

BIOTEK og mat

Et temahefte fra Norges forskningsråd



Svinaktig gode gener

>> SIDE 4

Jakten på gladlaksen

>> SIDE 10

Planter i hardt vær

>> SIDE 18



Norges forskningsråd er en sentral institusjon i norsk forskning og forvalter årlig rundt sju milliarder kroner. Forskningsrådet skal fremme grunnleggende og anvendt forskning innen alle fagområder.

Program for funksjonell genomforskning (FUGE) ble etter initiativ fra et samlet norsk forskningsmiljø etablert som et eget program i Norges forskningsråd i 2001. FUGE skal bidra til at

norsk kompetanse på fagfeltet holder et høyt internasjonalt nivå og at Norge er en attraktiv partner for internasjonalt samarbeid.

FUGEs prioriterte tematiske forskningsområder omfatter biologisk grunnforskning, marin forskning og medisinsk forskning. FUGE har etablert nasjonale teknologiplattformer for å sikre enkeltforskere og bedrifter tilgang på teknologi og kompetanse av høy kvalitet.

Smaken av bioteknologi

Bioteknologi har spilt en viktig rolle i matproduksjon i lange tider, blant annet når vi lager øl og vin, baker brød eller konserverer kjøtt. Når vi tilsetter gjær i brøddeigen, skjer en kjemisk prosess som produserer karbondioksid (CO₂), og brødet hever seg.

De siste tiårene har utviklingen av moderne bioteknologi skapt helt nye muligheter for bærekraftig produksjon av trygg og sunn mat. I dag er mat og bioteknologi viktige satsingsområder for norsk forskning.

Nok og riktig mat til verdens befolkning er en global utfordring. Vi står nå overfor en ubalanse mellom den samlede matproduksjonen og veksten i befolkning og velstand. Frem mot 2050 må matproduksjonen økes med rundt 70 prosent på omtrent samme landareal som i dag, samtidig som vi sannsynligvis vil oppleve klimaendringer. I tillegg er feilernæring og overvekt et økende helseproblem i mange land.

I dette temaheftet byr vi på smakebiter på hva bioteknologisk forskning kan bety for å trygge maten og matproduksjonen vår. Løsningene og mulighetene spenner vidt - fra å lage biff på laboratoriet til bedre tilpassete matplanter som tåler tøffere klima, mer effektiv avl for melkebonden og friskere fisk i oppdrettsanleggene.

Ny kunnskap og nye forskningsresultater vil være viktig for verdiskaping og økt konkurransekraft for norsk landbruk, havbruk og matindustri. Utviklingen åpner også for bedre utnyttelse av kjente og ukjente næringsstoffer – og kanskje helt nye smaker på menyen.

Velbekomme!



Arvid Hallén
Administrerende direktør





Vitenskap i hverdagen er mottoet når Forskningsrådet henvender seg til folk flest for å synliggjøre hva som har skjedd innenfor norsk forskning på temaet bioteknologi og mat det siste tiåret. I samarbeid med Vitenskapsåret i regi av Kunnskapsdepartementet inviterer Forskningsrådet til debatt om de store spørsmålene på flere konferanser i 2011.

Innhold | Disse fire forskerne brenner for mat og bioteknologi og deler gjerne ut smakebiter av sin kunnskap. I dette temaheftet forteller de om spennende framgang på sine forskningsområder.



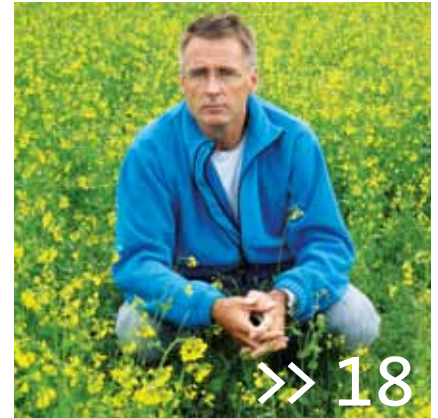
Svinaktig gode gener

Eli Grindflek satser ikke på griseflaks. Hun leter systematisk etter genene som gir godt svinekjøtt og effektiv produksjon.



Jakten på gladlaksen

I 2010 ble det produsert en million tonn oppdrettsfisk. Frisk fisk er alfa og omega, ifølge Petter Arnesen og Turid Mørkøre.



Planter i hardt vær

Av en kvart million planter baserer vi matproduksjonen på rundt 100. Atle Bones vil gjøre flere arter spiselige.

BIOTEK og mat

Et temahefte fra Norges forskningsråd | oktober 2011

Ansvarlig utgiver: Norges forskningsråd, Stensberggata 26, Postboks 2700 St. Hanshaugen, NO-0131 Oslo, Telefon: +47 22 03 70 00, Telefaks: +47 22 03 70 01, post@forskningsradet.no, www.forskningsradet.no **Redaktør:** Elin Fugelsnes/Perduco AS

Redaksjon og tekst: Perduco AS ved Elin Fugelsnes, Nora Clausen og Ingunn Haraldsen **Foto:** Morten Brakestad, Elin Fugelsnes, Heidi M. Bones, Shutterstock, Opplysningskontoret for egg og kjøtt, Marine Harvest, Forskningsrådet og Salt Studio AS. **Forsidefoto:** Shutterstock

Design: Agendum AS **Opplag:** 1000 **Trykk:** 07 Gruppen **Kontakt:** mbe@forskningsradet.no





Svinaktig gode gener

Ved hjelp av nye muligheter innen genteknologi kan bonden avle frem husdyr som gir oss stadig bedre kjøttmat, melkeprodukter og egg. – Det er ikke nødvendigvis noen motsetning mellom lønnsom produksjon og dyrevelferd, mener dyregenetiker.

Matvanene våre er stadig i endring. Trenden i dag er blant annet magert kjøtt og mindre fett på middagstallerkenen. For å tilfredsstille våre behov, jobber forskerne på spreng. Ved hjelp av genteknologi øker mulighetene for å påvirke kjøtt- og melkeproduksjon, matkvalitet og bedret dyrevelferd stadig raskere og mer effektivt.

– Vi har sett en enorm genetisk utvikling hos norske husdyr de siste tiårene. Spekktykkelsen hos det norske landsvinet er for eksempel redusert fra 30 millimeter til under 10 millimeter i løpet av 50 år. Og kua melker over 4000 liter mer i året enn den gjorde i 1959. Dette er oppnådd uten å redusere dyrenes egenskaper relatert til helse, forteller forsker Eli Grindflek.

Gener til besvær

Molekylærgenetikeren arbeider i Norsvin ved Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås. Hun er for tiden travelt opptatt med å utforske hvilke genvarianter som gir mest effektiv produksjon av svinekjøtt kombinert med best mulig dyrevelferd. Grindflek har jobbet med gris i over seksten år, og kan fortelle om en rivende utvikling på feltet.

Genteknologi er viktig for avlsarbeidet. Forskerne ser etter gener som gir husdyrene raskere vekst, fyldigere kjøtt, mer melk, større egg eller mer ull på kroppen. Det gjelder også å finne gener som utløser dyresykdommer. Halothangenet er et eksempel på et problematisk gen som ved hjelp av en gentest ble fjernet hos gris i Norge i løpet av 1990-tallet, kan Grindflek fortelle.

– Denne genvarianten førte til lyst, bløtt og væskedrivende kjøtt. De grisene som hadde dobbel dose av genet, døde dessuten av stress under frakten til slakteriet.

Kartlagt genom gir nye muligheter

For ti år siden studerte forskerne fortsatt et enkelt gen av gangen for å finne sammenhenger med aktuelle egenskaper hos grisen. Siden gris og menneske er veldig like genetisk sett, ble genene de studerte, valgt ut basert på deres funksjon hos mennesket.

– Genetisk variasjon oppdages i form av mutasjoner i DNAet, og den gang kjente vi til et par tusen av disse variasjonene hos gris. I dag er genomet, det vil si det samlede arvematerialet, sekvensert hos både gris, sau, kylling

og storfe. Hos grisen kjenner vi nå til millioner av genetiske variasjoner, forteller Grindflek.

– En sekvensering av hele genomet hos gris kan sammenliknes med at vi kjenner til alle bokstavene i oppskriftsboka for grisens genetik. Men det er ikke dermed sagt at vi ennå forstår alt som står der, understreker hun.

Det har vært drevet systematisk avlsarbeid for de fleste husdyrslag over lang tid. Systematisk avl på griser startet allerede på 1950-tallet. Egenskaper som man ønsker å forbedre, blir i tradisjonelt avlsarbeid registrert i omfattende databaser for hvert enkelt dyr.

Ifølge Grindflek gir kjennskap til hele sekvensen av genomet langt flere muligheter til å finne ut hvilke gener som knyttes til ulike egenskaper.

– Når vi nå kjenner et stort antall genetiske variasjoner over hele genomet, kan disse analyseres opp mot allerede registrerte egenskaper hos husdyrene. Vi ser for oss at det i fremtiden vil være mulig å sekvensere hele genomet til alle avlsdyr for å finne alle genvarianter de har mot alle ønskelige egenskaper, sier Grindflek. >>

«Helsestatusen på norske husdyr er blant de beste i verden.»

Foto: Elin Fugelsnes



Eli Grindflek har jobbet med gris i over 16 år og er opptatt av både effektiv produksjon og god dyrevelferd.



Nordmenn spiser årlig i gjennomsnitt rundt 50 kilo kjøtt hver, og svin er mest populært.

► Fart på avlen

Tradisjonell avl rangerer dyrene basert på egenskapene vi observerer hos dyret selv og alle tilgjengelige slektninger. Genomseleksjon er en mer direkte seleksjonsmetode som baserer seg direkte på dyrets DNA og variasjon på gennivå.

– Vi etablerer først en sammenheng mellom en mengde genetiske variasjoner og egenskapene. Deretter velger vi ut avlsdyr basert på disse variasjonene. Vi kan med andre ord beregne avlsverdi basert på DNA-sekvensen uten å måtte registrere egenskapene på tradisjonelt vis i hver eneste generasjon. Metoden

vil kunne spare mye testing og registrering, forteller Grindflek.

Å utnytte den genetiske informasjonen inn i avlsarbeidet byr på mange utfordringer.

– Men vi ser et stort potensial i å kunne velge genetisk godt sammensatte dyr på denne måten, påpeker hun.

Miljø er også viktig

Selv om husdyrenes genom er kartlagt, er det fortsatt langt igjen før vi forstår hele det molekylære grunnlaget for alle egenskaper og sykdommer hos dyrene, understreker Grindflek. Miljø

har dessuten en stor innvirkning på den genetiske utviklingen.

– Det kan være alt fra føring, klima og stell til hva slags binge dyrene vokser opp i. Det er ikke alltid like lett å si at «feilen» ligger i genene.

Forskerne må også være oppmerksomme på at det ikke bare er å velge frem ønskede genvarianter for en egenskap, uten at det går på bekostning av noe annet. Grindflek bruker eksempler fra grisens verden.

– Hvis vi bare avler frem gener som gir raskest vekst og best kjøtt, kan det gå utover benkvaliteten. Vi har også sett eksempler på at mindre fett hos gris fører til at purka ikke har tilstrekkelig fettlager til å klare dietiden. Med økt kunnskap om genomet kan vi velge avlsdyr med den beste sammensetningen av genvarianter for alle relevante egenskaper.

Løser praktiske utfordringer

Grindflek trekker frem et eksempel fra egen forskning som viser hvordan genteknologien også kan løse praktiske problemstillinger som er høyst aktuelle i næringen. Hun har undersøkt hvilket gen som skal ta knekken på rånelukten hos svin. Kjøtt fra kjønnsmodne, ukastrede hanngriser kan nemlig ha en særegen, stram rånelukt som setter seg i kjøttstykkene vi spiser.

Siden kastrering skal forbys i Norge, er det viktig å finne løsninger på problemet fort.

Hva er et gen? >>

Genene inneholder informasjon om hvordan celler bygges og vedlikeholdes i kroppen. Genene ligger i arvestoffet (genomet) som er organisert i kromosompar fra henholdsvis mor og far. Grisen har for eksempel 19 kromosompar. Genene danner et genetisk rammeverk som avgjør blant annet hvordan en organisme ser ut og fungerer og hvilke sykdommer den er disponert for.



«Vi har sett en enorm genetisk utvikling hos norske husdyr.»

Å avle fram én egenskap, kan gå på bekostning av en annen egenskap, understreker Eli Grindflek.

Det er høye nivåer av stoffene androstenon og skatol som gir den ubehagelige rånelukten.

– Vi har sett på muligheten for å avle frem hanngriser med et lavt nivå av disse stoffene. Men siden vi har funnet sterke genetiske sammenhenger med andre kjønnshormoner, frykter vi at fruktbarheten kan påvirkes negativt dersom nivået av androstenon reduseres, forteller Grindflek.

– Ved å studere genetiske variasjoner på genomet, presenterer vår forskning for første gang genvarianter som påvirker mengden av androstenon uten

samtidig å påvirke kjønnshormonene hos hanngrisen.

Dyrevelferd

Avlen i Norge reguleres i dag gjennom avlsmålene som bestemmes av avlsorganisasjonene i samarbeid med kjøttindustrien og forskningsmiljøet.

– Grisegenerasjonene er korte, så vi kan raskt avle frem gode resultater på noen få egenskaper. Vi har imidlertid hele 26 egenskaper inkludert i avlsmålet hos gris i dag. På den måten selekterer vi for et godt sammensatt dyr, men genetisk framgang går saktere når så

mange egenskaper skal forbedres samtidig.

Grindflek understreker at norske husdyr allerede har en god sammensetning av gener.

– Her til lands vil jeg påstå at det ikke er en motsetning mellom lønnsom avl og dyrevelferd. Norske husdyr har det bra, sammenlignet med forholdene utenlands. Helsestatusen er også en av de beste i verden. ■

Kjøttelskende befolkning >>

Hver nordmann spiser i gjennomsnitt 50 kilo kjøtt årlig, og over 20 kilo kommer fra svin, ifølge Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning. Helsemyndighetene anbefaler at vi begrenser inntaket av rødt kjøtt, som inkluderer storfe, svin, sau og geit, til 500 gram per uke.

Dagens metoder for å skille oksesæden etter kjønn er både dyre og lite effektive.



Vil velge kjønn på kalven

Om kalven er ku eller okse, er viktig for mange bønder. Norske forskere håper å komme først i mål med en bedre metode for å fastslå kjønn før befruktning.

En kjøttprodusent vil bare ha okser, som vokser til over tonnet før de ender opp som saftige biffer på middagsbordet. En melkeprodusent vil derimot naturlig nok bare ha kyr.

– Effektive avlsmetoder i landbruket blir stadig viktigere i takt med at verden trenger mer mat, sier Anne Hjelle, direktør ved IRIS Biomiljø i Stavanger.

De små forskjellene

Dagens metoder for å skille oksesæden etter kjønn, er imidlertid både dyre og lite effektive. I samarbeid med den største

distributøren av storfesæd i Norge, Geno, prøver IRIS å løse denne utfordringen. Målet er en mer kostnadseffektiv metode som ikke skader sædcellene, og som med 90 prosent sikkerhet kan avgjøre om den blivende kalven er ku eller okse.

For å klare det, dykker forskerne ned i cellenes innerste. Bittesmå forskjeller på protein- og gennivå kan avsløre om sædcellen inneholder enten x- eller y-kromosom. Utfordringen er å finne de riktige forskjellene, eller markørene.

– For det første må vi finne én eller flere markører som er nøyaktige nok. For det andre er det individuelle forskjeller både fra okse til okse og mellom ulike oksearter, påpeker Hjelle.

Enormt marked

Forskerne ved IRIS og Geno jobber også med en tilsvarende metode for å velge kjønn på griser. Innenfor avl av gris er det et problem at hanngrisene får en usmak på kjøttet når de blir kjønnsmodne. Hittil har man hindret dette ved å kastrere grisene, men EU arbeider mot full stans av kastrering fra 2018.

Hjelle har håp om at de skal komme først i mål med en ny teknologi.

– Markedsbehovet er enormt, og den som klarer å løse gåten vil ha en stor fordel. Inntil det motsatte er bevist, velger vi å tro at vi ligger først i løypa, sier Hjelle. ■

Å lage noe som smaker som biff er én ting
– å få det til å se ut som biff noe helt annet.

Drømmer om biff fra lab'en



Foto: Shutterstock

Matmangel, nedhugde skoger, dyr stuert sammen på altfor liten plass – og en kjøttelskende befolkning. Disse utfordringene har en felles løsning, mener en professor på Ås.

Det handler ikke om å omvende hele verdens befolkning til å bli vegetarianere. Stig Omholt ved Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB) er selv for glad i kjøtt til å mene at det er løsningen. Forslaget hans er langt mer kreativt enn som så: kjøtt produsert på laboratoriet.

– Utgangspunktet for ideen var ikke at jeg syntes det var så interessant å kunne spise dyrket kjøtt. Det var tanken på de enorme miljø- og matmessige utfordringene verden står ovenfor, forteller Omholt.

Startet med Churchill

Tankene til Stig Omholt var imidlertid tenkt før. Allerede i 1932 påpekte Winston Churchill at det var absurd å avle opp hele kyllinger for å spise et stykke av brystet eller en vinge. Han mente løsningen var fabrikkprodusert kjøtt.

Rundt 70 år senere tok Omholt og Tor Erling Lea ved UMB sammen med nederlandske forskere grep for å virkelig gjøre visjonen. Såfrøet er stamceller fra grisens navlestreng, som har evnen til å utvikle seg til muskelceller.

Cellene dobler seg hver 24. time. Ved å dyrke dem i store mengder, få dem til å klumpe seg sammen og strekke celleklumpen for å skape riktig konsistens, får man til slutt kunstig kjøtt.

Saken er ikke biff

– Vi har kommet et stykke på vei med denne aktiviteten. Men mangel på muligheter til å søke om finansiering har gjort at forskningen hele tiden har gått på sparebluss, forteller Omholt.

Det foregår litt aktivitet på feltet i noen få land. Men ifølge professoren trengs det internasjonal satsing på et

helt annet nivå om bioteknologisk produsert kjøtt skal kunne bli virkelighet.

– Norge, som i andre sammenhenger er villig til å bruke store summer på miljøbevarende tiltak, kunne spille en viktig rolle som pådriver her, påpeker han. ■

Klima for kjøtt >>

- ▶ Klimagassutslippene fra husdyravl utgjør i dag rundt 20 prosent av verdens utslipp.
- ▶ Beite og produksjon av fôr i forbindelse med husdyravl opptar 70 prosent av all dyrkbar jord.
- ▶ Det er anslått at kjøttproduksjonen vil mer enn dobles fra årtusenskiftet og fram til 2050.

Kilde: FNs mat og landbruksorganisasjon FAO

Jakten på gladlaksen

Stamfedrene til oppdrettslaksen på middagsbordet har vært gjennom en utvelgelsesprosess som får både jobbintervju og «Norske talenter» til å blekne i sammenligning.

– Å avle fram laks, handler kort fortalt om å velge de individene som trives i fangenskap og som samtidig gir de beste avkommene, forteller Turid Mørkøre, seniorforsker ved Nofima Marin.

Dette tradisjonelle avlsarbeidet, hvor man velger ut fiskeforeldre som vokser raskt, utnytter føret til å lage muskler og ikke fett, tåler å bli smittet uten å bli syk og gir best mulig matkvalitet, har pågått i snart 40 år. Det siste tiåret har forskning på laksens gener imidlertid ført til store forbedringer.

– Vi kan drive avlsarbeid mye mer effektivt enn før. I Norge har vi også gjort noen gjennombrudd som har vakt oppsikt i resten av verden, påpeker Mørkøre.

Unik virusopdagelse

Et av de viktigste gjennombruddene er forskningen på sykdommen Infeksiøs pankreas nekrose (IPN), som er den infeksjonssykdommen som over tid har påført mest tap for oppdrettsnæringen. I 2008 påviste norske forskere et gen som styrer en vesentlig del av fiskens mottakelighet for IPN.

Avlsselskapet bak forskningen bruker nå genteknologiske verktøy for å velge ut stamfisk som er immune mot IPN. Det er ikke bare en stor gevinst for

oppdrettsnæringen, men også for oss forbrukere.

– Vi har fortsatt mange kunnskaps-hull når det gjelder fiskehelse. Men de siste to årene har vi ved hjelp av bioteknologiske metoder sett at fiskens helsetilstand har stor betydning for kvaliteten på sluttproduktet, sier Mørkøre.

Laksen har blitt vegetarianer

I 2010 var det 40 år siden de første norske oppdrettspionerene lyktes med å sette ut laksesmolt i merder i sjøen, og et par år senere kunne de høste matfisk av første klasse. I fjor rundet også produksjonen av oppdrettsfisk for første gang én million tonn. Det tilsvarer ti millioner måltider hver dag gjennom hele året.

Men samtidig som vi spiser mer laks, dukker spørsmålet opp om hva laksen skal spise.

– I begynnelsen kunne vi bruke mye marint råstoff, som fiskemel, til å føre laksen. Men på grunn av knapp tilgang på råvarene har vi måttet gå over til mer vegetabilsk fôr. Nå får fisken for eksempel korn og soya i tillegg til marint råstoff, forteller Petter Arnesen, konsernansvarlig for avl og genetikk i oppdrettsfirmaet Marine Harvest.

Men når fisken endrer kosthold, får det også følger for oss som spiser fisken. >>





Laksesushien passerer smaks kontrollen til Petter Arnesen og Turid Mørkøre.

Foto: Elin Fugelsnes

«Genkartet er som notene til en symfoni.»

Turid Mørkøre

- ▶ Flere studier viser for eksempel at innholdet av Omega-3 synker, og noen har gått så langt som til å karakterisere laksen som en «svømmende grønnsak».
 - Vi skal imidlertid huske på at fisken ikke har behov for spesifikke råvarer i kosten, men heller for bestemte næringsstoffer slik som aminosyrer og fettsyrer. Og med dagens kunnskap klarer fôrproduzentene å lage et perfekt og riktig sammensatt fôr selv med redusert bruk av marine råvarer, påpeker Arnesen.

«Nå får fisken for eksempel korn og soya i tillegg.»

Petter Arnesen

Omega-3 en utfordring

Han understreker at laksen fortsatt har Omega-3 i rikelig monn, men medgir at oppdrettsindustrien har noen utfordringer på området. Kanskje kan bioteknologi by på en løsning? Forskere jobber nemlig med å øke utnyttelsen av oljen i laksefôr slik at Omega3-innholdet skal bli størst mulig i fisken på markedet.

På visse tider av året bruker laksen i større grad de marine oljene til å produsere energi. Andre tider lagres derimot oljene i musklene og følger dermed fisken til matbordet. Ved hjelp av genteknologiske verktøy kan forskerne finne de tidsvinduene hvor utbyttet er størst.

Skreddersydd fôr

Mørkøre mener genteknologi har gitt forskerne et verktøy som gjør det mulig å svare på spørsmålet «hvorfør», og ikke bare «hva». Hun illustrerer det med et eksempel fra forskning på fôr.

– I et forsøk blandet vi inn naturlige proteinkomponenter i laksefôret og så at fisken vokste bedre og filet kvaliteten ble fastere. For noen år siden ville vi sluttet der, men i dag vil vi vite hvorfor noe er bra, forteller hun.

Forskerne gjentok derfor forsøkene på celler i laboratoriet. De fant da ut at proteinkomponentene satte i gang aktiviteten til noen gener som bidrar til å stimulere nydannelsen av muskler. Når forskerne vet hvorfor noe skjer, blir muligheten til å skreddersy fôr til laksen mye bedre.

– For oppdrettsnæringen er det svært viktig at vi har fått helt andre muligheter til å styre fôret og dermed bygge opp god fiskehelse gjennom ernæring. Nøkkelordene for oppdrettsnæringen er ressursutnyttelse og bærekraft, og det omfatter både en mer effektiv produksjon og mer robust fisk, understreker Arnesen.

Steril fisk

Rømming er også et sentralt tema, både når det gjelder bærekraftig produksjon og et bærekraftig miljø. Oppdrettslaks som smitter villaksen med sykdommer, er en utfordring. Den største bekymringen dreier seg imidlertid om hvorvidt rømt oppdrettslaks kan påvirke villaksen



genetisk slik at evnen til reproduksjon og tilpasning blir dårligere.

– Det er fortsatt mye vi ikke vet, og det er et stort spørsmål i hvor stor grad oppdrettslaksen påvirker villaksen. Men vi kan ikke se bort at det kan være en effekt, og vår jobb er å sørge for at fisken ikke rømmer, understreker Arnesen.

I ett prosjekt undersøker forskere om man kan spore fisken genetisk for å se hvilket oppdrettsanlegg den kommer fra. Dermed kan man forebygge at rømminger ikke blir rapportert. I et annet prosjekt jobbes det med å produsere steril fisk som ikke kan formere seg med villfisk.

Rivende utvikling

Ifølge Arnesen har laksenæringen hatt en rivende utvikling siden starten av

Populær utenlands >>

Havbruksnæringa er en av våre største eksportnæringar. I 2010 ble det eksportert oppdrettsfisk for 33,4 milliarder kroner. Mer enn 95 prosent av oppdrettsfisken går til eksport, men tall fra dagligvarehandelen viser at etterspørselen etter laks i Norge er i rask vekst.



«Vi har fortsatt mange kunnskaps- hull når det gjelder fiskehelse.»

Turid Mørkøre



1970-tallet. Men han har enda større tro på hva framtida vil bringe. For to år siden begynte nemlig kartleggingen av det samlede arvematerialet (genomet) til laksen. Mens norske forskere kunne presentere torskens genom i 2010, vil laksegenomet sannsynligvis være ferdig i 2012.

Norge, Canada og Chile samarbeider om å kartlegge genomet. Arnesen tror resultatene kan gi store konkurransefordeler for bedriftene som har vært med i prosjektet.

– Vi som har deltatt, får tilgang til funnene før de publiseres og blir tilgjengelig for alle. Det gir oss et forsprang i å lete etter gensekvenser som koder for egenskaper vi er på jakt etter. Men det viktigste er at alle forskere får tilgang til genomet, til beste for hele næringen og samfunnet forøvrig, sier han.

Som en symfoni

Kunnskapen om genomet vil sannsynligvis legge grunnlaget for helt nye løsninger for å hindre sykdom, optimalisere produktkvalitet og forbedre utnyttelse av nye fôrråvarer. Men det er først når genomet er kartlagt at forskningen virkelig kan settes i gang.

– Genkartet er som notene til en symfoni. Notene i seg selv har ingen verdi før man begynner å spille etter dem. Når vi nå får skrevet ned alle notene til laksegenomet, kan vi begynne å lage musikk. Jeg ser for meg at dette kan bli både vilt og vakkert, og det ligger et hav av muligheter her, mener Mørkøre. ■



Plagsom parasitt >>

Laxselus er den vanligste parasitten på oppdrettslaks og det største sykdomsproblemet i næringen, og den har utviklet resistens mot kjemikaliene som brukes i avlusing. I 2010 ble laxselusas arveanlegg ferdig kartlagt, og kunnskapen vil kunne brukes til å utvikle alternative midler.

Et hav av muligheter

Smaker ekstrahert fra ei reke eller en blekksprut fra Mørkysten kan ende opp som krydder i en nudelpakke i Kina.

– Det selges årlig 100 milliarder nudelpakker i Kina, og i 200 millioner av disse følger det med en krydderpose med smak av sjømat. Her ligger det et enormt marked, påpeker Ola Ween ved Møreforskning Marin.

Han leder et forskningsprosjekt i samarbeid med bedriften Firmenich Bjørge Biomarin AS. Målet er å finne molekyler som kan danne grunnlaget for marine smaker som kan slå an i nettopp Kina. Det er en komplisert prosess som begynner med en utforskning av de kinesiske ganene.

Hva liker kineserne?

– Vi vet at preferansene på det kinesiske markedet er annerledes enn på det europeiske. Så først må vi prøve å identifisere de gode smakene som kineserne forbinder med havet. Neste skritt blir å finne råstoff fra norskekysten som kan brukes til å lage lignende smaker, forklarer Ween.

Forskerne vil i den innledende fasen evaluere ulike arter og råstoff, både kjente arter som det fiskes på i dag, unyttede arter som bunnlus, og biråstoff som avskjær fra fiskeindustrien. Til slutt

satser de på å sitte igjen med tre-fire aktuelle kilder som undersøkes videre.

Ikke ett fett

Når de potensielle ingrediensene til de nye smakene er plukket ut, skal de analyseres ned til minste molekyl i Sveits. Da vil forskerne få svar på om det i det hele tatt er mulig å ekstrahere stoffene de er interessert i. Neste skritt blir å framstille stoffene, enten ved ren råvareutvinning eller på en kunstig måte.

Det er aminosyrer, fettstoffer og andre kjemiske bestanddeler som til sammen avgjør hva mat smaker. Utfordringen er å finne den perfekte kombinasjonen for kinesernes nudler. Kanskje er det en smakfull miks av stoffer fra reke, torsk og bunnlus fra Mørkysten? ■

Marin bioprospektering >>

Marin bioprospektering handler om å lete etter bestanddeler og forbindelser i marine organismer som kan utnyttes kommersielt. Potensialet favner områder som mat, medisin og energi.



«Det selges årlig 100 milliarder nudelpakker i Kina.»

Denne reka kan gi kineserne litt krydder i hverdagen.



Foto: Shutterstock



Skulle vært død som ei sild

Torsken mangler en viktig del av immunforsvaret, men har utviklet en unik erstatning. Oppdagelsen kan komme til nytte både i oppdretts- og havbruksnæringen.

– Ut fra den vanlige forståelsen av immunologi skulle torsken ha vært død. Men den er høyst levende og faktisk en svært suksessrik art, sier professor og prosjektleder Kjetill S. Jakobsen ved Universitetet i Oslo.

Immunforsvaret i alle virveldyr, inkludert mennesket, har ett felles opphav, og hittil har forskerne trodd at det er bevart i alle høyerestående dyr. Men oppsiktsvekkende funn viser at torsken mangler genet MHC II som normalt er ansvarlig for å varsle immunforsvaret om å bekjempe infeksjoner utenfra.

Torsken har trolig løst dette ved å ha et høyere antall av et annet gen, MHC I, og i tillegg er andre deler av immunsystemet endret. Den har altså funnet alternative måter å bekjempe bakterier, sopp og parasitter på.

Funnene ble gjort i forbindelse med et nasjonalt samarbeidsprosjekt som kartla alle torskens gener (genomet).

Hos mennesker også?

Sykdom hos torsk er et stort problem innen havbruksnæringen og en utfordring med tanke på å etablere torskeoppdrett som en betydelig virksomhet. Den nye kunnskapen kan

øke mulighetene for å avle fram sykdomsresistent torsk og utvikle skreddersydde vaksiner.

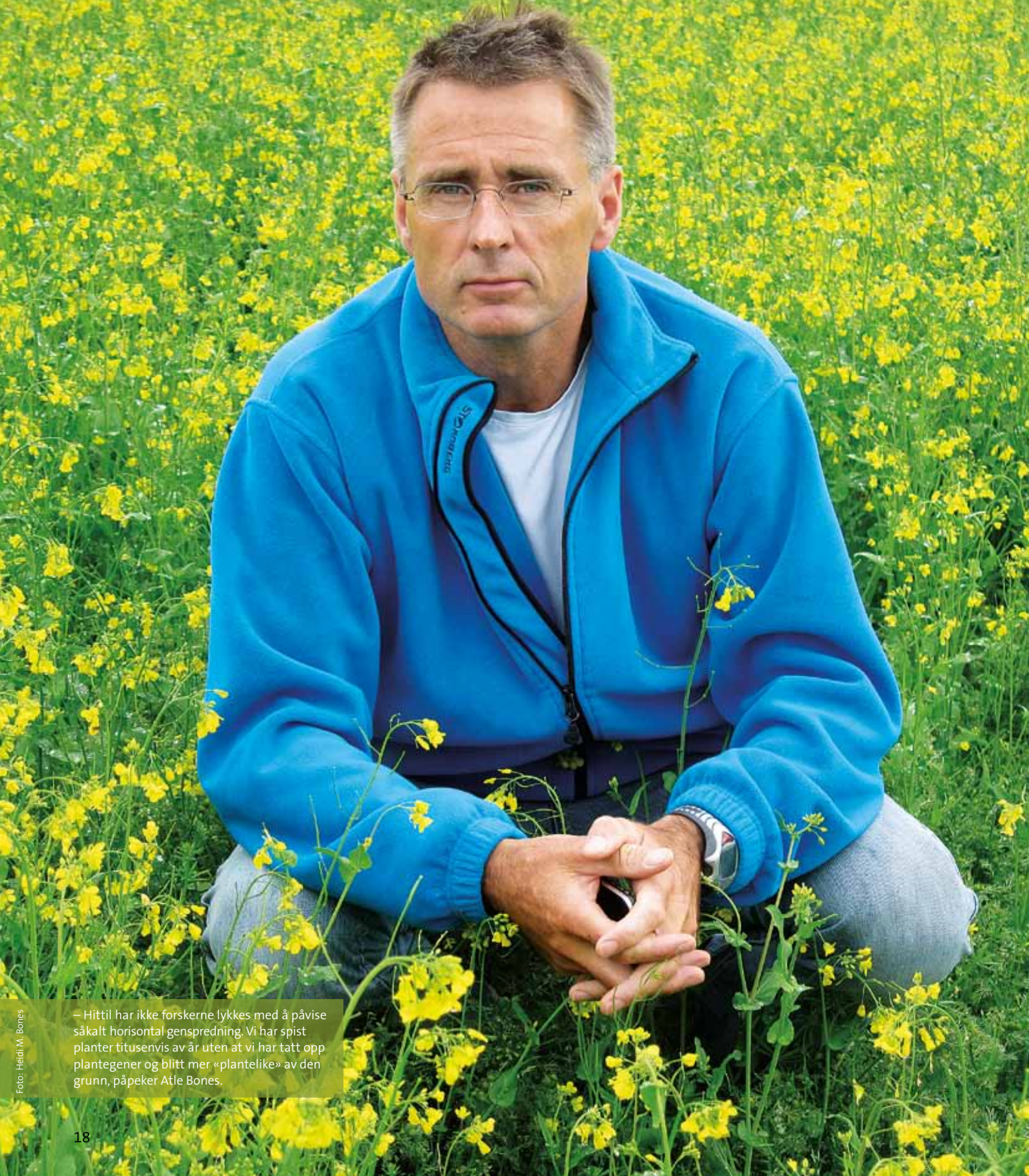
– Nå som hele torskegenomet er kartlagt, kan vi også få mer kunnskap om viktige egenskaper som kjønnsmodning, vekst og toleranse for temperatursvingninger. Dette vil komme både oppdrettsnæringen og fiskeriindustrien til gode, påpeker Jakobsen.

Han utelukker heller ikke at torsken kan lære oss noe om vårt eget immunforsvar. Kanskje finnes noen av de alternative strategiene som torsken har utviklet, også latent hos mennesket.

Da kan kanskje kunnskapen fra torsken brukes til å utvikle medisin mot immunrelaterte sykdommer, og spesielt autoimmune sykdommer som MS, psoriasis og leddgikt. De oppstår når immunforsvaret tror at kroppens egne celler og vev er farlige fremmedelementer og går til angrep.

– Den delen av immunforsvaret som normalt forårsaker autoimmune sykdommer, er nettopp den delen som torsken mangler. Dette vil det være interessant å forske videre på, sier Jakobsen. ■

Kartleggingen av torsken er verdens første kartlegging av genene til en kommersielt viktig fiskeart.



– Hittil har ikke forskerne lyktes med å påvise såkalt horisontal genspredning. Vi har spist planter titusenvís av år uten at vi har tatt opp plantegener og blitt mer «plantelike» av den grunn, påpeker Atle Bones.

Planter i hardt vær

Kraftig befolkningsvekst og store klimaendringer i løpet av kort tid betyr økte utfordringer for en sikker matforsyning. Genmodifiserte planter kan bidra til å løse problemene, mener planteforsker.

Mer enn 90 prosent av maten vår består av planter eller kjøtt fra husdyr som har spist plantefôr. Fram mot 2050 vil matproduksjonen på grunn av befolkningsveksten måtte økes med anslagsvis 70 prosent på omtrent samme landareal som i dag, samtidig som vi sannsynligvis vil oppleve store klimaendringer

I tillegg har vi gjort oss avhengig av ganske få planteslag som matkilde. Av en kvart million planter baserer vi matproduksjonen på rundt 100 arter. Av disse står hvete, mais og ris for drøyt 60 prosent av all matproduksjon i verden.

– Vi er fullstendig avhengig av at disse planteslagene fungerer under de gitte betingelsene, og jeg er overbevist om at det ikke kommer til å vare til evig tid. Det skal ikke mer til enn et uår med sterkt reduserte avlinger for en av de viktigste planteslagene for å utløse en sultkatastrofe, spår Atle Bones, som er biologiprofessor ved NTNU.

Fra uspiselig til spiselig

Han mener sikker matforsyning kan kreve at vi tar i bruk de mulighetene

vi har. Det inkluderer også genmodifiserte organismer (GMO).

Genmodifiserte planter framstilles ved at et eller flere gener tilføres, fjernes eller modifiseres for å få frem planter

«Genmodifisert mat blir sjekket mye nøyer enn all annen mat.»

med ønskede egenskaper. Dagens genmodifiserte mat er i all hovedsak planter som har fått tilført egenskaper slik at de er mer tolerante mot insekter og ugressmidler.

Bones ser for seg at plantene i framtida vil trenge ekstra sterkt forsvar mot alt fra oversvømmelse og kulde til tørke og UV-lys. I 2009 vant en amerikansk forsker World Food Prize for å ha avlet fram tørketolerant sorghum (durra) som er en viktig matplante i Afrika og Asia.

Ifølge planteforskeren finnes det tusenvis av planter som etter foredling for å fjerne giftige forbindelser eller andre uønskede egenskaper kunne vært brukt for å produsere mat.

Han og kollegene har gjort en oppdagelse som kan vise seg å være svært viktig. De har funnet ut hvordan en rapsplante, som er en av de femten viktigste matplantene i verden, genetisk kan instrueres til å fjerne giftige stoffer i sitt eget frø.

– Raps brukes i dag til produksjon av matolje og dyrefôr, men med visse begrensninger. Teknikken kan gjøre det mulig å utnytte planten i enda større grad, og prinsippet kan godt tenkes brukt i andre plantearter og plantedeler, fastslår Bones.

Ikke én sannhet

I Norge får firmaer som vil ha godkjent en GMO, søknadene sine vurdert av Bioteknologinemnda.

– Ennå er det ikke framstilt noen genmodifiserte planter som gir fordeler av betydning for norske forhold. Derfor >>



Foto: Shutterstock

I 2010 godkjente EU en genmodifisert potet med økt stivelsesinnhold. Føreløpig er ingen GMO-poteter godkjent i Norge.

«Mange skeptikere ble nok skuffet da potetene så helt normale ut.»

► har det i praksis ikke vært noe vurderingsproblem, forklarer Bones.

Utgangspunktet for regelverket er føre-var-prinsippet som innebærer at vi venter til vi er sikre med å sette i gang noe dersom det kan påvirke miljøet eller mennesket negativt.

For vet vi egentlig at gener fra genmodifisert mat ikke kommer over i arvestoffet til mennesker og endrer det? Eller at genmodifiserte organismer i naturen ikke vil skape uheldige endringer i økosystemet?

– Worst case scenario for motstanderne er at en GMO skal være giftig eller spre seg på uønskede måter i naturen.

Worst case for meg er at vi ender opp med en situasjon hvor vi ikke har mat fordi vi skuslet bort muligheten til å forske fram egenskaper som gjør plantene rustet til å takle de kommende utfordringene, sier Bones.

Bones er enig i at nytteverdi må vurderes opp mot risiko i hver enkelt sak, og erkjenner at det ikke finnes én sannhet, men mange når det gjelder GMO.

– Men per i dag har det ikke kommet en eneste verifisert rapport på skadevirkninger verken på miljø eller helse som følge av genmodifisering. Det er riktignok ekstremt vanskelig å påvise spesifikke effekter av mat fordi en diett

normalt består av mange matvarer som virker sammen. Men samtidig blir genmodifisert mat sjekket mye nøyer enn all annen mat, understreker han.

Laila først og sist

Til tross for at det ikke er lov å plante ut genmodifiserte organismer i Norge, er det tillatt å bruke dem i forskning. Bones og kollegene i Trondheim er spesielt opptatt av plantens immunforsvar. Ved å gjøre endringer i genene, kan forskerne få mer kunnskap om hvordan immunforsvaret kan endres og styrkes.

Allerede i 1988 begynte de å lage en potet som var mer virusresistent, men



Foto: Shutterstock

GMO-utbredelse >>

På verdensbasis var det fra 1996 til 2009 en 80 ganger økning i jordbruksareal som ble dyrket med genmodifiserte planter. 25 land, deriblant sju europeiske, bruker genmodifiserte planter i stor skala, og i disse landene bor over halvparten av jordas befolkning. Det dyrkes genmodifiserte planter på arealer som er mer enn 30 ganger større enn Danmark.

politiske beslutninger satte en stopper for at potetene noen gang ble testet i åkeren.

Fire år senere ble imidlertid en genmodifisert variant av den vanlige brukte potetsorten Laila, for første og foreløpig siste gang plantet ut i Norge. Målet var å studere effekten av genmodifisering på egenskaper som plantens vekst, utvikling og toleranse mot sopp.

– Mange skeptikere ble nok skuffet da vi med TV-kamera til stede tok opp potetene og de så helt normale ut, sier Bones.

Fjerner immunceller

Bones beskriver den bioteknologiske utviklingen de siste ti årene som fantastisk. Nå kan forskerne relativt raskt høste kunnskap om hvert enkelt gen, og hvordan ulike gener virker sammen.

– Da jeg begynte med planteforskning for 25 år siden, kunne jeg ta doktorgrad på sekvensen eller uttrykket av ett protein eller gen. Det var som å studere et samfunn ved å se på en og en innbygger, eller beskrive en fotballkamp ut fra et foto av en fotballspiller, forteller Bones.

– I dag kan vi studere aktiviteten til alle genene samtidig fra samme materiale, og målingene kan gjøres i løpet av noen få dager. Til gjengjeld må vi bruke ukesvis på å analysere gigantiske datasett på opptil 40 000 gener, som skal standardiseres og omsettes til biologisk funksjon.

Den teknologiske utviklingen la også til rette for at hele arvemassen (genomet) til en plante for første gang kunne presenteres i 2000. Vårskrinblom

«Det skal ikke mer til enn et uår med sterkt reduserte avlinger.»

(*Arabidopsis thaliana*) fikk æren av å være først ute fordi den har en kort livssyklus og et genom som er langt mindre enn hos mer kjente vekster.

Kunnskapen har gitt forskerne en genetisk verktøykasse som har blitt benyttet i studiet av andre planter. I 2005 var også risens genom kartlagt, og fire år senere ble maisgenomet presentert. Arbeidet med den tredje store matplanten, hvete, er godt i gang.

Foredling ikke nok

Bones mener tradisjonell foredling, hvor de beste egenskapene i en plante avles fram, er tilstrekkelig i mange tilfeller. Men metoden har begrensninger med hensyn til blant annet treffsikkerhet, hastighet og artsbarrierer.

– Med hjelp av genteknologi vil vi teoretisk kunne lage et nytt produkt i løpet av noen måneder, og egenskapen som tilføres eller endres, kan legges inn i mange sorter fra ulike vekstsoner. Genmodifisering kan også bli spesielt viktig for å øke næringsverdien i vegetabilsk mat, utdyper han.

– Jeg tror ikke genteknologi eller GMO vil redde verden alene, men det vil være en del av løsningen for noen og på visse områder. En del endringer kommer til å skje så raskt at vi ikke har tid til å vente i årevis på at tradisjonell foredling skal bringe fram de egnede egenskapene i plantene, påpeker planteforskeren. ■



Misforståelsene rundt genmodifisering er mange: I 2002 trodde nesten annenhver nordmann at bare genmodifiserte tomater inneholdt gener.

Foto: Shutterstock



Foto: Shutterstock

Golden rice >>

Barnedødelighet, redusert vekst og blindhet som følge av vitamin A-mangel er utbredt i deler av Asia og Afrika, hvor ris er den vanligste matplanten. Golden Rice har fått satt inn gener som gjør at den lager provitamin A som kroppen omdanner til vitamin A. Etter ti år er risen ennå ikke godkjent for dyrking.



Hvete har unike bakeegenskaper. Forklaringen er høyt proteininnhold som gjør at brøddeigen hever seg og ikke faller sammen ved steking.

Bedre brød med sekvensert hvete

Korn som gir bedre bakst, tåler dårlig vær og er motstandsdyktig mot sykdom. Det er viktige mål i et internasjonalt samarbeid om å kartlegge det enorme arvestoffet til hvete.

Får du ikke helt dreisen på brødene? Med vitenskapen i ryggen kan du hevde at det ikke nødvendigvis er din feil. Det er nemlig forskjell på hvetemelets bakeegenskaper.

– Utfordringene knyttet til hvete er ulike fra land til land. I Norge er vi spesielt opptatt av å utvikle korn med enda bedre bakeegenskaper, forteller professor Odd-Arne Olsen ved Universitetet for miljø- og biovitenskap.

Han leder den norske biten av et internasjonalt prosjekt som skal kartlegge det samlede arvestoffet, eller genomet, til brødhvete.

Ikke genmanipulering

– Hvis vi kjenner gensekvensen i et genom, har vi et godt utgangspunkt for

å forstå hvilke gener som påvirker hvilke egenskaper. Da kan vi utvikle redskaper for å plukke ut planter med de egenskapene vi ønsker å foredle. Det er ikke snakk om genmanipulering, understreker Olsen.

Planteforedlingsfirmaet Graminor AS som er samarbeidspartner i prosjektet, har bidratt til at norsk hveteproduksjon har tatt seg kraftig opp de siste 20 årene. Men de varslede klimaendringene byr på store utfordringer.

– Det betyr at sykdomsangrepene vil øke, og vi må derfor foredle korn med bedre sykdomsresistens. Slike gener er allerede funnet, og nye vil trenge i framtida, forteller Olsen.

Fem ganger større

Menneskets arvestoff ble i hovedtrekk kartlagt allerede for ti år siden. Forklaringen på at vi ennå vet relativt lite om hvetegenomet, er overraskende nok at det er så avansert.

– Genomet til hvete er faktisk fem ganger større enn vårt, og vi har tidligere ikke hatt gode nok metoder for sekvensering. Med dagens teknologi satser vi på å ha kartlagt genomet innen fem år, sier Olsen.

Resultatene fra prosjektet skal brukes internasjonalt, og vil også være tilgjengelig for utviklingsland, som har spesielt stort behov for å forbedre hveteproduksjonen. ■



Hvorfor er grønt skjønt?

Kroppens egne antioksidanter er avgjørende for en god helse. Men er antioksidanter fra maten like nyttige? Selvlýsende mus kan gi svaret.

Vi vet at et plantebasert kosthold med mye frukt og grønnsaker er sunt. Men hvorfor er det sunt? Og er alle matplanter, frukt og grønnsaker like sunne?

– Vår hypotese er at effektene er knyttet til antioksidanter. De reduserer oksidativt stress i cellene, som er en grunnleggende sykdoms- og aldriingsmekanisme, forteller Rune Blomhoff, professor i ernæring ved Universitetet i Oslo.

Kroppens eget antioksidantforsvar sørger for at cellene holder seg friske og motvirker sykdom. Men til tross for mye positiv omtale, vet vi faktisk ikke om antioksidanter i maten kan støtte kroppens eget forsvar. Dette prøver Blomhoff og kollegene å finne svar på. Selvlýsende mus spiller en nøkkelrolle.

Fra mus til menneske

På midten av 1990-tallet utviklet nemlig Blomhoff og hans medarbeidere en revolusjonerende metode hvor gener fra selvlýsende sankthansormer sprøytes inn i mus. Insektgenet kan kobles til musegener som forskerne vil studere. Avbildningsteknologi gjør det mulig å se når insektgenet lyser, og da vet man også at musegenet det er festet på, er aktivt.

Hvis man så utsetter mus for oksidativt stress og samtidig gir dem mat med høyt innhold av antioksidanter, kan man se hvordan genene reagerer.

Oslo-forskerne har vist at enkelte matvarer, som kaffe, bær, krydder og nøtter, har en positiv innvirkning på musegener. Nå prøver de å finne ut om

det også har effekt på sykdommer disse genene regulerer, som tarmkreft og prostatakreft, i både mus og mennesker.

– Det er en lang vei å gå før vi kan fastslå at det er sunt å spise antioksidanter. Hvilken virkning antioksidanter har på genene er én ting, en annen er hva som skjer i et organ. Funn fra mus kan heller ikke direkte overføres til mennesker, understreker Blomhoff.

Han påpeker også at antioksidanter er en stor gruppe ulike forbindelser som ikke alle nødvendigvis har en effekt, og at riktig kombinasjon av antioksidanter kan være avgjørende. ■



Både rognebær, hyllebær og bjørnebær er gode antioksidantkilder, men nype troner alene på antioksidanttoppen.



Foto: Shutterstock

«Vår evne til å studere DNA-molekylet
har gjennomgått en liten revolusjon.»

Eli Grindflek

Les mer på side 4

Norges forskningsråd
Stensberggata 26
Postboks 2700 St. Hanshaugen
NO – 0131 Oslo

Telefon: + 47 22 03 70 00
Telefaks: + 47 22 03 70 01
post@forskningsradet.no
www.forskningsradet.no

Utgiver:
© Norges forskningsråd

ISBN TRYKK 978-82-12-02973-6
ISBN PDF 978-82-12-02974-3
ISSN 1891-8980