

Hvordan påvirker GMO-planter som lager giftstoff de «snille» insektene?

Side 16

Nyfødte og gener
– *hvor mye
vil vi vite?*

Side 14

2018:
*Da slekt løste
drapsgåter og ble
«big business»*

Side 18





Foto: iStock.

Ny bioteknologi – muligheter og etiske avveininger	3
Ønsker du å bestemme øyefarge på barnet ditt? I USA er det nå mulig	4
Gendrivere – genteknologisk genistrek eller farlig feilsteg?	6
Villtomaten kan vere på veg tilbake	9
Ølbrygging på norsk gardsgjær	10
Første GMO-laks til butikkene i USA	12
Høner lager medisiner	12
Ny optimisme etter at verdens andre hiv-pasient kan bli erklært frisk	13
EU-nettverk lager veikart for genredigering av planter	13
Genetisk testing av friske nyfødte ga overraskende resultater	14
Genmodifiserte planter som lager insektgift: Bra eller dårlig for de «snille» insektene?	16
Genetiske selvtester: Et år med overraskelser	18
Norsk firma utvikler unik teknologi som kan gi håp for tusenvis av pasienter verden over	20
Genmodifisert pottaplante reinsar innelufta for skadelege stoff	22
Hva mener ungdom om kloning? Nytt digitalt verktøy for ungdomsskolen	23



GENjalt 1-2019 // 28. årgang

Redaksjonen avslutta: 22. mars 2019
Ansvarleg redaktør: Ole Johan Borge
Redaktør: Liv Rønnebak Bjergene
Redaksjon: Truls Petersen, Sigrid Bratlie,
Elisabeth Gråbøl-Undersrud, Hilde
Mellegård og Muluneh Bekele Daba.
Opplag: 7250

Utgivar: 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 eit frittståande, regjeringsoppnemnd organ, og vart første gong oppnemnd i 1991. Rådet er heimla i lov om humanmedisinsk bruk av bioteknologi m.m. (bioteknologiloven) og lov om framstilling og bruk av genmodifiserte organismar.

Bioteknologirådet gir råd i saker som gjeld bruk av bio- og genteknologi i samband med menneske, dyr, plantar og mikro-organismar. Rådet skal óg tilby informasjon og skape debatt. I vurderingane sine skal rådet særleg leggje vekt på dei etiske og samfunnsmessige konsekvensane ved bruk av moderne bioteknologi.

Bioteknologirådet har 15 medlemmer og fem vararepresentantar som er oppnemnde for perioden 2014-2019. I tillegg inviterast seks departement til møta som observatørar. Bioteknologirådet sitt sekretariat har kontor i Oslo sentrum. For 2019 har Bioteknologirådet eit budsjett på 9,8 millionar kroner.



Ny bioteknologi

– muligheter og etiske avveininger

I mer enn fem år har jeg vært leder av Bioteknologirådet. Vi er oppnevnt av dagens regjering og Bent Høie. Det var raust å be en tidligere SV-leder om å ta vervet.

Det har vært usedvanlig lærerikt å være medlem av Bioteknologirådet, som består av mange reflekterte og kunnskapsrike mennesker. Vi har hatt en arbeidsform der alle krevende saker er behandlet minst to ganger, og der det er åpent for å prøve argumenter og skifte standpunkt hvis man møter gode motargumenter. I møtene i Bioteknologirådet har vi lyttet til hverandre, forfriskende for meg som var vant til politiske kamper for fastlagte standpunkter der det er lite rom for å skrive mening.

Bioteknologirådet skal gi råd til myndighetene og bidra til offentlig debatt og høyere kunnskapsnivå. De fleste av sakene vi har hatt til behandling har ikke ett svar med to streker under. Det finnes ofte gode argumenter både for og imot. Og ofte finnes det muligheter til å skaffe seg tilbud i utlandet som ikke er tillatt i Norge. Bioteknologirådet har vært enige om at norsk lovgiving ikke kan være summen av de mest liberale bestemmelsene i landene rundt oss. Likevel er en viktig dimensjon ved vårt arbeid at vi skal bidra til etisk refleksjon og beredskap. Vi kan for eksempel forvente at tester som kan si mye om egenskaper ved et foster tidlig i graviditeten både vil være billige og tilgjengelige, selv om norske helsemyndigheter ikke innfører testene som tilbud til alle. Da gjelder det å bidra til å forberede kvinner på hvilken informasjon de vil be om og de vanskelige valgene svarene de kan få vil skape.

I Bioteknologirådet har vi ønsket å balansere mellom de nye mulighetene som for eksempel genredigering gir oss, både når det gjelder behandling av sykdommer hos mennesker og utviklingen av genteknologi, og etisk bruk.

Flertallet i Bioteknologirådet har foreslått at regelverket for å behandle søknader om genmodifiserte organismer (GMO) kan nivådifferensieres og forenkles innenfor rammene av etikk, bærekraft, samfunnsnytte – og helse og miljø. Denne tilnærmingen vekker internasjonal interesse og har bidratt til en langt mer nyansert GMO-debatt i Norge enn vi har opplevd tidligere.

Bioteknologirådet ble bedt om å gå gjennom hele bioteknologiloven og å gi råd om endringer. Det har vi gjort og det gjorde Bioteknologinemda før oss, også. Dette er krevende spørsmål for alle i regjeringen og ble løst av regjeringen Solberg ved å legge fram en Stortingsmelding uten anbefaling til Stortinget i mange viktige spørsmål.

» Mitt ønske er at regjeringen oppnevner et balansert råd som vil bli lyttet til i den videre debatten.

Dermed oppstod det flertall på kryss og tvers av de vanlige ideologiske partiskillene, der for eksempel AP, SV, FrP og Venstre gikk inn for å tillate eggdonasjon. Etter ny regjeringsplattform og KrF som regjeringsmedlem er disse endringene reversert.

Det kan nå gå lang tid før Bioteknologiloven oppdateres i tråd med det som er stortingsflertallets syn. Etter min mening betyr det at loven kan bli utdatert ved at den ikke lenger speiler de moralske oppfatningene til folk flest. Det betyr at det kan være vanskelig å forvalte den balansen mellom etiske avveininger og modernisering av loven som vi har forsøkt å videreføre. Dermed kan loven oppfattes som irrelevant, og at det blir vanskelig å finne den rette balansen i framtida.



Mitt ønske er at regjeringen oppnevner et balansert råd som vil bli lyttet til i den videre debatten og at rådet kan videreføre den åpne tonen med respekt og nysgjerrighet for ulike standpunkter. Takk for svært godt samarbeid i fem spennende år, og takk til et svært kompetent og kunnskapsrikt sekretariat.

Kirsten Kallorøy



Et amerikansk firma tilbyr kommende foreldre å velge øyefarge på barnet. Foto: iStock.

Ønsker du å bestemme øyefarge på barnet ditt?

I USA er det nå mulig

«Choose Your Baby's Eye Color» reklamerer et amerikansk firma med kontorer i Los Angeles, Mexico og India. Firmaet tilbyr assistert befruktning til par som ønsker å velge øyefargen på barnet de ønsker seg. Er det greit?

Av Elisabeth Gråbøl-Undersrud

MODELLVAKRE BARN pryder hjemmesiden til selskapet som tilbyr en rekke tjenester til deg som planlegger å få barn. Metoden som brukes er såkalt preimplantasjonsdiagnostikk (PGD). Kombinert med assistert befruktning er det en genetisk undersøkelse av befruktede egg før egget settes inn i livmoren.

Her hjemme brukes PGD for å teste for alvorlig sykdom. Men i stadig flere land kan foreldre nå ved hjelp av PGD teste for kjønn, ulike sykdommer og øyefarge. Hvis du ønsker deg ei jente, kan du velge det. I USA er det opp til den enkelte klinikk hva de

tilbyr av testing, og prislappen ligger på rundt 100 000 norske kroner og oppover. Flere klinikker tilbyr lån til dem som trenger økonomisk hjelp.

30 år gammel teknologi

Å genteste et embryo er ikke nytt. For nesten tretti år siden hentet et legeteam i London ut en enkelt celle fra fire dager gamle embryoer og testet hvilket kjønn embryoene hadde.

PGD skiller seg fra genredigering ved at det ikke settes inn eller fjernes gener i embryoet. PGD gjør det imidlertid mulig å

velge embryoer som har de bestemte genene man ønsker fra foreldrene.

Seks år gammel gutt endret norsk lov

I Norge er det lov å teste embryoer for alvorlig sykdom, ikke for kjønn eller øyefarge. Årlig er det rundt 25 par som får innvilget PGD fordi én eller begge er bærere av en alvorlig genetisk sykdom.

PGD fikk mye oppmerksomhet i norske aviser i 2004 på grunn av den såkalte «Memhet-saken», en seks år gammel gutt med en alvorlig blodsykdom som trengte stamceller fra et friskt søsken med samme vevstype. Etter intense diskusjoner på Stortinget ble lovverket endret slik at det ble mulig å lage donorsøsken. Legene valgte ut et friskt embryo med samme vevstype som Memhet ved hjelp av PGD, men lillesøsteren døde i mors liv.

I dag har flere tusen barn kommet til verden etter PGD, de aller fleste i USA. Til

nå har det hovedsakelig vært for å teste og unngå alvorlig sykdom. Men nå utvides grensene.

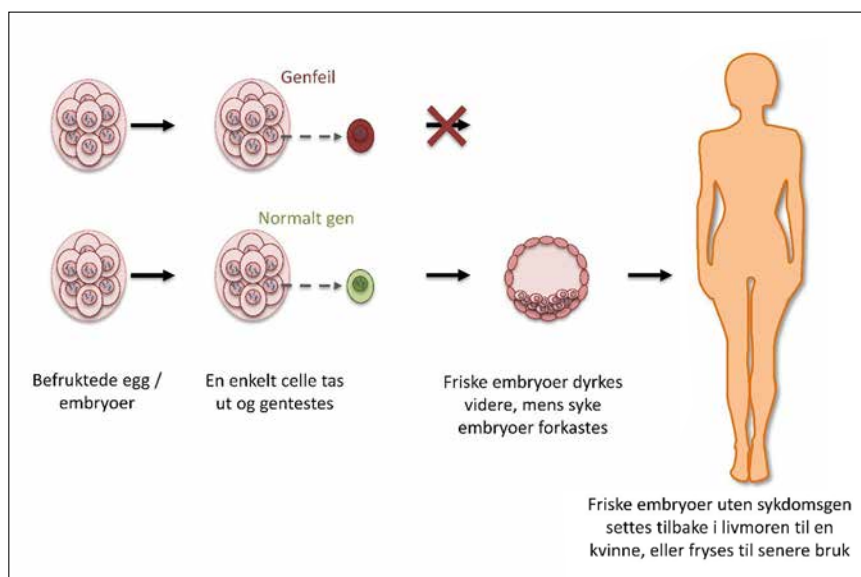
Verdens første «kreftfrie» barn

I 2009 ble verdens første «cancer-free baby» født. Faren til barnet hadde den farlige varianten av BRAC1-genet, som gir høy risiko for bryst- og eggstokkreft. Ved hjelp av PGD ble det valgt et embryo uten dette genet. Dette var første gang PGD ble brukt til å velge et embryo uten et gen som kan, men ikke sikkert, føre til alvorlig sykdom i voksen alder. Engelske aviser døpte barnet «The world's first cancer-free baby», som startet en intens diskusjon: Hvor skal grensene for PGD gå?

Raskt økende marked i Kina

Også i Kina er det i født flere såkalte kreftfrie barn, og både i Kina og i USA øker antallet PGD-tester. Forskningstidsskriftet Nature skriver i artikkelen «Chinas push for better babies» fra 2017 at selv om tallene er usikre, ser det nå ut til at Kina har passert USA i antall fødte barn etter PGD.

Markedet i Kina vokser raskt. I 2004 var det bare fire klinikker i Kina som hadde lisens for å utføre PGD. I 2016 hadde antallet økt til 40. I Kina er det bare lov å teste for sykdom, inkludert alvorlige sykdommer som Huntingtons sykdom og Down syndrom, til mindre alvorlige tilstander som døvhets.



Gentesting av embryoer ved hjelp av Preimplantasjonsdiagnostikk (PGD). (Illustrasjon: Sigrid Bratlie/ Bioteknologirådet)

Hvorfor er PGD så populært i Kina? En av forklaringene ifølge Nature er at funksjonshemming er et stort stigma i Kina, og det finnes få støtteordninger. Nature peker på den etiske diskusjonen rundt sorterings-samfunn og designerbarn som finnes i Europa er nesten fraværende i Kina.

Bør foreldre kunne velge?

Kunnskap og interesse om arvestoffet vårt øker, og tester for hud- og hårfarge er under

utvikling. I promoteringsvideo for firmaet i USA ser lederen inn i kameraet og sier til potensielle kunder: «You want a girl? We'll get you a girl».

Selv om vi i Norge i dag kun bruker PGD til å velge bort embryoer med alvorlig sykdom, kan norske par reise til utlandet å benytte seg av PGD til andre formål hvis de ønsker. Hvor synes du grensene for gentesting av embryoer skal gå? ♦

– Er det godt foreldreskap å bestemme barn med en spesiell øyefarge?

Utviklingen innen PGD går raskt i noen land som Kina og USA. Har vi i Norge nok kunnskap om muligheter og utfordringer som teknologien skaper?

– De norske fagmiljøene som har ansvar for tilbudet om PGD har god kunnskap om teknologien, inkludert de etiske og sosiale utfordringene som reises av den. Men folk flest og politikere flest har neppe samme innsikt, ettersom dette er et veldig spesialisert behandlingstilbud som bare kan benyttes av veldig få potensielle foreldre. Utviklingen utenfor Europa tyder på at vi behøver å øke kunnskapen på området, slik at vi unngår å bruke medisinske ressurser på behandlinger som ikke er medisinsk og etisk forsvarlige,

sier Bjørn Myskja, professor i etikk og politisk filosofi.

– *Hvordan skal vi som samfunn håndtere det etiske dilemmaet med PGD, som på den ene siden berører foreldrepår som er bærere av alvorlig sykdom, og på den andre siden foreldre som ønsker seg barn med et spesielt kjønn eller utseende?*

– Vi har et regelverk og en praksis som begrenser inngrepet til alvorlige, arvelige tilstander der det ikke finnes gode behandlinger, og det bør vi holde fast ved det. Antallet

alvorlige tilstander som kan være aktuelle vil trolig øke betydelig i årene framover, og assistert befruktning med PGD er en krevende behandling med begrenset suksess. Det er derfor en type inngrep som ikke bør brukes på trivielle ønsker om å velge barn med bestemte egenskaper. Vi bør også diskutere om det er i samsvar med godt foreldreskap å bruke slik teknologi til å bestemme kjønn og utseende på kommende barn.



Bjørn Myskja, Professor ved Det humanistiske fakultet ved Norges teknisk- og naturvitenskapelige universitet (NTNU) og nestleder i Bioteknologirådet.



På New Zealand er målet å fjerne alle dyr som ikke naturlig hører til, som rotter, innen 2050. Gendrivere er én av mulighetene som blir diskutert. Foto: iStock.

Gendrivere

– genteknologisk genistrek eller farlig feilsteg?

Med gendrivere kan vi potensielt forebygge smittsomme sykdommer, kvitte oss med plagsomme skadedyr og redde noen av de mange utrydningstruede artene på kloden. Hvis det går som vi håper. Går det feil, kan utfallet bli katastrofalt. Ikke rart teknologien er en av de mest kontroversielle som noen gang er utviklet.

Av Sigrid Bratlie

MED SINE 130 KILOMETER med hvite strender er Nantucket Island utenfor USAs østkyst et yndet feriemål for den amerikanske fiffen. I sommermånedene femdobles innbyggertallet på den lille øya. Men turister er ikke det eneste det kryr av på Nantucket. Øya er også en oase for flått – de små blodsugende parasittene som også kan ødelegge ferien for mange nordmenn. For de fleste innebærer et bitt heldigvis ikke mer enn litt ubehag. Men for noen kan det bli

mer alvorlig. Flåttan er bærer av borrelia-bakterien som gir borreliose, en sykdom som blant annet kan gi ansiktslammelser. Forskere ved Massachusetts Institute of Technology har foreslått en mulig løsning; gjennom prosjektet «Mus Mot Flått» («Mice Against Ticks») kan de ved hjelp av en såkalt gendriver (se faktaboks) gjøre mus – en mellomvert for borrelia – ute av stand til å bære sykdommen. Dermed vil man også forhindre overføring fra flått til mennesker lenger

ned i kjeden. I teorien. Men hva blir konsekvensene av å endre på egenskaper hos ville mus på øya? Og hva skjer om en gendrivermus blir med i bagasjen når ferieturistene setter kursen tilbake til fastlandet, slik at den genetiske dominoen fortsetter?

Nytte og risiko

– Økosystemene våre er svært komplekse og uforutsigbare, sier Kevin Esvelt, leder av prosjektet.

– For å begrense risiko og usikkerhet har vi utviklet et system, kalt Daisy drive, som gjør at gendriveren bare virker i noen få generasjoner og dermed kun endrer et begrenset antall mus. De genmodifiserte musene begrenses også geografisk, fordi naturlig seleksjon vil luke dem ut så fort de blir i mindretall utenfor bestanden. Det er denne typen gendriver vi foreslo på Nantucket, understreker han.

Tross slike sikkerhetsforanstaltninger mener Esvelt likevel at så potent teknologi som gendrivere må håndteres med stor aktsomhet.

– Jeg føler meg moralsk ansvarlig for alle konsekvensene arbeidet mitt kan føre til, og jeg håper andre forskere føler det på samme vis. Det er helt essensielt at utvikling av gendrivere skjer i full åpenhet og i tett dialog med dem som kan bli berørt, sier han.

Og Esvelt lever opp til sine ord. Før han i det hele tatt startet prosjektet, dro han til Nantucket og spurte innbyggerne der om de syntes det var verdt et forsøk. De sa pent nei takk. De syntes ikke borreliaproblemet var alvorlig nok til å forsvare risikoen og usikkerheten det kan innebære å sette ut gendriver-mus, selv om spredningen er begrenset. Esvelt har derfor skrotet planene om gendrivere på Nantucket.

» Jeg føler meg moralsk ansvarlig for alle konsekvensene arbeidet mitt kan føre til.

Kevin Esvelt, forsker ved Massachusetts Institute of Technology

Utrydde malariamyggen?

Et problem alle derimot er enige om at er svært alvorlig, er malaria. Sykdommen smitter rundt 200 millioner mennesker hvert år, og har bare siden du startet å lese denne teksten krevd livet til fire barn under fem år. Nå har forskere prøvd gendrivere på myggarten som er hovedbærer av malaria. Ikke for å gjøre myggen resistent mot malariaparasitten, fordi det av biologiske årsaker antas å være lite effektivt, men for å utrydde den. Gendriveren gjorde hunnmyggene sterile, samtidig som egenskapen kunne arves videre gjennom farslinjen. Da forsøket var avsluttet, var det ikke én mygg igjen i burene. Her har vi en teknologi som, hvis den settes ut i naturen, potensielt kan få has på ett av de største folkehelseproblemer vi har. I dette tilfellet vil det ikke være nok å bruke en kortvarig gendriver som bare tar ut en liten myggbestand. Man må sørge for at gendriveren sprer seg til alle regioner der myggarten finnes, det vil si mesteparten av Afrika sør for Sahara. Hva risikerer vi? Har vi peiling på hva som skjer

med økosystemene hvis vi utrydder en stor bestand eller til og med en hel art?

En som kan mye om insektenes rolle i naturen er Anne Sverdrup-Thygeson, professor i bevaringsbiologi ved NMBU.

– Det er ingen tvil om at mygg, som har

vært på kloden i over 100 millioner år, som gruppe er viktige i økosystemet. Hannmyggene, som spiser nektar i stedet for blod, bidrar til pollinering. Fugl, fisk og flaggermus har mygg på menyen. Og de store svermene av bitende og stikkende insekter på

>>

Slik fungerer en gendriver

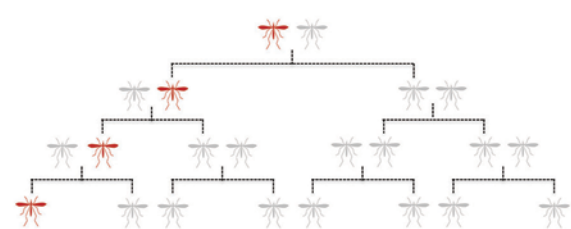
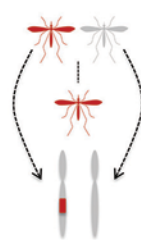
Naturens genetiske lotteri har fungert på samme måte i nesten fire milliarder år: I alle levende organismer oppstår tilfeldige genetiske mutasjoner. De aller fleste mutasjoner har enten ingen effekt eller negative konsekvenser for organismen, og vil som regel forsvinne ut av populasjonen over tid. Dersom en mutasjon derimot gir organismen et konkurransefortrinn, er det sannsynlig at den over tid kan øke i forekomst ved at avkommene som arver den klarer seg bedre og får flere levedyktige etterkommere enn dem som ikke får den. Dette kalles naturlig seleksjon. Hvor raskt en egenskap sprer seg i en populasjon, er likevel begrenset av at en organisme kun bidrar med halvparten av det genetiske materialet til sitt avkom – såkalt mendelsk arv (figur 1 – øverst). At avkom får genene sine fra to ulike foreldre, er med på å bidra til genetisk variasjon i en bestand.

Med gendrivere kan vi overstyre de normale arvelovene fordi den øker sannsynligheten for at en genvariant går i arv fra forelder til

avkom til over 50 prosent. Slik kan mutasjoner som ikke gir noen konkurransefordel til organismen likevel spres i en populasjon, og mye raskere enn under normale betingelser.

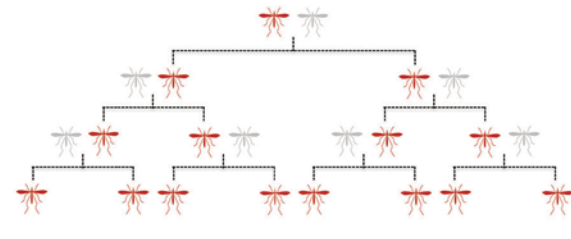
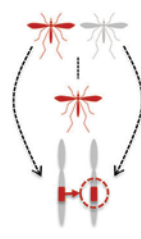
Det er den mye omtalte CRISPR-metoden som har gjort det mulig. Metoden kan brukes til å lage målrettede endringer i arvestoffet til alle levende organismer, for eksempel en genvariant som gjør mus resistente mot borrelia, eller malariamygg sterile. Når man lager en gendriver som skal spre endringen til hele bestanden, setter man i tillegg hele CRISPR-systemet inn i arvestoffet, slik at det arves videre og fortsetter å lage endringen i alle avkommene. Litt som et datavirus som fortsetter å installere et dataprogram i alle PC'er den blir sendt til. Eller en lang rekke dominobrikker som faller. Genetisk domino. Om det får pågå lenge nok, vil alle individene i en populasjon få egenskapen, uansett om egenskapen er til fordel eller ulempe (figur 1 – nederst).

Normal genetisk arv



Genmutasjon arves fra én forelder og overføres til halvparten av avkommene.

Arv av gendriver



Gener for CRISPR/Cas9 (den molekylære «aksen») arves sammen med genmutasjonen til den normale genkopien fra den andre forelder. Det samme skjer i påfølgende generasjoner, så alle avkom arver mutasjonen.

Figur 1: Slik fungerer en gendriver.

tundraen kan kontrollere vandringene til de store planteeterne, som reinsdyr i Nord-Amerika, og gjennom det påvirke hele økosystemet, sier Sverdrup-Thygeson

Hvilken rolle malariamyggen spiller, er imidlertid usikkert.

– De få parasittbærende malariamyggeartene utgjør bare en liten del av puslespillet. Utfordringen er at vi ikke kan vite på forhånd nøyaktig hvilken rolle en enkelt art spiller, i den store sammenhengen. Risikerer vi å forstyrre naturens gang og skape større problemer enn dem vi fjerner? spør hun.

Sverdrup-Thygeson mener forsøk på utryddelse av malariamyggen medfører flere etiske utfordringer.

– Det kan fjerne fokus fra overordnede oppgaver og problemer som fattigdomsbekjempelse, naturødeleggelse, og ekstrem befolkningsvekst. Vi må også spørre oss om det er riktig å bevisst utrydde en myggart, når verden allerede opplever en dramatisk nedgang i insektbestandene?

I kjernen av diskusjonen er nettopp vårt forhold til naturen: Er naturen primært en ressurskilde som vi kan benytte til egen gevinst, eller bør vi søke å ivareta natur og biologisk mangfold i størst mulig grad? Men hvordan blir avveiningene når formålet med en gendriver er å bevare natur?

Naturbevaring

New Zealand har et problem. Et stort problem. Siden mennesket først ankom øygruppa for 750 år siden har antallet naturlig hjemmehørende arter blitt nesten halvert. Den største årsaken er rotter og andre blindpassasjerer i skipslasten som har livnært seg på den lokale faunaen. Nå har politikerne tatt grep, og satt seg et ambisiøst mål: Innen 2050 skal øya være kvitt alle disse rovdirene som ikke naturlig hører til på New Zealand. Gendrivere er én



Anne Sverdrup-Thygeson. Foto: NMBU

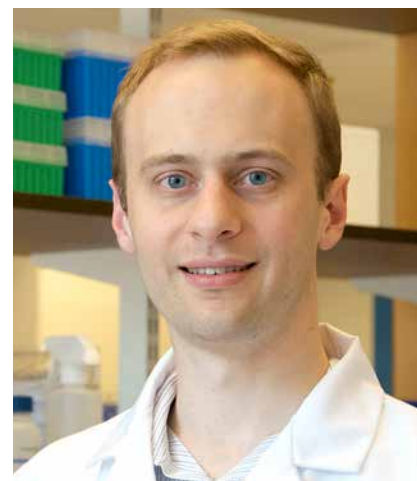
av mulighetene som blir diskutert. For eksempel kan gendrivere gjøre at det bare fødes hanndyr. Dermed vil bestanden over tid kollapse. Miljøorganisasjonen Island

» Risikerer vi å forstyrre naturens gang og skape større problemer enn dem vi fjerner?

Anne Sverdrup-Thygeson, professor ved Norges miljø- og biotvitenskapelige universitet

Conservation, som jobber aktivt med å utrydde gnagere fra tropiske øyer for å bevare lokal fauna, mener gendrivere kan være en god løsning.

– Den potensielle nytten for verdens arter, natur, miljø og folkehelse er så stor at



Kevin Esvelt. Foto: MIT

vi er moralsk forpliktet til å forske mer på gendrivere. Forskingen må imidlertid utføres med forsiktighet, i full åpenhet og i tett dialog med berørte parter, sier Karl Campbell, talsperson for organisasjonen.

Island Conservation er imidlertid langt fra representative for miljøbevegelsen.

– Disse genetiske utryddelsesteknologiene er feil svar på utfordringene innen naturbevaring. Vi trenger et moratorium på irreversible og uforsvarlige teknologier slik som gendrivere, sier Dana Perls fra Friends of the Earth, én av flere miljøorganisasjoner som har signert et opprop mot gendrivere. De mener risikoen for utilsiktede effekter er for stor og kunnskapsgrunnlaget om mulige konsekvenser for lite til å forsvare bruk av teknologien. Noe moratorium, altså et selv-pålagt forbud, ble det imidlertid ikke da politiske ledere og rådgivere fra over 170 land i høst møttes for blant annet å diskutere gendrivere. Til det var uenighetene for store. Men at dette er en av de mest kraftfulle teknologiene vi noensinne har hatt, på godt eller på vondt, er alle enige om. ♦



I forskningslaboratoriet har bruk av gendrivere vist seg å være effektivt for å bli kvitt malariamygge. Men hva risikerer vi hvis vi bruker gendrivere ute i naturen? Foto: iStock



Innbyggerne på ferieøya Nantucket ble spurt om de ønsket å ta i bruk gendrivere på mus for å bli kvitt borreliaparasitten. De takket nei. Foto: iStock

Villtomaten kan vere på veg tilbake

Er du lei av tomatar med lite smak? Nå bruker forskarar CRISPR for å hente tilbake tapte eigenskapar som smak og høgt næringsinnhald. Genteknologien forkortar vegen frå villtomat til nyttevekst med fleire hundreår.



Tomatane vi kjøper i butikken, er svært forskjellige frå dei ville forfedrane. Med genredigering er det mogeleg å hente tilbake tapte eigenskapar. Foto: Shutterstock

Av Sigrid Bratlie

MENS DET VANLEGVIS har tatt hundre-år å selektare ut og foredle dei eigenskapane vi ønsker i ein plante, klarte forskarar nyleg på berre månader å «temje» smakfulle og næringsrike villtomatar ved å gi dei gunstige produksjonseigenskapar, såkalla domestisering. Med genredigering treng vi ikkje lenger basere oss på slump, flaks og lang ventetid. Blir teknologien ein del av korleis vi i framtida kan produsere mat?

Supertomat med CRISPR

Tomat er ein av verdas mest etne matplantar. På verdsbasis blir det kvart år produsert over 100 millionar tonn tomatar, og berre i Noreg er omsetningsverdien på over ein milliard kroner i året. Tomatane vi kjøper i butikken, er svært forskjellige frå dei ville forfedrane. Frå å vere eit uregjerleg buskas med små bær, som opphavleg blei importert til Europa som prydplante, har målretta avl gitt ein lett dyrkbar plante med store frukter. Men på vegen har tomatane mista mykje næringsinnhald, smak og andre eigenskapar som ikkje er avgjerande for produksjon.

No har fleire forskingsgrupper vist at ein ved hjelp av CRISPR, ein genredigeringsmetode som gjer det mogleg å lage målretta endringar i DNA-et til alle levande organismar, berre på nokre månader kan domesti-

sere ein villtomat. Dei viktigaste eigenskapane for produksjon blir nemleg styrte av eit avgrensa tal gen som vi har ganske mykje kunnskap om frå før. I den eine studien endra forskarane på eit gen som gjorde plantestrukturen mindre uregjerleg og dermed enklare å dyrke. Ei anna genetisk endring gav meir avlange tomatfrukter, som er mindre tilbøyelege til å sprekke når det regnar. Planten har dessutan tre gonger så store og ti gonger så mange tomatfrukter som dei ville forfedrane hans. Innhaldet av lykopen, eit stoff som blant anna reduserer risikoen for hjartesjukdom og kreft, er auka til omtrent det femdobbelte av det vanlege butikktomatar har. Alt i alt endra forskarane seks gen – samtidig. Analysane viste òg at det ikkje hadde skjedd nokon utilsikta endringar andre stader i DNA-et.

To andre forskargrupper brukte CRISPR på liknande vis for å gjere tomaten meir motstandsdyktig mot sjukdom, meir velsmakande og rikare på C-vitamin. Dette er alle eigenskapar som finst i villtomat.

Framtidas mat?

Verdas jordbruk står overfor store utfordringar. Forskarar og industri jobbar på spreng for å avle fram meir høgtytande plantar med høgt næringsinnhald som gjer

at vi kan dyrke meir mat på mindre areal til ei raskt aukande befolkning. Som følge av klimaendringane treng vi òg plantar som er betre rusta mot blant anna ustabile temperaturar, fukt, tørke og insektangrep. Ein nylig publisert forskingsartikkel viste at

» Alt i alt endra forskarane seks gen – samtidig.

viktige matplantar som ris og kveite er i ferd med å bli meir næringsfattige som følge av klimaendringane. Det er ein debatt på gang om vi bør utnytte genteknologi i matproduksjon. Tilhengarane meiner vi med genredigering raskare kan tilpasse matplantane våre og domestisere og dyrke fleire ville plantesortar. Kritikarane meiner det er vanskeleg å få oversikt over kva konsekvensar det vil ha for miljøet dersom vi tek i bruk genteknologi i stor skala, og at vi derfor bør vere restriktive. Debatten om genmodifisert mat kjem ikkje til å bli mindre viktig i tida som kjem, enn det han allereie er. ♦

Ølbrygging på norsk gardsgjær

Høyrte om «kveik» før? Dersom du ikkje er ølentusiast, er det ikkje så rart om du ikkje har det. «Kveik» er nemleg tradisjonell norsk gardsgjær til ølbrygging og finst særleg på Vestlandet.

Av Hilde Mellegård



Ølbrygging er eitt av dei eldste eksempla på bruken vår av bioteknologi. Bjørn Roth meiner kveik eignar seg bra òg for nybegynnarar og mindre produsentar. foto: Hilde Mellegård

NO ER FORSKARAR ved matforskningsinstituttet Nofima si avdeling i Stavanger i gang med å avdekke gardsgjæren sine heilt spesielle eigenskapar.

– Det begynte med at vi skulle lage øl til julebordet vårt i 2017, og vi hadde dårleg tid, fortel Bjørn Roth.

Roth, som på det tidspunktet hadde ølbrygging som hobby, men ikkje i forkinga si, tok kontakt med ei av eldsjelene i det lokale miljøet.

– Da eg kom heim til Svein Arild Skjæveland, som eg visste samla på kveik, blei eg overraska. Omtrent heile det norske arvesølv var i kjøleskapet hans i Sandnes.

Roth tok med seg eit utval kveikgjær tilbake på jobb og laga øl til julebordet saman med kollega Jan Thomas Rosnes. Det blei ein stor suksess. Forskarane bestemte seg derfor for å sjå nærmare på fenomenet «kveik».

Ølbrygging i ekspressfart

– Dei heilt spesielle eigenskapane til kveiken var grunnen til at vi lykkast med ølet til julebordet den gongen, fortel Rosnes, som er mikrobiolog.

Ifølge forskarane ved Nofima er kveikgjær i ei klasse for seg samanlikna med andre typar ølgjær. Kveik kan gjærast ved høge temperaturar, slik at brygginga går raskt.

– Med kveik kan vi begynne på ølbrygginga på måndag og vere ferdige til helga, seier Roth.

Og han legg til at kveik passar bra for nybegynnarar.

– Han er robust, toler høg temperatur og temperatursvingingar. Mindre produsentar kan dermed lage meir i løpet av kortare tid eller med mindre kapasitet.

– I tillegg toler kveik høg alkoholprosent og gir klart øl med mykje botnfall, som er etterspurde eigenskapar i dag.

Ifølge forskaren gir kveik generelt sett øl med fruktig aroma, men ulike typar gjær gir òg særeigen smak og aroma. Å kunne velje mellom ulike typar gjær med forskjellige eigenskapar og samtidig vite korleis sluttproduktet vil lukte og smake er viktig i kommersiell brygging.

Frå gjærkrans til DNA-analysar

Men før kveikgjæren kan stå opp igjen i moderne ølbrygging, må det til eit stykke arbeid. I ølbrygging i gamle dagar blei det gjerne brukt ein gjærkrans som blei lagt ned i væske under gjæringa. Etterpå blei gjærkransen hengt opp på låven for å tørke og ikkje rørt før neste runde med brygging. Gjærsopp sit gjerne i krinkelkrokar på kransen. Forskarane skrapar derfor av små bitar av kransen som dei undersøker for sopp.



Eit julebord var utgangspunktet for at forskarane Bjørn Roth og Jan Thomas Rosnes bestemte seg for å sjå nærmare på kveik. Foto: Hilde Mellegård

» Med kveik kan vi begynne på ølbrygginga på måndag og vere ferdige til helga.

– Kveik inneheld ofte fleire typar sopp i blanding, og det kan òg vere mjølkesyrebakteriar til stades. For å få ei samling som kan brukast av små og store kommersielle aktørar, må det samlast inn kveik frå ulike stader. Deretter må vi skilje sopptypene frå kvarandre og finne ut kva for eigenskapar dei har, seier Roth.

Forskarane bruker moderne DNA-analysar for å skilje mellom ulike sopptypar. For å finne ut kva for eigenskapar dei ulike typane har, blir gjærsoppene studerte grundig i laboratoriet, med hjelp frå studentar ved Universitetet i Stavanger. Ved kva for temperaturar veks dei forskjellige gjærsoppene? Kva for næringsstoff liker dei best? Vil dei helst vekse med eller utan tilgang på luft? Lagar dei organiske sambindingar som kan verke inn på lukt eller smak? Og korleis held smaken seg ved lagring av ølen?

Halde gamle mattradisjonar i hevd

Brygging på kveik er populært blant entusiastar, og kulturar blir flittig delte, også til utlandet. Og fleire brygger på einer, som er ein gammal norsk tradisjon, i staden for humle.

Industriell ølbrygging på kveikgjær skjer foreløpig i det små, men forskarane håper systematiseringa deira kan bidra til at brygging på kveikgjær tek seg opp.

– Paradoxsalt nok blir det laga meir kveikøl i USA enn i Noreg. Brygging med kveikgjær er ein gammal norsk mattradisjon som vi bør ta vare på her i landet, avsluttar Rosnes. ♦



Gjærsopp sit gjerne i krinkelkrokar på gjærkransen. Foto: Jan Thomas Rosnes, Nofima

Kort om ølbrygging

Malt, humle, gjær og vatn utgjer vanlegvis hovudingrediensane i øl. Malt er korn som er spira og deretter tørka, og som verkar inn på fargen og smaken på ølet. Malta korn blir blanda med varmt vatn, som gjer at sukker i maltet seinare kan bli ete av gjærsopp. Humle er ein plante som ofte blir tilsett i tørka form, og som tilfører bitterheit og aroma. Gjær et sukker frå maltet og lagar samtidig alkohol og mange andre stoff som verkar inn på smaken av ølet. Kulturar av gjær blir ofte kjøpte kommersielt.

Lange øltradisjonar

Ølbrygging er eitt av dei eldste eksempla på bruken vår av bioteknologi. I fleire tusen år har menneske laga og drukke gjæra drikkar av korn. Og vi brygga øl før vi lærte oss å bake brød. Øl bidrog òg til at vi gav opp livet som jegerar og sankarar og i staden begynte å dyrke ingrediensane som folk trong – korn. Gamle skrifter og arkeologiske funn viser at øl spelte ei viktig rolle for forfedrane våre, for eksempel til barnefødselar, bryllaup og gravferder. Ordet «barsel» kjem frå «barnsøl».

Påbod om å lage øl til jul

Ølbrygging var viktig i norrøn tid, og tradisjonane blei òg førte vidare inn i kristentida. I Gulatingslova og i Frostatingslova var det påbode å lage øl til julefeiringa. Dersom bøndene ikkje overheldt denne plikta og dermed viste manglande ærefrykt for kyrkja og Gud, blei det trøbbel. Å unnlate å brygge tre år på rad kunne føre til at ein tapte både gard og grunn og i tillegg blei landsforvist. Dagens lovverk går heldigvis ikkje i den retninga, men kveik er stadig aktuelt.

Første GMO-laks til butikkene i USA

Genmodifisert laks kan bli å finne i amerikanske butikker allerede i 2020. Det blir da første gang et genmodifisert dyr selges som mat i landet.

Av Hilde Mellegård

Laksen har fått satt inn DNA fra andre fiskearter slik at den vokser raskere og dermed når slaktevekt tidligere. GMO-fisken er trygg å spise og genmodifiseringen er ikke farlig for fisken selv, ifølge det amerikanske mattilsynet (Food and Drug Administration, FDA). Laksen ble godkjent i USA i 2015 etter en 20 år lang prosess, men ble forbudt å importere på grunn av uklarheter rundt merking av laksen ved salg. Etter at bestemmelser for merking av GMO-mat nylig kom på plass, opphevet FDA i mars i år importforbudet.

Firmaet bak laksen, AquaBounty, sier de allerede har startet prosessen med å importere fiskeegg fra klekkeriet i Canada. Fisken skal vokse og bli matfisk i et lukket anlegg på land i delstaten Indiana.

GMO-laksen har vært solgt til canadiske forbrukere siden 2017. Canada krever ikke særskilt merking av GMO-laks, mens i USA må laksen merkes med at den er laget ved hjelp av bioteknologi.

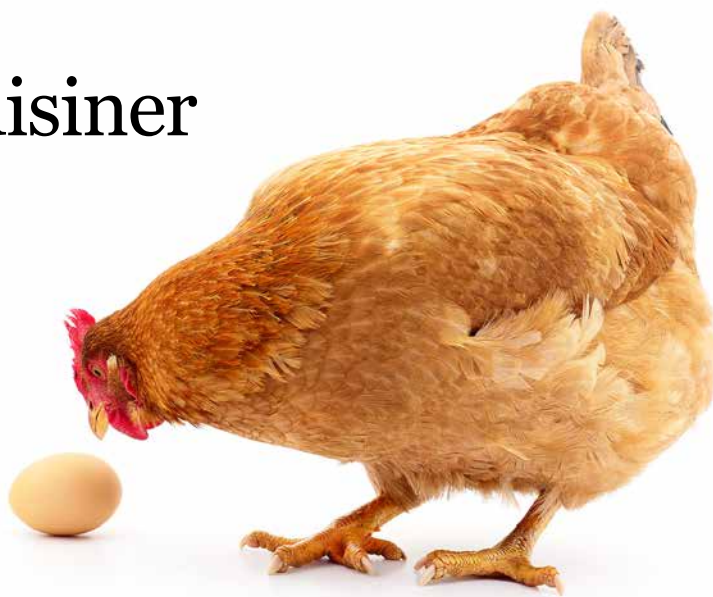


I USA skal GMO-laksen merkes tydelig.

Høner lager medisiner

I fremtiden er det ikke sikkert at viktige proteiner for å bekjempe sykdom blir laget i laboratoriet. Genmodifiserte høner gjør jobben enklere og billigere.

Muluneh Bekele Daba



Forskere ved Roslin Technologies i Edinburgh satte inn menneskelig gen i DNA-et til høner. Resultatet er egg hvor eggehviten inneholder et betydelig høyere nivå av to proteiner som er essensielle for immunforsvaret. Proteinene er viktige for å behandle flere sykdommer, inkludert kreft.

Å produsere proteinene i laboratorier er vanskelig og dyrt. De britiske forskerne tror prisen på medisinene ved å bruke genmodifiserte høner kan bli mellom ti og hundre ganger lavere enn i dag. Tre egg er nok til å produsere en proteindose, og hønene kan legge opp til 300 egg per år. De ekstra genene skal ikke ha hatt noen negativ effekt for helsen til hønene.

Regulatoriske endringer må imidlertid på plass før proteinene fra de genmodifiserte hønene eventuelt kan bli brukt i medisiner, og forskerne bak studien tror det kan ta opptil tjue år før det skjer. Egg brukes i dag for å lage vaksiner, og tidligere har genmodifiserte geiter blitt brukt for å produsere proteiner i geitemelka.



En pasient kan være kurert for hiv etter stamcelletransplantasjon. Foto: iStock.

Ny optimisme etter at verdens andre hiv-pasient kan bli erklært frisk

Ti år etter at den først hiv-pasienten ble kurert, ser det nå ut til at en ny pasient er friskmeldt etter stamcelletransplantasjon.

Muluneh Bekele Daba

En mann i London ble smittet med hiv i 2003. For tre år siden fikk han en beinmargstransplantasjon for å behandle blodkreft. Beinmargsdonoren har en genetisk mutasjon som gjør cellene resistente mot hiv. En liten andel av befolkningen som stammer fra i Nord-Europa har denne mutasjonen. Forskerne bak studien mener at mannen ble frisk fordi han fikk et nytt immunforsvar fra donoren.

Beinmargstransplantasjon er risikofylt, og det er derfor lite trolig at dette blir behandling for å kurere hiv i nær fremtid. Forskerne håper imidlertid at kunnskap om immunceller som er motstandsdyktige mot hiv, kombinert med genteknologi, kan føre til en trygg og kostnadseffektiv behandling. Ifølge FN levde nesten 37 millioner mennesker i 2017 med hiv.

EU-nettverk lager veikart for genredigering av planter

Hvor står forskning på genredigering av planter nå, og hva skal vi forske på fremover? Hvilke nyvinninger kan vi få? Og hva vil det bety for samfunnet?

Av Hilde Mellegård

Dette og mange andre tema skal forskere fra ulike felt, sammen med folk fra industri og forvaltning, finne ut av i nettverket «Genredigering i planter – en teknologi med transformativt potensial», med kortnavn «PlantEd». Målet er å lage et veikart for forskning og innovasjon.

Nettverket, som er i regi av European Cooperation in Science and Technology (COST), vil stimulere til samarbeid på tvers av ulike sektorer, fag og landegrenser. Alle planter skal dekkes, inkludert matproduserende planter og planter fra havet (alger).

PlantEd fikk finansiering i november 2018, og satsingen skal gå over fire år. Så langt er det 154 deltagere fra 31 land, de fleste fra Europa, og stadig flere ønsker å være med. Arbeidet foregår i arbeidsgrupper på ulike tema. Bioteknologirådet deltar på områdene lovregulering og forbrukerholdninger.



Historien om Cora har startet en diskusjon i USA om sykehus bør tilby gentesting av alle nyfødte. Foto: Jamie Isherwood Photography, publisert med tillatelse fra Lauren Stetson.

Genetisk testing av friske nyfødte ga overraskende resultater

Da genene til nyfødte barn ble analysert i det amerikanske forskningsprosjektet BabySeq, var ni av ti friske babyer bærere av en genetisk sykdom.

Av Elisabeth Gråbøl-Undersrud

CORA ER EN LUBBEN og tilsynelatende frisk toåring. Men hun har en genfeil som kan gi en utviklingshemning hvis ikke legene hadde oppdaget det tidlig. Fordi Cora ble født ved Brigham Hospital i Boston, fikk hun være med i et forskningsprosjekt hvor alle genene hennes ble analysert og genfeilen ble oppdaget. Cora holder i dag sykdommen i sjakk ved å ta ekstra B-vitamin i yoghurten hver kveld. Coras historie har startet en diskusjon i USA om sykehus bør tilby gentesting av alle nyfødte.

Nyfødte kan ha alvorlige sykdommer uten symptomer

Mange alvorlige sykdommer har ingen symptomer, og kan føre til uopprettelig skade hvis de ikke oppdages raskt etter fødsel. Derfor testes i dag nesten alle barn i Norge for 25 alvorlige sykdommer gjennom nyfødtsscreeningen. Testene omfatter en rekke biokjemiske analyser, inkludert biomarkører og enzymanalyser. Hvis én av testene er positive, blir det i tillegg gjort en genanalyse. I Norge er det mulig å sekvensere for 23 av de 25 tilstandene som er inkludert i screeningen.

I 2013 startet leger ved Brigham hospital i Boston verdens første forskningsprosjekt, BabySeq, der genene til alle nyfødte blir analysert. Ved å teste babyer lenge før de viser symptomer, håper leger at de i noen tilfeller kan starte behandling tidlig. Studiet blir finansiert av National Institute of Health og store forskningsinstitusjoner som Harvard er med.

Ni av ti babyer er bærere av gener som gir alvorlig sykdom

316 nyfødte er med i BabySeq. Halvparten av barna fikk alle genene sine analysert, den andre halvparten deltok bare i den ordinære amerikanske nyfødtsscreeningen som tester for 30 sykdommer. Det viste seg at i gruppen nyfødte som fikk analysert genene sine, hadde ni prosent genfeil som kan føre til ulike sykdommer som hjertesykdommer og døvhhet.

» 88 prosent av barna hadde et gen som ikke ville gjøre dem syke, men som kan føre til sykdom hos kommende barn hvis partneren er bærer av den samme genfeilen.

Professor Robert Green, som leder studien, forteller at hele 88 prosent av barna hadde et gen som ikke ville gjøre dem syke, men som kan føre til sykdom hos kommende barn hvis partneren er bærer av den samme genfeilen.

Det viste seg at Cora hadde to mutasjoner i et gen som koder for et livsnødvendig enzym som heter biotinidase, et viktig B-vitamin. Mutasjonene gjør at hun bare produserer 30 prosent av normalnivået til dette enzymet. Reduserte nivå av biotinidase kan føre til utviklingshemninger som hjerneskade, blindhet, døvheter. Vanligvis oppdages mangel på biotinidase i den ordinære amerikanske nyfødtscreeningen. Coras verdier var imidlertid i grenseland. Siden det ikke er andre i familien som har samme sykdom, ble det ikke fulgt opp.

Hvor mye vil du vite?
Ett av hovedspørsmålene i debatten i USA har dreid seg om hvor mye informasjon det er riktig å gi foreldre om barnas gener, uten

å skape unødig engstelse og bekymringer. I BabySeq-prosjektet fikk foreldrene kun beskjed om gener som gir høy risiko for alvorlige sykdommer som opptrer i barndommen. Over 2000 familier ble spurt, men bare sju prosent sa ja. En av hovedgrunnene var at de ikke ønsket å leve med vissheten om at barnet deres hadde økt risiko for å bli alvorlig sykt.

Ett av målene i BabySeq-prosjektet er å finne svar på fordeler og ulemper ved å analysere alle genene til nyfødte. Får barna bedre helse? Eller vil det føre til overdreven medisinsk testing?

– Det er ikke et enkelt spørsmål å svare på, forteller Robert Green.

– Kunnskapen om gener er i endring. En genfeil hos én person trenger ikke bety at den samme genfeilen vil føre til sykdom hos en annen. ♦

Ved akutt sykdom kan gentester redde liv, men overlege er skeptisk til å teste friske nyfødte

Barn har rett til en åpen fremtid, mener Asbjørg Stray-Pedersen, spesialist i medisinsk genetikk og overlege ved Avdeling for Nyfødtscreening ved Oslo Universitetssykehus.

Av Elisabeth Gråbøl-Undersrud

Hun er skeptisk til å analysere alle genene til nyfødte, friske barn:

– Kunnskapen om sammenhengen mellom gener og sykdom er fremdeles mangelfull. Og hvilken verdi har det for barnet å vite at han eller hun har økt risiko for sykdommer som kanskje kommer først i voksen alder? Vi risikerer å sykeliggjøre barna uten grunn og stresser foreldrene unødig.

Avslører ikke bærerstatus etter fødsel

Prislappen for å sekvensere hele arvematerialet til en person ligger nå på rundt 7000 kroner, avhengig av hvor mange gener som er med i analysen og hvor vanskelig det er å tolke dataene. Stray-Pedersen tror gentesting for flere sykdommer vil inngå i nyfødtscreeningen i fremtiden.

Men at barnet er bærer av en alvorlig sykdom, eller er i risikozonen for en sykdom

som hverken kan behandles eller forbygges, er ikke nødvendigvis informasjon som foreldre skal få rett etter barnets fødsel:

– BabySeq-prosjektet er interessant siden det er det første forskningsprosjektet som analyserer alle genene også til friske nyfødte. Resultatet er imidlertid ikke overraskende. Vi vet at vi nær sagt alle er bærere av én eller flere alvorlige sykdommer. Vi har ikke noe ønske om å teste hos bærerstatus for nyfødte. Hvis det er alvorlige tilstander i familien, kan barnet selv be om å bli testet når han eller hun har fylt 16 år, sier Stray-Pedersen.

Hun forteller at det blir testet for biotinidasemangel, som var den sykdommen Cora hadde, i den norske nyfødtscreeningen. Hvis barnet har en alvorlig biotinidasemangel, vil foreldrene få beskjed og barnet bli behandlet med ekstra tilskudd av B-vitaminet Biotin.



Asbjørg Stray-Pedersen, spesialist i medisinsk genetikk og overlege ved Avdeling for Nyfødtscreening ved Oslo Universitetssykehus.

Gentest reddet liv ved akutt sykdom

For akutt syke barn kan imidlertid kunnskap om genene redde liv. To barn som nylig var med i et forskningsprosjekt på Nyfødtafdelingen ved Oslo Universitetssykehus, ble reddet fordi det ble gjort en genanalyse.

– Begge barna hadde alvorlig epilepsi, og vi fant mutasjoner i et gen som gjør at de mangel på vitamin B6 i høy dose over lengre tid, ellers får de alvorlige hjerneskader. Takket være en analyse av genene fant vi det ut på bare et par dager. Kanskje vi i fremtiden kan tilby gentesting av alle nyfødte for denne sykdommen, men det forutsetter at sammenhengen mellom ulike genvarianter og sykdomsgrad er bedre kartlagt.

Genmodifiserte planter som lager insektgift:

Bra eller dårlig for de «snille» insektene?

Insektene blir stadig færre, og insektmidler får deler av skylden. Hva da med genmodifiserte planter som lager sin egen insektgift?

Av Hilde Mellegård

FNS LANDBRUKSORGANISASJON

(FAO) anslår at skadedyr og plantesykdommer hvert år gir avlingstap på mellom 20 og 40 prosent. Plantevernmidler mot ugress, sopp og insekter blir derfor brukt i stor skala i landbruket for å motvirke tap. En annen strategi er genmodifiserte planter som lager sin egen insektgift.

Men insektmidler og andre plantevernmidler er også trukket fram som en av driverne for insektdøden som er over oss. Senest i februar i år ble faren for en insektapokalypse trukket fram i en stor forskningsgjennomgang.

GMO-planter på markedet i dag

Genmodifiserte (GM) planter har vært på det internasjonale markedet i over 20 år, og andelen GM-planter i verdens landbruksproduksjon har steget jevnt og trutt. I dag er det to hovedtyper som blir dyrket kommersielt: Planter som lager sin egen insektgift (insektresistente planter) og planter som tåler å bli sprøytet med ett eller flere ugressmidler. Stadig flere GM-planter på markedet har begge egenskapene.

GM-planter blir ikke dyrket i Norge, og per i dag finner vi heller ikke slike planter eller produkter av disse i butikkhyllene.

Flere av insektene som de insektresistente plantene lager gift mot, er ikke rapportert som skadedyr i Norge. I tillegg dyrker vi lite mais, og vi dyrker ikke bomull. Mais og bomull er de vanligste insektresistente plantene på verdensmarkedet i dag.

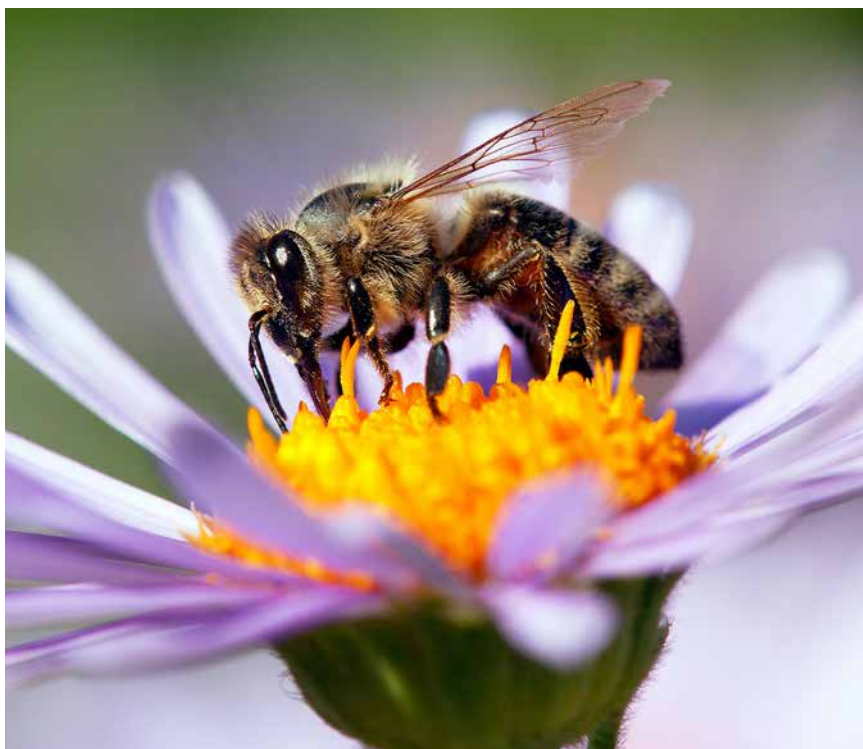
Henter gener fra jordbakterie

Visste du at det er en bakterie som gjør at GM-planter kan lage insektgift? Det er nemlig gener fra den vanlige jordbakterien *Bacillus thuringiensis* (Bt) som blir satt inn i plantene på laboratoriet. Når larver av visse sommerfuglarter og billearter, som er skadedyr i landbruket, får i seg giftstoffene som Bt-plantene lager, så dør de. I insektarmen binder giftstoffene seg til spesifikke reseptorer (mottagere), som nøkkel i en lås. Bindingen gjør at det dannes mikroskopiske hull i tarmcellene, slik at insektene dør.

Foruten å være del av Bt-planter blir jordbakterien også sprayet direkte på åkrer som et insektmiddel. Flere land i Europa bruker dette, særlig i økologisk landbruk. På verdensbasis utgjør insektmidler med Bt-bakterien over 90 prosent av markedet for økologiske plantevernmidler. I Norge er ikke denne typen insektmiddel på lista over godkjente preparater.

Liten effekt på andre organismer

Insektresistente Bt-planter dreper visse skadedyr, men har Bt-plantene negative konsekvenser for andre store eller små kryp? Neppe, ifølge gjennomganger av forskning på området. Med unntak av skadedyrene som er målet, er giftstoffene lite skadelige for de fleste andre organismer som er testet, viser store forskningsoppsummeringer. Dette inkluderer ville dyr og ikke-skadelige insekter. Grunnen til dette er giftstoffets virkemåte. Giftstoffet (nøkkelen) må nemlig ha riktig reseptor (lås) for å ha effekt, og denne reseptoren finnes stort sett bare hos noen typer insekter. Det er derfor heller ikke farlig å spise Bt-plantene for oss mennesker.



Insektmidler og andre plantevernmidler blir trukket fram som en av driverne for insektdøden. Tunge forskningsgjennomganger har ikke funnet skadelige effekter av Bt-planter på bier. Foto: iStock.



Hva med biene?

Honningbier og andre pollinerende insekter har en viktig funksjon i økosystemer, og det er derfor gjort mange studier på hvordan Bt-planter påvirker biene. Bt-plantene blir også ofte testet på bier før plantene slippes på markedet. Tunge forskningsgjennomganger har ikke funnet skadelige effekter av Bt-planter på bier.

Det er likevel noen kunnskapshull i hvordan de genmodifiserte plantene påvirker miljøet. Vi har ikke mye kjennskap til

Skade fra insekter på planter gjør nemlig at muggsopp lettere får fotfeste.

Mindre bruk av sprøytemidler kan gi rom for flere nytteinsekter. I en stor under-

I tillegg til bomull er mais den vanligste insektresistente planten på verdensmarkedet i dag.
Foto: iStock.

» GM-planter blir ikke dyrket i Norge, og per i dag finner vi heller ikke slike planter eller produkter av disse i butikkhyllene.

hvordan giftstoffene påvirker organismer som lever i vann, men det er funnet svært lave konsentrasjoner av giftstoffene i vann. Et annet område vi ikke vet nok om, er hvordan giftstoffene påvirker økosystemer i jord på sikt. De fleste studiene som er gjort, peker imidlertid mot at påvirkningen er liten og forbigående.

Mindre bruk av insektmidler

Hva så med positive effekter på naturen? Flere forskningsgjennomganger viser at fordi Bt-plantene kan forsvare seg selv, har det ført til mindre bruk av insektmidler. Dette gjelder særlig for bomullsplanter. Bomullsplanter angripes lett av skadedyr, og forbruket av insektmidler har derfor vært høyt. Det er anslått at Bt-bomullsplanter ga en reduksjon på 21,3 million kg plantevernmidler i 2013, som er omtrent halvparten av totalforbruket av insektmidler til bomull. Dyrkning av Bt-planter i stor skala har også vist seg å gi mindre problemer med skadedyr og dermed mindre bruk av insektmidler hos nabobønder som ikke dyrker genmodifiserte planter. I tillegg er det rapportert om lavere nivåer av giftstoffer fra muggsopp i insektresistente planter.

søkelse over 20 år på 36 ulike steder i Kina der Bt-bomull ble dyrket, fant forskere ut at antallet insekter som mariehøner og edderkopper hadde økt. Forskerne mente at mindre bruk av mer bredspektra kjemiske insektmidler, som også dreper andre insekter enn dem som i utgangspunktet er målet, var årsaken. To store forskningsgjennomganger kom til omtrent samme konklusjon. De fant at det var flere nytteinsekter på jorder med Bt-planter sammenlignet med jorder der det ble dyrket og sprøytet med insektmidler på vanlig måte. På kontrolljorder der det ikke ble sprøytet i det hele tatt eller dyrket Bt-planter, var det likevel enda flere insekter.

Insektresistente Bt-planter kan altså ha sine fordeler, men de kan også by på utfordringer.

Mange ulike strategier

Hvordan Bt-planter påvirker sprøytemiddelbruk og insekter vil variere mellom ulike deler av verden. Mens Bt-mais i områder i USA har redusert skadedyr også på andre typer grønnsaker som ikke er genmodifiserte, er det rapportert om motsatt effekt andre steder. For eksempel har man i

Kina sett at bladteger har fått et stort oppsving der det blir dyrket mye Bt-bomull. Bladtegene har dermed også blitt et større problem for andre jordbruksplanter i de samme områdene. Mindre bruk av kjemiske insektmidler er antakelig årsaken.

En annen utfordring er at skadedyr utvikler resistens (motstandsdyktighet) mot giftstoffene fra Bt-plantene. Langtidsbruk av samme type insektresistente GM-planter, men også gjentatt bruk av samme insektmidler i konvensjonelt landbruk, skaper et seleksjonspress. Da er det de mest motstandsdyktige insektene som vil overleve og formere seg.

Den vanligste strategien for å motvirke problemet hos Bt-planter, er å samtidig dyrke tilsvarende planter som ikke er genmodifiserte og dermed ikke lager giftstoffer. Disse plantene blir tilfluktssteder for skadedyr som ikke er resistente, og som dermed vil øke i antall og formere seg med de mer sjeldne resistente insektene. Effekten av resistens vil dermed «tynnes ut».

En annen strategi er å lage 'genpyramider', det vil si å sette inn flere gener som koder for giftstoffer. Da blir det vanskeligere for skadegjørerne å utvikle forsvar mot giftstoffene.

Ulike tiltak har så langt forsinket utviklingen av resistens. Men en bredere tilnærming til problemet blir løftet frem som veien videre. Integrert plantevern er å ta i bruk flere metoder samtidig for å holde mengden skadedyr i landbruket så lavt som mulig. Det kan dreie seg om å avle på motstandsdyktige planter, bekjempe skadedyr med pløying og feller, bytte på hvilke planter man dyrker, endre på vannings- og gjødslingsregime, men også bruke kjemiske midler der det trengs. ♦

Genetiske selvtester:

Et år med overraskelser

Flere nyhetssaker det siste året viser at DNA kan bli viktig på måter som få hadde forestilt seg.

Av Truls Petersen

Den første genetiske selvtesten kom på markedet i 1996. I dag er det solgt godt over 12 millioner slike tester. Slektskapstester er de mest populære. Det stopper nok ikke med dette, men å forutsi hva ny teknologi kan brukes til, er en vanskelig øvelse.

Gener som vare

Amerikanske 23andMe fikk mye oppmerksomhet da de startet med salg av slekt- og

helseanalyser direkte til forbrukere. Siden testene er så populære, har selskapet kunnet bygge opp en av verdens største samlinger med genetiske opplysninger og biologisk materiale.

Og DNA og helsedata er verdifullt. I juli i fjor kom nyheten om at 23andMe har inngått avtale med et legemiddelfirma som skal forske på Parkinson. GlaxoSmithKline betaler 300 millioner dollar for å få tilgang til fem millioner av 23andMe sine kunder.

Mer overraskende, kanskje, er det at også firmaer som kun selger slektskapstester gjør det samme. I kontrakter som Bioteknologirådet har undersøkt, fremgår det at flere av selskapene lagrer kundens DNA for å undersøke genetisk risiko for sykdom. Både spyttet og opplysningene kan selges til tredjepart, og for eksempel brukes til forskning. Som kunde skal du imidlertid samtykke, og du har rett til å be om at materialet kastes.

Avslørt av DNA

I en spektakulær pressekonferanse i april 2018 forklarte politiet i Sacramento i USA at de hadde brukt en privat database for å spore opp en seriemorder og voldtektsmann som hadde vært etterlyst i mange år. Man antar at mannen som omtales som The Golden State Killer i perioden 1974–1986 stod bak 13 drap og 50 voldtekter. Politiet hadde DNA fra én av sakene. Men uten treff i DNA-registeret ble saken liggende uløst.

I mellomtiden har slektskapstester på nettet tatt av. Politiet besluttet å samarbeide med slektsforskere og lastet opp masse-morderens DNA i en privat database. Der fant de ikke morderens DNA, men flere slektninger.

Så startet arbeidet med å tegne et slekts-tre. Etter hvert kunne politiet zoome inn mot en pensjonert politimann i Sacramento. En kveld gikk de i søpla hans og fant tilstrekkelig med DNA til å gjøre en ana-



Stadig flere vil finne ut hvor de stammer fra gjennom en slektskapstest. Svarene kan overraske. Kanskje har du som forbruker i kontrakten også gitt samtykke til at opplysningene om ditt DNA kan selges videre. Foto: iStock.

lyse. Resultatet viste full match med prøven fra den gamle saken, og den da 72 år gamle mannen ble fengslet. I ettertid har over 20 saker blitt løst i USA med søk i private DNA-registre.

Norsk politi og søk i private registre

Nær 90 000 nordmenn er i dag registrert i politiets DNA-register. Et register over alle nordmenn ville vært til stor hjelp for politiet i saker hvor det fins DNA, men det er ingen politiske partier som går inn for noe slikt. Men de private databasene kan i praksis vise seg å bli like omfattende som et nasjonalt register. Analysene gjør det nemlig mulig å identifisere slekt ut til tremenningsnivå. I snitt vil det si at det er tilstrekkelig at én av 500 personer har tatt en gentest. Bare en liten andel av alle nordmenn trenger derfor å være registrert for å være sporbare.

Bioteknologirådet, Riksadvokaten, politiet og andre fagmiljøer har bedt myndighetene avklare om norsk politi kan søke i private registre i sin etterforskning.

Farvel donoranonymitet?

Personer som ønsker å finne ut enten hvem far er eller om de har halvsøsken, har vært ivrige brukere av slektskapstester.

I januar i år kunne vi lese om en amerikansk kvinne som var blitt mor ved hjelp av anonym donor. For å få kunnskap om datterens gener på farssiden, ønsket hun å spore opp donor. Hun sendte inn DNA fra seg selv og sin fem år gamle datter til en privat slektsdatabase. Der fikk hun treff med en slektning av donor. Kvinnen skrev et brev til vedkommende, der hun forklarte

situasjonen og at dersom vedkommende ønsket kontakt, så «er vi her». Noen uker etter fikk moren et brev fra sædbanken. De viste til at dette var avtalebrudd, og at dersom hun kontaktet denne personen

igjen, så ville hun få et krav på 25 000 dollar. Kvinnen sa til media at hun aksepterte dette, men at hennes datter ikke hadde signert på en slik avtale.

Fram til 2005 praktiserte norske sykehus anonym sæddonasjon. Veksten i slektskapstester gjør at det i dag ikke er mulig å garantere anonymiteten for donor. Bioteknologirådet har bedt myndighetene vurdere å opprette et register som gjør det mulig å kople donor og personer som har blitt til etter donasjon, forutsatt at dette er frivillig for alle.

» GlaxoSmithKline betaler 300 millioner dollar for å få tilgang til 23andMe sine kunder.

Kina: DNA som overvåkningsverktøy

Kartlegging av folkegruppers DNA kan brukes for både gode og dårlige formål. For eksempel kan det være nyttig å undersøke om noen genvarianter er mer utbredt blant enkelte grupper. Men historien gir eksempler på at myndigheter har samlet inn opplysninger om menneskers biologi under tvang og brukt dem for å undertrykke folkegrupper, som jøder og samer. Den norske bioteknologiloven har flere bestemmelser for å unngå at slike overgrep skjer igjen.

I en større sak i New York Times fra februar 2019, ble det dokumentert at kinesiske myndigheter har brukt amerikansk kunnskap og teknologi for å kartlegge en muslimsk minoritet, uighurene, som lever i provinsen Xinjiang. Avisen forteller at kinesiske myndigheter har ment at muslimene utgjør en terrortrussel og lenge har ønsket å gjøre muslimene mer lojale overfor kommunistpartiet. Som del av en «utdanningskampanje» har over en million muslimer blitt plassert i egne leire. DNA-testene er del av det samme programmet.

Nå har den amerikanske produsenten av maskinene som analyserer DNA, ThermoFisher, sluttet å selge maskiner i Xinjiang, og president Trump har truet med sanksjoner. Det er bred enighet om at DNA-forskning krever samarbeid mellom land. DNA-testingen av uighurene har skapt diskusjon om hvordan forskere kan sikre at data og kunnskap blir brukt på en etisk trygg måte. ♦



I ettertid har over 20 saker blitt løst i USA med søk i private DNA-registre. Foto: iStock.



DNA-testing av den muslimske minoriteten uighurene i den kinesiske provinsen Xinjiang vekker internasjonal oppsikt. Foto: iStock.

Norsk firma utvikler unik teknologi som kan gi håp for tusenvis av pasienter verden over

Det norske forskningsfirmaet Nextera har utviklet et verktøy som lettere kan gi svar på hva som skjer i kroppen når immunsystemet svikter.

Av Muluneh Bekele Daba
og Elisabeth Gråbøl-Undersrud

OM IMMUNFORSVARET angriper kroppens egne celler, kan det gi sykdom som leddgikt, diabetes og multiple sklerose (MS). Men hvorfor immunforsvaret reagerer feil, vet vi lite om.

– Mange av medisinene som er på markedet, er lite effektive fordi vi ikke kjenner sykdomsmekanismen. Derfor kan vi heller ikke gi spesifikk nok behandling, noe som

gjør at mange pasienter opplever uønskede og til del alvorlige bivirkninger, forteller Geir Åge Løset, gründer og daglig leder i Nextera.

Firmaet ble etablert i 2009, og de første månedene var Løset den eneste ansatte. I dag har firmaet elleve ansatte og holder til i Forskningsparken i Oslo. For å utvikle bedre medisiner jobber Nextera med å



Nextera-gründer Geir Åge Løset håper å kunne prøve ut de første medisinene i løpet av få år.

finne ut hvordan immuncellene snakker sammen, og identifisere hvilke molekyler som er sentrale.

– På den måten kan vi raskere fastsette diagnose og utvikle målrettede og trygge behandlinger, sier Løset.

Videreutvikler prisvinnende metode

Nexteras teknologi baserer seg på «phage display», en laboratoriemetode som er milliardindustri på verdensbasis. Forskerne George P. Smith og Sir Gregory Winter, som utviklet denne metoden på starten av nittitallet, fikk Nobels pris i kjemi i 2018 for dette arbeidet. Nextera har videreutviklet og laget sin egen unike phage display-metode som de nå bruker til å forske på såkalte autoimmune sykdommer – sykdommer der kroppen angriper seg selv. Teknologien kan bety mye for pasienter som i dag har liten effekt av medisiner som er på markedet.

– Vi identifiserer først proteiner som immunforsvaret reagerer mot, og som er spesifikke for sykdommen. Disse proteinene bruker vi deretter for å lage nye målstyrende legemidler. Med denne teknologien mener vi å ha løsningen for å utvikle nye unike medisiner som virker bedre og er tryggere enn dagens alternativ, sier Løset.

Millioner av små fiskestenger

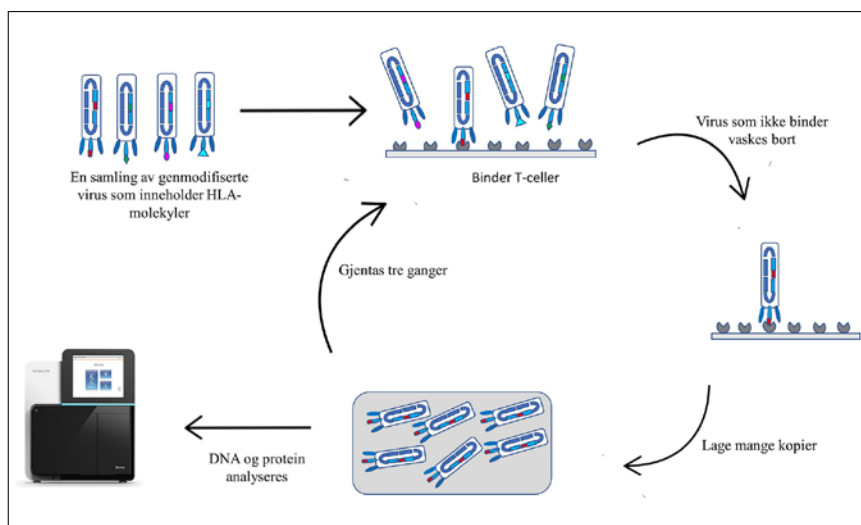
Ved autoimmun sykdom er det spesielle overflatemarkører på cellene som får immuncellene til å angripe kroppens egne celler. Det spesielle er at mange kan ha disse overflatemarkørene, men at kun noen få utvikler sykdom ved at immuncellene aktiveres. I de fleste tilfellene vet man ikke nøyaktig hva disse markørene er. Derfor er det vanskelig å utvikle spesifikk behandling. Disse overflatemarkørene, de såkalte HLA II molekylerne, er dessuten utfordrende å arbeide med på laboratoriet fordi molekylerne er så ustabile. Nextera har imidlertid klart å sette genet for HLA-molekylet inn i phage display viruset:

– HLA-molekylet er det som setter i gang leddgikt ved at spesielle immunceller, de såkalte T-cellene, blir aktivert og det oppstår en betennelse. Ved å sette inn genet for HLA-molekylet inn i viruspartikkelen, har vi laget verdens mest avanserte «fiske-

stang». Dermed kan vi fiske i pasientens egne T-celler, finne akkurat de T-cellene som blir aktive og bruke dem til å fortelle oss nøyaktig hva denne kritiske markøren er. På den måten kan vi bruke kroppens eget immunforsvar til å fortelle oss hva vi skal lage legemiddelet mot, sier Løset.

Nextera samarbeider både med norske og utenlandske sykehus og industri. Målet er å lage mer effektiv og trygg behandling for autoimmune lidelser.

– Vi håper å kunne prøve ut de første medisinene i løpet av få år, men det er et lang lerret å bleke. ♦



Figur 1: En oversikt over hvordan Phage display kan gjøres. Illustrasjon: Muluneh Bekele Daba/Bioteknologirådet.

Ordforklaringer

Autoimmune sykdommer: En stor gruppe sykdommer som har det til felles at kroppens immunsystem feilaktig angriper friske celler og ødelegger dem. Eksempler på slike sykdommer er leddgikt, diabetes og multiple sklerose (MS).

HLA-molekyler: Overflatemolekyler på cellene, som cellene bruker til å kommunisere med hverandre. Ved organtransplantasjon er det viktig at donor og mottaker har like HLA-molekyler.

T-celler: Hvite blodceller som utgjør en viktig del av immunforsvaret. Det finnes mange undergrupper av T-celler, som T-dreperceller og T-hjelperceller.

Phage display: Metode til å lage skreddersydde molekyler i laboratoriet. Phage display brukes blant til å finne antistoffer som binder seg til et protein man er interessert i. Antistoffer er spesielle proteiner (immunoglobuliner, tidligere også kalt egghvite-stoffer) som dannes av immunceller når fremmede stoffer som virus og bakterier kommer inn i kroppen. Navnet «phage display» kommer av at man bruker spesielle virus, «phage», hvor man ved hjelp av genteknologi har satt inn DNA som koder for antistoff inn i viruset sitt arvestoff. Dermed kan viruset uttrykke antistoffet på overflaten, derav ordet «display». Antistoffet vil binde proteiner det reagerer mot. Dermed er det mulig å screene antistoff mot millioner av ulike proteiner (se figur 1).

Genmodifisert potteplante reinsar innelufta for skadelege stoff

Grøne plantar er bra for innelufta, heiter det. No har amerikanske forskarar gått lenger og laga ein genmodifisert stueplante som kan reinse bort helseskadelege stoff.

Av Hilde Mellegård

GULLRANKE er ein folkekjær stueplante. Og han passar òg for dei av oss som ikkje er velsigna med grønne fingrar. Forskarane blinka seg derfor ut denne planten som kandidat for genmodifisering.

– Vi ønskte å gjere dette i gullranke fordi det er ein robust stueplante som veks bra under alle moglege forhold, uttalte forskar Long Zhang i ei pressemelding frå Universitetet i Washington, USA.

Utfordrande inneklime

I innelufta vår finst det mange stoff som kan påverke helsa vår, inkludert såkalla flyktige organiske sambindingar. Dei kjem frå ulike kjelder, som røyking, måling, matlaging og reingjeringsmiddel. Dei amerikanske forskarane konsentrerte seg om benzen og kloroform. Bensin og tobakksrøyk kan gi frå seg benzen, og det å dusje i klorinert vatn kan gi låge nivå av kloroform i lufta.

«Grøn lever» frå kanin

Forskarane sette inn eit gen i gullranka, slik at planten lagar eit enzym kalla cytokrom P450 2E1 (2E1). Dette enzymet er eitt av fleire liknande enzym som bryt ned legemiddel og framandstoff, inkludert flyktige organiske sambindingar hos pattedyr. Genet som forskarane sette inn, lagar kaninvarianten av 2E1-enzymet. Enzym av denne typen finst for det meste i levera og i tarmen hos eit individ. Hos menneske er enzyma aktive blant anna når vi drikk alkohol.



Kanskje vil ein genmodifisert utgave av gullranke i framtida sikre rein og sunn inneluft? (Foto: iStock)

» Å bruke plantar til å fjerne skadelege stoff frå miljøet har vore studert tidlegare, men det har ikkje blitt laga potteplantar som bryt ned skadelege stoff før.

– Vi bestemte oss for at vi skulle få denne reaksjonen til å skje utanfor kroppen, i ein plante, som eit eksempel på «grøn lever»-konseptet, uttalte professor Stuart E. Strand i nyheitsmeldinga.

Å bruke plantar til å fjerne skadelege stoff frå miljøet har vore studert tidlegare, men det har ikkje blitt laga potteplantar som bryt ned skadelege stoff før.

Planten er òg grøn i ein annan forstand. For lettare å kunne skilje genmodifisert gullranke frå vanleg gullranke sette forskarane samtidig inn eit gen som gir ein grøn, sjølvlysande farge (fluorescens). Men fluorescensen blei ikkje særleg tydeleg, så forskarane må bruke mikroskop for å kunne sjå det.

Effektiv luftreinskar?

For å undersøke kor effektiv genmodifisert gullranke er til å reinse lufta, plasserte forskarane plantane i lukka behaldarar med høge

nivå av kloroform og benzen. Resultata blei samanlikna med plantar som ikkje var genmodifiserte. Sistnemnde gav liten endring i gassnivået, mens genmodifisert gullranke gav 75 prosent mindre benzen. I tillegg var det etter seks dagar knapt mogleg å måle noko som helst kloroform.

Korleis kan så genmodifisert gullranke i praksis gi betre inneklime?

– Står planten i hjørnet av eit rom, vil han ha noko effekt i det rommet, sa Strand i nyheitsmeldinga.

Men den beste effekten vil vi ifølge forskarane oppnå når planten står i eit lukka rom og ei vifte bles lufta over blada.

Om genmodifiserte stueplantar vil vere ein del av inventaret i norske stuer, står att å sjå. Enn så lenge får vi rett og slett opne vindauget. ♦

Hva mener ungdom om kloning?

Nytt digitalt verktøy for ungdomsskolen

Er det en god idé å gjenopplive utdødde dyr som mammuter ved hjelp av genteknologi? Det er ett av dilemmaene som ungdomsskoleelever dykket ned i da de som pilotelever testet ut et nytt lærings- og refleksjonsunivers om bioteknologi.

Av: Liv Røhnebæk Bjergene

Nå rulles det nye pedagogiske verktøyet for å lære og reflektere rundt problemstillinger knyttet til bioteknologi på planter, dyr og mennesker, ut ved flere skoler i Oslo og Akershus. Det mener elevene ved Ris skole i Oslo er en god idé:

– Et stort ja!

Ikke kluss med naturen

Lederen for Bioteknologirådet, Kristin Halvorsen, fikk mange refleksjoner da hun spurte Ris-elevene hva de tenkte om bioteknologi og etiske betenkeligheter ved å gjenopplive utdødde dyr som mammuter:

- Det er en grunn til at mammutene ble utryddet. Vi bør ikke klusse med naturen.
- Å skape et liv bare for å forske på det vil være uetisk.
- Å gjenopplive en mammut vil kunne gi flere ulemper enn fordeler. Hva hvis andre dyr blir utryddet, eller at det blir for lite tilgang til mat?
- Teknologien gir oss mange valg. Derfor er det spennende at dere setter dere inn i disse vanskelige dilemmaene, sa Halvorsen da prosjektet ble lansert 14. februar.

Diskusjoner på tvers av fag

Læringsverktøyet er et samarbeid mellom Universitetet i Oslo sin satsning på livsvitenskap, edtech-selskapet Creaza og Bioteknologirådet. Norges forskningsråd har støttet prosjektet økonomisk. Direktør ved UiO: Livsvitenskap, Carl Henrik Gørbitz, mener det er viktig å få bioteknologi inn i ungdomsskolen:

- Bioteknologi er essensielt for å løse utfordringer knyttet til kreft, aldring, antibiotikaresistens, klima og infeksjonssykdommer. Derfor er det viktig at dere på et tidlig tidspunkt lærer og reflekterer rundt disse problemstillingene.



Leder for Bioteknologirådet, Kristin Halvorsen, med elever ved Ris skole.
Foto: UiO: Livsvitenskap/ Terje Heiestad

Opgavene i det digitale verktøyet er knyttet opp mot sentrale kompetansemål i naturfag, samfunnsfag og KRLE.

- Det har vært ekstra spennende å jobbe på tvers av disse fagene. Vi hadde mange spennende diskusjoner i klasserommet, sa lærer ved Ris skole, Vasilica Sirbu-Jakobsen.
- Naturfaglig kunne vi diskutere om det er mulig å klonе mennesker, griser, hester og hunder, for deretter å ta den etiske diskusjonen om vi burde klonе, sa lærerkollega Rune Skarsbø Heimdal.

Returadresse:
Bioteknologirådet
Stortingsgata 10
0161 Oslo



Nytt skuleprosjekt om gentestar:

Bloggaren Genja undrar om ho skal bestille test av gena sine på nettet. I dette prosjektet for vidaregåande skule kan elevar løyse oppgåver og gje Genja råd.

Sjå meir på www.viten.no

Få siste nytt!

Vil ha varsel når vi har noko nytt å fortelje?
Bestill e-post med nytt frå Bioteknologirådet:
bioteknologiradet.no/nyhetsbrev

bioteknologiradet.no

Biotekquiz

Spørsmål

1. Kor mange sjukdommar blir nyfødde barn i Noreg testa for gjennom nyfødtscreeningen?
2. Kva for eit land har som mål innan 2050 å bli kvitt alle rovdyr som ikkje naturleg høyrer til i landet?
3. Kva gjer at genmodifiserte plantar kan lage insektgift?
4. I kva for eit land kan forbrukarane i dag kjøpe GMO-laks?
5. Kva land får kritikk for å bruke DNA som overvakingsverktøy?

Svar 1. 25 sjukdommar. 2. New Zealand. 3. Gen frå jordbakterien *Bacillus thuringiensis* (Bt). 4. I Canada. 5. Kina.