GENialt

Tidsskrift fra Bioteknologirådet // 4–2016 // 25. årgang

småGENialt: 3D-printing av organer
SIDE 22

Bioøkonomi:

Grønt, bærekraftig – og lønnsomt?

Side 3, 4 og 14

Satser milliarder på å

bremse aldring

Side 5

Forskere dyrker

museegg i laboratoriet

Side 8

INNHOLD // 4–2016

Bioøkonomi? Ja takk! 3

Sjokolade med algar 4

Alder ingen hindring 5

Gjennombrudd: Egg fra laboratoriet 8

Verdens såfrø samles på få hender 10

Skriver ut minihjerner i 3D 12

Jaktar på grønare biodrivstoff 14

Helgenomsekvensering: Hvor mye vil du vite om barnet ditt? ... 16

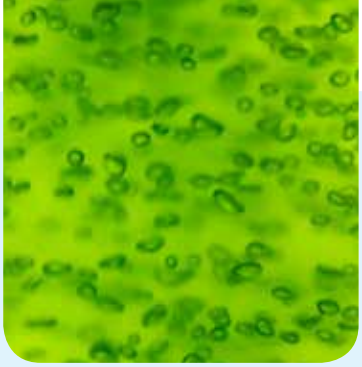
Genmodifisering kan gi skotsikre vestar 18

Foreslår enklare reglar for immunterapi-forsøk 19

Ja til ny fosterdiagnostikk-test 19

200 år med frykt for Frankenstein 20

småGENialt: Lager kroppsdeler på laboratoriet 22



Forsidebildet viser alger i en bioreaktor. Les om bioøkonomi på side 3, 4 og 14.
Foto: iStock

GENialt 4 –2016 // 25. årgang

4–2016 // 25. årgang
Redaksjonen avsluttet: 1. des. 2016
Ansvarlig redaktør: Ole Johan Borge
Redaktør: Hallvard Kvale
Redaksjon: Elisabeth Larsen, Truls Petersen, Sigrid Bratlie Thoresen og Audrun Utskarpen.
Opplag: 7250
Kommer ut fire ganger i året og sendes gratis til alle interesserte.
Utgiver: Bioteknologirådet
Adresse: Stortingsgata 10, 0161 Oslo
Internett: www.bioteknologiradet.no
E-post: post@bioteknologiradet.no
Design: Dugg Design AS
Trykk: RK Grafisk AS
ISSN (trykt utgave) 0804-225X
ISSN (nettutgave) 1502-7619

Bioteknologirådet er et frittstående, regjeringsoppnevnt organ, og ble første gang oppnevnt i 1991. Fram til 1. juni 2014 het organet Bioteknologinemnda. Bioteknologirådet er hjemlet i lov om humanmedisinsk bruk av bioteknologi m.m. (bioteknologiloven) og lov om framstilling og bruk av genmodifiserte organismer (genteknologiloven).

Bioteknologirådet gir råd i saker som gjelder bruk av bio- og genteknologi på mennesker, dyr, planter og mikro-organismer. Videre skal Bioteknologirådet skape debatt og tilby informasjon. I sine vurderinger skal rådet spesielt vektlegge de etiske og samfunnsmessige konse-kvensene ved bruk av moderne bioteknologi.

Bioteknologirådet har 15 medlemmer og fem varamedlemmer som er oppnevnt for perioden 2014–2017. I tillegg inviteres seks departementer til møtene som observatører. Bioteknologirådets sekretariat holder til i Oslo sentrum. Bioteknologirådet har et budsjett på 8,7 millioner kroner for 2016.

MILJØMERKET 241 450 Trykksak

Bioteknologirådet

Bioøkonomi? Ja takk!

Bioøkonomi gir oss grønne arbeidsplasser, redusert klima- og miljøbelastning og bedre produkter for forbrukerne.

Vi blir stadig flere mennesker på denne kloden, og vi forbruker mer og mer av ressursene vi har tilgjengelig. Behovet for å redusere klimautslipp og belastningen på naturen og økosystemene øker for hvert år. Samtidig er det ikke realistisk å tro at vi kan løse problemene kun ved å redusere forbruket. Befolkningen i Vesten har lagt seg til en levestandard de ikke vil senke mer enn nødvendig. Innbyggerne i utviklingsland forventer med rette en materiell velferd som nærmer seg det vi i rike land har. Derfor trenger verden ressurseffektive, miljøvennlige, fornybare og bærekraftige måter å produsere mat, forbruksvarer og energi på. Satsing på bioøkonomi er både en nødvendighet og en stor mulighet for Norge.

Bioøkonomi handler blant annet om å bruke bio- og genteknologi for å omdanne fornybare biologiske ressurser til ting som drivstoff, energi, medisiner og industriprodukter. Vi har allerede bioøkonomi-produkter rundt oss overalt i hverdagen: Enzymer gjør vaskemiddelet mer effektivt. Bensinen og dieselen i bilene våre inneholder en liten andel biodrivstoff fra planter. Vaniljesmaken i mange matprodukter kommer fra vanillin som er laget av tømmer. NHO anslår at bioøkonomien i Norge sysselsetter 140 000 personer og skaper verdier for 303 milliarder. Men potensialet er enda større.

Det fantastiske med bioøkonomien er at man tar i bruk de kreftene og ressursene som finnes i den levende naturen. Det betyr bruk av fornybare råstoffer og energikilder, i stedet for ikke-fornybare – med mer vekt på gjenbruk og alternativ bruk, og mindre på forbruk. Nesten alt kan være en ressurs i bioøkonomien, enten det er fiskeavskjær, rester fra tømmerindustrien, alger og bakterier – eller noe helt annet. Siden Norge har mye natur, har vi store mengder potensielle ressurser, både i sjøen, i jorda, i skogene og i fjellene.

» Det fantastiske med bioøkonomien er at man tar i bruk de kreftene og ressursene som finnes i den levende naturen.

I tillegg til å kunne gi nye, miljøvennlige produkter, vil en satsing på bioøkonomi også kunne skape nye grønne arbeidsplasser for ulike grupper nordmenn. Vi vil trenge alt fra forskere med naturvitenskapelig spisskompetanse og nyskapende ideer til ingeniører og fabrikkarbeidere som kan utvikle og drive produksjonen av de ulike produktene.

Derfor er det lovende at regjeringen nylig la frem en ny bioøkonomi-strategi. Nå gleder vi oss til å se kreativiteten og skaperkraften blant forskere og næringsliv i tiden fremover. Og vi skal bidra ved å engasjere, inspirere og utfordre politikere, gründere, forskere og befolkningen til å delta i debatten om hvordan vi best kan bruke bio- og genteknologi til å skape gode, grønne og bærekraftige arbeidsplasser, produkter og bedrifter i Norge!

Les også bioøkonomi-artiklene på side 4 og 14.

Sjokolade med algar

Rogalandsfirmaet MicroA vil erstatte sukkeret i sjokolade med karbohydrat frå algar.

Av Audrun Utskarpen

Det britiske firmaet Mars undersøker om det er mogleg å nytte karbohydrat frå mikroalgar i sjokoladane sine. Foto: iStock

NÅR DU SET TENNENE i ein sjokolade og kjenner søtsmaken breie seg i munnen, er sukker viktig for både smak og konsistens. Men et du sjokolade for ofte, kan det fort bli mange kaloriar. Derfor ser sjokoladeprodusentar seg om etter stoff som kan erstatte sukker. Den britiske sjokoladeprodusenten Mars samarbeider no med firmaet MicroA i Tananger i Rogaland om å nytte karbohydrat frå mikroalgar. Prosjektet starta opp 1. august i år.

– Resultata så langt er lovande. Med produktet vårt får sjokoladen betydeleg færre kaloriar, seier gründer og administrerande direktør i MicroA Svein Dahle.

Mange bruksområde

Algen som skal lage karbohydratet, *Prasinococcus capsulatus*, er ein eincella organisme som vart oppdaga av japanske forskarar på tokt i det vestlege Stillehavet i 1990. Mikroalgar er næringsgrunnlaget for det meste av livet i havet, men finst òg i ferskvatn, jord og luft, og på steinar og tre. Det eksisterer truleg fleire millionar ulike artar. Mikroalgane er viktige for oksygenproduksjonen på jorda, og kan dessutan nyttast i mat og fôr, som råvare til biodrivstoff og til å lage ingrediensar til kosmetikk og kosttilskot.

MicroA er det einaste norske firmaet som dyrkar mikroalgar kommersielt. Dei sel produkt frå *Prasinococcus* til bruk i kosmetikk og har så vidt byrja å testselje produkt til blant anna kosttilskot frå ein annan algetype, *Haematococcus*. Dahle reknar med at produksjonen vil ta seg opp etter kvart. Algane dyrkar dei i patenterte dyrkingskammer som dei fyller med vatn og ei næringsblanding av fosfor og nitrogen.

Størst marknad utanlands

Algane får CO_2 og kunstig lys for å vekse og formeire seg. Når algane har vorte så mange at dei fyller kammeret, sluttar ein å gi dei næring og set på ekstra mykje lys. Da blir algane stressa, og *Prasinococcus* lagar ein geleaktig kapsel rundt seg. Det er eit karbohydrat frå denne geleen som skal blandast i sjokoladen. Men først må salt og svovel fjernast og væske fordampe, slik at ein står att med karbohydrat i form av eit kvitt pulver. Utfordringa er at sjokoladen skal smake likt, vere like stor og like fast eller mjuk som før, utan at det er nokre sideverknader. For at det skal smake søtt, må sjokoladeprodusenten tilsetje eit søtstoff i tillegg.

Dahle ser for seg at produktet både kan nyttast i søtsaker og andre næringsmiddel.

– Produkta våre er meir etterspurte internasjonalt enn i Noreg, og førebels satsar ikkje norsk næringsmiddelindustri på denne typen sukkererstatning, seier han.

Kan trenge fem tusen tonn

For eit par år sidan bygde MicroA ein ny hall på 500 kvadratmeter med plass til tjue dyrkingskammer. Dei produserer no karbohydrat i kilovis som Mars kan prøve ut for å sjå om det passar i sjokoladen. Det er opp til Mars når produktet eventuelt kjem på marknaden.

– Førebels er det for dyrt å produsere, så det spørst kor fort vi greier å få ned kostnadene. Det er det som er målet vårt i prosjektet, seier Dahle.

Dersom Mars er nøgd med resultata, vil dei trenge fem tusen tonn i året av det spesielle karbohydratet, og produksjonen må skalerast opp. Da trengst det fleire hundre dyrkingskammer.

MicroA har i første omgang finansiering for prosjektet i eitt år. I konkurranse med mange andre fekk dei saman med Mars og det skotske selskapet GlycoMar støtte frå Innovasjon Noreg. ◆

Alder ingen hindring

Flere milliarder dollar og noen av verdens skarpeste hoder investeres i jakten på å øke levealderen vår radikalt. Ønsker vi å leve til vi blir 150 og enda lengre?

Av Sigrid Bratlie Thoresen

Foto: iStock

SE FOR DEG EN FREMTID der syke eller utslitte organer byttes ut med nye, friske utgaver dyrket frem fra dine egne kroppsceller – like enkelt som å skifte motor i en bil. Hvor genmutasjoner som gir økt risiko for sykdom, kan klippes ut av arvestoffet.

Flere utenlandske selskaper satser milliardbeløp på å utvikle ny bioteknologi for å gjøre oss i stand til å overstyre livets biologiske begrensninger og nærme oss evig liv. Er det mulig? Er det ønskelig? Og hvilke konsekvenser vil det få for samfunnet?

– Aldring forårsaker flere titalls millioner dødsfall hvert år på verdensbasis. Dersom vi definerer sykdom som noe som er et hinder for liv og helse, er aldring en sykdom, mener Ole Martin Moen, forsker og filosof ved Universitetet i Oslo. Han mener vi bør gjøre det vi kan for å hindre aldring.

Professor og etiker Berge Solberg ved NTNU har et helt annet perspektiv:

– Fremfor at samfunnet skal bruke store ressurser på teknologi som kan få gamle mennesker til å leve enda lengre, bør vi heller sette vår innsats inn på at flest mulig barn og unge får oppleve å bli gamle, mener han.

Den første tusenåringen?

For å starte med det grunnleggende: Vi mennesker lever stadig lenger. Siden 1900 har forventet levealder i Norge økt fra rundt 50 til over 80 år, og den antas å stige ytterligere. Men selv om snittalderen stadig øker, har ikke menneskets maksimumsalder økt i vesentlig grad.

De senere årene har stadig flere for alvor gått inn for å angripe den ultimate utfordringen: å motvirke aldring og død i jakten på evig liv. Den britiske forskeren og antialdringspioneren Aubrey de Grey mener at det første mennesket som kommer til å bli tusen år allerede er født. Men hva er egentlig aldring?

Når vi eldes gjennomgår kroppen en rekke endringer over tid. Celler slutter å dele seg, og vev og organer forvitrer og dør. Risikoen for hjerte- og karsykdommer øker i takt med at blodårene blir stivere. Akkumulering av skader på arvestoffet kan føre til kreft. Ubalanse i biokjemiske substanser og færre koblinger mellom hjernecellene kan gi demens. Dette er noen av de biologiske prosessene som fører til aldring og død. En rekke nye metoder og behandlinger tar nå sikte på å bremse dem, slik at vi kan forlenge livet forbi den naturlige biologiske barrieren.

Aldring – et teknisk problem?

Studier i mus viser at ungt blod kan forynge en gammel kropp, blant annet ved å fornye cellene som utgjør ulike organer og vev. Det er derfor igangsatt kliniske utprøvinger der eldre mennesker får tilført blod fra yngre blodgivere. Hypotesen er at det finnes enkelte molekyler i blodet som kan aktivere stamcellene som finnes i vevene. I fremtiden håper man å utvikle nye medisiner som etterligner denne virkemekanismen.

Andre ønsker å forlenge levetiden til stamcellene våre på andre måter. Ved hjelp av genterapi er det mulig å forlenge endestykkene på stamcellenes kromosomer, slik at de kan fortsette å dele seg uten å ødelegge viktige deler av arvestoffet. En annen strategi er å utvikle teknologi for å fremstille hele organer som kan erstatte våre egne etter hvert som de blir syke og slutter å fungere. Blant annet gjøres det store fremskritt innen laboratoriedyrking og 3D-printing av organer og vev.

Dersom vi skal øke menneskenes levetid er også kreft en av utfordringene vi er nødt til å håndtere, siden kreft er et naturlig resultat av at cellene blir gamle og skadede. Lovende resultater for kreftbehandling er oppnådd både med genterapi og med immunterapi,

>>

– Dessverre er aldring så stort og så nært oss at vi har vanskelig for å se det som det ondet som det faktisk er, sier forsker og filosof Ole Martin Moen.

– Vi bør heller sette vår innsats inn på at flest mulig barn og unge får oppleve å bli gamle, mener professor og etiker Berge Solberg.

hvor pasientens egne immunceller aktiveres til å angripe og drepe kreftcellene.

En annen stor utfordring ved aldring er nevrologiske lidelser som Alzheimers og Parkinsons sykdom, der hjernecellene gradvis forsvinner. En potensiell strategi for å bekjempe slike sykdommer er å transplantere inn friske hjerneceller som har blitt dyrket frem fra stamceller i laboratoriet. Slik behandling skal snart prøves ut på pasienter.

Gener for langt liv

Høy levealder går igjen i noen familier. Studier viser at hele 40 prosent av menneskers livslengde forklares av genene. Forskere ved universitetet Stanford i USA har undersøkt genene til en gruppe hundreåringer, og fant at enkelte genvarianter forekom hyppigere enn andre. Konklusjonen deres var at hemmeligheten til å øke levealderen betydelig ligger i å endre genene.

Forskere tror at særlig genredigering, som gjør det mulig å lage målrettede endringer i cellenes arvestoff, gir en rekke nye muligheter til behandling av sykdom. Det jobbes allerede med å utvikle terapier for blant annet kreft, synstap, blodsykdommer og hiv. I teorien kan denne teknologien også ha potensiale til både å forebygge sykdommer før de oppstår, og til å endre genetiske egenskaper som ikke har noe med sykdom å gjøre. Et eksempel er å bedre muskelveksten for å gjøre alderdommen mer vital.

Det er imidlertid mye hype og håp i jakten på evig ungdom. Den biologiske aldringsprosessen er omfattende og komplisert, og det er fortsatt svært mye vi ikke forstår. Mange av forsøkene på å hindre aldring ved bruk av bioteknologi vil mislykkes. Det må også gjøres studier av mulige skadelige bivirkninger av ulike behandlinger. Samtidig går teknologiutviklingen raskt, og det åpnes stadig nye muligheter vi for få år siden tenkte var umulig. Hva skjer dersom vi faktisk lykkes med å øke maksimumsalderen betydelig? Det høres kanskje forlokkende ut å kunne leve evig. Men hva om vi bare lykkes med å øke levealderen uten å ivareta fysiske og mentale funksjoner? De færreste vil ønske seg en evigvarende tilværelse i sykesenga.

Hvordan forstå aldring

Professor Berge Solberg stiller imidlertid spørsmål ved om vi i det hele tatt skal forsøke å utvikle aldringsutsettende teknologi. På et grunnleggende plan handler dette om hvordan vi skal forstå aldring, sier han.

> » Studier i mus viser at ungt blod kan forynge en gammel kropp.

– Er aldring en sykdom? Eller er det normalitet? Dersom vi ønsker å endre normalitet heter det forbedring. Og forbedring ved å endre gener er ikke bare etisk uakseptabelt for mange, men også forbudt ifølge loven. Kaller vi aldring for sykdom, så er det kanskje lettere å akseptere at aldringen må behandles. Men prisen å betale er at vi da sykeliggjør det som til nå har vært regnet som en egen livsfase, understreker Solberg.

Forsker Ole Martin Moen, på sin side, mener at vår forståelse av aldring er feilaktig:

– Dessverre er aldring så stort og så nært oss at vi har vanskelig for å se det som det ondet som det faktisk er. Vi resignerer og godtar aldring, selv om det river vekk fra oss alt som vi er glade i, mener han.

> » Hva skjer med samfunnsstrukturen dersom de gamle aldri dør?

Hva er konsekvensene?

En rekke samfunnsmessige og etiske utfordringer venter oss selv om vi løser de helsemessige problemene ved lengre liv. En vesentlig økning i levealder vil føre til brå befolkningsvekst. På en klode som allerede presses av sterk befolkningsvekst og høyt ressursforbruk vil kraftig økt gjennomsnittlig levealder være lite bærekraftig. I globalt perspektiv kan man også spørre om det er etisk forsvarlig at vi i den vestlige verden bruker enorme ressurser på å forlenge livet, når store deler av verdens befolkning dør av sykdommer som er enkle å behandle eller forebygge.

Og hva skjer med samfunnsstrukturen dersom de gamle aldri dør? Velferdsstaten møter allerede en betydelig utfordring med den kommende eldrebølgen. En utvidelse av pensjonisttilværelsen vil øke problemet. Dersom vi i stedet forblir i arbeid i mange flere år vil det bli mindre plass til nye generasjoner og nye tankesett. Yuval Harari, forfatter av den bestselgende boka *Sapiens*, har satt problemstillingen på spissen: Hvordan ville verden sett ut dersom Stalin aldri hadde dødd?

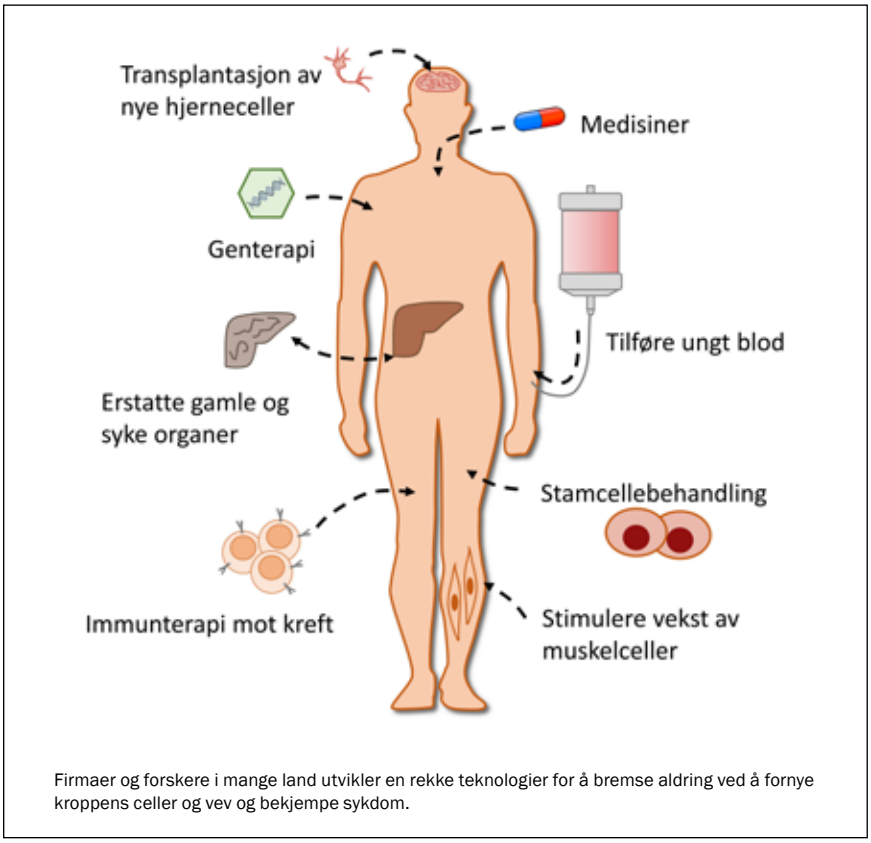
Ole Martin Moen mener imidlertid at en verden med flere og eldre mennesker kan bli bedre enn mange frykter:

– Økt velstand gir lavere fødselrate, og FN anslår derfor at befolkningsveksten vil flate ut. Dessuten vil en større befolkning gi mer handel og spesialisering. Det er fattigdom som er problemet, ikke befolkning. Eventuelt kan man bruke politiske virkemidler som skattlegging av teknologien, eller en strammere familiepolitikk, for å håndtere disse utfordringene, mener han.

Meningsfull aldring?

Utviklingen av livsforlengende bioteknologi vil imidlertid kunne bidra til å øke sosiale forskjeller, ikke minst hvis den blir dyr å ta i bruk. Og vi har allerede prioriteringsproblemer i helsevesenet, der tilgang på ny behandling i økende grad styres av den enkeltes betalingsevne.

Vil nye former for forebygging og behandling gjøre at vi må endre vår forståelse av aldring? Foto: iStock



Firmaer og forskere i mange land utvikler en rekke teknologier for å bremse aldring ved å fornye kroppens celler og vev og bekjempe sykdom.

Det er heller ikke alle som deler ønsket om evig liv. En undersøkelse fra 2013 viste at selv om flertallet av amerikanere var positive til medisinsk behandling som kan forlenge livet, ønsket under halvparten selv å leve lenger enn til 120 år. De mente også det ville være dårlig for samfunnet dersom gjennomsnittsalderen øker forbi dette punktet.

Ole Martin Moen er likevel ikke i tvil om at han ønsker å bremse sin egen aldring om han får muligheten:

– Så lenge jeg har et godt velferdsnivå vil jeg ønske å fortsette å leve. Da ønsker jeg ikke en prosess som aldring, som sakte, men sikkert, får kroppen min til å råtne.

Berge Solberg peker på at de to siste prioriteringsutvalgene for helsevesenet konkluderer med at man ønsker å prioritere flest mulig gode leveår, rettferdig fordelt. Å hjelpe eldre til å leve mye lenger enn de gjør i dag, vil gå på rettferdigheten løs, mener han, og legger til at døden er en vesentlig del av det å leve:

– Historisk sett har alderdom og død vært meningsrike tilstander. Mange av oss lytter ekstra godt til gamle mennesker som er i nærkontakt med døden, fordi de kan bidra med dype perspektiver på livet. Og vi lytter langt mer til disse enn til «evig unge» pensjonister som feirer sin ungdommelighet der de forsøker å jogge vekk fra tanken på å dø, sier Berge Solberg. ◆

Antialdrings-selskaper i vinden

Calico
Startet av Google for å studere biologiske aldringsprosesser og utvikle nye behandlinger for å motvirke aldring, blant annet ved bruk av molekylærbiologi, genetikk og bioinformatikk. Det er investert over 1,5 milliarder dollar i selskapet.

Human Longevity Inc.
Startet av kjendisforskeren Craig Venter som var sentral i kartleggingen av det menneskelige genom. Målet er å øke livslengden ved å oppdage sykdom og starte behandling tidligere, ved hjelp av kunnskap om genetisk sykdomsrisiko. Selskapet har hentet inn rundt 300 millioner dollar fra investorer.

Unity Biotechnology
Ønsker å utvikle nye behandlinger for alderdomsrelaterte sykdommer, blant annet grønn stær, leddgikt og åreforkalkning, ved å fjerne gamle og syke celler som hoper seg opp i kroppen. Selskapet har mottatt 116 millioner dollar i finansiering.

Alkahest
Utvikler behandling basert på overføring av blod fra unge personer til gamle mennesker med Alzheimer. Selskapet har skaffet seg rundt 50 millioner dollar i investeringer.

BioViva
Utvikler genterapier for å motvirke aldring, blant annet ved å forlenge stamcellenes levetid. Selskapets direktør Elizabeth Parrish har prøvd ut behandlingen på egne blodstamceller, og målinger antyder at cellenes biologiske alder har blitt redusert med 20 år. Selskapet har imidlertid fått kritikk for å ikke ha gjort grundige kliniske utprøvinger for å undersøke effekt og risiko.

En stor andel av de de kunstige museeggene inneholdt alvorlige kromosomfeil. Men museungene som vokste opp, var tilsynelatende normale og friske. Foto: iStock

Forskningsgjennombrudd:

Egg fra laboratoriet

Japanske forskere har laget befruktningsdyktige museegg i laboratoriet. Norsk gynekolog mener behandlingen er så risikabel og etisk problematisk at den aldri vil bli tillatt for mennesker.

Av Elisabeth Larsen

DET HAR LENGE VÆRT en snakkis i forskningsmiljøene: Hvem blir de første som lager befruktningsdyktige egg på laboratoriet? I høst kom nyheten om at det har skjedd. Japanske forskere har tatt en liten bit fra halen til en mus, og omprogrammert cellene til å bli såkalt pluripotente stamceller. Deretter dyrket de stamcellene sammen med celler fra eggstokkvev i laboratoriet. Cellene utviklet seg til modne egg (se faktaboks).

Eggene ble befruktet og satt inn i surrogatmus. Tre uker senere ble det født levedyktige museunger. Dette er første gang levende avkom er født etter bruk av egg som er laget utenfor kroppen. Disse avkommene har senere også fått egne barn. Studien ble publisert i det prestisjefylte tidsskriftet *Nature*.

Ny behandlingsmetode?

Flere forskere har tatt til orde for at dette kan være første trinn på veien for en ny behandling for ufrivillig barnløshet. Hvis metoden fungerer på mennesker, kan man i teorien ta en hudbit fra en kvinne som ikke blir gravid med egne egg og omdanne hudcellene til befruktningsdyktige egg i laboratoriet. På denne måten får kvinnen en mulighet til å få genetisk egne barn, siden hudceller inneholder akkurat det samme DNA-et som eggceller. Alternativet for disse kvinnene i dag er eggdonasjon, som ikke er tillatt i Norge.

Liv Bente Romundstad, gynekolog og leder ved Spiren fertilitetsklinikk i Trondheim, møter hver dag kvinner som strever med å bli gravide. Hun tror mange av pasientene hennes er interesserte i utviklingen av nye teknologier for å få barn, men bare dersom disse er helt trygge å ta i bruk.

– De fleste av oss har et sterkt ønske om å få barn. Men det er en forutsetning at de barna som kommer til verden ved hjelp av avansert teknologi ikke har økt risiko for sykdommer som er relatert til de ulike teknikkene som brukes, forteller Romundstad.

Sjansespill

Laboratoriesjef på Spiren, embryolog Peter Kragh, tviler på at den nye metoden for å lage egg på laboratoriet vil bli tatt i bruk på mennesker. Han mener det teknisk sett kan være mulig, men at det av etiske grunner ikke vil være gjennomførbart i overskuelig fremtid, og kanskje aldri. En vellykket «reprogrammering» av kroppsceller via stamceller til eggceller forutsetter to sentrale

hendelser, forteller Kragh: For det første at stamcellene fullfører meiose (halverer antallet kromosomer), slik at eggene inneholder riktig antall kromosomer når de befruktes. For det andre at stamcellene blir genetisk «nullstilt» (epigenetisk reprogrammert), slik at eggene etter befruktning kan utvikle seg til alle celletyper i et nytt individ.

Kromosomtallet kan man i hovedsak undersøke i dagene etter befruktning. Spørsmålet om epigenetisk reprogrammering er langt mer utfordrende, forteller Kragh:

– Denne prosessen kan man ikke kontrollere med dagens teknologi, og man kan heller ikke nødvendigvis undersøke resultatet. Små «feil» vil kunne gi sykdom eller funksjonsnedsettelser hos det kommende barnet. Den dagen vi kan kontrollere reprogrammeringen av hele arvemassen er det teknologisk mulig å ta i bruk dette på mennesker, inntil da er det et sjansespill om barnet som fødes blir sykt eller friskt.

» Små «feil» vil kunne gi sykdom eller funksjonsnedsettelser hos det kommende barnet.

Gir viktig kunnskap

Også forskerne bak den japanske studien understreker at det er langt frem før man eventuelt vil vurdere å bruke denne metoden på mennesker. Bare tre prosent av museeggene resulterte i friske avkom. Da forskerne brukte vanlige egg, ga 60 prosent friske avkom. Noe av årsaken var at en stor andel av de de kunstige museeggene inneholdt alvorlige kromosomfeil. Men museungene som vokste opp, var tilsynelatende normale og friske.

I kjølvannet av den japanske forskningsartikkelen har flere forskere uttalt til *Nature* at de aldri tror metoden vil brukes på mennesker, fordi risikoen for sykdom i barnet som fødes er for høy. Men selv om man ikke kommer til å lage egg av menneskelige hudceller med det første, er denne studien viktig. Den gir kunnskap om hvordan stamceller utvikler seg til modne egg, og kan gi økt forståelse for hvorfor noen kvinner ikke blir gravide.

Pasienter er bare interesserte i slike teknologier dersom disse er helt trygge å ta i bruk, mener gynekolog Liv Bente Romundstad.

Foreløpig er det et sjansespill om barna som fødes med denne metoden blir syke eller friske, sier embryolog Peter Kragh.

Etisk vanskelig

Flere har tatt til orde for at en slik behandling berører viktige etiske spørsmål. Hvis man kan ta hudceller fra en hvilken som helst kvinne og lage befruktningsdyktige egg, kan man i teorien lage utallige egg fra kvinner som for eksempel har høy IQ eller en bestemt type utseende, og selge disse til par som ønsker donoregg. For mange skaper slike muligheter bekymring for at dette kan bli starten på en utvikling hvor man i stadig økende grad bruker egg med bestemte genetiske egenskaper til assistert befruktning. Dette kan bidra til at man prøver å påvirke stadig flere arvelige egenskaper før fødsel, kanskje også ved bruk av genredigeringsmetoder som den mye omtalte CRISPR-metoden.

Selv om skepsisen er stor i flere miljøer, er det andre som tror dette kan være et første steg for å utvikle en metode som kan hjelpe flere ufrivillig barnløse kvinner til å bli gravide. Før det blir aktuelt å vurdere å ta metoden i bruk på mennesker må det imidlertid gjennomføres langt mer forskning og en omfattende etisk debatt.

Vil ikke tilby

Gynekolog Liv Bente Romundstad tror få norske kvinner har et så sterkt ønske om genetisk egne barn at de vil akseptere økt sykdomsrisiko for barnet. Hun mener eggdonasjon vil være et langt tryggere alternativ for norske kvinner enn egg fra laboratoriet.

– Det er ikke nødvendigvis så viktig for folk å få genetisk egne barn, men det å bli gravid og få barn er viktig. Vi vet mye om par som benytter donorsæd – de blir lykkelige familier med stolte fedre og mødre. Det er ikke gjort noen store studier som viser hvor viktig norske kvinner synes det er å få genetisk egne barn, men det økende antallet norske kvinner som reiser til utlandet for eggdonasjon taler for at dette ikke føles så viktig som enkelte hevder. Mange mener at morskapet etableres gjennom svangerskap, fødsel og sosial tilknytning, sier Romundstad, og understreker at fertilitetsklinikken hun leder aldri vil tilby å lage egg fra hudceller:

– Nei, dette vil ikke være et alternativ, siden det fremtidige barnets helse er det aller viktigste hensynet for oss. ◆

Egg i laboratoriet

Pluripotente stamceller har potensiale til å bli til alle typer celler i kroppen, unntatt morkake.

I 2012 ble det vist at pluripotente stamceller kan implanteres i eggstokken til mus og danne modne egg.

Nå har forskere for første gang klart å gjennomføre hele prosessen med å lage modne egg på laboratoriet. Etter å ha omprogrammert cellene fra en musehale til pluripotente stamceller, ble stamcellene dyrket sammen med celler fra eggstokkene og andre tilsatte faktorer. Stamcellene utviklet seg til modne eggceller. Eggcellene ble deretter befruktet og satt inn i surrogatmus. For tre prosent av eggene ble resultatet fødsel av friske museunger.

Verdens frø samles på få hender

Oppkjøp og sammenslåinger kan ende med at tre gigantselskaper kontrollerer to tredeler av verdens såfrø og sprøytemidler. Norsk landbruk står trygt nok på egne bein til at vi ikke trenger å bekymre oss for maktkonsentrasjonen ennå, mener bransjefolk.

Av Hallvard Kvale

DET VAKTE STOR OPPSIKT da det tyske kjemi- og farmasiselskapet Bayer nylig inngikk en avtale om å kjøpe det amerikanske frø- og kjemikalieselskapet Monsanto for 66 milliarder dollar. Monsanto er verdens største såfrøselskap, og en ledende produsent av genmodifiserte frø. Det nye selskapet vil ifølge nyhetsselskapet Reuters kontrollere mer enn en fjerdedel av verdensmarkedet for såfrø og plantevernmidler.

Oppkjøpet må godkjennes av konkurransemyndigheter i flere land før det kan gjennomføres, men fra mange hold er det allerede slått alarm etter varsler om flere store oppkjøp og sammenslåinger i år: Er kontrollen over matforsyningen vår i ferd med å bli samlet hos en håndfull multinasjonale selskaper?

Puster rolig

Svaret avhenger blant annet av hvilke land man snakker om, forteller norske fagfolk.

– Norge er ikke spesielt utsatt, siden vi har nasjonale systemer for plantesortsutvikling og gjødselproduksjon som gjør oss mindre avhengig av utviklingen i utlandet enn mange andre land, mener Christian Anton Smedshaug, daglig leder i analysebyrået AgriAnalyse.

Han understreker at Bayer, Monsanto og de andre store selskapene som har varslet sammenslåinger i år, ikke leverer råvarer på verdensmarkedet for mat, men snarere innsatsfaktorer som såkorn og plantevernmidler. Selv om også verdens råvaremarked er preget av maktkonsentrasjon hos de fire store selskapene ADM, Bunge, Cargill og Louis Dreyfus, er det altså ikke slik at noen få selskaper alene kontrollerer hele prosessen fra produksjon til tallerken.

Bjørn Stabbetorp, markedssjef for korn og plantekultur ved Felleskjøpet Agri, er enig i at man bør følge utviklingen nøye, men at det ikke er grunn til umiddelbar bekymring.

Et sammenslått Bayer/Monsato er anslått å kunne kontrollere mer enn en fjerdedel av verdensmarkedet for såfrø og plantevernmidler. Foto: iStock

– Slik jeg ser det, kan vi fortsatt puste rolig. Det er klart at en utvikling i retning av færre og større aktører kan påvirke tilgang og pris på sikt, men jeg har tillit til at det fortsatt vil være visse reguleringer som ivaretar landbrukets og kundenes interesser, sier Stabbetorp.

Reduserte matpriser

De globale matprisene har blitt kraftig redusert de siste årene, etter et toppår i 2011. Matprisindeksen til FNs organisasjon for ernæring og landbruk (FAO) falt med nesten en tredel fra 2011 til begynnelsen av 2016, etter å ha økt kraftig siden årtusenskiftet. Som et resultat har inntektene minket for bøndene i mange land. Inntekten til amerikanske bønder i år er ifølge avisen Wall Street Journal anslått å reduseres med 42 prosent sammenlignet med 2013.

Dette merkes også hos selskapene som bøndene handler hos. Presset på å effektivisere og kutte kostnader har økt, blant annet hadde Monsanto før Bayers oppkjøp varslet at de skulle kutte 3600 jobber i løpet av to år. Det statseide kinesiske selskapet ChemChina kjøpte tidligere i år det sveitsiske såfrøselskapet Syngenta for 43 milliarder dollar, mens de to amerikanske selskapene Dow og Dupont venter på godkjenning fra amerikanske og europeiske myndigheter til å slå seg sammen og skille ut frø- og plantevernvirksomheten sin i et eget selskap. Dersom alle disse planene blir virkelighet, vil resultatet bli tre selskaper som ifølge avisen Guardian kontrollerer to tredeler av verdens såfrø og sprøytemidler.

Selskapene selv argumenterer blant annet for at sammenslåingene og oppkjøpene kan gi bedre forskning og produktutvikling, men de gir også muligheter for å kutte kostnader. Bayer forventer at oppkjøpet av Monsanto kan føre til effektiviseringer og kostnadskutt på 1,2 milliarder dollar. Først må imidlertid avtalen godkjennes av myndighetene. Kritikere, blant annet i det amerikanske senatet, frykter at sammenslåingen kan føre til redusert konkurranse, mindre innovasjon og økte priser. Analytikere i selskapet Bernstein Research har anslått at det er 50 prosent sannsynlighet for at Bayers kjøp av Monsanto godkjennes av myndighetene.

Globale konsekvenser

Hva er årsakene til at norsk landbruk er mindre avhengig av internasjonale såfrøselskaper enn mange andre land? Norges geografiske plassering langt i nord, med krevende forhold for landbruk, er en viktig del av forklaringen, forteller Felleskjøpets Bjørn Stabbetorp. Vi har spesielle vekstforhold, særlig når det gjelder temperaturer og lysforhold. Derfor trenger vi et nasjonalt selskap som Graminor, som utvikler sorter som passer til å dyrke under norske forhold.

– Det norske såkornet er i all hovedsak produsert i Norge, og det gjelder i stor grad også for andre typer såfrø. Derfor er vi mindre avhengig av hva utenlandske selskaper selger, sier han.

– Det er ikke sikkert at disse fusjonene blir så lønnsomme som planlagt, sier Christian Anton Smedshaug i AgriAnalyse. Foto: Anders Henriksen

– Slik jeg ser det, kan vi fortsatt puste rolig, sier Bjørn Stabbetorp fra Felleskjøpet Agri.

» I globalt perspektiv kan denne maktkonsentrasjonen i bransjen helt klart være uheldig.

Både Stabbetorp og Christian Anton Smedshaug påpeker at de fleste land ser på matproduksjon som en nasjonal interesse som ikke kan overlates til markedskreftene alene. Når flere store produsenter i utviklingsland nå i økende grad kjøper såfrø og sprøytemidler fra de store agriselskapene, blir dette også et spørsmål om globalt landbruk og global matsikkerhet.

– Land i Sør-Amerika og det sørlige Afrika har færre ressurser til å utvikle nasjonale alternativer til de store selskapene, så i globalt perspektiv kan denne maktkonsentrasjonen i bransjen helt klart være uheldig, sier Smedshaug.

Ikke et GMO-spørsmål

Kritikere av genmodifisert mat (GMO) hevder gjerne at produksjon av GMO-er fører til maktkonsentrasjon hos enkelte store selskaper som Monsanto. Stabbetorp og Smedshaug understreker imidlertid at tendensen i retning av færre og større selskaper kan ses innen både plantevern, gjødsel og planteforedling, uavhengig av om produktene er genmodifiserte.

Smedshaug fra AgriAnalyse mener likevel at det ikke er selvsagt at denne utviklingen med stadig større selskaper vil fortsette i fremtiden. For tiden pågår det en teknologiutvikling i landbruket som kan føre til desentralisering og mindre avhengighet av store produsenter, blant annet gjennom resirkulering av ressurser og desentralisert energiproduksjon, påpeker han. Smedshaug ser heller ikke bort fra at det kan komme en motreaksjon mot makten til de store multinasjonale aktørene i mange land. Han mener at vi ser tendenser til mer fokus på nasjonale løsninger og at stadig flere stiller spørsmål ved om ikke dagens globalisering tjener en global elite og multinasjonale selskaper, fremfor folket. Motreaksjonene på dette vil svekke lønnsomheten til slike sammenslåinger. Klimaendringene kan også skape behov for mer spesialiserte produkter for dyrking i ulike områder og styrke desentralisert planteforedling.

– I all analyse er det enklest å anta at dagens trender fortsetter, men det stemmer ikke alltid. Det er ikke sikkert at disse fusjonene blir så lønnsomme som planlagt, og om noen år kan de store selskapene stå i en sårbar posisjon, mener Christian Anton Smedshaug. ◆

Gjennombrudd for zika-forskning:

Skriver ut minihjerner i 3D

Hundrevis av bittesmå menneskehjerner laget med 3D-skrivere på laboratoriet. Science fiction? Nei, tre 16-åringer med sommerjobb fant en metode. Resultatet kan få stor betydning for hjerneforskning.

Av Elisabeth Larsen

SOMMEREN 2013 fikk tre 16-åringer sommerjobb på laboratoriet til ekteparet Guo-li Ming og Hungju Song, som begge er professorer i nevrologi ved Johns Hopkins Hospital i Baltimore, USA. Ming og Song arbeider med å bruke bioskrivere til å lage menneskelig vev og organer. De tre tenåringene fikk frie tøyler til å leke seg med bioskriverne på laboratoriet.

Råmaterialet for bioskrivere er som oftest pluripotente stamceller, som er uspesialiserte celler som kan utvikle seg til alle kroppens celler. Skriverne gjør det mulig å få cellene til å vokse i en tredimensjonal struktur, slik at vev og organer kan dyrkes utenfor kroppen. Forskere har kommet langt med å lage organer som urinblære og lever. Song og Ming hadde lenge hatt et ønske om å skrive ut 3D-strukturer av hjernen, men menneskehjernens komplekse struktur gjør dette ekstremt vanskelig og kostnadskrevende.

Enestående øyeblikk

Når hjernen dannes under fosterutviklingen, spesialiserer stamcellene seg først til forstadier av nerveceller, såkalte nevronale stamceller, som utvikler seg videre til ulike typer modne nerveceller. 16-åringene fant ut at hvis bioskriveren roterte i en viss hastighet mens denne prosessen pågikk, samlet stamcellene seg på en slik måte at de vokste akkurat slik hjernen gjør under fosterutviklingen. Fire måneder senere var minihjernene klare til å analyseres.

Song sier til avisen New York Times at det var et enestående øyeblikk da studentene viste ham hvordan de hadde knekt koden:

– Jeg ble sjokkert første gang jeg så maskinen vibrere på benken. Jeg hadde aldri engang tenkt tanken at 16-åringer kunne bygge en bioskriver som lager en hjerne – vårt mest kompliserte organ.

Song sier at bioskriveren er så enkel å bygge at forskere rundt om i verden kan bygge den selv for noen få hundre dollar.

En ny dimensjon

Ekteparet Song og Ming har arbeidet i tre år med å videreutvikle prosessen, og har

Minihjernene fra bioskriveren gjør at vi for første gang har mulighet til å studere hva som skjer på cellenivå i en tredimensjonal levende hjerne. Foto: Scanpix

døpt bioprinteren SpinΩ. SpinΩ inneholder et stort antall brønner, såkalte bioreaktorer, som stamcellene kan vokse i og danne tredimensjonale strukturer på størrelse med et knappenålshode, rundt 3 millimeter. På den måten kan hundrevis av minihjerner vokse samtidig, og utvikle seg over flere måneder.

Nyheten om minihjernene fikk mye oppmerksomhet da den ble offentliggjort tidligere i år, fordi forskning på sykdommer i hjernen på cellenivå er vanskelig. Hjernevev hentet ut fra pasienter er en begrenset ressurs. Hvis man som forsker får tillatelse til å ta en hjernebiopsi under en operasjon, er i tillegg cellene vanskelig å forske på, siden de ikke deler seg, og dør etter noen få dager.

Til nå har derfor studier av hjernen på cellenivå blitt gjort med stamceller som kan utvikle seg til nevroner og andre typer hjerneceller i en skål på laboratoriet. Da vokser cellene i ett enkelt cellelag. Minihjernene fra bioskriveren gjør at vi for første gang har mulighet til å studere hva som skjer på cellenivå i en tredimensjonal levende hjerne.

Brukes i zika-forskning

3D-hjernene er allerede tatt i bruk i zikaforskning. Zikavirus spres av mygg og fører til alvorlige hodeskader i barn som blir infisert tidlig i fosterutviklingen. Skremmende bilder av nyfødte babyer med unormalt små hoder har gått verden rundt etter at mange dødssyke babyer er født i Sør-Amerika de siste månedene. 3D-minihjernene tar forskning på zikavirus et viktig skritt videre, fordi det for første gang blir mulig å finne ut mer om hva som skjer når viruset angriper hjernen.

Minihjernene vokser i hundre dager, og lever videre i mer enn hundre dager til før hjernecellene begynner å dø. På dag 54 er hjernecellene i minihjernene slik de er i et 9 uker gammelt foster. Etter 100 dager tilsvarer de hjernen til et foster i uke 35 i fosterutviklingen. Det gir forskerne god tid til å studere hvordan virus kan arbeide seg gjennom de ulike celletypene i hjernen, og undersøke når hjernen er mest sårbar for infeksjon. For å studere zikainfeksjon laget Ming og Song tre modeller av hjernen slik den er på fosterstadiet noen få uker etter befruktning: forhjernen, midthjernen og bakre del.

Forskerne observerte at zikaviruset angrep og drepte én bestemt type celler: de nevronale stamcellene i cortex, som er den ytre delen av forhjernen. Cellene i cortex er ansvarlig for blant annet hukommelse og læring. Når viruset dreper stamcellene i cortex blir det ikke dannet nerveceller i dette området, og barna fødes derfor med den karakteristiske hodeformen hvor deler av hjernen mangler.

Studier av 3D-hjernen har også bekreftet observasjonen om at det for gravide kvinner er farligst å få en zikainfeksjon i starten av graviditeten. Forklaringen er at det da er mange stamceller tilstede i cortex som utvikler seg til nerveceller.

Tatt i bruk i annen hjerneforskning

Hjerneceller stopper å dele seg etter at de er modnet, men det er enkelte områder i hjernen hvor stamceller danner nye nevroner hele livet. Forskere har estimert at 700 nye nevroner dannes i en voksen menneskehjerne hver dag. Når voksne mus infiseres med zikavirus, kan viruset drepe akkurat disse stamcellene. Dette kan være en mulig forklaring på hvorfor voksne etter en zikainfeksjon kan få kognitive problemer og nevrologiske sykdommer som Gullian-Barre, en såkalt autoimmun sykdom som fører til nerveskade og lammelser i bein og underkropp. Neste trinn i forskningen er nå å lage en 3D-modell av en voksen hjerne, for å se hvorfor enkelte voksne får nevrologiske sykdommer etter en zikainfeksjon.

Det er fremdeles ingen som har lyktes med å utvikle medisiner eller vaksine mot zikainfeksjon, og Folkehelseinstituttet advarer gravide mot å reise til en rekke land i Sør-Amerika og Asia, inkludert Thailand og Filippinene. Verdens helseorganisasjon har erklært kampen mot zika som en global helseutfordring, og maner forskningsmiljøene og farmasøytisk industri til å intensivere jakten på en medisin mot viruset. Forskning med 3D-hjernene har ikke resultert i en zikamedisin ennå, men et par allerede godkjente medikamenter mot virussykdommer har gitt lovende resultater.

> » 3D-minihjernene tar forskning på zikavirus et viktig skritt videre.

3D-hjernene er også tatt i bruk i annen hjerneforskning. I pasienter med Parkinson sykdom dør dopaminproduserende hjerneceller, slik at pasientene gradvis mister kontroll over muskler og kognitive evner. Å studere akkurat disse cellene i en tredimensjonal struktur, gir nye muligheter for økt forståelse for sykdomsforløpet og utprøving av medisiner.

Professorene Song og Ming har nå latt det bli en tradisjon å la tre 16-åringer få sommerjobb i laboratoriet deres.

– 16-åringer er fryktløse, de tenker utenfor boksen, og de er ikke redde for å gjøre feil, forteller Song til tidskriftet Cell, som publiserte studien.

– Ved å la unge studenter arbeide sammen med eldre forskere, kan spennende innovasjon skje. ◆

• Qian et al., 2016, *Cell* 165, 1238–1254.

Les også artikkelen om 3D-skrivere som lager organer og vev på side 22.

Jaktar grønare biodrivstoff

Tre utgjer ein stor potensiell ressurs for norskprodusert biodrivstoff. Firmaet Borregaard bryt ned trevirke ved hjelp av syre, men prøver ut enzymteknologi i eit testanlegg. Foto: iStock

Korleis kan vi lage miljøvennleg biodrivstoff utan å bruke matplantar som råvarer? Norske forskarar og bedrifter har kvar einaste dag biodrivstoff i tankane så vi kan fylle betre biodrivstoff på tanken.

Av Audrun Utskarpen

I DIESELEN OG BENSINEN som vi brukar i Noreg, er det i dag eit krav at det skal vere blanda inn minst 5,5 prosent biodrivstoff. Regjeringa har foreslått å auke kravet til 7 prosent frå 2017. Ulempa er at mange av råvarene som biodrivstoffet er laga av, som til dømes mais, kunne vore brukt som mat, eller at dyrkinga tek opp areal som kunne vore brukt til matproduksjon. Det krevst dessutan mykje kunstgjødsel og energi for å dyrke desse plantane. Derfor er det omstridd om biodiesel og bioetanol i dag verkeleg fører til lågare klimagassutslepp.

Ei betre løysing er å utnytte biomasse som ikkje er mat, eller som elles ville gått til spille. Berre éin prosent av biodrivstoffet vi brukar i dag, er laga i Noreg, der vi kan utnytte råvarer som skog, tang og tare, fiskerestar frå oppdrettsnæringa, kjøttrestar frå slakteria, matavfall og vanleg søppel, strå og gras. Utfordringa er å få mest mogleg energi ut av råvara og gjere det så billeg at det kan konkurrere med fossilt drivstoff.

Kostbar produksjon

I prosessen med å omdanne biomasse til biodrivstoff er enzym eit viktig verktøy. Enzym er protein som fremjar ein kjemisk reaksjon utan sjølv å bli brotne ned. Dei kan til dømes bryte ned trevirke til sukker, som igjen blir omdanna til bioetanol. Fordelen med enzym er at råstoffa blir handsama meir skånsamt, og at det blir mindre avfall. Ofte nyttar ein ei blanding av fleire enzym som hjelper til på kvar sin måte, men det er krevjande å finne den rette kombinasjonen av enzym og den aller mest effektive prosessen.

I Sarpsborg ligg eitt av dei fremste bioraffineria i verda, Borregaard, som brukar gran som råstoff. I eit bioraffineri utnyttar ein alle delar av biomassen til å lage fleire ulike produkt for sal. I dag bryt dei ned trevirket ved hjelp av syre, men prøver ut enzymteknologi i eit testanlegg.

> » Det er omstridd om biodiesel og bioetanol i dag verkeleg fører til lågare klimagassutslepp.

– Det er produksjonstrinnet der vi nyttar enzym, som kostar mest i dag. Så for oss er nye og meir effektive enzym ein nøkkel til å forbetre produksjonen, seier teknologidirektør Gudbrand Rødsrud.

Det største på fleire tiår

På NMBU, Noregs miljø- og biovitskaplege universitet, jobbar professor Vincent Eijsink og medarbeidarane med å finne enzym som lettare kan bryte ned råstoff frå tre. I 2010 oppdaga dei ei ny gruppe enzym kalla LPMO som finst naturleg i bakteriar og sopp. Dei nye enzyma bind seg til trematerialet og rufsar opp overflata slik at dei enzyma som bryt ned cellulosen til sukker, kjem lettare til.

– Oppdaginga av desse nye enzyma er det største som har hendt på fleire tiår for industrien som lagar bioetanol frå råvarer som strå og trevirke, seier Eijsink, og legg til:

– Før har det vore vanskeleg å konkurrere med bioetanol frå sukkerrøyr og mais fordi desse råstoffa er mykje lettare å bryte ned.

Bioetanolfabrikkar i Italia, Spania, Brasil og USA har allereie teke dei nye enzyma i bruk. I Noreg er det planlagt ein bioetanolfabrikk på Hønefoss, basert på denne teknologien. Som råstoff skal dei nytte reststoff frå skogindustrien som i dag blir brent. Bioetanolen skal enten blandast med fossilt drivstoff og seljast til tungtransport, eller brukast til bussar som køyrer på etanol. Firmaet som står bak, meiner drivstoffblandinga deira vil kutte CO2-utsleppa med 90 prosent i høve til fossil diesel.

Kombinasjon av råstoff

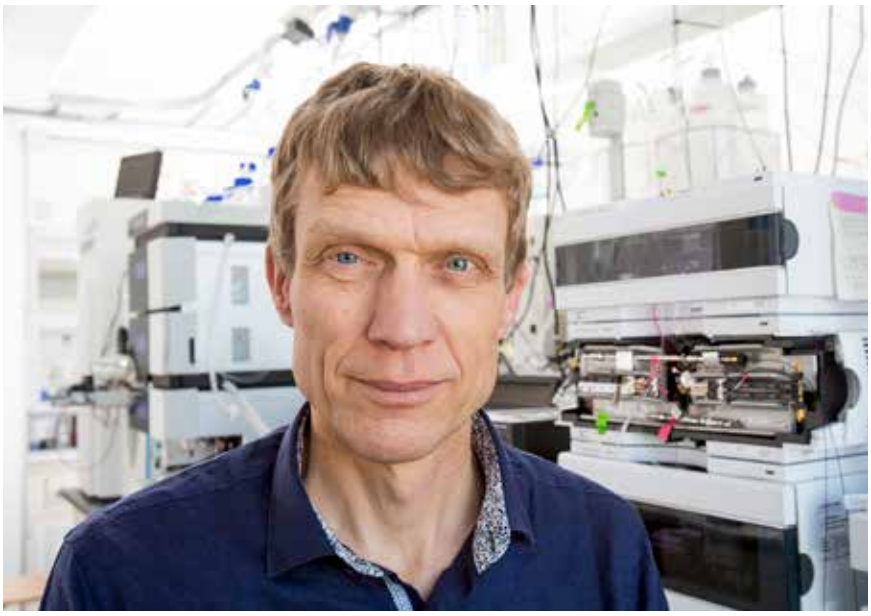
Samstundes held jakta på nye enzym fram. Dei fleste enzym trivst best i naturlege temperaturar, men råstoffet blir meir effektivt brote ned ved høgare temperatur. Så det hadde vore fint om ein kunne finne enzym som toler meir varme, samstundes som det trengst enzym som verkar betre. Derfor leitar forskarar stadig etter nye enzym i naturen, til dømes i varme brønnar på havbotnen der enzyma fungerer best ved høge temperaturar. Nyttige enzym er òg funne i bakteriar i pælemark og i tarmen til reinsdyr.

– I skogen er det funne enzym i sopp som er blant dei beste vi har, og det finst fleire variantar av desse å få kjøpt, fortel Eijsink.

Forskarane kan òg bruke genteknologi til å endre på enzyma for å gjere dei meir stabile eller gi dei andre attraktive eigenskapar.

Eijsink meiner det ligg godt til rette for at bioøkonomien kan vekse i Noreg, fordi vi både har råvarer, kompetanse og relevant industri som tenkjer framtidsretta. Det som er avgjerande, strekar han under, er å utvikle teknologi for å ta i bruk alle typar råstoff.

– Vi kan ikkje rekne med at skogen skal drive bioøkonomien vår åleine. Det viktigaste er at vi tek flest mogleg av råstoffa i bruk, både dei vi finn på land og i havet, seier han.



– Vi kan ikkje rekne med at skogen skal drive bioøkonomien vår åleine, meiner professor Vincent Eijsink. Foto: Håkon Sparre

Eijsink trekkjer blant anna fram dyrking av tang og tare som eit område med stort potensial.

– Dessutan er den sirkulære tankegangen viktig. Heile råstoffet skal utnyttast, og ingenting skal gå til spille. Når vi har fått ut det som er mogleg å få ut av energi, altså når vi har brukt opp karbonet, må vi føre næringsstoffa tilbake til jorda i form av biogjødsel som inneheld fosfor og nitrogen.

Klima og biologisk mangfald

For å vurdere kva slags råstoff som er mest miljøvennleg, må ein gjere ein såkalla livssyklusanalyse, der følgjene både av å produsere råvara og bruke drivstoffet må takast med. Ein reknar ut korleis det påverkar mellom anna klimagassutslepp, temperatur og biologisk mangfald.

– Når det gjeld klimarekneskapen, må vi både sjå på CO2-utslepp og korleis refleksjon og opptak av varme på jordoverflata endrar seg om vi til dømes høgg eller plantar skog, og her er det framleis ein del ting vi ikkje heilt forstår, seier Anders Hammer Strømman, professor ved NTNU og medforfattar av den siste rapporten frå FNs klimapanel.

Han held fram at vi i tillegg til konsekvensar for klimaet må vurdere kva følgjer det har for det biologiske mangfaldet om vi til dømes utnyttar skogressursar for å lage biodrivstoff.

– Dei fleste er likevel einige om at det gir god meining å utnytte restråstoff, seier Strømman. ◆

– Dei fleste er einige om at det gir god meining å utnytte restråstoff, seier professor Anders Hammer Strømman. Foto: Trond Åm

Biodrivstoff

Biodrivstoff er drivstoff som er framstilt av biomasse. Det finst tre typar: bioetanol, biodiesel og biogass.

Bioetanol blir laga når gjær omdannar sukker til etanol. Mest vanleg er det å få sukkeret frå mais og sukkerrøyr, men òg trevirke kan nyttast. To tredelar av biodrivstoffet i verda er bioetanol.

Biodiesel blir laga frå oljevekstar som raps og palmar. I Europa er det mest vanleg med biodiesel frå raps. Det meste av biodrivstoffet vi nyttar i Noreg, er laga av rapsolje frå Tyskland, Ukraina og Litauen.

Biogass er metangass som blir laga når bakteriar eller gjær bryt ned organisk materiale utan at det er oksygen til stades. Materialet kan vere jordbruksavfall, gjødsel, plantemateriale eller matavfall.

Helgenomsekvensering:

Hvor mye vil du vite om barnet ditt?

En full kartlegging av arvematerialet til nyfødte barn kan gi bedre diagnostikk og behandling fra fødselen, men reiser også etiske spørsmål. Fagfolk er uenige om slike undersøkelser bør tilbys i Norge.

Av Idunn Godal

TIDLIG DIAGNOSTISERING av sykdommer hos nyfødte kan gi bedre helse og redde liv. I dag får alle norske foreldre tilbud om en nyfødtscreening som tester barnet for 23 ulike alvorlige tilstander. Testen måler stoffskifteprodukter i en blodprøve fra barnet. Blant sykdommene man undersøker for er stoffskiftesykdommene fenylketonuri (også kjent som Føllings sykdom) og cystisk fibrose.

Såkalt genomsekvensering, hvor man kartlegger hele arvestoffet til et individ, gir mulighet for langt mer omfattende diagnostisering av nyfødte. Mer enn 7000 sykdomsrelaterte DNA-mutasjoner kan undersøkes. Slike undersøkelser, som tilbys enkelte foreldre i USA, kan gi nye muligheter for tidligere diagnostisering og behandling av medfødte og arvelige sykdommer. Likevel er det mange etiske og praktiske spørsmål knyttet til slik bruk av genetisk sekvensering. Testene gir blant annet store mengder informasjon som er vanskelig å fortolke og som har usikker nytteverdi.

Kritisk til nytteverdi

Cathrine Bjorvatn, genetisk veileder ved Haukeland universitetssykehus og varamedlem i Bioteknologirådet, stiller seg spørrende til hvordan foreldre rent konkret skal forholde seg til informasjonen fra en helgenomsekvensering av barnet sitt. Hun understreker at sekvensering er noe prinsipielt helt annet enn å genteste personer med høy risiko for gitte sykdommer.

Bjorvatn mener det er problematisk å genomsekvensere friske individer uten en klar medisinsk indikasjon, og enda mer betenkelig når det er snakk om barn. Hvordan skal man for eksempel forholde seg til at et barn har økt risiko for en alvorlig sykdom som debuterer sent i livet, spør hun. Når skal man eventuelt informere barnet? Kanskje vil barnet aldri utvikle sykdommen, og kanskje eksisterer det ingen behandling eller effektiv forebygging. Kanskje vil barnet heller ikke ønske å ha denne kunnskapen når det vokser opp.

– Retten til en åpen fremtid er et viktig prinsipp i medisinsk etikk. Det betyr at vi venter med å genteste personer til de selv kan bestemme om de ønsker informasjonen som testen gir. Unntaket er alvorlige sykdommer som kan forebygges eller behandles. Ved å genomsekvensere nyfødte ender man opp med å frata barn muligheten for en åpen fremtid, mener Bjorvatn.

Med genomsekvensering kan man undersøke nyfødte for mer enn 7000 sykdomsrelaterte DNA-mutasjoner. Foto: iStock

Gir muligheter

Medisinsk fagdirektør i Statens legemiddelverk, Steinar Madsen, ser mer optimistisk på mulighetene ved slike undersøkelser. Han mener muligheten for bedre tidlig diagnostikk kan være en stor fordel.

– Blant annet vil det kunne være viktig for de omtrent 1 av 200 i den norske befolkningen med en medfødt tilstand kalt familiær hyperkolesterolemi, som gir forhøyede kolesterolverdier og økt risiko for hjerteinfarkt og tidlig død. Ved en genomsekvensering tidlig i livet vil man raskt kunne oppdage tilstanden og gi tidlig behandling med kolesterolsenkende medisiner som vil sikre personen et normalt liv, sier Madsen.

En annen fordel Madsen er opptatt av, er muligheten til å få viktig kunnskap om hvordan en person reagerer på ulike legemidler. Alle mennesker har genvarianter som påvirker hvordan enkelte legemidler fungerer i kroppen. Noen av oss er genetisk disponerte for å bryte ned bestemte stoffer langsomt. Legemidlene blir da værende i blodet over tid, noe som kan gi alvorlige bivirkninger. Hos andre brytes legemidler ned for raskt, slik at medisineringen er mindre virksom. Kunnskap fra såkalte farmakogenetiske undersøkelser kan brukes til å tilpasse dosering av legemidler.

– Ved en helgenomsekvensering vil man kunne hente ut informasjon om hvordan pasienten bryter ned enkelte medikamenter, og tilpasse dosen nøyaktig dersom personen blir syk senere i livet, sier Madsen.

Ved å genomsekvensere nyfødte ender man opp med å frata barn muligheten for en åpen fremtid, mener genetisk veileder Cathrine Bjorvatn.

Muligheten for bedre tidlig diagnostikk av nyfødte kan være en stor fordel, tror Steinar Madsen fra Statens legemiddelverk.

Lav deltakelse

Men hva mener de nybakte foreldrene selv om slike undersøkelser av barna sine? I en nylig publisert studie ledet av genetikeren Robert Green ved et Harvard-tilknyttet universitetssykehus i Boston ønsket man å se på fordeler og utfordringer ved helgenomsekvensering av nyfødte, sammenlignet med «vanlig» nyfødtscreening. I studien, kalt The Babyseq Project, ble først 500 nybakte foreldre med friske barn spurt om de var interesserte i å helgenomsekvensere barnet sitt. Mer enn 80 prosent av dem svarte at de ville være litt eller veldig interesserte i et slikt tilbud. Da Babyseq-prosjektet ble videreført i mai i fjor, og foreldre faktisk fikk tilbud om en slik undersøkelse, ønsket kun 7 prosent av over 2400 spurte foreldre å ta del i programmet.

» Det er viktig å huske at påviste sykdomsrelaterte gener ikke nødvendigvis vil føre til sykdom senere i livet.

Green mener den lave deltakelsen blant annet skyldtes praktiske forhold som at mange foreldre ikke var innstilt på å måtte dra tilbake til sykehuset for å diskutere testresultatene. Flere hadde også bekymringer knyttet til barnas privatliv, var usikre på hvordan de skulle håndtere prøvesvarene og bekymret seg for mulig diskriminering fra forsikringsselskaper.

Kun et fåtall av babyene som ble testet i Greens BabySeq-prosjekt viste seg å bære på kjente sykdomsrelaterte DNA-mutasjoner. Hos to barn ble det påvist en viss forhøyet risiko for hjertesykdom, ett barn hadde mutasjon som senere i livet vil kunne føre til en type enzymmangel. De fant også ett tilfelle med mutasjon i BRCA2-genet, et gen som er sterkt knyttet til brystkreft. Forskerne valgte å ikke gi beskjed til foreldrene om de usikre resultatene, men foreldrene til barnet med mutasjoner i BRCA2-genet ble informert etter anbefaling fra studiets etiske råd.

Uavklarte spørsmål

Genetisk veileder Cathrine Bjorvatn forstår godt at mange av foreldrene som ble invitert til BabySeq-prosjektet valgte å ikke la sine nyfødte bli helgenomsekvensert. Hun har inntrykk av at foreldre og andre ofte blir mer skeptiske til så omfattende gentesting når de setter seg inn i hva tilbudet faktisk innebærer.

– En undersøkelse av rundt 7000 sykdomsrelaterte genvarianter vil gi mange usikre resultater, og det er viktig å huske at påviste sykdomsrelaterte gener ikke nødvendigvis vil føre til sykdom senere i livet. Ved å informere om disse genfeilene vil man kunne skape unødige bekymringer og dårligere livskvalitet hos de involverte.

Steinar Madsen fra Statens legemiddelverk mener at folks kjennskap til slike gentester fortsatt er begrenset, og venter tvert imot at økt kunnskap om teknologien vil føre til økt interesse blant folk flest. Men også Madsen understreker at før slik testing av nyfødte kan komme på tale, må flere etiske og praktiske spørsmål avklares, blant annet knyttet til personvern og diskriminering i arbeidslivet.

Han peker også på faren for at disse dataene kan bli overfortolket og brukt feil, for eksempel ved at man blir regnet som syk om man får påvist økt sykdomsrisiko. Selv om rundt 8 prosent av Norges befolkning har en genetisk medfødt forhøyet risiko for blodpropp, er det få av disse som faktisk vil få blodpropp.

– Det er en risiko for å sette unødige diagnoser på folk. Og hva gjør man da? Hvordan skal slike data brukes i en praktisk medisinsk sammenheng? Dette vet vi ikke, understreker Steinar Madsen. ◆

Genmodifisering kan gi skotsikre vestar

Det amerikanske forsvaret testar ut om edderkoppsilke kan erstatte kevlar i skotsikre vestar. Silken kan òg nyttast i hudkrem, silikonimplantat og medisinsk utstyr som skal inn i kroppen.

Av Audrun Utskarpen

Skotsikre vestar med ei blanding av silke frå edderkoppar og silkeormar kan greitt stoppe ei kule. Foto: iStock

EIN EDDERKOPP spinn fleire slags trådar til ulik bruk, nokre blir nytta i veven og andre til å spinne eggkokongar eller pakke inn byttedyr. Den sterkaste tråden er den edderkoppen firer seg ned med. Trådane er sette saman av silkeprotein som edderkoppen lagar i spinnekjertlane.

Det særmerkte med desse proteinfibrane er at dei toler svært mykje før dei slitst av. Dessutan er dei biologisk nedbrytbare. Derfor har forskarar i årevis drøymt om å lage kunstig edderkoppsilke, og konkurransen om å vere først ute er hard. Fordi edderkoppar er små og gjerne går til åtak på kvarande, høver dei dårleg i oppdrett, så alternative produksjonsmåtar må til.

Genmodifiserte silkeormar

Den amerikanske bedrifta Kraig Biocraft har genmodifisert silkeormar slik at dei spinn ei blanding av sin eigen silke og edderkoppsilke. Det har dei fått til ved å setje inn gen frå edderkopp i DNA-et til silkeormen. Dei har no fire typar genmodifiserte silkeormar som kan lage silke med litt ulike eigenskapar. Produksjonen går for seg ved at larvane spinn ein kokong av silketrådar rundt seg. Så blir larvane drepne i kokande vatn og silken utvunnen frå kokongane.

Det amerikanske forsvaret inngjekk nyleg ein kontrakt med Kraig Biocraft om å prøve ut edderkoppsilken i skotsikre vestar. Denne avtalen gjorde at bedrifta i oktober 2016, etter ti år med utprøving, kunne starte opp produksjon med førti tusen silkeormar.

Kan stoppe ei kule

Fibrane er sterkare i høve til diameteren og vekta enn mange andre materialar. Kevlar, som blir nytta i dei skotsikre vestane i dag, er litt sterkare, men blandinga av vanleg silke og edderkoppsilke er meir elastisk og kan greitt stoppe ei kule. Forsvaret skal prøve ut trådar med ulik styrke og tjukn. Men fordi kevlar framleis er sterkare, vil nok ikkje edderkoppsilke erstatte kevlar med det aller første.

Kraig Biocraft har samarbeidd med forskarar frå dei amerikanske universiteta Notre Dame og Wyoming om å utvikle teknologien, og planlegg no å opne ein fabrikk i Vietnam.

Det tyske firmaet AMSilk var først ut med å lage syntetisk silkeprotein. Dei sette gen frå korsedderkopp inn i *E. coli*-bakteriar. I 2010 avslørte forskarar ved Det tekniske universitetet i München korleis edderkoppen spinn trådar av silkeproteina, og dette utnytta AMSilk til å utvikle sin eigen spinneteknologi. Spinninga skjer når pH-en søkk og salt blir fjerna. Da dannar silkeproteina små krystallar i lange kjeder med kryssbindingar mellom. Det er desse kryssbindingane som gjer materialet så sterkt.

Mange bruksområde

I dag sel AMSilk edderkoppsilke både som pulver, gele og fiber. Pulveret blir nytta i sjampo, hudkrem og sminke. Andre gode eigenskapar edderkoppsilken har, er at han ikkje trekker til seg bakteriar så fort, og at immunsystemet ikkje så lett reagerer på han. Derfor kan silken brukast som belegg utanpå silikonimplantat og på kateter og anna medisinsk utstyr som skal inn i kroppen. Klesprodusentar prøver òg ut om silkefibrane kan hindre bakterievekst i klede.

Ein fordel med å produsere silkeproteina i bakteriar, er at det er enkle organismar som formeirar seg fort. Ettersom mange protein allereie blir laga i genmodifiserte bakteriar på fabrikk, kunne AMSilk tilpasse teknologi som fanst frå før, utan å byggje opp industrien frå botnen.

Ein tredje måte å lage edderkoppsilke på er å genmodifisere geiter slik at dei lagar silkeproteina i mjølka. Slike geiter finst i USA, men det har ikkje lykkast å få til lønnsam produksjon. ◆

Foreslår enklare reglar for immunterapi-forsøk

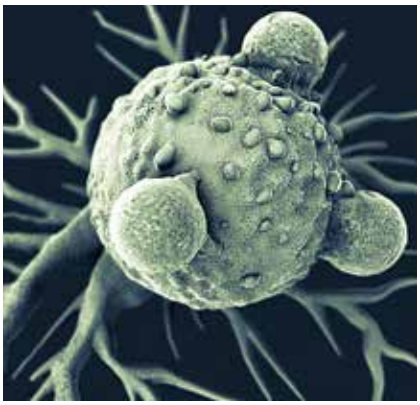


Foto: iStock

Bioteknologirådet foreslår at kliniske forsøk med nokre former for immunterapi skal bli fritatte frå krava om godkjenning av genterapiar i bioteknologiloven.

Av Hallvard Kvale

EIT SAMLA Bioteknologiråd tilrår at nokre former for kliniske forsøk med immunterapi bør bli fritatte frå krava om godkjenning i bioteknologiloven. Tilrådinga gjeld forsøk der det blir nytta DNA- eller RNA-basert genmateriale som blir brote ned etter ei tid. Rådet seier eit slikt unntak kan gjere at kliniske studiar kjem fortare i gang, og meiner dei andre godkjenningskrava for slike studiar sikrar pasienttryggleiken. Ved immunterapi blir immunforsvaret i kroppen stimulert til å angripe og drepe kreftceller, utan bruk av kirurgi, cellegift eller stråling.

– Bioteknologirådet ønskjer å bidra til at god og viktig forsking ikkje blir bremsa av unødvendige hindringar. Ved å unngå at studiar blir forseinka på grunn av omfattande godkjenningskrav, kan vi også gjere det meir attraktivt å legge kliniske studiar til Noreg. Dette vil vere ein fordel for norske pasientar, seier leiar i Bioteknologirådet Kristin Halvorsen.

Den aktuelle behandlinga går for seg ved at genetisk materiale blir isolert frå kreftcellene og brukt til å stimulere immuncellene til pasienten. På den måten lærer immuncellene korleis dei skal angripe kreftcellene, før immuncellene blir sette tilbake i pasienten igjen.

I dag blir desse formene for immunterapi, der det blir gjort kortvarig behandling med genetisk materiale, regulerte som genterapi, og må ha særskild godkjenning. Denne reguleringa skil seg frå reguleringa i EU, der dei ikkje reknar kortvarig behandling med RNA som genterapi. Bioteknologirådet uttaler samtidig at reguleringa av genterapi høyrer naturleg inn under bioteknologiloven, ettersom det omfattar endring av genetisk materiale ved hjelp av genteknologi. ◆

Ja til ny fosterdiagnostikk-test

Foto: iStock

NIPT-testen for å oppdage kromosomfeil hos foster bør tilbydast til kvinner som i dag får tilbod om fosterdiagnostikk, tilrår eit fleirtal i Bioteknologirådet. Mindretalet meiner testen gir så banebrytande nye moglegheiter at vi må stoppe og spørje kva vi vil med fosterdiagnostikken.

Av Hallvard Kvale

EIT FLEIRTAL på tolv medlemmer i Bioteknologirådet tilrår at NIPT-testen bør erstatte dagens fosterdiagnostiske undersøking for trisomiane 13, 18 og 21 (Downs syndrom). Ved NIPT-testing undersøker ein DNA frå fosteret, henta ut frå blodet til den gravide. To medlemmer i rådet tilrår ikkje å ta i bruk testen før ein eventuelt reviderer heile regelverket for fosterdiagnostikk.

Helsedirektoratet skal avgjere om NIPT-testing for å undersøke om eit foster har trisomiar (tre kopiar av eit kromosom i staden for to) skal godkjennast som ny metode i fosterdiagnostikk. I dag blir kombinert ultralyd og blodprøve (KUB-test) i svangerskapsveke 11–13 brukt til å undersøke dette. Med NIPT-testen kan ein få omfattande kunnskap om arveanlegga til fosteret og sjukdomsrisikoar, men Bioteknologirådet uttaler seg i denne omgang berre om bruk av NIPT for trisomiar. Fråsegna gjeld berre dei som i dag får tilbod om fosterdiagnostikk fordi dei har auka risiko for å få eit barn med trisomi.

– Når vi først tillèt fosterdiagnostikk for å avdekke trisomiar, må dei gravide kvinnene få tilgang til den mest presise og formålstenlege metoden. Det er her berre snakk om å endre metoden, ikkje kor mange som får tilbod om testing eller kva det blir testa for. For dei aktuelle kvinnene vil NIPT gi sikrare prøvesvar og redusere bruken av fostervass- og morkakeprøver, og dermed også risikoen for spontanabort, seier leiar i Bioteknologirådet Kristin Halvorsen, som stemte med fleirtalet.

Dei to medlemmene som tilrår å ikkje ta i bruk NIPT no, grunngir det mellom anna med at NIPT gir så banebrytande nye moglegheiter innan fosterdiagnostikk at vi må gjere ei samla vurdering av korleis vi ønskjer å organisere det fosterdiagnostiske tilbodet i Noreg. ◆

200 år med frykt for Frankenstein

Frankenstein fyller 200 år, og brukes stadig for å advare mot ny teknologi. Hva kan vi egentlig lære av denne klassiske historien om vitenskap som går amok?

Av Truls Petersen

MONSTERLAKS! Franken-food! Franken-babyer! Frankenstein-sammenligninger florerer i debatten om bioteknologi, særlig når det gjelder kloning, genmodifisert mat og genetiske endringer i mennesker. Referansen er langt fra nøytral, men den er ofte effektiv: Hvem vil egentlig spise monsterlaks?

Derfor er Frankenstein-metaforen også kritisert, særlig fra forskere som mener ordbruken hindrer saklig diskusjon om vitenskap. Kritikere mener Frankenstein-sammenligningene kan bli en lettvint og unyansert måte å avvise ny teknologi som *føles* feil.

Så hvorfor tyr vi egentlig til fiksjonsfortellinger og metaforer for å forstå ny teknologi?

Noe kan gå galt

Ett svar er at fiksjon tar for seg eksistensielle og moralske spørsmål som det ikke finnes fasitsvar på: Hvor langt bør mennesket gå i å endre naturen? Hvilke konsekvenser kan et eksperiment få, og hvordan bør denne risikoen håndteres? Dette er spørsmål vitenskapen ikke kan gi endelige svar på, men som vi ikke slutter å stille. Det gir rom for fantasien.

Siv Frøydis Berg er idéhistoriker og har forsket på hvordan Frankenstein-metaforen har blitt tolket og brukt gjennom tidene. Hun mener historien oppleves som tidløs fordi den forteller en grunnhistorie som stadig oppleves som aktuell, og som kan tolkes inn i en rekke ulike sammenhenger.

– Det handler om at menneskets ønske om å lage en bedre verden kan få motsatte konsekvenser, at *noe kan gå galt*. Hva dette *noe* er, har man kunnet tolke på ulike måter opp gjennom historien.

Frankenstein-metaforen begynte å bli brukt om bioteknologi fra 1980- og 1990-tallet, i forbindelse med bruken av genmodifiserte organismer og kloningen av sauen Dolly. Her ser vi Boris Karloff i filmen *Bride of Frankenstein* fra 1935.

Et monster blir til

Den opprinnelige historien om doktor Frankenstein som skaper et kunstig menneske, ble skrevet av den 18 år gamle britiske jenta Mary Shelley tidlig på 1800-tallet.

Boka forteller historien om legen Frankenstein som skaper et menneske i laboratoriet. Han syr sammen en kropp av perfekte kroppsdeler stjålet fra kirkegårder og likhus, og gir liv til kroppen ved

hjelp av en «livs-gnist», som ofte er blitt tolket som elektrisitet.

Monsteret vekker gru hos alle som ser ham, og avvises av menneskene. Han lever alene i skogen, og lærer språk og utvikler sin forståelse av verden ved å observere mennesker på avstand og lese bøker. Men han blir ensom, utstøtt og rasende, og hevner seg på Frankenstein ved å drepe hans nærmeste og truer doktoren til å lage en kvinne til seg. Frankenstein setter i gang, men får kalde føtter ved tanken på at skapningene skal få barn og bli flere. Han avslutter eksperimentet, for i stedet å tilintetgjøre sin egen skapning. De jager hverandre ut i isødet, hvor begge dør.

– Forsøket på å skape liv ender med at vitenskapsmannen mister kontrollen over eksperimentet sitt, med fatale konsekvenser, sier Berg.

Hun forteller at historien raskt ble populær, først via teateroppsettinger i England og Frankrike. Misforståelsen om at det er monsteret, og ikke doktoren, som heter Frankenstein, oppstod tidlig. Siden har tolkningene av boka på mange måter levd sitt eget liv, ute av kontroll, som en illustrasjon på historien i boka. I dag er romanen filmatisert i over 400 versjoner.

Dramatiske hendelser i Mary Shelleys eget liv har gitt opphav til en rekke biografiske tolkninger av boka. Men Berg mener Frankenstein-historien først og fremst forteller oss mye om datidens samfunn og vitenskap.

– Historien om Frankenstein er full av referanser og spekulasjoner rundt den tidens vitenskap, spesielt forestillinger om menneskets natur og utvikling. Boka åpner for en mengde ulike fortolkninger, og har lenge vært en skattkiste for historikere.

Fornuft og følelser

Boka er skrevet i den kulturhistoriske perioden kalt romantikken. Romantikken oppstod etter opplysningstidens tro på fornuft og vitenskap som kilder til fremskritt, som hadde dominert særlig fransk kultur fra 1700-tallet. I filosofien hadde man lenge trodd at økt kunnskap leder til lykke, både for enkeltindividet og for samfunnet. På 1800-tallet sådde flere tenkere og kunstnere tvil om dette.

Romantisk kunst er full av dramatikk: Stormer, kirkegårder, hodeskaller og makabre ting og hendelser. Romantikerne hadde et annet syn på natur enn opplysningsfilosofene. På 1700-tallet var det vanlig å snakke om naturen som en maskin, ofte som en klokke, og Gud som den store urmakeren. Romantikerne reagerte på et slikt mekanistisk verdensbilde.

Berg mener Frankenstein-historien tematiserer spørsmål om menneskets natur. Romantikere var opptatt av at mennesket ikke bare er fornuftsvesener, men også individer med følelser og sjel. Mange av datidens kunstnere fremstilte på ulike måter personer som valgte å følge følelsene sine.

– En fortolkning av moralen i Shelleys Frankenstein er at man ikke kan lage et menneske uten sjel, mennesket er ikke bare mekanikk eller materie. Monsteret er uten biologiske foreldre, uten venner og kjæreste. Ensomheten og mangelen på tilhørighet gjør ham rasende, understreker hun.

> » Det handler om at menneskets ønske om å lage en bedre verden kan få motsatte konsekvenser.

Fra blasfemi til GMO-kritikk

Den første tolkningen av Frankenstein-historien var at dette var et blasfemisk verk, et angrep på kristendommen. Det fantes mange eldre fremstillinger av kunstige mennesker i myter og litteratur. Shelleys historie brakte inn noe helt nytt.

– Det som sjokkerte var at dette var historiens første beskrivelse av et kunstig menneske skapt uten innblanding fra Gud eller andre overnaturlige krefter.

Da den første teateroppsettingen hadde premiere i London i 1823, ble det skandale. Folk skal ha besvimt under forestillingen. Man advarte særlig mot at kvinner og døtre skulle se stykket.

Berg forteller at monsteret i Shelleys bok i siste halvdel av 1800-tallet ble tolket politisk, i et klasseperspektiv.

– Da handlet det om borgerskapets frykt for den ukontrollerbare underklassen. Monsteret symboliserte massene, pøbelen som truer samfunnets borgerlige orden. I en sosialdarwinistisk tolkning fryktet man at samfunnet kan trues av de med dårlig arvemateriale.

Doktor Frankenstein er vitenskapsmannen som undervurderte konsekvensene av å gripe inn i naturen, sier idéhistoriker Siv Frøydis Berg.

Koblingen mellom bioteknologi og Frankenstein-myten slo gjennom på 1980- og 1990-tallet – særlig i forbindelse med bruken av genmodifiserte organismer og ikke minst med nyheten om det første klonede pattedyret, sauen Dolly, i 1997. Dette var et nytt eksempel på at historien om Frankenstein ble forbundet med frykt for at forsøk på å temme eller forbedre naturen ved hjelp av vitenskap skulle komme ut av kontroll.

Evig aktuell

Å lage et menneske av kroppsdeler fra kirkegårder er svært langt unna dagens bruk av avansert genteknologi for å behandle sykdom i mennesker eller lage matvarer med nye egenskaper. De aller fleste forskere er også underlagt strenge reguleringer for å unngå eksperimenter som bryter med samfunnets verdier eller medfører uakseptabel risiko.

Likevel er Frankenstein-myten fortsatt i bruk og relevant. Argumentene mot bruk av dagens genteknologi handler ofte om at man mener slik teknologi er «unaturlig» og bryter med hvordan ting er fra naturens side, eller om en frykt for konsekvensene av teknologien.

– Mary Shelleys doktor Frankenstein personifiserer hybris, det menneskelige overmot. Han er vitenskapsmannen som undervurderte konsekvensene av å gripe inn i naturen. Denne frykten har fortsatt appell, og blir relevant når grensene for menneskelig inngripen i naturen utfordres og flyttes på, sier Siv Frøydis Berg. ◆

Lager kroppsdeler på laboratoriet

Forskeren Joel har en helt spesiell skriver på jobben sin. Den kan lage kroppsdeler, til mennesker og til dyr. En dag kan man kanskje bytte ut biter av kroppen med nye som skrives ut.

Av Emma (11) og Truls (43)

Joels kollega Gareth viser oss hvordan cellene ser ut når vi forstørrer dem i et mikroskop. Emma passer på å ta mange bilder.

Denne 3D-skriveren bruker Joel og kollegene til å skrive ut celler. Den koster rundt to og en halv millioner kroner.

Du har sikkert en skriver hjemme eller på skolen – en sånn som kan skrive ut tekst på papir? 3D-skriveren du skal høre om her er veldig annerledes. Den kan nemlig lage deler av kroppen!

Forskeren Joel Glover flyttet fra USA til Norge for mange år siden for å drive med det han syns er morsomst av alt: stamceller og 3D-printing. Vi besøkte Joel der han jobber – på Universitetet i Oslo.

Rotete, men rent

Joel tar imot oss utenfor laboratoriet. Han peker og veiver med lange armer og virker nesten mer spent enn vi er. Ikke så rart, egentlig. For han skal vise oss noe nesten ingen i verden har sett før.

Inne hos Joel er det flere ganske små rom. Det likner på en litt slitt norsk skole, bortsett fra at tingene her er mye dyrere. Fra mikroskopene titter noen blide fjes opp. Det er folk fra hele verden som jobber sammen med Joel.

Det er ganske rotete her. Men Joel forteller at det er veldig rent. Og det er viktig. Derfor må vi ta på poser på skoene og hårnett på hodet. Noen av rommene får vi ikke gå inn i. Ikke engang Joel, selv om han er sjefen.

Cellefabrikk

I et av rommene står Joels store stolthet: 3D-skriveren. Den kan mates med levende celler. Kroppen vår er nemlig bygget opp av kjempemange bittesmå celler. Hjernen er laget av hjerneceller, leveren av leverceller og så videre. 3D-skriveren til Joel kan skrive ut slike celler i stedet for blekk. Og den skriver ikke ut på et ark. Med denne skriveren kan Joel bygge ulike figurer. Hjerteceller kan for eksempel settes sammen så de blir en del av et hjerte, som i tillegg er levende og kan banke!

Hvor får dere cellene fra?

– Vi dyrker dem, så på en måte så lager vi dem selv. En klump med levende menneskeceller vokser hvis den stelles godt. Det skjer fordi cellene deler seg og blir flere.

Kan dere skrive ut andre ting enn celler?

– Vi kan bruke alt mulig. I tillegg til celler kan vi bruke plast og metall, og alt kan blandes. Skal vi lage en knokkel, kan vi for eksempel blande ulike typer celler og forsterke dem med en metallbit.

I mikroskopet til Joel får vi se nerveceller som virrer rundt som seigmenn uten armer og bein. Han viser oss også en bit av et menneske-hjerte som slår slik vårt eget hjerte slår inni brystet. Det er nok det store målet, å lage et helt menneskehjerte som virker. Det, og en hjerne! Men dette klarer ikke forskerne ennå.

Som å pynte en kake

– Når vi skal skrive ut et organ drypper skriveren cellene i et mønster, nesten som å pynte en kake. For at cellene ikke skal tørke ut og dø, må vi jobbe veldig raskt og nøyaktig, forteller Joel.

Forskeren Joel blir ofte ivrig når han forteller journalist Emma hva han jobber med.

For å komme inn hos Joel må vi ta på oss hette og plastfrakk, så vi ikke skitner til noe av utstyret som må være rent.

Inni her er det kjempeviktig at det ikke kommer skitt og bakterier! Derfor må man stå utenfor og stikke hendene inn i plasthansker.

Finns det mennesker som har celler fra en 3D-skriver i kroppen i dag?

– Amerikanske forskere har nettopp klart å lage et øre, men jeg tror ikke noen har brukt det. Det var mest for å vise at det går an. Andre forskere har kommet langt med å lage organer som urinblære og lever. Men det er lettere å lage deler av et organ enn å lage hele organet.

Når kan sykehusene bruke 3D-skrivere?

– Kanskje i 2017, gjetter jeg. Jeg kjenner noen som ønsker å bruke dem i behandling av en sykdom som heter diabetes. Diabetes skyldes en feil i et lite organ som heter bukspyttkjertelen. Forskerne ønsker å erstatte en bit av dette organet på dem som er syke.

Vil organer man lager her virke like bra som de vanlige organene vi har i kroppen?

– Det vet vi ikke helt. I kroppen vokser cellene over lang tid. Vi lager noe som normalt har brukt mange år på å vokse seg til den størrelsen. Derfor vet vi ikke ennå hvordan slike organer fungerer hvis de settes inn i kroppen. Det må vi forske mer på.

FAKTA: Diabetes

Diabetes er en sykdom som skyldes at man mangler et stoff i kroppen som heter insulin. Insulin gjør at kroppen bruker sukkeret i maten vi spiser på riktig måte. Derfor må de som har diabetes sette sprøyter med insulin.

FAKTA: Celler, organer, kropp.

Kroppen er satt sammen av ulike deler, som kalles organer. Hvert organ består av mange celler, som er de bittesmå, levende byggesteinene som kroppen er laget av. Noen organer er synlige utenpå kroppen, som ører, hud og nese. Andre er inni kroppen, slik som blodårer, hjerte og hjernen.

Returadresse:
Bioteknologirådet
Stortingsgata 10
0161 Oslo

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

Åpne møter etter nyttår:

Frokostforedrag:
Bioteknologiens rolle i fremtidens bioøkonomi med Vincent Eijsink.
18. JANUAR KL. 8:15–9:30

Frokostforedrag:
DNA – et hjelpemiddel i slektsforskning med Carl Birger van der Hagen
8. FEBRUAR KL. 8:15–9:30

Bioteknologidagen
14. FEBRUAR KL. 15–18

Mer informasjon og påmelding på: bioteknologiradet.no/arrangementer

Hva vil du lese enda mer om i GENialt og på nettsidene våre?
Hvordan kan vi bli enda bedre? Bruk noen få minutter på å fortelle oss hva du synes, og bli med i trekningen av et bokgavekort på 500 kroner.
Skann QR-koden eller gå til bioteknologiradet.no/2016/11/brukerundersokelse

bioteknologiradet.no

Biotekquiz

Spørsmål

1. Hvor mye har det tyske selskapet Bayer tilbudt seg å betale for det planlagte oppkjøpet av frø- og kjemikalieselskapet Monsanto?
2. Hvilket organ har amerikanske forskere klart å lage med en 3D-skriver?
3. Hvor mye har forventet levealder i Norge økt fra 1900 til i dag?
4. Fra hvilket dyr har forskere klart å dyrke eggceller i laboratoriet?
5. Hvor mye av biodrivstoffet vi bruker i Norge er laget her i landet?

Svar

1. 66 milliarder dollar 2. Et øre 3. Fra rundt 50 til over 80 år 4. Mus 5. Én prosent

Bioteknologirådet

Stortingsgata 10, 0161 Oslo Telefon: 24 15 60 20 Faks: 24 15 60 29 E-post: post@bioteknologiradet.no **bioteknologiradet.no**