

GENialt

Tidsskrift fra Bioteknologirådet // 1-2025 // 34. årgang

småGENialt
Jakten på de
gode genene
SIDE 18

Ungdommens
Bioteknologiråd:

Kva meiner dei unge om bruk av bioteknologi?

s. 4

Ny animasjonsfilm om
DNA og proteiner s. 7

13 år med forskning på
Crispr-laks s. 12



Elevane i klasse 1STB ved Heimdal Vidaregåande skule i Trondheim skal lære om moderne bioteknologi i naturfagstimane og diskutere etiske problemstillingar som Ungdommens Bioteknologiråd. Foto: Jan Langhaug

Leder: Lytt til ungdommen	3
Ungdommens Bioteknologiråd: Kva meiner dei unge om bruk av bioteknologi?	4
Ny animasjonsfilm om DNA og proteiner	7
Synet tilbake med lab-dyrket hornhinne	8
Kartleggingsverktøy for museembryoet	10
Kraftverk eller proteinfabrikk?	10
Hvorfor blir bare noen av oss 100 år?	11
13 år med forskning på Crispr-laks	12
Uenighet om aldring	16
SmåGENialt: Jakten på de gode genene	18

GENialt 1-2025 // 34. årgang

Redaksjonen avslutta: 30.01.2025
 Ansvarleg redaktør: Petter Frost
 Redaktør: Mette Risa
 Redaksjon: Anne Marit Ryen, Caroline Bianchi Strømme, Håvard Øritsland Eggestøl, Stine Hufthammer Indreid
 Opplag: 4614

Utgivar: Bioteknologirådet
 Adresse: Bioteknologirådet, Edvard Griegs vei 3b, 5059 Bergen
 Internett: www.bioteknologiradet.no
 E-post: post@bioteknologiradet.no
 Design: Dugg Design AS
 Trykk: Byråservice AS
 ISSN (trykt utgave) 0804-225X
 ISSN (nettutgave) 1502-7619

Bioteknologirådet er eit frittstående, 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 (genteknologiloven).

Bioteknologirådet gir råd i saker som gjeld bruk av bio- og genteknologi i samband med menneske, dyr, plantar og mikroorganismar. 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 2023-2027. I tillegg inviterast seks departement til møta som observatørar. For 2025 har Bioteknologirådet eit budsjett på 14,4 millionar kroner.



Lytt til ungdommen!

Skal bioteknologi brukes for å unngå at barn blir født med arvelige sykdommer? Også om det innebærer inngrep i egg og fostre? Skal vi ta i bruk genteknologi for å utrydde sult? Hva om dette redder natur, men samtidig endrer natur? Når vet vi nok til å ta sjansen på å bruke ny teknologi? Skal nytte vinne over risiko? Og når er det uetisk å la være å bruke ny teknologi?

Dette er blant spørsmålene vi vil bli stilt ovenfor i årene som kommer. Noen av problemstillingene er på dagsorden allerede i dag, andre ligger lengre frem i tid. Felles for dem alle er at det angår fremtiden til de som er unge i dag mer enn de av oss som er godt voksne. Derfor bør ungdom utfordres. Og derfor oppretter vi Ungdommens Bioteknologiråd.

Nesten all bruk av bioteknologi har skjedd i min levetid; fra de første forsøkene på genmodifisering av organismer på 70-tallet, via kartleggingen av hele menneskets arvemateriale og til muligheten til å gjøre målrettede endringer i DNA med genredigering. Og den teknologiske utviklingen går stadig raskere. Første gang man sekvenserte arvematerialet til et menneske tok det 10 år. I dag kan vi gjøre det på under en dag. Vi har gått fra å kunne lese oppskriften til alle levende organismer – til å kunne endre den samme opp-

skriften slik vi ønsker det. Hvis du legger til kunstig intelligens, er fremtidens muligheter innen bioteknologi nesten umulig å forestille seg. Men den nye kunnskapen har med seg en rekke etiske dilemma på lasset.

De som skal leve lenge under denne stadig raskere vitenskapelige utviklingen må være i stand til å forstå hva som skjer – og de må være i stand til å delta i diskusjoner om hva samfunnet ønsker å bruke moderne bioteknologi til. Derfor har Bioteknologirådet over lengre tid satset på skolen. Gjennom undervisningsopplegg, podkast og videoforedrag legger vi til rette for at unge mennesker kan tilegne seg kunnskap og utvikle evne til kritisk tenkning. Nå tar vi ett skritt lenger. I forbindelse med at vi i Bioteknologirådet evaluerer bioteknologiloven, er alle videregående skoler invitert med i Ungdommens Bioteknologiråd - slik at også neste generasjon får anledning til å si sin mening. Dette vil forberede dem på å delta i det som kan bli kontroversielle, men viktige debatter om bioteknologiens muligheter og etiske dilemma. Det vil også bidra til å trene opp ungdom i å skille fakta fra konspirasjoner, vitenskap fra udokumenterte påstander og ta utgangspunkt i dokumentert kunnskap i diskusjoner. En slik kompetanse er viktigere enn noen gang, i en verden hvor vitenskap er under press og hvor desinformasjon har tatt en sentral plass i offentligheten.



Debatter rundt miljø, genredigering av mat og mennesker, og reproduktiv helse vil bli stadig mer aktuelt. Disse debattene er vanskelige nok, om ikke de skal belemres med desinformasjon. Den beste vaksinen mot dette er kunnskap og en velutviklet evne til kritisk tenkning. Bioteknologirådet er derfor stolte av å bidra til å gjøre kommende generasjoner til kunnskapsrike og ivrige debattanter.

Marianne Aasen

» Hvis du legger til kunstig intelligens, er fremtidens muligheter innen bioteknologi nesten umulig å forestille seg.



Elevane i klasse 1STB ved Heimdal Vidaregåande skule i Trondheim skal lære om moderne bioteknologi i naturfagstimane og diskutere etiske problemstillingar som Ungdommens Bioteknologiråd.

Ungdommens Bioteknologiråd:

Kva meiner dei unge om bruk av bioteknologi?

– Det elevane lærer i naturfagstimen har betydning for deira eige liv og for samfunnet. Eg ønskjer at elevane skal forstå at dei kan gjere ein forskjell ved å engasjere seg, seier naturfaglærer Ina Rosenhaug Bjørset ved Heimdal vidaregåande skole i Trondheim.

Av Anne Marit Ryen og Jan Langhaug (foto)

» Etikk handlar om korleis ting bør vere. Men det ikkje alltid lett å vite kva som er riktig i situasjonar der vi må prioritere mellom ulike verdiar, personar eller grupper.

DET ER MÅNDAG formiddag i eit snødekt Trondheim. Elevane i klasse 1STB ved Heimdal vidaregåande skole sit klare til å starte diskusjonane i Ungdommens Bioteknologiråd. Tankar om donorunntinga sine rettar, fosterdiagnostikk og assistert befruktning skal grunnast på, bli diskutert og samanfatta over dei neste vekene.

Bioteknologirådet har fått i oppgåve av helse- og omsorgsministeren å evaluere bioteknologilova, lova som regulerer bruk av bioteknologi på menneske. Som ein del av dette har Bioteknologirådet invitert elevane frå alle vidaregåande skolar i Noreg til å komme med sine innspel.

Kunnskap gir tryggleik

– Bioteknologi kan ha ei stor betydning for livet til menneske, til dømes ved å hjelpe folk med å få barn eller laga nye medisinar. Vi bør ha ein open debatt i samfunnet så folk kan dele erfaringane og historiene sine. Når vi snakkar om nye tema, bidrar det til å normalisere dei og skape større forståing, seier Mathilde Stjernen.

I fleire veker framover skal ho og dei andre elevane lære om moderne bioteknologi i naturfagundervisninga. For å kunne ta eit informert standpunkt er det viktig med kunnskap om eit tema, kjenne til ulike valmoglegheit og forstå konsekvensane av desse. Elevane meiner det er viktig at alle deltar i diskusjonar om kva verdiar som skal styre bruken vår av bioteknologi.

– Det er mykje nytt innanfor bioteknologi som mange ikkje kan så mykje om, men som er viktig for framtida. Eg blir tryggare på mi eiga mening viss eg først har faktakunnskapen, til dømes om korleis ein teknologi fungerer og kva valmoglegheit som finnast, seier Hedda Lund Vik.

Andre elevane peiker også på at kunnskap om bioteknologi vil vere nyttig i møte med andre menneske.

– Viss eg til dømes møter ein som har blitt til med surrogat, er det fint å ha kunnskap om dette, slik at det er enklare å forstå erfaringane deira, seier Stjernen.

Korleis diskutere?

Etikk handlar om korleis ting bør vere. Men det ikkje alltid lett å vite kva som er riktig i situasjonar der vi må prioritere mellom ulike verdiar, personar eller grupper. Noko av det første som blei diskutert i naturfagstimen var korleis ein kan diskutere vanskelege tema på ein god måte.

– Prosjektet gir elevane kunnskap om bioteknologi, men også mogelegheit til å diskutere med andre og danne egne me-

ningar, seier lærar Bjørset.

For å skape ein god diskusjon meiner elevane at ein bør diskutere og vurdere sjølve argumentet ein person seier, i staden for å angripe eller kritisere personen som framfører det.

– Folk har ulike verdiar. Det er viktig å respektere andre sine meiningar, sjølv om dei ikkje er dei same som dine, seier Ella Bakken.

Elevane fortel at dei stort sett er komfortable med å seie meiningane sine i klasserommet. Men nokon peiker på at det kan vere vanskelegare om det er elevane i klassen som er personleg knytt til eit tema, til dømes kan dei ha blitt til med donor eller med surrogat.

>>



Lærar Ina Rosenhaug Bjørset meiner det er viktig at unge menneske i dag blir høyrde i spørsmål om moderne bioteknologi.

>> Kva meiner unge om framtidig bruk av bioteknologi på menneske?

– Vi bør tenke på at nokon kan vere personleg knytt til ei problemstilling. Vi kan seie meininga vår, men likevel ta omsyn og respektere dette, seier Julie Sæther.

Gjeld særleg dei unge

Grensene for kva som er mogeleg innanfor bioteknologi blir heile tida flytta, og dei som er unge i dag vil bli stilt ovanfor nye val i framtida. I prosjektet Ungdommens Bioteknologiråd vil elevane også få mogelegheit til å diskutere potensialet til bioteknologi lengre fram i tid gjennom problemstillingar

i samband med arveleg genredigering med Crispr.

– Det er spennande at teknologien gir mange mogelegheiter, men eg ønskjer ikkje eit samfunn der vi kan forandre DNA-et vårt slik at alle blir like og perfekte, seier Konrad Henriksen.

Nesten to timar med engasjert diskusjon i klasserommet er snart over.

– Det er viktig at unge menneske i dag blir høyrte i spørsmål om moderne bioteknologi. Og det er nyttig at dei får mogelegheita til å reflektere over sine eigne verdiar.

Ved å trene på dette, blir dei betre på å ta gode val i framtida, seier lærar Ina Bjørset.

Bjørset oppmodar klassen til framleis like stor innsats framover. Nokre elevar frå dei mange klassane som deltar i prosjektet vil bli valt ut til å representere Ungdommens Bioteknologiråd og få vere med å overlevere resultatane til politikarane i Oslo. Konklusjonane frå elevane ved Heimdal, og alle dei andre skolane som deltar i prosjektet, vil også bli lese av Bioteknologirådet sitt sekretariat og publisert på nettsida bioteknologiradet.no. ♦



Julie Sæther og Mathilde Stjernen seier at dei er komfortable med å seie sine meiningar i klasserommet, men at de samtidig visar omsyn om nokon i klassen er personleg råka av ein problemstilling som blir diskutert.



Det er spennande at teknologien gir mange moglegheiter, men eg ønsker ikkje eit samfunn kor vi kan endre vårt DNA slik at alle blir like og perfekte, seier Konrad Henriksen.

Ungdommens Bioteknologiråd

Bioteknologirådet inviterer alle vidaregåande skolar i heile landet til å vere med i Ungdommens Bioteknologiråd.

Prosjektet har eit opplegg som kan brukast over fleire veker og gir døme på bruk av bioteknologi og mogelegheit til å drøfte etiske spørsmål knytt til bioteknologi, i klasserommet. Undervisningsopplegget er laga for å passe inn i den ordinære undervisninga i Naturfag Vg1 studieførebuande (NAT01-04) og Naturfag Vg3 påbygging til generell studiekompetanse (NAT1018), og oppfyller kompetansemål i desse faga. I tillegg er opplegget godt eigna for tverrfagleg samarbeid, og da spesielt for kompetansemål innanfor Samfunnskunnskap Vg1 og Norsk.

Alle svara blir lese av sekretariatet til Bioteknologirådet og publisert på nettsida bioteknologiradet.no, slik at alle, inkludert andre lærarar, presse, politikarar og byråkratar, kan få tilgang til svara.

Ei gruppe elevar frå ulike klassar i heile landet vil bli valt ut til å representere Ungdommens Bioteknologiråd og skal overlevere prosjektresultata til politikarane i Oslo.

Påmelding og prosjektskilring finn du her: www.bioteknologiradet.no/skole/ungdommens-bioteknologirad/
Det er ingen frist for å melde seg på. Svara sender lærarane på e-post til ungdom@bioteknologiradet.no innan 11. april 2025.

Ny animasjonsfilm om

DNA og proteiner

Bioteknologirådet har forskjellige typer undervisningsmaterieell som lærere bruker i undervisning. Nå vil en ny animasjonsfilm og et dataspill gjøre det enda enklere å lære om moderne bioteknologi.

Av Mette Risa

– **AT SKOLEUNGDOM** lærer om grunnleggende biologi og bruk av moderne bioteknologi er utrolig viktig. Vi må sikre en god og bred debatt rundt etikk og samfunnsmessige konsekvenser av moderne bioteknologi. Valg av hva vi bruker og ikke bruker nye bioteknologier til, vil i stor grad kunne påvirke elevenes fremtid. Derfor jobber vi i sekretariatet tett opp mot spesielt videregående skoler, lærere og lærerutdanninger, forteller Petter Frost, direktør i Bioteknologirådet.

Fra tekst til film

Fagekspertene i Bioteknologirådets sekretariat har jevnlig forelesninger for lærere om alt fra GMO, genredigering og genterapier til hvordan det kan påvirke fremtidens matproduksjon, legemidler, assistert befruktning og hva politiet skal få bruke

DNA-informasjon til.

– Det kan i dag være utfordrende for både elever og lærere å finne frem til hva som er pålitelig informasjon og ikke på internett og i sosiale medier. Bioteknologirådet har allerede gode temasider, som oppdateres hvert år, hvor man kan finne faktainformasjon om tema innen moderne bioteknologi. I tillegg har vi også en rekke podkastepisoder og videoer av foredrag som egner seg for undervisning, både om hva som er mulig og debatt om etiske aspekter. Disse ser vi at er mye brukt. Men vi har fått tilbakemelding på at lærere også ønsker seg korte videoer. Mye av det som skjer innen bioteknologi er så nytt at det finnes lite på norsk, så vi bestemte oss for å lage noen animasjonsfilmer som gjør terskelen for å forstå litt lavere, sier Frost.

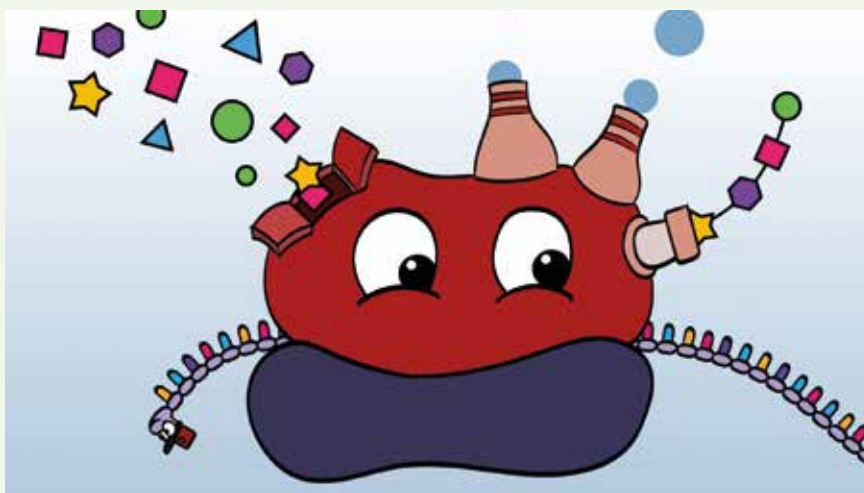
I samarbeid med animasjonsfilmskaper Martin Aas, kjent fra NRK Super og boken

Det kuleste fra vikingtiden, har Bioteknologirådet laget animasjonsfilm om DNA, gener og proteiner.

– Den fire minutter lange filmen gir en innføring i hvordan man går fra DNA og gener til proteiner, kunnskap som er helt grunnleggende for å forstå hvordan vi fungerer. I løpet av første halvår kommer det også en animasjonsfilm om genredigering med Crispr, forteller Frost.

Dataspill på trappene

– I 2025 har vi også en ambisjon om å lansere et dataspill om hvordan DNA brukes i en politietterforskning. Dette er bare en av måtene bruk av bioteknologi og kunnskap om DNA er relevante i hverdagen, og viser elevene at biologi ikke bare teoretisk kunnskap man må kunne til eksamen. ♦



Animasjonsfilmen om DNA og proteinsyntesen finner du nå på Bioteknologirådets skoleside. Den er laget av Martin Aas, en illustratør, animatør og forfatter som tidligere har forklart alt fra hvordan stortingsvalget vårt fungerer til forbrukerkjøpsloven og menstruasjonssyklusen. Illustrasjon: Martin Aas/Bioteknologirådet



Mysteriet på Genesisklinikken er navnet på dataspillet Bioteknologirådet lager i samarbeid med Vitensenteret på Ås. Der vil elevene måtte samle inn spor fra et åsted, analysere DNA og bruke fenotyping for å finne frem til en mulig gjerningsperson. Illustrasjon: Vitensenteret på Ås/Bioteknologirådet



Det finnes i dag ulike behandlingsmetoder for stamcellesvikt i hornhinnen, men alle har sine begrensninger. Et forskerteam har nå testet en ny behandlingstode, som ikke krever celler fra et friskt øye, men bruker reprogrammerte stamceller. Illustrasjonsfoto: eggeeggjiew/iStock

Synet tilbake med lab-dyrket hornhinne

Japanske forskere har lyktes med å dyrke frem nye hornhinner til pasienter som lider av stamcellesvikt i hornhinnen – ved hjelp av reprogrammerte kroppsceller.

Av Stine Hufthammer Indreli

HVIS DU STUDERER øynene dine i et speil vil du kanskje legge merke til en mørk ring i overgangen mellom regnbuehinnen, den fargede delen av øyet, og sklera, det hvite i øyet. Denne ringen, kjent som hornhinneranden, eller limbus, inneholder et lite lager av stamceller som har til oppgave å fornye hornhinnen og reparere skader. Hornhinnen ligger helt fremst i øyet, som et sirkulært gjennomsiktig vindu mot omverdenen.

Øyeinfeksjoner, fysisk eller kjemisk

skade på hornhinnen og enkelte arvelige tilstander kan imidlertid føre til at stamcellene fra hornhinneranden mangler, eller svekkes. Når stamcellene ikke klarer å fornye hornhinnen, kan bindevevsceller vokse inn over øyet og danne arrvev som gjør hornhinnen ugjennomsiktig. Dette kan føre til nedsatt syn, eller blindhet.

Japanske forskere har nå utviklet en metode for å bruke reprogrammerte stamceller (iPSC - induerte pluripotente stam-

celler) til å bli til hornhinneceller og slik gjenopprette synet hos mennesker med stamcellesvikt i hornhinnen. Forskerne tok utgangspunkt i iPSC-celler fra en kommersiell stamcellebank.

Fra kroppsceller til hornhinne

Det finnes i dag ulike behandlingsmetoder for stamcellesvikt i hornhinnen, men alle har sine begrensninger. Én mulighet er transplantasjon av en ny hornhinne fra en

» Når stamcellene ikke klarer å fornye hornhinnen, kan bindevevsceller vokse inn over øyet og danne arrvev som gjør hornhinnen ugjennomsiktig.

avdød donor, men dette medfører risiko for vevsavvisning og infeksjoner. Et annet alternativ er å dyrke frem nye hornhinne-epitelceller (overflateceller) fra en liten vevsprøve fra et friskt øye fra samme pasient. Men ikke alle pasienter har et øye som er friskt.

I en klinisk studie publisert i Lancet i november 2024 har et forskerteam ledet av Kohij Nishida ved Osaka universitetssykehus i Japan testet en ny behandlingsmetode, som ikke krever celler fra et friskt øye. Forskergruppen har tidligere vist at reprogrammerte kroppsceller kan styres til å bli til celler som ligner naturlige hornhinne-celler.

I den nye studien undersøkte forskerne om slike lab-dyrkede hornhinne-celler kan brukes til å behandle pasienter som har stamcellesvikt i hornhinnen. Fire pasienter deltok i studien. Ett øye hos hver pasient ble behandlet. Forskerne fjernet først arrvev fra det berørte øyet og festet deretter et tynt lag med lab-dyrkede hornhinne-celler i pasientens øye. En beskyttende linse ble plassert ytterst for å fungere som en bandasje mens operasjonsåret tilhelet.

Ingen alvorlige bivirkninger

Forskerne fulgte pasientene i to år etter operasjonen. Målet var først og fremst å undersøke om behandlingen er trygg for pasienten.

Én utfordring knyttet til å bruke pluripotente stamceller og avledede celler i medisinsk behandling, er usikkerhet knyttet til hvordan cellene vil oppføre seg i kroppen. De samme egenskapene som gjør pluripotente stamceller relevante for medi-

sinske formål kan nemlig også være en ulempe. Pluripotente stamceller har stor evne til celledeling, og dette har ført til bekymring for om noen av cellene kan begynne å oppføre seg som kreftceller.

Ingen av pasientene i studien utviklet svulster, eller andre alvorlige bivirkninger. Det var heller ikke tegn til avstøting av det laboratoriedyrkede vevet. Ett år etter operasjonen viste alle pasienter dessuten tegn til klinisk forbedring, mer gjennomsiktig hornhinne og tre av de fire pasientene fikk forbedret syn etter operasjonen.

Forskerne skriver selv at resultatene er lovende. De planlegger nå en større studie med flere pasienter for å få svar på om metoden kan gi effektiv og varig behandling for pasienter med stamcellesvikt.

Pluripotente stamceller – fremtidens medisin

Den japanske studien representerer ikke bare nytt håp for pasienter med stamcellesvikt i hornhinnen, men er også del av en økende trend som gir håp for andre tilstander der behandlingsmulighetene i dag er begrenset.

Det er forventet at pluripotente stamceller og avledede laboratoriedyrkede celler og vev vil spille en viktig rolle i fremtidens medisin på mange områder. De siste ti årene har antall kliniske studier med pluripotente stamceller brukt for behandlingsformål økt kraftig. Databasen Human Pluripotent Stem Cell Registry viser at det per januar 2025 pågår 169 slike kliniske studier. Et flertall av studiene fokuserer på ulike typer øyesykdommer eller kreft, men det pågår også kliniske studier med stamcellebaserte terapier utviklet for blant annet ulike hjerte- og karsykdommer, sykdom og skader knyttet til nervesystemet, metabolske sykdommer og ulike blodsykdommer. ♦

Kilder:

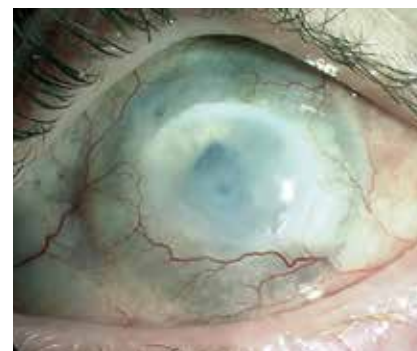
Soma. Lancet (2024) doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01764-1

Lancet. doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01965-2

Nature. doi.org/10.1038/d41586-024-03656-z

Human Pluripotent Stem Cell Registry

www.hpscereg.eu/clinical_studies



Kjemisk skade på hornhinnen kan gjøre hornhinnen ugjennomsiktig og føre til blindhet som følge av mangel på fungerende stamceller. Foto: Secker og Daniels, CC BY 3.0

Induserte pluripotente stamceller - iPSC

- Induserte pluripotente stamceller (iPSC) er laget ved å reprogrammere kroppsceller, som hudceller eller blodceller.
- I 2006 oppdaget den japanske forskeren Shinya Yamanaka at kroppsceller kan «nullstilles» tilbake til en tilstand som ligner stamceller i et tidlig embryo, ved å introdusere fire spesifikke gener, kjent som Yamanaka-faktorene.
- På samme måte som embryonale stamceller, kan iPSC utvikles videre til spesialiserte kroppsceller dersom de får de riktige kjemiske signalene og vekstbetingelsene.

Ulike typer stamceller

- Stamceller er uspesialiserte celler som har evne til å utvikle seg videre til spesialiserte celler.
- Pluripotente stamceller har evnen til å differensieres (spesialiseres) til alle de ulike celletypene i kroppen, og har dessuten evne til selvfornyng. Det gjør at cellene kan brukes til å utvikle nye medisinske behandlinger for å reparere eller erstatte skadede vev og organer.
- Voksne stamceller er stamceller i ulike vev og organer som har til oppgave å fornye vevet og reparere skader gjennom livet. Disse har begrenset utviklingsevne og kan bli til én eller noen få celletyper knyttet til vevet de finnes i.



Illustrasjon: sarah/iStock

Kartleggingsverktøy for museembryoet

Det heter seg at det ikke er lett å se skogen for bare trær. Like vanskelig kan det være for forskere å se hele embryoet for bare celler.

Av Stine Hufthammer Indreli

NÅ HAR FORSKERE laget et nytt kartleggingsverktøy, som kan gjøre jobben litt lettere. Xiaojie Qiu og kollegaer ved Stanford University i USA har sammen med bioteknologiselskapet BGI i Kina utviklet verktøyet Spateo, som digitalt kan rekonstruere et komplett museembryo under organdannelsen, og vise embryoet som et hologram. Resultatet er et detaljert tredimensjonalt kart over de rundt 7,8 millioner cellene i museembryoet der hver celle er markert som en prikk i kartet.

Verktøyet kan hjelpe forskere å forstå og undersøke forskjellige biologiske nivåer samtidig. De kan se på genuttrykk i enkeltceller og visualisere deler av, eller hele organer, som hjertet, eller se på hele embryoet i en sammenhengende modell.

Verktøyet bruker data fra romlig transkriptomikk, en relativt ny metode som

kombinerer transkripsjonsdata (informasjon om genuttrykk) i enkeltceller med posisjonsdata, informasjon om hvor cellen befinner seg i embryoet. Slik kan man bygge celleatlas, kart over cellene i et vev, organ eller en organisme. Ved å inkludere og koble data fra to tidspunkter i embryoutviklingen, kunne forskerne også studere hvordan celler spesialiseres og forflytter seg i embryoet over tid, og hvordan celler samarbeider om å danne organer.

Spateo kan også brukes til å lage modeller av menneskelige embryoer. Forskerne tror at verktøyet kan bidra til ny kunnskap om normal utvikling og utviklingsforstyrrelser i fosterlivet. ♦

Kilder:
Qiu. Cell (2024) doi.org/10.1016/j.cell.2024.10.011
Nature. doi.org/10.1038/d41586-024-03615-8



Bildetekst: Illustrasjon: wirOman/iStock

Kraftverk eller proteinfabrik

Mitokondriene er kjent som cellens kraftverk til cellenes proteinfabrikker. Ny forskning prioriteres når celler sultefores.

Av Håvard Øritsland Eggsetøl

I HVER ENKELT av dine celler bor det mellom 50 og 1000 mitokondrier, som flyttet inn i cellene våre for omtrent to milliarder år siden og etter hvert ble en type organelle. I dag kan vi bli alvorlig syke om mitokondriene ikke gjør det de skal i cellene. Kunnskap om mitokondrienes funksjon er derfor viktig for utviklingen av noen typer medisiner.

Noe av det cellene våre nyter godt av er mitokondrienes produksjon av cellebensin – eller ATP – og produksjon av aminosyrene prolin og orthenin. Utfordringen er at disse stoffene lages på ulike måter på samme plass inne i mitokondriene og konkurrerer om samme råstoff. Forskerne har derfor undret seg om hvordan cellene klarer å opprettholde begge prosessene når det er mangel på råstoff.



Foto: sandorga/iStock

abrikkk?

raftverk, men er også leverandør
ning viser hvordan oppgavene

Forskeren Keun Woo Ryu ved Memorial Sloan Kettering Cancer Center og hans kollegaer viste at når cellene sutlefôres, vil enzymet som lager prolin (P5CS) koagulere og danne mikroskopiske tråder som samles i en egen undertype av mitokondrier. Under mikroskopet så de altså to typer mitokondrier i de sulteforede cellene – de klassiske mitokondriene som produserte cellebensin/ATP og en ny type mitokondrier med stabler av prolin- og ortheninproduserende proteintråder. ♦

Kilde:
Ryu. Nature (2024) doi.org/10.1038/s41586-024-08146-w

Hvorfor blir bare noen av oss 100 år?

Et nytt bibliotek med celler fra hundreåringer skal gi oss biologiske svar på hvorfor vi eldes ulikt.

Av Caroline Bianchi Strømme

DE FÆRRESTE av oss blir hundre år. I Norge var det bare rundt 1000 personer som hadde passert hundreårsdagen i 2024, og på verdensbasis finnes det rundt 700 000 mennesker som har nådd denne milepælen. Hva er det som gjør at noen mennesker lever så lenge?

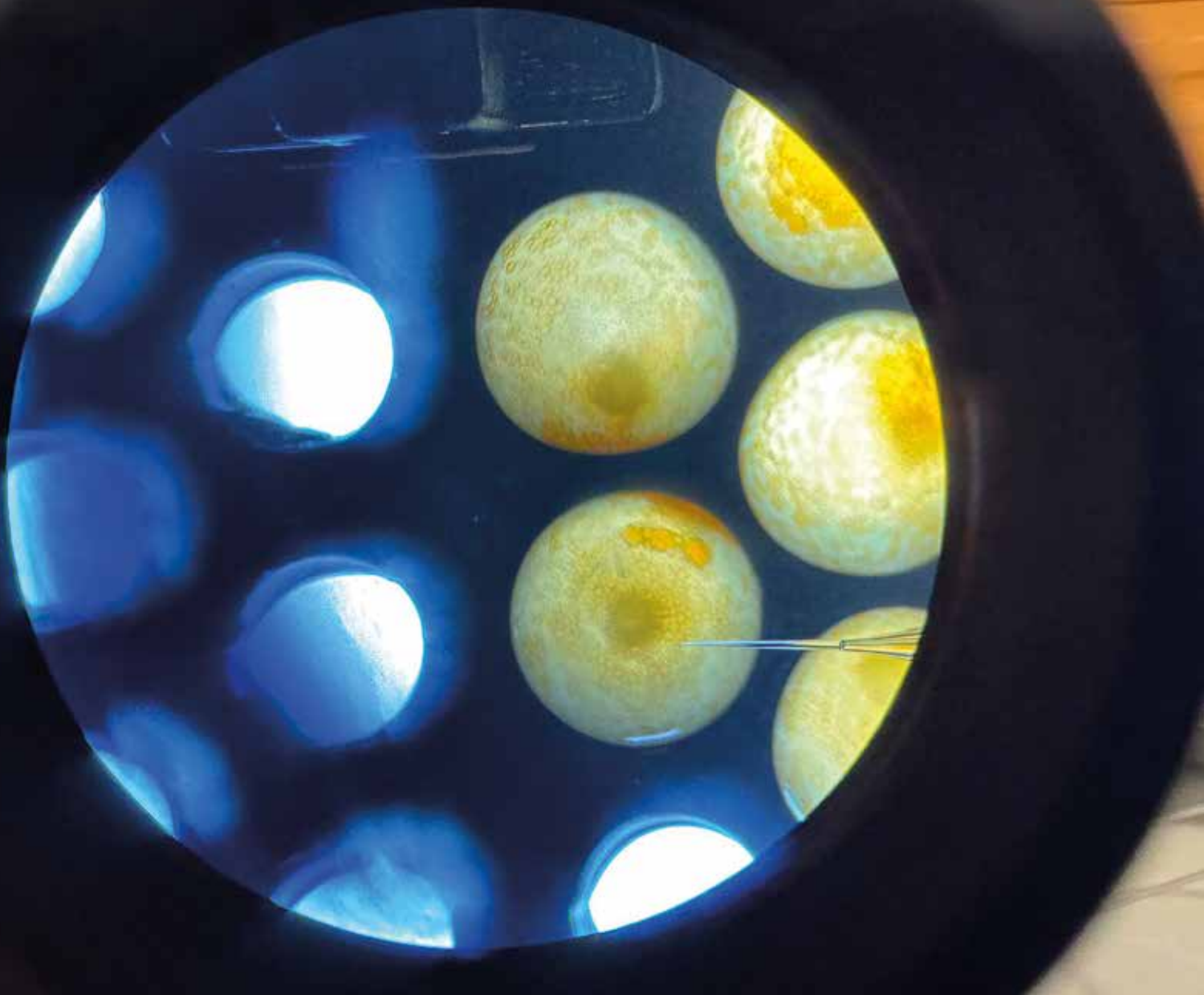
I håp om å få svar på dette spørsmålet, har forskere fra Boston University Chobanian & Avedisian School of Medicine og Boston Medical Center (BMC) laget et helt unikt cellebibliotek. Biblioteket består av såkalte induerte pluripotente stamceller (iPSC) fra hundreåringer.

Denne typen celler er spesielt nyttige i forskning fordi iPSC-celler kan leve tilnærmet evig, kan omdannes til hvilken som helst celletype i kroppen og fordi de er egnet til å studere genetikken fra personen de kommer fra. Man har allerede begynt å

bruke de spesielle cellene i biblioteket for å forstå hva som skjer i en aldrende hjerne, blant annet til å studere nevrodegenerative sykdommer som Alzheimers.

Forskerne ønsker nå å gi flere adgang til cellebiblioteket, slik at vi kan lære mer om de biologiske prosessene som gjør at noen mennesker lever spesielt lenge. ♦

Kilder:
Mallapaty. Nature (2024) doi.org/10.1038/d41586-024-03886-1



Crispr-verktøyet injiseres inn i laksegg på Nofimas forskningsstasjon på Sunndalsøra i CrispResist-prosjektet Foto: Matt Wasmuth/Nofima

13 år med forskning på Crispr-laks

Over 200 millioner offentlige kroner har blitt brukt på forskning med genredigering i oppdrettslaks siden Crispr-gjennombruddet i 2012. Hva har vi lært? Og hvorfor driver vi med dette?

Av Håvard Øritsland Eggestøl

NORGE ER ET AV verdens mest restriktive land når det gjelder bruk av genteknologi i matproduksjon. Likevel er vi verdensledende innen forskning med bruk av Crispr på oppdrettslaks. Den norske forskningsporteføljen av offentlig kjente prosjekter av genredigert laks alene utgjør bevilgninger for 200 millioner kroner. I tillegg kommer den private næringsforskningen.

Steril laks

På Havforskningsinstituttet i Bergen markerte forskningsgruppen Reproduksjon og

utviklingsbiologi seg tidlig i Crispr-laksforskningen.

– Det begynte med at vi ville lage en sterilitetsvaksine for oppdrettslaks, forteller forskningssjef Anna Wargelius, som leder gruppen, til GENiAlt.

I dag rømmer det mellom noen titalls til over hundre tusen oppdrettslaks i løpet av et år. Disse kan gå opp i elvene og pare seg med villaks, og i 2024 fant Norsk institutt for naturforskning store genetiske endringer som følge av disse paringene i én av tre norske laksebestander. Dette er med på å



Anders Karlsson-Drangsholt, seniorrådgiver i Norges forskningsråd. Foto: Kjell Karlsson



Anna Wargelius, forskningssjef ved Havforskningsinstituttet. Foto: Bioteknologirådet

» Tidligere erfaring med annen steril laks har vist god dyrevelferd i kar, men når de ble overført til åpne merder gikk det utover dyrevelferden.

viske ut stedegne tilpasninger, og kan føre til uopprettelig skade på villaksstammene.

– En steril oppdrettslaks vil stoppe den genetiske innblandingen og ta vekk den største langsiktige miljøkonsekvensen av norsk lakseoppdrett. Men vi fant raskt ut at å lage en vaksine ble vanskelig, forteller Wargelius.

Dette skjedde omtrent samtidig som Crispr-metoden fikk sitt gjennombrudd i 2012, og Wargelius lurte på om genredigering med Crispr kunne brukes i stedet. Men først måtte de vise at det gikk an å genredigere laks. Wargelius sin gruppe lagde den første genredigerte laksen – en albinolaks med gul hud og røde prikker – allerede i 2014.

Arvelig sterilitet

– En kan lage steril laks på to måter, enten kan en stoppe utviklingen av kjønnsceller eller så kan man stoppe kjønnsmodningen. Til tross for at dette er ganske komplekse biologiske system, har vi klart å oppnå begge deler ved å slå av enten DND-genet eller FSHR-genet gjennom genredigering, forteller Wargelius.

Hennes gruppe har nå jobbet med steril laks og genredigering i 13 år. Blant utfordringene hun og gruppen har håndtert er å gjøre steriliteten arvelig. For hvis den sterile Crispr-laksen skal inn i næringen, må den kunne skaleres og inngå i konvensjonelle avlsprogram. Da er det ikke nok å lage en

liten søskenflokk på noen hundretalls Crispr-laks. Løsningen på dette var å lage fertil avlsfisk med sterilt avkom.

– Først forsøkte vi å tilsette et lite stykke mRNA som inneholdt koden for genet DND, som vi hadde slått ut med genredigering. Men da måtte vi genredigere veldig mange fisk for å få nok fisk med ønsket endring. Derfor undersøker vi nå om andre metoder kan være mer effektive i et nytt prosjekt som heter SalSter, sier Wargelius.

SalSter-prosjektet er finansiert av Norges Forskningsråd.

Feltforsøket som ikke skjedde

I GENiALT nr 1/2023 fortalte forsker Lene Kleppe ved Wargelius sin gruppe at de hadde funnet at steril Crispr-laks hadde god dyrevelferd i kar. Dette funnet motiverte Wargelius til å ta fisken videre til neste steg.

– Tidligere erfaring med annen steril laks har vist god dyrevelferd i kar, men når de ble overført til åpne merder gikk det utover dyrevelferden. Derfor ønsket vi å teste hvordan den sterile Crispr-laksen taklet livet i åpen merd, sier Wargelius.

Våren 2023 leverte Havforskningsinstituttet inn en søknad til Miljødirektoratet om å utføre et begrenset feltforsøk med den sterile laksen som del av SalSter-prosjektet. Avslaget kom ett år senere. Miljømyndighetene var bekymret for at en teknisk svikt i analysene av den sterile Crispr-laksen

gjorde at noe av forsøksfisken som skulle være steril kunne kjønnsmodne allikevel, og at den genredigerte laksen potensielt kunne utgjøre en høy risiko for villaksen.

– Vi fant ikke noen fertile fisk blant de fiskene som skulle settes ut, men myndighetene valgte i dette tilfellet å være veldig forsiktige, sier Wargelius.

Om Havforskningsinstituttet kommer til å gå videre med en ny søknad om feltforsøk vet hun ennå ikke.

– Egentlig har vi lyst til å gå videre med et nytt feltforsøk. Og med neste generasjon av Crispr-laks tror jeg det er mulig å få godkjenning. Den vil nemlig adressere deler av kritikken fra myndighetene. Samtidig må jeg innrømme at den forrige søknadsprosessen var veldig slitsom og krevende, forteller Wargelius.

Direkte eller indirekte

Wargelius sin gruppe er den eneste offentlig finansierte gruppen som har produsert Crispr-laks med siktemål om at den genredigerte laksen skal ut i oppdrettsnæringen – laks som vil bli klassifisert som en genmodifisert organisme og som krever spesiell godkjenning hvis den skal ut av laboratoriet.

De fleste norske forskningsprosjekter på Crispr-laks, også de fleste prosjektene i Wargelius sin gruppe, bruker derimot genredigering som et forskningsverktøy. Da

>>

blir det som regel produsert genredigert laks som svømmer i godkjente GMO-laboratorier. I disse forsøkene er hensikten å danne kunnskap om laksens biologi. Dersom man avdekker viktig og anvendelig kunnskap, kan genetikken bak biologien gjenskapes i et avlsprogram. Laks avlet frem basert på kunnskap man har fått gjennom genredigering vil ikke være GMO. Noen av de offentlig finansierte prosjektene som har anvendt genredigering på denne måten har blant annet studert resistens mot et dødelig virus i laks (PMC-virus) og rød farging i laksefileten.

Laks og lus

Både villaks og oppdrettslaks lider på grunn av lakselus. Dette lille krepsdyret, og kampen mot det, forårsaker stor dødelighet og et økonomisk tap på rundt 7 milliarder kroner i året.

– Vi visste fra før av at søvlaks tåler lakselus mye bedre enn atlantisk laks, som er arten vi har i Norge, både i vill tilstand og i oppdrettsanleggene. I søvlaksen begynner lusen å dette av etter tre dager og innen 14

dager er det omtrent ingen lus igjen. Vi ønsket å finne ut av hva som lå bak dette fenomenet, og om det er mulig å genredigere oppdrettslaksen til å gjøre noe lignende. I tillegg ville vi bevise at det er bestemte gener som ligger bak, forteller seniorforsker Nicholas Andrew Robinson til GENiAlt.

» Søvlaks er en stillehavslaks som er uaktuell som oppdrettsart i Norge, da den vil være en introdusert art.

Søvlaks er en stillehavslaks som er uaktuell som oppdrettsart i Norge, da den vil være en introdusert art. Men den kan gi oss innsikt i biologisk kunnskap som kanskje kan brukes i norsk oppdrett. Gjennom

CrispResist, et prosjekt finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering, fant Robinson og hans kollegaer ut at det er store forskjeller i hvordan søvlaks og oppdrettslaks sine celler responderer akkurat der lusen fester seg.

Avl og luseresistens

– I søvlaks så vi at to typer immunceller - makrofager og nøytrofiler - strømmet til vevet akkurat der lusen festet seg. Denne responsen var fraværende i oppdrettslaks, sier Robinson.

Disse observasjonene, samt detaljerte genetiske analyser, ledet forskerne ved NOFIMA i retning av 40 gener som de mistenkte spilte en nøkkelrolle i luseresistensen.

– Noen av disse har vi genredigert i søvlaks og oppdrettslaks. De foreløpige resultatene våre fra den genredigerte søvlaksen, hvor vi slo av enkelte av de mistenkte nøkkelgenene, viser at det tok lenger tid før lusen begynte å dette av, forteller Robinson.

Havforskningsinstituttets erfaring med søknad om feltforsøk med Crispr-laks i Norge var krevende, og Robinson mistenker



Den første genredigerte laksen var en albinolaks. Foto: Erlend Astad Lorentzen/Havforskningsinstituttet

at det også vil være vanskelig i Europa, selv med en fullstendig luseresistent Crispr-laks. Derfor har Robinson lyst til å ta kunnskapen om genetisk luseresistens inn i et konvensjonelt avlsprogram.

– Vi ønsker å avle frem en oppdrettslaks med en luserespons som ligner mer på sølv-laksen, dersom vi får finansiering, sier Robinson.

Er genredigert laks etisk forsvarlig?

Bruk av genteknologi er kontroversielt i Norge og Europa. Det er få produkter på markedet, og historisk har oppdrettsnæringen gjort et stort poeng av å ha bygget opp en GMO-fri verdikjede. Derfor har man også forsket på om det i det hele tatt er etisk forsvarlig å bruke genredigering på laks.

– Genredigering representerer noe helt nytt sammenlignet med teknologien bak de gamle GMO-ene. Det er teknisk sett mer presist, det kan lettere anvendes til å hindre sykdom og en trenger ikke å tilsette DNA fra andre arter, forteller Bjørn Kåre Myskja, professor i etikk og politisk filosofi ved Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet.

Han har ledet CrisprSalmon-prosjektet hvor de har studert de moralske, samfunnsmessige og bærekraftsmessige forutsetningene ved genredigering av laks.

– Det er moralsk galt, og ikke bærekraftig heller, å bruke genredigering som en slags symptomfiksing. Først og fremst bør man gjøre noe for å endre på rammebetingelsene i næringen. Så kan en spørre seg om hvilken genredigering som skal til, forteller Myskja.

Oppdrettslaks er en av dyreartene hvor en ikke har genredigert for økt kjøttvekt, i motsetning til genredigering av for eksempel gris, sau og ku. Myskja mener at at dagens norske



Bjørn Kåre Myskja, professor i etikk og politisk filosofi ved NTNU. Foto: Privat

forskning angår mer etisk forsvarlige egen-skaper.

– De anvendelsene som dreier seg om sykdomsforebygging er helt akseptable og gode formål, i tillegg kan sterilitet være interessant da forskerne mener at det kan løse et velferdsproblem med kjønnsmodning i merd, sier Myskja.

Når laks kjønnsmodnes, mister laksen evnen til å stoppe saltet i sjøen fra å trenge inn i fisken. Ettersom oppdrettslaks i merd ikke kan svømme opp i ferskvann for å unngå saltet, så dør oppdrettslaks når den kjønnsmodnes i merd. Wargelius sin gruppe mener derfor at steril, umoden laks vil ha bedre velferd sammenlignet med kjønnsmoden oppdrettslaks.

Hvorfor Crispr-laks?

Norges forskningsråd har bevilget tre av fire forskningskroner på Crispr-laks til de offentlig kjente forskningsprosjektene, ifølge en oversikt GENialt har utarbeidet.



Nicholas Andrew Robinson, seniorforsker ved Nofima. Foto: Georg Mathisen/Nofima

– Det er tre gode grunner til at Norge bør drive med Crispr-forskning på laks - næringen har utfordringer som kanskje delvis kan løses ved genredigering, bruk av genredigering i forskning på laks er ikke kontroversielt og dyktige forskere må få lov til å følge forskningsinteressen sin. Det som kan være kontroversielt, er den eventuelle bruken av genredigert fisk i næringen, forteller seniorrådgiver Anders Karlsson-Drangsholt i Norges forskningsråd.

Både i Norge og EU er det diskusjoner om hvordan genredigerte dyr skal reguleres i fremtiden. Og nylig konkluderte en ekspertgruppe i EFSA at genredigerte dyr uten fremmed DNA ikke utgjør annen risiko enn konvensjonelt avlede dyr. Men med dagens regulering og strenge regler for å sette ut GMO-klassifiserte dyr og planter i naturen i Norge og EU, er det trolig som forskningsverktøy genredigering med Crispr vil bli brukt i oppdrettsnæringen de nærmeste årene. ♦

Norsk forskning på Crispr-laks

Et ekspertutvalg nedsatt av EFSA, EU-kommisjonens mattrykkelighetsorgan, kom i januar 2025 med utkast til en uttalelse om genredigering av dyr.

I utkastet slår de fast at det ikke er noen nye farer knyttet til genredigerte dyr uten fremmed DNA, sammenlignet med konvensjonelt avlede dyr eller genmodifiserte dyr.

Ekspertutvalget grunngir dette med at mutasjoner andre steder i genomet enn i målområdet som genredigeringen er rettet mot, er i sin natur tilsvarende til mutasjoner som oppstår gjennom konvensjonell avl og ikke utgjør noen ny fare. Dermed forventer de ingen nye risikoer til mennesker, dyr eller miljøet sammenlignet med konvensjonelt avlede dyr.

Ekspertutvalget består av fremragende forskere innen genredigering av dyr i Europa, deriblant Anna Wargelius.

Kilde: Casacuberta et al. (2025) <https://connect.efsa.europa.eu/RM/s/consultations/publicconsultation2/a0ITk00003Wxsr/pc1293>

Norsk forskning på Crispr-laks

Dette er noen eksempler på norske forskningsprosjekter på bruk av genredigering med Crispr på laks:

- SalmoSterile, SalSter og SterWell – steril laks
- CrispResist – resistens mot lakselus
- CMS-resistens – resistens mot hjertesprekkvirus
- CRISPR Salmon – etikk og bærekraft ved genredigering av laks
- Rød laks – sterkere rødfarge på laksefilet



Aldringsprosessen i mennesker er komplisert og sammensatt. Å definere hva aldring er, er heller ikke lett. Når begynner vi egentlig å eldes?
Illustrasjonsfoto: Veronika Oliinyk/iStock

Uenighet om aldring

Vi blir alle eldre for hver dag som går, men spørsmål om hva aldring er, og når aldring begynner, gir sprikende svar fra aldringseksperter.

Av Caroline Bianchi Strømme

STADIG FLERE FORSKERE er interessert i å forstå hvordan vi eldes og, ikke minst, å finne metoder for å bremse aldringsprosessen. Men hva er aldring? Og når begynner vi egentlig å eldes? I en nyere spørreundersøkelse gjennomført av forskere fra blant annet Harvard Medical School, kommer det frem at selv aldringsforskerne ikke har et entydig svar på disse grunnleggende spørsmålene.

Ett spørsmål – mange svar

Det er ingen tvil om aldringsprosessen er komplisert og sammensatt, og forskere er enige om at aldring skyldes et samspill

mellom flere biologiske prosesser som skjer over tid (se faktaboks). I spørreundersøkelsen ble omtrent hundre forskere fra aldringsfeltet stilt et tilsynelatende enkelt spørsmål: hva er aldring? Da kom det frem at det hersker stor uenighet om hva aldring i det hele tatt er.

Geir Selbæk er forskningssjef ved Nasjonalt senter for aldring og helse og professor i geriatri ved Universitetet i Oslo. Han synes ikke det er overraskende at forskere definerer aldring på ulikt vis.

– Det illustrerer at forskningen vektlegges på ulike nivåer. Mens noen vil definere

det ut ifra de mest basale biologiske mekanismene, vil andre være opptatt av fenotypen, altså hvordan dette kommer til uttrykk i mennesker, forklarer Selbæk.

Noen forskere definerte aldring som «et tap av funksjon over tid», mens andre så på aldring som en «gradvis opphopning av skade». En tredje kategori definerte aldring som «en økt sannsynlighet for å dø». Selv ser Selbæk på aldring som en akkumulering av skade på DNA- og på protein-nivå. Han mener at debatten lider av at mange forskere definerer aldring ut fra sitt eget perspektiv.

» Opphopning av skade på arvematerialet starter allerede ved befruktning, så man kan argumentere for at aldringsprosessen starter så tidlig.



Geir Selbæk er forskningssjef ved Nasjonalt senter for aldring og helse og professor i geriatri ved Universitetet i Oslo. Foto: Martin Lundsvoll, Aldring og helse

– For meg er det ikke så avgjørende at man enes om en definisjon for aldring, men det er viktig at man er tydelig på fra hvilket perspektiv man definerer det, sier Selbæk.

Når begynner man å eldes?

De ulike oppfatningene om hva aldring er, gjør at forskerne som ble intervjuet heller ikke var samstemte i spørsmålet om når vi begynner å eldes.

De fleste av oss vil tenke på at aldring starter når de første synlige aldringstegnene inntreffer: med de første grå hårene eller når rynker i pannen begynner å vise seg. Men ikke alle ser på det slik. Noen vil mene vi begynner å eldes allerede ved befruktningen - helt i starten av livets begynnelse og før man er et fullvoksent menneske. Grunnen til at noen tolker det slik er at mange av de molekylære endringene som skjer når vi eldes, og som er forbundet med konsekvensene av det å bli gammel, allerede starter ved befruktningen.

– Opphopning av skade på arvematerialet starter allerede ved befruktning, så man kan argumentere for at aldringsprosessen starter så tidlig, sier Selbæk.

Et sentralt mål for aldringsfeltet er å finne metoder for å bremse aldring i mennesker, blant annet for å få bukt med aldersrelaterte sykdommer. Spørsmålet om når aldringsprosessen starter, er derfor viktig i diskusjonen om når det kan være nyttig å gripe inn og bremse prosessen.

Nyere forskning har vist at det er mulig å reversere aldringsprosessen i celler i laboratoriet, og et annet brennaktuelt tema innen aldringsfeltet er «foryngelse» (reju-

venation). For eksempel har man vist at det er mulig å forynge nerveceller i øyet og hudceller, slik at de kan få tilbake tapte egen-skaper. Det pågår også en rekke forsøk på å reversere aldring i hele organismer, som for eksempel mus.

Selv mener Selbæk at det ikke ville være hensiktsmessig å gripe inn i de tidligste fasene av aldringsprosessen.

– Jeg mener at det vil være bedre å gjøre dette på et senere tidspunkt. Vi har ikke kontroll på hva som skjer på DNA-nivå om man griper inn tidlig, sier Selbæk.

Livsstilsendringer som å spise sunt og trene regelmessig, kan også gjøre at vi eldes saktere. Her kan det være lurt å ikke starte for sent.

– Kroppen styrkes frem til midten av 20-årene, hvor utviklingen er på topp. Fra dette tidspunktet kan det være nyttig å gjøre livsstilsendringer for å bremse aldringsprosessen, selv om jeg ikke synes 20-åringer skal bruke mye tid på å bekymre seg for alderdommen, forklarer Selbæk.

Er aldring en sykdom?

Spørsmålet om aldring er en sykdom er for tiden mye diskutert og er stadig et kontroversielt tema. Et tradisjonelt syn har vært at aldring ikke er å anse som en sykdom, blant annet fordi det er en uunngåelig prosess som skjer for alle mennesker. I de siste årene er det imidlertid flere forskere som har fremmet det motsatte synet: at aldring er en sykdom som bør behandles. Hovedargumentet er at aldring er forbundet med en rekke sykdommer, som for eksempel kreft, hjerte- og karsykdom og demens.

Klassifiseringen av aldring som en sykdom vil også ha betydning for hvordan man eventuelt skal gripe inn: dersom aldring defineres som en sykdom, vil det være mer naturlig å betrakte det som noe som kan, og kanskje også bør, behandles.

– Jeg ser ikke på aldring som en sykdom. Sykdom er definert som avvik fra det normale og aldring er normalt. Aldring er liv, sier Selbæk. ♦

Kilder:

Gladyshev V. N. et al., PNAS Nexus, 2024. doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae499
Mallapaty S., Nature, 2024. doi.org/10.1038/d41586-024-03936-8
www.bioteknologiradet.no/2023/09/ma-vi-tenke-nytt-om-aldring/

Biologiske kjennetegn på aldring:

- Skader på DNA
- Telomere, som beskytter kromosomene, blir kritisk korte
- Epigenetiske forandringer
- Celler blir dårligere til å opprettholde riktig struktur og funksjon av proteiner, som fører til proteinavleiringer
- Endringer i cellenes næringsopptak
- Mitokondrier fungerer dårligere
- «Zombiceller» (senesente celler) hopper seg opp i kroppen
- Stamceller blir gamle og mister evnen til å fornye seg selv
- Celler kommuniserer dårligere

Jakten på de gode genene

Hvem har flest gener av hvete og mennesker? Hvorfor ser blomkål og rosenkål så forskjellig ut? Og hvordan kan klimaendringer gjøre at vi ikke kan bake brød og boller med norsk hvete?



SmåGENjalt-reporter Alma Johanne Indreliid-Færseth (14). Foto: Privat

Av Alma Johanne Indreliid-Færseth (14)

SmåGENjalt har intervjuet plantegenetiker Odd-Arne Olsen for å lære mer om mutasjoner, avl og genteknologi. Olsen er professor emeritus og utdannet i genetikk fra Universitetet i Oslo og har også jobbet mange år i USA hos de store plantebioteknologi-bedriftene Hi-Bred DuPont og Monsanto.

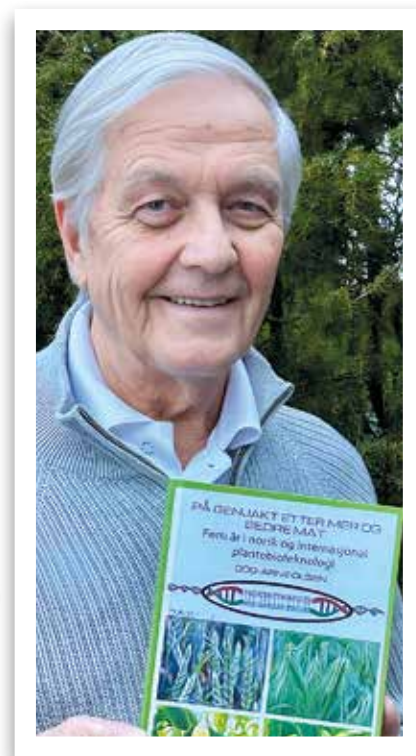
– Jeg har sett bilde av kålplanter som er samme art, men ser forskjellige ut. Hvorfor ligner noen grønnsaker vi finner i butikken så lite på hverandre og plantene de stammer fra i naturen?

– Alle planter har mange forskjellige gener. Når cellene i dyr og planter deler seg, må alt DNA kopieres. Hvis det da skjer en liten forandring i et av genene, er dette en mutasjon. Slike mutasjoner skjer i naturen hele tiden og skaper variasjon innen en art.

Denne variasjon innen arter utnytter vi ved avl. Avl er egentlig å forsøke å kombinere gode egenskaper fra forskjellige individer innen en art til en ny plantesort. For eksempel kan man i brødhvete være interessert i å ha planter med korte strå som ikke knekker i vinden og som tåler sykdommer. Da ser man etter en plante med korte strå og en som tåler sykdom. Så krysser man disse to plantene mange ganger, sår ut frøene og leter blant de nye plantene til man finner en plante som både har korte strå og tåler sykdommer. Tilsvarende har skjedd med kålplantene du har sett.

– Har man avlet frem plantesorter med nye egenskaper her i Norge?

– I Norge har man jobbet mye med brødhvete. For femti år siden kunne man ikke bake med mel som var laget av hvete dyrket i Norge. Hveten man dyrket før begynte



Odd-Arne Olsen er professor emeritus ved Norges miljø- og Biovitenskapelige universitet. Han har nylig skrevet boken «På genjakt etter mer og bedre mat». Foto: Privat

nemlig lett å spire når det regnet på åkeren etter at det var modent, og man kan ikke bake med mel laget av korn som har spiret. Derfor måtte vi kjøpe alt korn til baking fra utlandet. Da jobbet forskerne ved Norges Landbrukshøgskole med å få hveten til å tåle værforholdene og man klarte til slutt å avle frem en kornsort som i gode år ga mel man kan bake med. På grunn av klimaendringene ser vi i dag igjen at brødhveten dyrket i Norge ikke lenger kan brukes til å bake med, så nå jobber man ved NMBU og Graminor med nye prosjekter for å tilpasse hveten til det nye klimaet.

– Hvordan kan man endre planter med genteknologi?

– Da man først begynte med genmodifisering gjorde man det med en type genteknologi der man satte nye gener fra andre arter inn i plantene. I dag har man også en metode som heter Crispr. Med denne metoden kan man gjøre mer presise endringer og kan også «skru av» enkelte gener slik at plantene endres.

– Er det forskjell på genmodifiserte planter og planter som har endret seg naturlig?

– Det finnes jo forskjellige typer forandringer, noen genmodifiserte planter har fått satt inn gener fra andre arter. Men hvis vi ser på den enkleste formen for endring av genene, altså der man endrer en enkelt bokstav i DNA-koden, så er det ingen forskjell på mutasjoner som skjer i naturen og endringen vi gjør med den teknologien som kalles Crispr.



Grønnsakene på bildet stammer alle fra en sennepslignende plante (til venstre) og tilhører samme art. Grønnsakene har fått svært forskjellig utseende og egenskaper fordi mennesker over lang tid har valgt ut og avlet videre på planter med ønskede egenskaper, som stor rotknoll eller kraftig bladvekst.
Illustrasjonsbilder: iStock

Blomkål er for eksempel veldig forskjellig fra den opprinnelige kålplanten fordi enkelte gener har blitt skrudd av ved naturlige mutasjoner. Man kan «skru av» de samme genene i den opprinnelige kålplanten med genteknologi, og slik lage en ny blomkål lik den naturlige.

– Dyrkes det genmodifiserte planter mange steder i verden?

– Ja, men ikke i Europa. På verdensbasis dyrkes genmodifiserte planter på et areal som er 22 ganger større enn arealet til hele Norge, så det er ikke akkurat en liten åker.

– Hva slags genmodifiserte planter er det som dyrkes, og hvilke egenskaper er endret?

– De første, og fortsatt mest vanlige, genmodifiserte plantene har fått satt inn et gen som gjør dem motstandsdyktige mot sprøytemiddelet RoundUp. Dette gjør at bøndene kan sprøyte hele åkeren med sprøytemiddelet slik at ugresset dør, men de genmodifiserte nytteplantene overlever. Også planter som tåler tørke, angrep av insekter, virus og bakterier i mais, bomull, potet, raps og soyabønne dyrkes i dag.

Et annet eksempel fra 1990-tallet er den gyllne risen, som har fått gener fra bakterier og mais for å produsere et stoff som kan omdannes til A-vitamin. A-vitaminmangel kan føre til blindhet hos barn og er et problem i mange land. Denne risen er imidlertid ikke på markedet ennå.

– Finner vi genmodifiserte matplanter i butikken i Norge?

– Nei, vi importerer ikke genmodifiserte matvarer til Norge i dag. Men man diskuterer om det skal bli enklere å få godkjenning i EU og Norge til å bruke planter som er utviklet med det som kalles Crispr, altså der man gjør mindre forandringer i genene.

Viste du at:

- Mutasjoner er vanlige i naturen. For eksempel har det i løpet av de 6-7 millionene årene kornsorten bygg har eksistert skjedd omtrent 100 millioner mutasjoner i genene til bygg.
- Uten mutasjoner hadde dyr og mennesker ikke kunne utviklet seg fra det som en gang var encellede organismer.
- Brødhvete har 107,891 gener – over fem ganger så mange som mennesker. Grunnen til det er at brødhvete oppstod ved kryssning mellom tre hvetearter, og derfor har tre utgaver av hvert gen.

Returadresse:
Bioteknologirådet,
Edvard Griegs vei 3B,
5059 Bergen



Ungdommens Bioteknologiråd

- eit skuleprosjekt i bioteknologi for vidaregåande skule.

Kjernen i prosjektet er eit gruppearbeid knytt til etiske problemstillingar innan bruk av bioteknologi på menneske. Kvar klasse blir invitert til å sende inn synspunkta sine til Bioteknologirådet, og oppgåvesvara vil bli publiserte på nettsidene våre. Ei gruppe elevar blir valde ut til å kome til Oslo for å overlevere resultatane frå prosjektet til politikarane.

Full prosjektbeskriving og påmelding finn du på:

<https://www.bioteknologiradet.no/skole/ungdommens-bioteknologiråd>



Bioteknologi er spesielt aktuelt i skuleåret 2024/2025, då regjeringa har bede Bioteknologirådet om å evaluere heile bioteknologilova. Elevar frå Heimdal vidaregåande skule har allereie byrja på prosjektet.
Foto: Jan Langhaug

[bioteknologiradet.no](https://www.bioteknologiradet.no)

Biotekquiz

Spørsmål

1. Kva er Crispr?
2. Kva heiter det vi kallar cellene sitt kraftverk?
3. Kva del av auge klarte forskarar å reprogrammera nye celler til?
4. Kva er Bioteknologirådet sin nye animasjonsfilm om?
5. Finn ein genmodifiserte matplanter i butikken i Noreg?

1. Ein metode for genredigering – målrettede endringar i DNA 2. Mitokondriar 3. Hornhinna 4. DNA og proteinsyntesen 5. Nei.



Bioteknologirådet