryt ned olje og gass og bakteriar som lagar emulsjon av olje i vatn, har fått ny merksemd etter oljeutsleppet i Mexicogolfen tidlegare i år. Kva kan desse bakteriane hjelpe oss med?

Norunn K. Torheim

ULYKKA PÅ OLJERIGGEN Deepwater Horizon i Mexicogolfen skjedde 20. april i år. Ulykka har ført til enorme oljeutslepp og store miljøskadar.

Ei gruppe amerikanske forskarar har undersøkt om bakteriar i havet kan vere med på å avgrense skadane frå utsleppet. Dei samla prøver frå djupt vatn i nærleiken av utsleppet og eit stykke unna frå 25. mai til 2. juni. Prøvene vart analyserte fysisk, kjemisk og mikrobiologisk. Studien er publisert i tidsskriftet *Science*.

Oppblomstring av bakteriar som bryt ned olje

Undersøkinga viste at bakteriemengda var større i utsleppsområdet enn utanfor. Det var òg ei anna samansetjing av bakteriar i utsleppsområdet. Genetiske undersøkingar viste at bakteriar av typen *Oceanospirillales*, som blir kalla gamma-proteobakteriar, dominerte i prøvene som inneheldt olje. Desse bakteriane er tidlegare observerte i marine miljø med låg temperatur, og dei er i nær slekt med bakteriar som bryt ned olje. Forskarane såg òg på samansetjinga av fosfolipidfeittsyrer og utførte mikroskopiundersøkingar som støtta funnet. Bakteriemengda samsvarte med mengda av alkan, som er eit hydrokarbon som finst i oljen. Dei fysiske og kjemiske analysane viste at det berre var innhaldet av hydrokarbon som var ulikt i prøvene.

Samsvar mellom gen og forureining

Ved å bruke såkalla mikromatriser, som er små brikker med genprøver på, kunne dei vise at mengda gen som kodar for oljenedbrytande protein, var høgare i oljeprøvene. Mengda av desse gena stemte overeins med konsentrasjonen av ulike oljeforureiningar. Konklusjonen vart at det blir fleire oljenedbrytande bakteriar ved oljeutslepp, og at bakteriane er med på å få oljen vekk frå havet.

Olje eller gass?

I ein studie som vart publisert i *Science* etter studien som er omtala over, har ei anna forskingsgruppe konkludert med at det først og fremst var naturgassar som propan og etan bakteriane forsynte seg av. I perioden 11. til 21. juni samla dei data for å sjå på mengda hydrokarbongassar og oksygen i vatnet. Dei såg at det var eit kraftig fall i oksygenkonsentrasjonen, og dei kom fram til at det kunne forklarast med kraftig bakterievekst. Dei meiner bakteriane åt naturgass til forrett, formeira seg kraftig og dernest forsynte seg av dei meir komplekse hydrokarbona i oljen som hovudrett. Men leiaren av denne forskingsgruppa stiller

» Konklusjonen vart at det blir fleire oljenedbrytande bakteriar ved oljeutslepp, og at bakteriane er med på å få oljen vekk frå havet.

Oljesøl som har nådd land. Bakteriar kan kanskje vere med på opprydding i framtida. Foto: Getty Images.

» Dei meiner bakteriane åt naturgass til forrett, formeira seg kraftig og dernest forsynte seg av dei meir komplekse hydrokarbona i oljen som hovudrett.

spørsmål ved kor mykje olje som eigentleg vart broten ned av bakteriar. Leiaren av den første studien meiner at studiane utfyller kvarandre og at bakteriane har ete både naturgass og olje. I alle tilfelle er det svært uvisst kor mykje olje som er att i havet og kva form denne oljen har. Råolje er ei blanding av mange ulike forbindelsar (sjå tekstboks s. 17), og bakteriane tek først føre seg av det som er lettast å bryte ned. Samansetjinga av den oljen som er igjen, endrar seg med tida, og kanskje søkk noko til botnen utan å blir brote ned.

Bakteriar som løyser opp olje

Ved SINTEF i Trondheim forskar dei på litt andre typar bakteriar som kan hjelpe til med å rydde opp etter oljeutslepp. Desse bakteriane har stoff på overflata som saman med mekaniske krefter fører til at oljen blir dispergert (finfordelt) som små dropar som blandar seg i vatnet slik at ein får emulsjon av olje i vatnet. Oljen blir då meir tilgjengeleg for bakteriar som kan bryte ned olje. Det blir òg lettare å få oljen vekk frå land.

– Slike bakteriar kan vere spesielt nyttige når oljen har nådd kysten. Då ser vi for oss at vi kan tilsetje slike bakteriar for å hjelpe til med å få vaska oljen ut i havet igjen, der den kan brytast ned av andre bakteriar, seier forskar Kjell Josefsen ved SINTEF Materialer og Kjemi i Trondheim.

Det er mange bakteriar i havet med ei viss evne til å emulgere olje, men gode oljeemulgerande bakteriar er sjeldne, seier Josefsen. Desse bakteriane er dessutan få frå starten av, og dei taper i konkurransen med andre bakteriar om næringsstoff som nitrogen, fosfor og jern. Derfor blir dei sjeldan eller aldri ein dominerande del av floraen etter eit oljeutslepp. Då blir oljen heller ikkje emulgert. Ved å tilsetje store mengder slike bakteriar etter eit oljeutslepp kan vi endre på dette.

Ved SINTEF har dei gjort lovande forsøk i laboratoriet. Dersom ein skal bruke bakteriane ute i naturen, er det viktig å ha bakteriestammar som er tilpassa miljøet, spesielt temperaturen, surleiken og saltmengda i vatnet. ◆

Kjelder:

- Hazen, T. C. et al. (2010) Deep-Sea Oil Plume Enriches Indigenous Oil-Degrading Bacteria. *Science*, publisert på nett 26. august.
- David L. Valentine et al. (2010) Propane Respiration Jump-Starts Microbial Response to a Deep Oil Spill. *Science* DOI: 10.1126/science.1196830, publisert på nett 16. september.
- Mascarelli, A. (2010) Oil-spill bacteria gobbled gases first, *Nature*, på nett 16. september DOI:10.1038/news.2010.475.
- Faktaark frå SINTEF: www.sintef.no/upload/Materialer_kjemi/Bioteknologi/faktaark/crude-oil-emul-bacteria-web.pdf

Bioteknologi-/ **biobank**prosjekt

Lager av biologiske prøver i HUNT Biobank i Levanger. Foto: Olve Moldestad.

I disse dager reiser Bioteknologinemndas sekretariat rundt til regionale etiske komiteer, noen medisinsk-genetiske fagmiljøer og fagmiljøer som har utført befolkningsundersøkelser for å høre om deres erfaringer med bioteknologiloven og biobanker. Dette er en del av Bioteknologinemndas arbeid med å gi innspill til hvordan bioteknologiloven kan fornyes og forbedres. Arbeidet gjøres i forbindelse med evaluering og revisjon av bioteknologiloven.

Etter at møtene er gjennomført, skal sekretariatet utarbeide et dokument som skal brukes i saksbehandling i Bioteknologinemnda. Dokumentet skal dekke et bredt spekter av problemstillinger knyttet til genetiske undersøkelser, spesielt analyser av hele arvestoffet til enkeltindivider, i tillegg til lagring og bruk av humant biologisk materiale og helseopplysninger.

Bioteknologinemnda ønsker å få innspill fra fagmiljøer og forvaltningsorganer om praktiske utfordringer og utfordringer i regelverket, i tillegg til forslag til gode løsninger.

Seniorrådgiver Grethe S. Foss og direktør Sissel Rogne fra Bioteknologinemndas sekretariat leder prosjektet. I tillegg deltar spesialrådgiver ved Oslo universitetssykehus Roger Bjugn, som for tiden hospiterer i sekretariatet.

Les meir om oljeutsleppet i Mexicogolfen og det vitskapelege arbeidet som er gjort etterpå:

- www.nature.com/oilspill
- www.sciencemag.org/hottopics/oilspill

Forstår forskningsdeltakere hva deres biologiske materiale blir brukt til når de samtykker til forskning? Foto: iStockPhoto.

Når, og hvordan, skal informasjon om forskningsdeltakeres arvestoff deles med andre forskere gjennom internasjonale databaser? Dette og liknende spørsmål om etikk og genetikk diskuteres nå verden over.

Utveksling av genetiske forskningsdata fra mennesker

Roger Bjugn

TEKNOLOGIEN FOR å undersøke enkeltpersoners arvestoff er nå så god at alle genene kan undersøkes samtidig. Det er også mulig å se på de store områdene som ligger utenfor genene og på den måten studere hele arvestoffet (genomet) til personer som deltar i forskning.

Andre land har samme utfordringer som Norge

Det lages nå store internasjonale databaser der forskningsdeltakeres genetiske informasjon og helsedata skal legges ut, deles og analyseres av forskere over hele verden. Slik deling vil være til stor nytte for forskningen, men reiser også en rekke problemstillinger:

- Hvilken nytte vil man få av genetiske data?
- Hva er informert samtykke?
- Hvordan sikres personintegritet og personvern?
- Har prosjektdeltakere rett til å bli informert om resultatene av de genetiske undersøkelsene?
- Hvordan skal samfunnet sikre at det er åpenhet om medisinsk forskning og at deltakernes rettigheter er ivaretatt?

Nytte av genetiske data

Det er mye informasjon å hente ved å se på hva som er genetisk likt mellom mennesker og hva som er forskjellig. Både vanlige genetiske varianter og sjeldne genetiske varianter kan gi kunnskap om årsakene til sykdom. Martin Yuille fra Universitetet i Manchester, Storbritannia vektla i sitt foredrag betydningen av å kartlegge vanlige genvariasjoner i befolkningen for å bedre forstå den genetiske bakgrunnen for alminnelige folkesykdommer. I slik forskning er det behov for data fra titusener av mennesker, og forskningsgrupper i ulike land har derfor behov for å utveksle data.

> » Det er mye informasjon å hente ved å se på hva som er genetisk likt mellom mennesker og hva som er forskjellig.

David Cox fra legemiddelfirmaet Pfizer i USA hadde et helt annet perspektiv i sitt foredrag. Han påpekte at store befolkningsundersøkelser i seg selv ikke fører til bedre helse for befolkningen eller utvikling av nye behandlingsmetoder. Legemiddelindustrien fokuserer nå på sjeldne genvarianter hos mindre pasientgrupper, gjerne bare noen hundre pasienter. I slike studier trenger man detaljert informasjon fra pasientene over lengre tid. Cox mente derfor at behandlerne ved sykehusene bør samle inn detaljert klinisk informasjon, basert på tillit hos pasientene og informert samtykke. Legemiddelindustrien kan bidra med teknisk kunnskap, men trenger ikke nødvendigvis å få den detaljerte kliniske informasjonen eller patentere den genetiske informasjonen.

Samtykke

Representanter fra fagmiljø som allerede utfører eller planlegger genetiske befolkningsundersøkelser, fremhevet betydningen av gyldige samtykker og åpenhet om prosjektene, men diskuterte i mindre grad om deltakerne faktisk forstod informasjonen de fikk. Antropolog Barbara Koenig fra Mayo-klinikken i USA har studert samtykkeprosessen og prosjektdeltakeres syn på bruk av genetiske data i forskning ved klinikken. Hennes erfaring er at deltakerne i liten grad forstår de til dels komplekse samtykkene, men at de som regel stoler på legene. Videre forutsetter deltakerne at den genetiske informasjonen fra prosjektene kommer andre til gode og ikke blir misbrukt.

Personintegritet og personvern

Forholdet mellom samfunnets behov for ny medisinsk informasjon, som kanskje kan gi bedre helse, og enkeltindividers rett til å styre informasjon om seg selv, ble diskutert av flere. Noen mener at personlig integritet først sikres når hver enkelt selv kan ta stil-

ling til hva som skal skje med deres biologiske materiale og personopplysninger, det vil si ved aktivt samtykke. Andre mener at integriteten kan ivaretas gjennom bruk av etiske komiteer som vurderer prosjektene. Bruk av etiske komiteer ble spesielt anbefalt ved bruk at informasjon fra store befolkningsgrupper og pasientgrupper med stor dødelighet, der det i praksis er svært vanskelig, eller umulig, å innhente samtykke fra alle.

Brad Malin fra Vanderbilt i USA viste i sitt foredrag hvordan tilsynelatende anonyme datasett kan kobles med annen offentlig tilgjengelig informasjon og føre til at enkeltindivider identifiseres. Både Malin og Khaled El Amam fra Universitetet i Ottawa, Canada viste i sine foredrag hvordan organisasjoner praktisk kan gjøre risikovurdering av pasientdata slik at mulighetene for identifisering av enkeltindivider kan reduseres til et akseptabelt nivå. Begge poengterte at slike mekanismer for å sikre personvern er lett å etablere og kan gjennomføres uten større administrative eller økonomiske kostnader.

Rett til innsyn og tilbakemelding

Matt Hurles fra Wellcome Trust Sanger Centre i Storbritannia redegjorde for en undersøkelse i Storbritannia hvor man planlegger å studere hele arvestoffet til flere tusen individer, inkludert barn. Han nevnte særskilt at det ikke er planlagt å gi deltakerne innsyn i de genetiske analysene ettersom man ikke vet hvilken betydning det har for deres helse. I debatten etter innlegget ble det reist spørsmål ved om det å nekte innsyn på direkte forespørsel kan være i konflikt med EU-direktivet som gir enkeltindivider rett til innsyn i personopplysninger (direktiv 95/46/EC).

I neste foredrag sa Anne Cambon-Thomsen fra Inserm i Frankrike at det er forskjell på om deltakerne skal få planlagt tilbakemelding fra et prosjekt, og om de skal få informasjon om seg selv på direkte forespørsel. Hun mente at forskere bør tenke på hvordan de skal gi befolkningen og prosjektdeltakerne informasjon om forskningsprosjekter. Slik åpenhet betyr ikke nødvendigvis at hver enkelt deltaker skal få direkte tilbakemelding. Dersom deltakerne skal få innsyn, reiser det også spørsmål ved om deltakere da har rett på genetisk veiledning. Et annet spørsmål er hvordan man skal ivareta folks rett til å ikke vite.

Forskningens samfunnskontrakt

Flere foredragsholdere benyttet begrepet «samfunnskontrakt» for å poengtere at prosjektdeltakere ofte forutsetter visse underforståtte forskerforpliktelser overfor samfunn og deltakere. Blant slike forpliktelser er gjerne åpenhet om hva som faktisk skjer og mulighet for mer informasjon. Dette betyr ikke at forskerne skal informere alle om alt, men at de som vil, kan få mer informasjon hvis de trenger det. Videre ble det diskutert om deltakerne oftere bør ha mulighet til å reservere seg mot bestemte undersøkelser, for eksempel undersøkelser av hele arvestoffet, underveis i prosjektet. Informasjon om reservasjonsmuligheter må ikke gis direkte til hver enkelt deltaker, men kan formidles gjennom aviser eller andre former for generell kommunikasjon. En annen mulighet er å aktivt trekke prosjektdeltakere inn i prosjektet for å klarlegge hva de mener. Barbara Koenig fra Mayo-klinikken i USA fortalte om et pågående prosjekt hvor man bruker «fokusgrupper» for å få vite hva deltakerne mener om vanskelige etiske og praktiske problemstillinger knyttet til forskningsprosjekt. Hensikten er ikke å gjøre deltakerne ansvarlige for prosjektbeslutninger, men å diskutere problemstillinger slik at man får bedre innsikt i hva deltakerne selv mener.

> » Flere foredragsholdere benyttet begrepet «samfunnskontrakt» for å poengtere at prosjektdeltakere ofte forutsetter visse underforståtte forskerforpliktelser overfor samfunn og deltakere.

Pasienter tar kontroll

Sharon Terry fra organisasjonen Genetic Alliance i USA er mor til to barn med medfødte genetiske sykdommer. Hun arbeider for at pasienter og pårørende selv skal ta kontroll over forskning. Budskapet hennes er at pasientene ønsker forskning, inkludert bruk av genetisk informasjon og personopplysninger. Men forskningen bør foregå i nært samspill med pasientene, og resultatene bør raskest mulig komme til nytte for dem. Terry fortalte om pasienter som selv oppretter og driver forskningsbiobanker for å styre forskningen i den retningen de selv ønsker. Hun mente at forskere bør legge stor vekt på åpenhet, involvering og aktiv kommunikasjon med pasientene som er med i forskningsprosjekter.

Teknologien driver utviklingen

Selv om spørsmålene som nå stilles er de samme fra land til land, vil den raske utviklingen innen både informasjonsteknologi og analyser av hele genomer kreve at svarene kommer raskt på plass. Man må finne ut hvordan forskningsdeltakerne skal informeres, når de skal bes om å samtykke aktivt og når de skal få tilbakemelding om forskningsfunn. ◆

Roger Bjugn er spesialrådgiver ved Oslo universitetssykehus. Han hospiterer for tiden i Bioteknologinemndas sekretariat.

FAKTA

International Data Sharing Conference

Konferansen fant sted 20.–22. september 2010 i Oxford, Storbritannia med over 130 deltakere fra 22 land. Et tverrfaglig senter for helse, juss og teknologi i Oxford arrangerte konferansen. Målet var å belyse etiske, juridiske, sosiale og teknologiske utfordringer knyttet til utveksling av genetiske forskningsdata mellom forskere i ulike land. Deltakerne kom fra ulike verdensdeler og representerte fagmiljø som antropologi, datateknologi, genetikk, juss og sosiologi.

NOBELPRISEN I MEDISIN

til pionér innen prøverørsbefruktning

Robert Edwards og Louise Brown under prøverørsbefruktningens 25-årsjubileum i 2003. Foto: Reuters/ Scanpix.

Noen fødselsannonser er mer spesielle enn andre: Den 12. august 1978 kunngjorde Robert G. Edwards og Patrick C. Steptoe i tidsskriftet *The Lancet* at det var født et friskt jentebarn som var kommet til gjennom befruktning utenfor kroppen. Den 10. desember 2010 får Edwards Nobelprisen i medisin for 2010 for sitt arbeid innenfor fagfeltet assistert befruktning.

Olve Moldestad og Sissel Rogne

VERDENS FØRSTE prøverørsbarn, Louise Brown, har nå blitt voksen og fått egne barn. Takket være grunnforskning, men også dristig eksperimentering, er over Fire millioner barn verden over kommet til verden med assistert befruktning

Fra grunnforskning til fødsel

Veien fram til vellykket bruk av befruktning utenfor kroppen (*in vitro*-fertilisering – IVF) var verken kort eller enkel. Robert G. Edwards hadde helt siden sitt doktorgradsarbeid, som var ferdig i 1955, jobbet med befruktning og utviklingsbiologi. Selv om andre før ham hadde forsket på befruktning utenfor kroppen med kaniner, viste det seg at menneskers eggceller har en annen livssyklus. Edwards fant ut hvordan menneskers eggceller modnes og reguleres av hormoner, og når eggcellene er befruktningsdyktige. Men han fikk ikke de befruktede eggcellene til å dele seg i mer enn to celler i laboratoriet. Edwards kontaktet da Patrick Steptoe fordi han mistenkte at man måtte velge de mest modne eggcellene for å komme videre. Steptoe var gynekolog med spesialisering i kikkhullskirurgi, og med denne metoden var det mulig å observere kvinnens eggstokker og høste eggceller fra de mest modne eggposene. Fram til sin død i 1988 var Steptoe med på å utvikle befruktning utenfor kroppen til en vellykket klinisk metode, og fikk være med å se friske barn bli født.

De vanskelige eksperimentene

Det er den samlede vitenskapelige produksjonen til Edwards som nå blir belønnet med en nobelpris. Siden nobelpriser ikke gis til avdøde, får Edwards nobelprisen i medisin for 2010 alene. I tillegg til de mange vitenskapelige utfordringene har de etiske diskusjonene om denne forskningen gått høyt. Edwards viste tidlig at man måtte benytte egg fra mennesker for å studere menneskets reproduksjon. Skulle man ha håp om å gi barn til for eksempel kvinner med tette eggledere etter infeksjoner, måtte denne forskningen utføres på mennesker. Det var ikke kvinnene som var de mest sårbare i forskningen, men barna. Et viktig spørsmål er: Når er det forsvarlig å starte et

» Sjelden kan man vel si at en nobelprisvinner har gjort titalls millioner mennesker lykkelige ...

nytt liv? Man vet jo ikke om barnet vil bli varig, alvorlig skadet, eller om det vil gå bra, før eksperimentet er utført. Men for mange var det langt mer enn risikoen for barna som stod på spill. Det var også et spørsmål om man beveget seg ut på «et skråplan» som kunne lede til «designerbabyer».

På mange måter var Edward og Steptoes metode for å få barn et paradigmeskifte innenfor reproduksjonen: Ikke bare fikk man en ny medisinsk metode, men nye grupper i samfunnet så muligheter til å få egne barn. Denne stille revolusjonen bidrar fortsatt til å endre samfunnets normer i takt med teknologiske nyvinninger.

Følgeforskning

Nobelprisvinner Edwards hadde også andre viktige bidrag til forskningen. Han var med å starte organisasjonen European Society of Human Reproduction and Embryology (ESHRE) og var dens første leder. ESHRE startet et eget tidskrift der det kunne publiseres forskningsresultater innen assistert befrukting, og det ble tatt initiativ til kurs for utdanning av personell til assistert befruktning. ESHRE er i dag de eneste som systematisk samler data om metoder for assistert befruktning og på den måten gir muligheter for å finne ut hvor effektive metodene er for å lage friske barn. Slike organisasjoner er viktige for å utvikle standarder og for å påvirke myndighetene, sykehusene og de medisinske miljøene slik at det skjer en systematisk innsamling av barnas helsedata over tid.

Norske forhold

På Kyrksæterøra bor tobarnsmoren Mona Susanne Tetlie. Hun var Norges første prøverørsbarn, født i 1988 med professor Kåre Molne som «assistent». Molne er en av nestorene innenfor assistert befruktning. Han var blant annet sentral i oppbyggingen av fagmiljøet ved St. Olavs Hospital i Trondheim, som har vært en foregangsinstitusjon innen assistert befruktning og fostermedisin i Norge.

Bioteknologinemnda besøkte fertilitetsseksjonen og Nasjonalt senter for fostermedisin ved St. Olavs Hospital i september i år for å få demonstrert metoder brukt i assistert befruktning, og diskutere etiske utfordringer innen assistert befruktning og fostermedisin med fagmiljøene. Et eksempel er nedfrysing av befruktede egg som ikke settes inn i kvinnen med én gang og senere bruk av disse eggene. Et annet eksempel er nedfrysning av kjønnsceller fra pasienter som gjennomgår medisinsk behandling som kan skade testiklenes eller eggstokkenes evne til å produsere befruktningsdyktige kjønnsceller. Her var fagmiljøet selv spesielt opptatt av utfordringene rundt barn og ungdom med kreft. Det kan bli en ekstra belastning for dem å gjennomgå en uthenting av kjønnsceller i en situasjon med store påkjenninger fra før, og ofte er det foreldrenes ønske om barnebarn som står sentralt.

Profesjonsetikk

Professor Arne Sunde, som også er medlem av Bioteknologinemnda, forklarte at St. Olavs Hospital ikke tilbyr assistert befruktning med donorsæd av hensyn til donoren. Da påbudet om ikke-anonym sæddonor kom i 2003 (noe som innebærer at barna kan få vite hvem donor er når de har fylt 18 år), søkte ikke sykehuset om tillatelse til å bruke donorsæd fordi det ikke ønsket å delta i et sosialt eksperiment der en ung sæddonor ikke opplever konsekvensene av sitt valg før tidligst 18 år senere. Kan donoren virkelig avgi et informert samtykke når man vet så lite om hvilke konsekvenser det vil få for ham, spurte legene. Ved andre institusjoner har man andre synspunkter og andre konklusjoner. Det er derfor viktig at det hele tiden forgår en etisk debatt om metodene og konsekvenser ved bruken av dem for alle involverte parter.

Medisinsk fødselsregister har ansvar for å samle inn, registrere og analysere data om barn født etter assistert befruktning i Norge. Alle offentlige og private institusjoner som har konsesjon til å gjennomføre slik behandling, skal melde behandlinger som gir graviditet til registeret. Hensikten er å kartlegge hvor mange som får slik behandling og å fastslå om behandlingen fører til en økt risiko for helseproblemer i svangerskapet fram til en uke etter fødselen. Hvordan det går med barna videre, vet vi ikke helt. Men i land som Sverige og Finland vet man mer, for der har man krysset helseregistre fra sykehus og helsestasjoner. Det er vist at det er liten ekstra risiko forbundet med assistert befruktning utover det at foreldrene gjerne er eldre og at det har vært født flere tvillinger og trillinger ved denne metoden.

Verdens første prøverørsbarn Louise Brown da hun ble født i 1978. Foto: AFP/ Scanpix.

I Norge ønsker fagmiljøene som arbeider med assistert befruktning også bedre oppfølging av barna gjennom forskning. De ønsker å etablere et kvalitetsregister etter modell fra andre land, der alle klinikkene må sende informasjon om påbegynte behandlinger, svangerskap og fødsler. Dette vil også kunne være en nyttig kilde for myndighetene når de skal føre tilsyn med om pasientene får den beste behandlingen.

En suksess

I dag er befruktning utenfor kroppen blitt hverdagsmedisin. Med de gode erfaringene fra 1978 fram til i dag er dette en suksesshistorie. Til nå har 4,3 millioner sterkt ønskede barn etterfulgt Louise Brown, og de er som barn flest. I Alfred Nobels testamente står det at: «ränta årligen utdelas som prisbelöning åt dem, som under det förlupne året hafva gjort menskligheten den största nytta». Sjelden kan man vel si at en nobelprisvinner har gjort titalls millioner mennesker lykkelige slik tilfellet er for Robert Edwards. ◆

Kilder:

- www.nobelprize.org
- www.mfr.no
- Steptoe, P. C. og Edwards, R. G. (1978) Birth after the reimplantation of a human embryo. *Lancet* 2 (8085), 366.

Returadresse:
Bioteknologinemnda
Postboks 522 Sentrum
0105 Oslo

B
NORGE P.P. PORTO BETALT
DISTRIBUERT AV POSTEN NORGE
posten

ARRANGEMENT I DESEMBER 2010

Nordisk komité för bioetik arrangerer møte om

fosterdiagnostikk

2. og 3. desember

Følg med på **www.bion.no**
for informasjon om flere møter.

ARRANGEMENT I JANUAR 2011

Bioteknologikonferanse:

for lærere

27. og 28. januar

Stort

matmøte

Dato ikke fastsatt

Følg med på **www.bion.no**
for mer informasjon og påmelding.

www.bion.no Se våre nye nettsider!

Følg oss på Twitter
www.twitter.com / bion_no

Biotekquiz

Spørsmål

1. Kva heiter den genmodifiserte poteta som BASF no har søkt om å få godkjent i Noreg?
2. Kva er nettadressa til Bioteknologinemnda?
3. I haust har ein i USA diskutert godkjenning av eit genmodifisert dyr til mat, kva slags dyr?
4. Kva håper ein å kunne bruke mikroalgar til i stor skala i framtida?
5. Kva fekk Robert Edwards Nobelprisen i medisin eller fysiologi for i år?
6. Kvar vart verdas første prøverørsbarn født, og kva heitte barnet?
7. Kva står forkortinga HUNT for?

Svar

1. Amflora 2. bion.no 3. Laks 4. Til å lage biodrivstoff 5. For å ha utvikla metoden for prøverørsbefruktning
6. Storbritannia. Louise Brown 7. Helseundersøkelsen i Nord-Trøndelag

Bioteknologinemnda

Postboks 522 Sentrum, 0105 Oslo Telefon: 24 15 60 20 Faks: 24 15 60 29 E-post: bion@bion.no **www.bion.no**