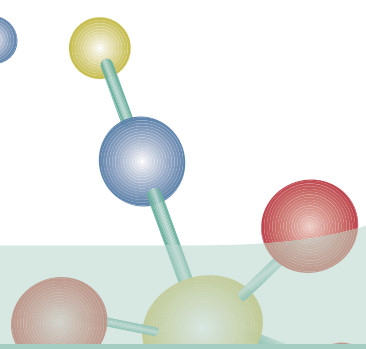
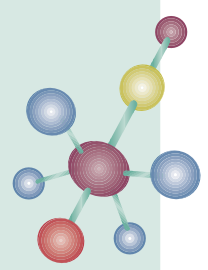
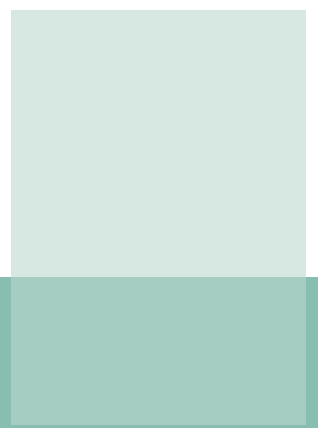
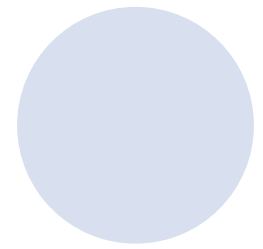
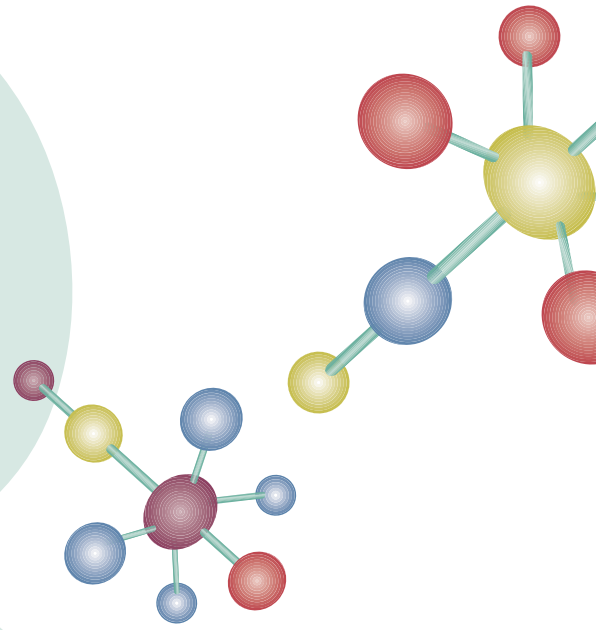


Biotekniken nu och i framtiden



Biotekniken

nu och i framtiden

Delegationen för bioteknik (BTNK) är ett av statsrådet tillsatt rådgivande expertorgan i frågor angående bio- och genteknik.

Förhandlingsdelegationens uppgifter är definierade i genteknikförordningen (928/2004). Delegationens uppgifter som rådgivande organ är:

1. att befrämja samarbetet mellan myndigheter, branschens forskning och övriga aktiva inom bioteknik- och speciellt genteknikbranschen och att ansvara för information och utbildning;
 2. att följa med och befrämja internationellt samarbete inom biotekniken;
 3. att följa med speciellt genteknikens utveckling, forskning samt hälso- och miljöpåverkan.
 4. att befrämja beaktandet av etiska synpunkter inom gentekniken;
- Samt
5. att sköta om andra uppgifter angående bioteknik givna av ministerierna.



En översättning av delegationens publikation "Biotekniikka nyt ja tulevaisuudessa" (2005)

© Delegationen för bioteknik och författarna
ISBN 952-002234-1 (PDF)

Artiklarna avspeglar i första hand författarnas egna åsikter.

Layout: AT-Julkaisutoimisto Oy

Innehållsförteckning



Allmänhetens inställning till genteknik <i>Helena von Troil</i>	5
Tänk själv: En etisk orienteringsmodell <i>Helena Siipi</i>	7
Försiktighetsprincipen <i>Marko Ahteensuu</i>	12
Den moderna biotekniken och medicinsk vård i framtiden <i>Marjut Ranki-Pesonen</i>	14
Industriell bioteknik <i>Hans Söderlund och Niklas von Weymarn</i>	19
Grön genteknik <i>Reetta Kettunen, Sebastian Hielm och Jari Valkonen</i>	22

Publikationer utgivna av delegationen för bioteknik

Broschyrer

Ihmisen kantasolut, kloonaus ja tutkimus (2003).
Publicerad i samarbete med de nationella etiska delegationerna.

Tutkimuksen eettinen arviointi Suomessa (2006)
/ Etisk utvärdering av forskning i Finland (2006)
Publicerad i samarbete med de nationella etiska delegationerna.

Memoranda, utlåtanden, ställningstaganden, betänkanden

Mietintö muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselo (2004).

Lausunto ehdotuksesta valtioneuvoston asetukseksi muuntogeenisistä elintarvikkeista ja rehuita annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1829/2003 voimaantulosta (2004).

Lausunto Hallituksen esityksestä Eduskunnalle laiksi koe-eläintoiminnasta ja laiksi eläinsuojelulain muuttamisesta (2004).

Muistio kansalaisten kuulemisesta direktiivin 2001/18/EY mukaisesti kun geneettisesti muunnettuja organismeja levitetään tarkoituksellisesti muussa kuin markkinoille saattamisen yhteydessä (2003).

Lausunto kauppaja- ja teollisuusministeriölle koskien EU:n komission ehdotusta lisäohjeista koskien rahoituksen myöntämistä tutkimuksen 6. puiteohjelmasta ihmisalkioiden kantasoluja käyttäville tutkimushankkeille (2003).

Lausunto maa- ja metsätalousministeriön työryhmän ehdotuksesta geeniteknikastrategiaksi ja toimenpideohjelmaksi vuosiksi 2003–2007 (2003).

Lausunto sosiaali- ja terveysministeriölle hallituksen esityksestä eduskunnalle laiksi geeniteknikastrategian muuttamisesta sekä valtioneuvoston asetuksesta geeniteknikastrategian muuttamisesta (2002).

Eettinen kannanotto Pharming Oy:n 13.9.1999 Geeniteknikan lautakunnalle esittämiin kysymyksiin (2000).

Mietintö geeniteknikalla muunnettujen organismien markkinointiluvista (2000).

Kannanotto muutosehdotukseen, joka koskee patenttilakia ja lakia kasvinjalostajanoikeudesta (29.11.1999).

Lausunto maa- ja metsätalousministeriölle koe-eläintoimintaa koskevasta asetusluonnoksesta (27.10.1999).

Muistio: Kannanottoja Euroopan parlamentin kommentteihin direktiivi 220 osalta (30.9.1999).

Lausunto hallituksen luonnoksesta hallituksen esitykseksi laiksi geeniteknikastrategian muuttamisesta sekä luonnoksesta sosiaali- ja terveysministeriön esitykseksi tasavallan presidentille asetukseksi geeniteknikastrategian (821/1995) muuttamiseksi perustelumustioineen.

Toinen muistio ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi geneettisesti muunnettujen organismien tarkoituksellisesta levittämisestä ympäristöön annetun direktiivin 90/220/ETY muuttamisesta (1998).

Muistio ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi geneettisesti muunnettujen organismien tarkoituksellisesta levittämisestä ympäristöön annetun direktiivin 90/220/ETY muuttamisesta (1998).

Muistio sosiaali- ja terveysministeriölle: "Geeniteknikastrategian mukaisten ilmoitusasiakirjojen luotettavuus" (1997).

Muistio ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja Neuvoston direktiiviksi bioteknologisten keksintöjen oikeudellisesta suojasta (1997).

Muistio uusielintarvikkeista ja geeniteknikasta (1996).

Publikationer tillgängliga

<http://www.bioteknikkanneuvottelukunta.fi/julkaisu.htm>

Allmänhetens inställning till genteknik

Genändrade produkter är svåra att finna på de finska supermarketarnas hyllor trots att man med hjälp av genteknikens metoder utvecklat ett flertal odlingsväxter som lämpar sig för livsmedelsproduktion. Sådana här produkter är t.ex. tomatpuré som sparar produktionsenergi, öl som innehåller genändrad majs samt många sojaprodukter, vars råvaror är genändrade sojaarter som tål ogräsbekämpningsmedel. I Europa är inställningen till produkter, och speciellt livsmedel, som utvecklats med ny genteknik mycket förbehållsam. I USA har man däremot redan länge haft genändrade produkter på marknaden och de har också varit populära.

Modern bioteknik, alltså genteknik, används mycket även inom medicinen. En stor del av de nya medicinerna utvecklas eller produceras med hjälp av genteknik. Ett bra exempel är insulinet som nu för tiden produceras med hjälp av genändrade mikrober. Förut användes ett insulin som härstammade från djur och som isolerats från djurs bukspottskörtlar. Gentekniken gjorde det möjligt att i mikrober producera ett insulin som motsvarar människans. Detta humaninsulin har även i Finland användts i över 10 år.

I Finland har inställningen till genteknikens medicinska tillämpningar varit mycket positivare än till livsmedelstillämpningar.

Många faktorer inverkar på hur allmänheten accepterar genändrade produkter. Det är ju frågan om en ny, revolutionerande teknik som fick sitt genombrott på 1980-talet. De flesta av

oss har inte läst om genteknik i skolan, knappast ens om gener, och vi förstår inte riktigt vad det är frågan om i denna nya kontroversiella teknologi. I den allmänna diskussionen har det framgått att "lekmännen" tycker att de som utvecklat produkterna antagit en roll som egentligen inte är till för dem: de "leker gud" och flyttar gener från en art till en annan.

Det har talats mycket om genteknikens risker. Fastän inga skadliga effekter har konstaterats väcker genteknikens eventuella risker för människans hälsa och miljön många frågor och oro. I riskdiskussionerna har det framgått att lekmannens uppfattning om skadlighet och risker skiljer sig markant från experternas uppfattning. Detta har lett till att när riskerna diskuterats har experterna inte svarat på lekmannens frågor på ett förståeligt sätt.

När genändrade växter utvecklas behövs så kallade markörgener med hjälp av vilka man kan skilja lyckade genöverföringar, alltså genändrade växter, från de växter där genöverföringen misslyckats. De vanligaste markörgenerna är gener som ger antibiotikaresistens, och de används närmast för att de är välkända och därför praktiska. Detta är ett bra exempel på den förutnämnda skillnaden mellan lekmannens och experternas riskuppfattningar: då forskarna anser att användningen av sådana markörgener är helt säker, förstår lekmännen inte detta utan är oroliga över att markörgenerna kan vara farliga.

Än så länge har största delen av de egenskaper som flyttats till odlingsväxter varit

sådana att de inverkar på växtens odlings-egenskaper. De modifierade sorterna tål ogräsbekämpningsmedel och skadeinsekter bättre. Odlingen av dessa sorter är lättare och kräver mindre produktionsresurser, såsom bekämpningsmedel. Först och främst bönderna drar alltså nytta av dessa arter. Konsumenten drar nytta av dem indirekt, då den genändrade produkten är miljövänligare eller billigare än den traditionella produkten.

Redan i mitten av 1970-talet började man tala om genteknikens möjliga risker - det var ju fråga om en ny och okänd teknik. Diskussionen ledde så småningom till utvecklingen av lagstiftning, vars mål var att minimera teknikens eventuella risker. I USA utgår riskbedömningen från den nya produktens egenskaper, i Europa från den använda tekniken.

Användningen av genteknik är noggrant reglerad inom den Europeiska Unionen. Verksamheten är beroende av tillstånd ända från forskning till produktutveckling och försäljning. Under tillståndsprocessen lyssnar man även på allmänhetens åsikt. Konsumentförpackningarna måste vara klart märkta om produkten består av genändrade organismer eller innehåller sådana. På detta sätt har konsumenten möjlighet att välja mellan en genändrad produkt och en produkt som inte innehåller genändrade beståndsdelar. Så länge man inte kan köpa genändrade produkter i butikerna finns det heller ingenting att välja mellan. Konsumentens möjlighet att välja innefattar ju bara de produkter som bjuds ut till försäljning.

Massmedierna inverkar mycket på människors inställning till genteknik. De frågor

som behandlar den nya tekniken har under det senaste decenniet fått stor uppmärksamhet. Det har ofta rapporterats om genombrott inom forskningen men också riskerna har fått mycket spaltutrymme. Diskussionen har varit speciellt intensiv i Storbritannien, och den har avspeglats även i Kontinentaleuropa och i Finland. Den offentliga diskussionen, speciellt i medierna, tar gärna fasta på kontroversiella ämnen, och gentekniken är idealisk i detta hänseende. Många experter har gett utlåtanden och skrivierna har fått stora rubriker. Skribenternas sakkunnighet har ändå varit varierande vilket har förorsakat förvirring. I den offentliga diskussionen har man mestadels koncentrerat sig på genteknikens eventuella skadliga effekter, och det budskap som förts vidare har snarast varit att genteknik är något farligt som man bör förhålla sig misstänksamt till.

Gentekniken har ändå använts framgångsrikt i över 30 år och i USA har det redan länge funnits genändrade produkter på marknaden. Man satsar hela tiden på forskning och nya produkter väntar på att få komma in på den europeiska marknaden. Inom den Europeiska Unionen har en omfattande lagstiftning tagits i bruk, som gör att det behövs tillstånd för att ta in nya produkter på marknaden. Genteknikens för- och nackdelar vägs från fall till fall. Under årens lopp har en stor mängd forskningsresultat och erfarenheter av genteknik ackumulerats. Information om gentekniken och dess möjligheter har distribuerats på olika tillställningar, i tryckalster och på internet. Genom att bekanta sig med den information som finns kan var och en av oss göra val baserade på vår egen kunskap. ●

Tänk själv: En etisk orienteringsmodell

De flesta människor har moraliska synsätt. Vi anser att vissa verksamhetsätt är moraliskt sådana att de måste fördömas, accepterar vissa och anser vissa vara speciellt berömliga. Våra moralsynsätt hör ihop med många av livets områden: mat, förökning, barnuppfostran, arbete och fritid. En del av våra moraliska synsätt gäller biotekniken och dess tillämpningar.

Bioteknikens utveckling och innovationer väcker nya frågor angående moral. När genöverföringar blev möjliga i praktiken medförde det moraliska funderingar- och menings- skiljaktligheter angående dess acceptabilitet. De etiska problemen kan variera. Moraliska osämjor föds då människorna är av olika åsikt angående acceptabiliteten av en bioteknisk tillämpning. Å andra sidan vet vi inte heller själva alltid hur vi skall förhålla oss till en bioteknisk tillämpning. I fråga om problem, som har att göra med beslutsfattande, går inte de moraliska synsätt vi antagit alltid att tillämpa på den nya biotekniken. Ibland bildar människor moraliska uppfattningar angående bioteknik utan att de har någon grund för sin åsikt. Då uppstår motiveringsproblem: hur skall jag motivera det synsätt jag har för mig själv och andra.¹

De moraliska synsätt och motiveringar som anknyter till biotekniken kan till sin natur vara antingen ovillkorliga, alltså kategoriska, eller villkorliga. De kategoriska moraliska synsätten- och motiveringarna gäller i alla situationer oberoende av hur världen omkring oss förändras. Många anser t.ex. att människokloning är kategoriskt fördömligt. Enligt dem är människokloning alltid och

ovillkorligen fel. Villkorliga åsikter och motiveringar gäller i vissa situationer. Många motiverar t.ex. förbudet mot genterapi som verkar på könscellerna med att åberopa dess riskfylldhet. Motiveringen är villkorlig, för om riskerna (t.ex. i framtiden) kunde elimineras, skulle genterapi som inverkar på könscellerna bli acceptabel. I moraliska diskussioner är det viktigt att skilja på kategoriska och villkorliga motiveringar.

Moral, experimentell forskning, religion och känslor

Hur kan moraliska frågor lösas? Moraliska frågor kan inte lösas endast genom att iakttä världen. Inte ens de noggrannaste mätinstrumenten kan ens i princip berätta vad som är moraliskt rätt. Gallupresultat kan heller inte ge svar på moralfrågor. De berättar hurudana moralsynsätt människor har, inte hurudana moralsynsätt som är bra och motiverade.

Det är vanligt att man i moralfrågor söker svar i religionen. Religiösa grunder behöver ändå inte övertyga personer, vars övertygelse är olik den religions som framförs som motivering. Många vill heller inte falla tillbaka på någon religion eller -ism då de begrundar

¹ Pietarinen och Launis 2002, 50–51

moralfrågor angående bioteknik. Å andra sidan kan en person som accepterar en religion som sin utgångspunkt ändå kräva även ickereligiösa argument som stöd.

Till våra moralsynsätt hör ofta starka känslor av avsky. Tanken på att föda upp människoorgan i genmanipulerade djur har t.ex. väckt avsky hos människor. Känslor av avsky berättar dock inte vad som är rätt eller fel. Det är klart att allting som vid första anblick väcker känslor av avsky inte är moraliskt fördömligt. Blodtransfusioner har säkert till en början verkat motbjudande. Filosofen Mary Midgley anser ändå att även våra känslor är moraliskt viktiga och säger att de är en viktig del av det moraliska livet. Då vi på allvar bedömer att något är moraliskt fel, ingår ofta en motbjudande känsla till bedömningen.² Känslor av avsky borde och skall tas på allvar. Det, att något uppväcker känslor av avsky hos en människa kan fungera som en ledtråd som avslöjar att någonting är moraliskt suspekt.³ Känslor av avsky kan också anses vara så kallade moraliska trafikljus, som får oss att stanna upp och begrunda vad det är som förorsakar dessa känslor och ta reda på om de har att göra med moraliska omständigheter som bör uppmärksammas. Det kan hända att känslan fört oss på spåren till en moralisk orättvisa, men det är också möjligt att känslan beror på något annat, som t.ex. på att vi anser saken vara främmande och konstig (eller vår egen trångsynthet).⁴

Etikens metoder

Konsekvens och okontroversiellhet

Moralfrågor kan alltså inte lösas (åtminstone enbart) genom att iaktta världen eller genom att vädja till religion eller våra känslor. Hur skulle vi då kunna få svar? Den filosofisk-etiska problemlösningen stöder sig på okontroversiellhetens och konsekvensens principer. Då en person strävar efter att få reda på om han kan acceptera något moralsynsätt, jämför han detta moralsynsätt med andra moralsyn-

sätt, -regler och -teorier han redan accepterat. Målet är då att bilda en okontroversiell och konsekvent helhet av moralsynsätt. Då han t.ex. begrundar frågan om man kan acceptera stamcells forskning gjord med människofoster kan personen jämföra stamcells forskning med sina åsikter om preventivmedel, abort och konstgjord befruktning. Då är det väsentligt att fråga sig om stamcells forskning gjord med människofoster på något moraliskt viktigt sätt skiljer sig från sådana procedurer som personen anser moraliskt acceptabla eller fördömliga. Om inga stora skillnader går att finna, bör han i okontroversiellhetens namn anta en likadan moralisk åsikt beträffande verksamhetsätten.

Varför är okontroversiellheten och konsekvensen hos våra moralsynsätt viktiga? Okontroversiellhet och konsekvens är viktiga därför att två kontroversiella åsikter inte båda kan vara sanna eller åtminstone på en gång acceptabla. Det kan inte vara så att t.ex. genändring av potatis (i samma sammanhang) är både moraliskt rätt och moraliskt fel. Om de moralsynsätt vi accepterar leder till dessa båda slutresultat, måste vi ändra våra moralsynsätt. Det här betyder inte att de moralsynsätt vi accepterar aldrig sinsemellan kunde leda åt olika håll. Som exempel kan man ta att de inom hälsovården allmänt accepterade principerna om uppehållandet av liv och respekten för en patients självbestämmerätt kan leda en läkare åt olika håll i en situation där patienten vägrar ta emot vård. Det här betyder inte att någondera principen helt borde förkastas. Snarare borde man till det etiska systemet lägga till information om vilkendera principen som är mera gällande i vilken situation. Det är viktigt att komma ihåg att endast logisk okontroversiellhet och konsekvens inte är tillräckligt för att ett system av moralsynsätt skall accepteras. Till okontroversialiteten bör även moralföreställningarnas innehåll läggas till. Ett system av moralföreställningar som accepterar åsikten att småbarn får torteras på skoj är inget bra system, hur okontroversiellt och konsekvent det än är.

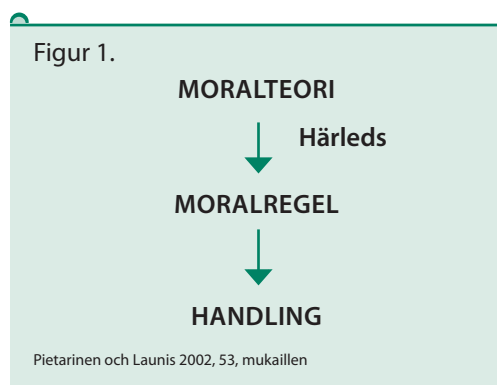
² Midgley 2000, 9

³ Streiffer 2003, 38; Thompson 2003, 27–28

⁴ Midgley 2000, 9; Räikkä och Rossi 2004, 80

Ingenjörsmodellen

Det finns åtminstone tre olika modeller för hur bearbetningen av ett moralsystem kan ske. Alla modeller grundar sig på tanken att våra moraluppfattningar varierar i hur allmänna de är. Moralteorier är avsedda att ge rätt allmänna svar på moralfrågor. Moralregler är tillämpningar av teorierna som rör en viss typ av situationer och ger exaktare svar på hur man skall gå till väga. Till exempel "man får inte ge genterapi åt en patient utan dennas medgivande" och "kloning av människor är inte acceptabelt" är moralregler. Den så kallade uppifrån ner -strategin, eller etikens ingenjörsmodell har som idé att man från moralteorin leder moralregler. Utgångspunkten är alltså en abstrakt moralteori från vilken man går vidare via regler mot ett moraliskt riktigt praktiskt handlande.⁵ Slutsatsen härleds alltså på det sätt figur 1 visar.

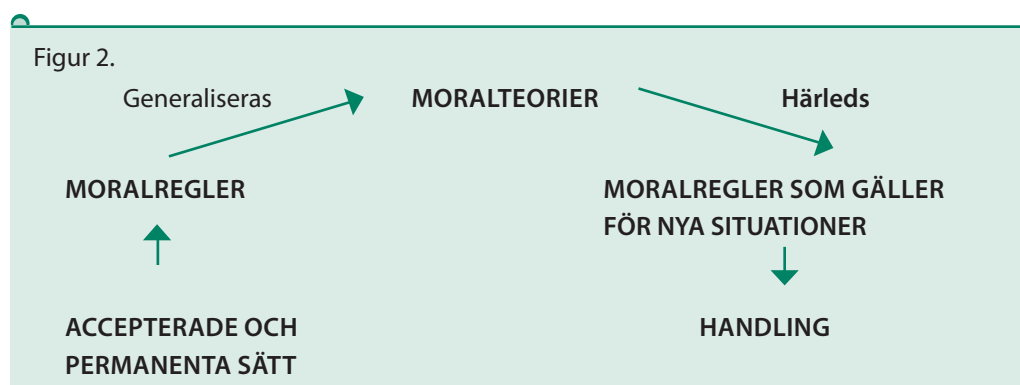


Tillämpningen av ingenjörsmodellen vid lösningen av moralfrågor kan dock visa sig vara problematisk. Det är inte alls klart att det inte överhuvudtaget finns överalltgällande moralteorier och, fast det skulle finnas en allmängiltig moralteori, finns det åtminstone ingen enhällighet om dess innehåll och natur.⁶ Om vi inte känner moralteorin kan vi heller inte härleda moralregler och riktig praktisk handling ur dem.

Uppifrån ner -modellen

I uppifrån ner -modellen framskrider moralhärledningen i motsatt riktning än jämförelse med ingenjörsmodellen.⁷ Den moraliska härledningen utgår från de beteenden och moralregler människorna accepterat. Från dessa generaliserar man en täckande moralteori. För att uppifrån ner -modellen skall vara intressant för lösningen av nya praktiska moralfrågor, måste man till den lägga ett sätt att tillämpa generaliserade moralteorier till nya situationer, likt det i ingenjörsmodellen. Då sker den moraliska härledningen på det sätt figur 2 visar.

Problemet med uppifrån ner -modellen är att de moralåsikter som fungerar som grund inte alls ifrågasätts. Hur vet vi då att de är acceptabla?



⁵ Beauchamp och Childress 1994, 14; Pietarinen och Launis 2002, 52–53

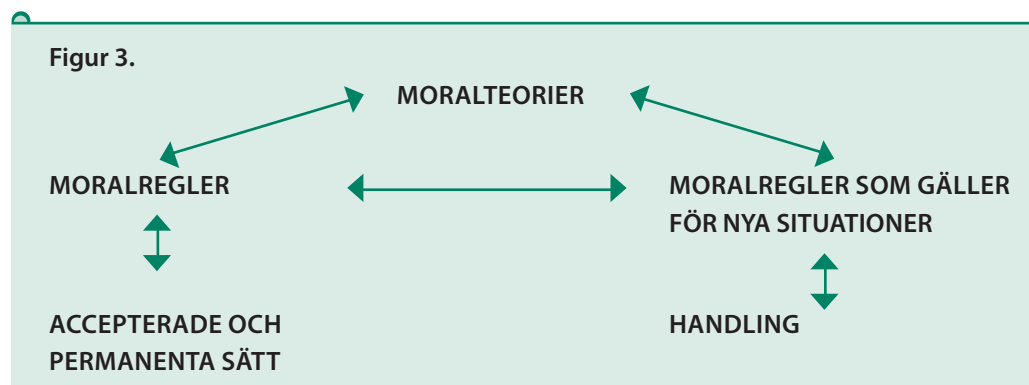
⁶ Pietarinen och Launis 2002, 53

⁷ Beauchamp och Childress 1994, 17–18

Koherensteorin

Den tredje modellen för modifiering av moralsystemet kallas koherensteorin. Enligt koherensteorin framskrider härledningen mera mångsidigt än i de två tidigare framförda modellerna. Koherensteorins slutsattsdragning går både uppifrån ner och nerifrån upp, men den framskrider är inte lika direkt som i uppiifrån och ner - modellen. I koherensteorin börjar man från så kallade genomtänkta värderingar, som kan vara moralsynsätt på vilken nivå som helst - alltså moralteorier, -regler eller permanenta sätt. Det gemensamma med de övertänkta värderingarna är att de är rätt allmänt godkända och rentav moralåsikter som anses vara självklarheter. Från de begrundade värderingarna härleder man och generaliserar man till de andra nivåernas moraluppfattningar och sedan igen tillbaka till de övertänkta värderingarna, tills systemet i sin helhet är konsekvent, okontroversiellt och i detta syfte acceptabelt. Dessutom kan härledning ske direkt mellan moralreglerna utan att en täckande moralteori bildas.⁸ Också de ursprungliga övertänkta värderingarna - vilken nivå av moralsynsätt de än hör till - kan i processen bli mål för bearbetning. Härledningen sker alltså enligt figur 3.

En moralslutsattsdragning som sker enligt koherensteorin kan t.ex. utgå från den begrundade värderingen att kontraktsparten måste berätta all den information de innehar som är väsentlig för kontraktet. I praktiken betyder denna moralregel att t.ex. en som tar en sjukförsäkring måste uppge all information om sitt hälsotillstånd. Men gäller regeln även för resultat av gentest? Då man svarar på denna moralfråga jämförs geninformationen med annan information som gäller hälsa. Om man kommer till slutsatsen att det mellan geninformation och annan hälsoinformation inte finns några moraliskt relevanta skillnader, accepterar man att regeln som var utgångspunkt gäller även för geninformation. Om man däremot hittar moraliskt relevanta skillnader, bildar man på basen av dessa en för den nya situationen - alltså gentest- gällande ny moralregel. Den nya moralregeln styr inte enbart den praktiska verksamhet som hör till gentestning, utan på basen av denna kan man även vara tvungen att bearbeta den ursprungliga begrundade värderingen, andra moralregler, moralteorier och synsätt om acceptabel praktisk verksamhet.



⁸ Beaucham och Childress 1994, 20–21; Daniels 1996, 338

Etikens grund

Ofta beskylls den diskussion som förs om moral för att vara oförnuftig genom att man konstaterar att det inte finns någon objektiv eller allmängiltig etik. Moralsynsätt är endast människans uppfinningar. Den etiska diskussionens förnuftighet förutsätter ändå inte existensen av en allmängiltig etik som är oberoende av människan. Fastän etiken skulle bero helt på människan kan vi alltid föra en etisk diskussion inom ramen för det etiska system som råder i vårt samhälle och vår grupp, eller som vi själva tror på. Oberoende av moralens grund i världen, har samhällen, grupper och individer olika system för moralsynsätt. Är det inte då rationellt att försöka göra dessa system så fungerande som möjligt? ■

roende av människan. Fastän etiken skulle bero helt på människan kan vi alltid föra en etisk diskussion inom ramen för det etiska system som råder i vårt samhälle och vår grupp, eller som vi själva tror på. Oberoende av moralens grund i världen, har samhällen, grupper och individer olika system för moralsynsätt. Är det inte då rationellt att försöka göra dessa system så fungerande som möjligt? ■

Litteraturhänvisningar

Beauchamp, T. L. and Childress, J. F. *Principles of Biomedical Ethics*. New York: Oxford University Press, 1994.

Daniels, N. *Justice and Justification: Reflective Equilibrium in Theory and Practice*. New York: Cambridge University Press, 1996.

Midgley, M. "Biotechnology and Monstrosity: Why We Should Pay Attention to the "Yak Factor"". *Hastings Center Report* 30 (2000), 7–15.

Pietarinen, J. ja Launis, V. "Etiikan luonne ja alueet". Teoksessa Karjalainen, S., Launis, V., Pelkonen, R. ja Pietarinen, J. (toim.) *Tutkijan eettiset valinnat*. Helsinki, Gaudeamus, 2002.

Räikkä, J. ja Rossi, K. "Bioethics and the Moral Significance of "Gut Feelings"". *Turkiye Klinikeri Journal of Medical Ethics* 12 (2004), 79–82.

Scientific American Frontiers. "The Bionic Body: The Body Shop". In [www-pages http://www.pbs.org/saf/1107/features/body.htm](http://www.pbs.org/saf/1107/features/body.htm) Streiffer, R. "In Defence of the Moral Relevance of Species Boundaries. *American Journal of Bioethics* 3 (2003), 37–38.

Thompson, P. B. "Unnatural Farming and the Debate over Genetic Manipulation". In Galston, W. A. (ed.) *Genetic Prospects: Essays on Biotechnology, Ethics, and Public Policy*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 2003.

Försiktighetsprincipen

I ett tillstånd av osäkerhet eller okunskap är det motiverat att vara försiktig. En gammal folkvisdom säger att det ofta är på sin plats att förbereda sig för otrevliga överraskningar. Försiktighetsprincipen som används i kontroll av miljö- och hälsorisker avspeglar detta synsätt. Enligt den skall osäkerhet angående vissa risker och skadehot inte användas som grund för att framskjuta ibruktagandet av preventiva åtgärder. Man måste avhålla sig från att använda teknologi om det är troligt att det leder till orimliga miljö- eller hälsoskador.

Försiktighetsprincipen är framförallt en rättslig princip, och till den åberopas i miljö- och hälsolagstiftning samt i tolkningar av dessa. Principen är vidt accepterad: Den ingår t.ex. i Kanadas, Tysklands och Finlands lagstiftning. Principen har även en viktig ställning i EU:s miljö- och hälsopolitik. Därtill har man i många internationella kontrakt och deklARATIONER förbundit sig att följa principen.

Man strävar efter att försäkra sig om den moderna bioteknologins säkerhet genom effektiv riskbedömning, riskkontroll och information om risker. Försiktighetsprincipen är en viktig del av riskkontrollen av användningen av bioteknologi. Man har åberopat den speciellt i samband med genteknisk matproduktion. Den förnyade finska gentekniklagen (2004) innehåller försiktighetsprincipen i sitt första moment. EU:s direktiv 2001/18/EG grundar sig på försiktighetsprincipen och gäller avsiktlig utsättning av genändrade organismer i miljön samt deras utsläpp på marknaden.

Det har blivit en vana att skilja på svag och stark tolkning av försiktighetsprincipen.¹ Den starka tolkningen kännetecknas av be-

toningen av okunskap och de värsta prognoserna, ovillkorliga förbud samt ett krav på en vändning av den vetenskapliga och juridiska bevisbördan. Det sistnämnda hänvisar till riskundersökningens "rätta" metodiska val samt till vem som skall bevisa teknologins farlighet eller ofarlighet. Enligt den starka tolkningen borde förorsakaren av skadehotet bevisa riskfriheten av den teknologi han använder: ibruktagandet och användningen av en teknologi borde förbjudas om man inte är övertygad av dess säkerhet. Vissa miljö- och konsumentorganisationer har t.ex. väddat till en stark tolkning av principen för att berättiga ett världsomfattande förbud mot genändrade organismer. Till den starka tolkningen hör vissa klara problem, som t.ex. det i praktiken omöjliga kravet på nollrisk. Eftersom det i all verksamhet i sista hand ingår risker kan total riskfrihet endast vara ett eftersträvanvärt ideal.

Enligt den svaga tolkningen behöver försiktighet inte innebära förbud mot att ta i bruk och använda teknologin, utan endast begränsningar samt föregripande åtgärder så som mera forskning eller en skyldighet att märka produkterna. Till skillnad från den

Författaren förbereder sin doktorsavhandling på Turun yliopisto

¹ Morris, 2000, 1

starka tolkningen är en osäkerhet angående följderna av användningen av teknologin inte i och för sig en orsak för att förbjuda verksamheten, utan ett förbud kräver även andra grunder. Dessutom skall försiktighet utövas i proportion till för- och nackdelarna med verksamheten och dess alternativ. Enligt tolkningen skall man försäkra sig om säkerheten med användningen av modern bioteknik med tillräckliga, kostnadseffektiva förutspående åtgärder, inte ovillkorliga förbud. Man ofta ansett den ståndpunkt som framfördes på Förenta Nationernas miljö- och

utvecklingskonferens i Rio de Janeiro (Rio Declaration 1992) är ett grundexempel på den svaga tolkningen.

Försiktighetsprincipen har även blivit utsatt för kritik. I olika rättskällor finns olika formuleringar av principen, och att exakt definiera den verkar vara problematiskt.² Detta har försvårat en konsekvent användning av principen som hjälpmedel för riskkontroll. Trots de problem som anknyter till den rätta tolkningen av försiktighetsprincipen och dess användning är principens grundidé och dess betydande ställning allmänt accepterade. ■

Litteraturkällor



- Commission of European Communities. (2000). *Communication on the Precautionary Principle*.
- Manson, N. A. (2002). "Formulating the Precautionary Principle". *Environmental Ethics* 24: 263–274.
- Morris, J. (2000). "Defining the Precautionary Principle". Teoksessa Morris, J. (toim.) *Rethinking Risk and the Precautionary Principle*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Parker, J. (1998). "Precautionary Principle". Teoksessa Chadwick, R. (toim.) *Encyclopedia of Applied Ethics* 3. San Diego: Academic Press.
- Rio Declaration on Environment and Development (1992)*.
- Treaty on European Union (1992, lisätty artikla 174§)*.
- Trouwborst, A. (2002). *Evolution and Status of the Precautionary Principle in International Law*. London: Kluwer Law International.

² Manson 2002, 263

Den moderna biotekniken och medicinsk vård i framtiden

Talserien 35, 27, 24, 17, 21 har blivit bekant för människor som kämpar med läkemedelsindustrins lönsamhet. Talen avbildar de nya medicinmolekyler som fått försäljningstillstånd de senaste fem åren. Riktningen är sjunkande och nya, till miljardförsäljning nående mediciner kommer allt mer sällan. Var är felet?

Medicinutvecklingens utmaningar

I läkemedelsindustrins närhistoria finns framgångshistorier sett ur både patienternas och industrins synvinkel. Mängden läkemedel som inverkar på hjärt- och kärlsjukdomars utveckling och prognoser har vuxit (ACE-inhibitor, AT-receptorblockerare) och statinmedicinerna som effektivt sänker hög kolesterolhalt har stigit in i bilden. För magsårsproblemet finns en grupp effektiva protonpumpsinhibitorer. Dessa exempel hör till de så kallade "blockbuster"-läkemedlen. De används av en enorm mängd människor vilket leder till att försäljningen stiger till flera miljarder dollar per år. Nya liknande uppfinningar kommer allt mer sällan ut på marknaden. Nu frågar man sig om blockbusterarnas tid är förbi?

Kanske är det så att läkemedelsutvecklingens uppenbara mål börjar vara utnyttjade. Nu behövs nya idéer och medel för utvecklingen av den medicinska behandlingen för de stora läkarvetenskapliga problem som ännu inte har någon lösning. Då man får reda på och förstår den genetiska information som ligger bakom många av våra folksjukdomar ger det så småningom nya idéer för hur

man skall utveckla nya mediciner. Den vård som utvecklas inverkar troligen på mindre patientgrupper än tidigare, och å andra sidan blir behandlingarna allt mera individuella.

Till läkemedelsutveckling används endast i USA över 30 miljarder dollar årligen. Med denna penningssumma stöds bl.a. grundforskning, som man hoppas skall klargöra sjukdomarnas genetiska bakgrund och avslöja läckra mål för läkemedelsutveckling.

Gentekniken – ett evigt löfte?

Den moderna biotekniken har setts som läkemedelsindustrins räddare redan i ett tjugotal år. Gentekniken möjliggjorde produktion av vissa människohormoner för medicinska ändamål, t.ex. erythropoietin som nog var känt men inte kunde produceras effektivt före genteknikens tidevarv. Erythropoietin blev senare en riktig blockbuster. Sådana här fall upphöjdes lätt till exempel på genteknikens "gränslösa" möjligheter och på detta sätt byggdes en förhastad hype upp.

Nya sjukdomsmekanismer avslöjades knappast alls under denna tid för 15–20 år sedan. Forskarna har vetat att mediciner baserade på geninformation inte kan utvecklas före det finns egentliga utvecklingsförutsättningar. En klar förutsättning är att människans genomsekvens blev färdig år 2003. För två år sedan offentliggjordes ordningen på människornas två miljarder baser i sin helhet. Nu känner vi alltså hela kodbiblioteket. Vad saknas ännu? Vi förstår endast en bråkdel av våra ca. 20 000 geners verksamhet. Undersökningen av gener har avslöjat många ovanliga ärftliga sjukdomars genetiska bakgrund. Detta syns redan på de mediciner som godkännts under år 2003 (se tabellen). Gentekniken har möjliggjort framställning av de enzymer som saknas hos de få men svårt sjuka patienterna. Bakgrunden till de flesta vanliga sjukdomar som beror på flera faktorer har man dock ännu inte lyckats avslöja.¹ Till dessa hör verkliga folksjukdomar så som blodtryckssjukdomar, hjärtatinsufficiens, ateroskleros, fetma, psykiska problem, andra typens diabetes, astma och Alzheimers sjukdom.

Från geninformation till medicin- förverkligade exempel



Genomiken har redan i årtal varit en bra forskningsmetod inom cancerforskning. Därför syns de bästa exemplen på geninformationens nytta i läkemedelsutvecklingen idag som nya, exaktare cancermediciner med mindre

biverkningar. Under de senaste åren har t.ex. Heceptin för behandling av bröstcancer och Glivec för behandling av kronisk myelotisk leukemi kommit ut på marknaden.

Den största delen av de nya medicinerna inverkar på cancer, infektioner eller inflammationer. Dessa sjukdomars mekanismer har undersökts länge och systematiskt- redan före den egentliga genomeran. Forskningens frukter syns nu som mediciner som fått försäljningstillstånd. Den moderna biotekniken har haft en avgörande roll i utvecklingen av de förutnämnda medicinerna: På ena sidan har den möjliggjort en utveckling av nya produktionsmetoder (t.ex. enzymer och antikroppar), och andra sidan klarlagt själva sjukdomens molekylära bakgrund (cancer).

Av de i tabellen uppräknade, år 2003 godkända nya medicinerna är rättså många antikroppar eller andra proteiner. Ett par av dem är enzymer, med vilka man ersätter den enzymaktivitet som saknas vid ovanliga ärftliga sjukdomar. Dessa mediciner är avsedda för en fåtalig patientskara, vilket gör försäljningsrättsförandet kortare än vanligt (orphan drug).

Med sin frånvaro lyser ännu också de mediciner med vilka egentliga folksjukdomar som andra typens diabetes, psykiska problem och blodtrycket behandlas. De multifaktoriella sjukdomarnas nya behandlingar kräver en bättre förståelse på cellnivå än den vi har i dagsläget. Vi vet ännu inte vilka faktorer som på cellnivå som är ansvariga för sjukdomars uppkomst. Denna forskning är först i sin början.

¹ Glaizer ym. 2002

De mediciner som år 2003 fick försäljningstillstånd i USA och som baserar sig på en ny verkningsmekanism, sammanlagt 12 stycken. Sammanlagt registrerades 21 nya ursprungsmediciner.

Medicin	Verknings sätt	Användning	Medicin	Verknings sätt	Användning
Gefitinib	Inhibitor av epidermtillväxtfaktorn tyrosinkinasa	Cancer, den första metastaserade ickesmåcelliga lungcancer	Memantine	N-metyl-D-aspartat (NMDA)-receptorns antagonist. Hindrar receptorns överloppsaktivitet och skyddar på detta vis neuronerna	Alzheimers sjukdom
Bortezomib	Proteasominhibitor	Cancer, som första multipel myelom	Aprepitant	Neurokinin-1-receptorns antagonist. Neurokinin har del i spyreflexen.	Förebyggande och behandling av det illamående som hör till cancerbehandlingen
Omalizumab	En monoklonal antikropp som binder till IgE och minskar effekten av den allergiska reaktionen	Svår astma som reagerar bristfälligt på kortikosteroider	Pregvisomant	Tillväxthormonreceptorns antagonist. Människans tillväxthormons modifierade analog, som producerats med hjälp av rekombinant-DNA teknik (orphan medicin)	Akromegali
Alefacept	Fusionsprotein som binder till CD2-antigen. Deltar i T-cellsaktivering	Svår psoriasis	Agalsidase beta	Humant rekombinant alfa-galaktosidas A (orphan medicin)	Ärftlig ackumulerings-sjukdom, Fabry's sjukdom
Enfuvirtide	Syntetisk peptid bestående av 36 aminosyror som hindrar viruset från att ta sig in i cellen	HIV-1 infektion	Laronidase	Rekombinant humant alfa-L-iduronidase (orphan medicin)	Ärftliga Mukopolysackaridoser
Daptomycin	Förstör funktioner i bakteriens hölje	Inflammationer orsakade av grampositiva bakterier	Miglustat	En glukocylaramidsyntetasinhibitor som intas oralt (orphan medicin)	1. typens Gaucher's sjukdom

Läkemedelsutvecklingen under genoman

De cancermediciner som uppträder i tabellen är ett bra exempel på den nya forskningens möjligheter. När man ser på listan kan man tänka att användningsändamålen är anspråkslösa. Så är det också, men tillämpningsområdena kommer att utvidgas i framtiden. Medicinutprovningen inleds ofta i ett sådant skede av sjukdomen då det inte längre finns andra behandlingsmetoder, som t.ex. vid cancerfall där all traditionell behandling redan prövats. Om den nya

medicinen fungerar, utvidgas användningen gradvis till mindre framskridna fall, och till slut blir den nya behandlingen förstametod i behandling av denna cancer typ. Som ett bra exempel på denna strategi fungerar TNF-alfa-antikroppen mot reuma. Först godkändes den dyra behandlingen endast i fall som inte svarade på de traditionella behandlingsmetoderna. Sen användes TNF-alfa tillsammans med de traditionella behandlingsmetoderna och så småningom har medicinen tagit plats som sjukdomens första behandlingsmetod som hindrar sjukdomen från att framskrida.

Vad är farmakogenomik?

Med farmakogenomik avses användningen av genomikens metoder i alla skeden av läkemedelsutvecklingen, från upptäckten av nya mål för läkemedelsutvecklingen till användning av genetik som redskap i det kliniska programmet. I farmakogenetiken undersöks å sin sida de i de individuella generna uppträdande skillnaderna i förhållande till medicinens effektivitet och säkerhet.

Genomiken känner igen de orsaker på molekylnivå som ligger bakom sjukdomarna.

Läkemedelsutvecklingen tar tid: vägen från kandidat till nytt läkemedel på marknaden är lång. I den molekylgenetiska forskningen lokaliseras först den gen som avslöjar riskerna för en sjukdom till ett visst kromosomområde, som även innehåller flera andra gener. Genom exaktare analyser kan man lägga händerna på den egentliga skyldiga, den enskilda genen. Den lokaliserade genens verksamhet är ofta okänd, och att ta reda på dess aktivitet kan vara en lång och krävande process. För fortsättningen är det mycket viktigt att få reda på genens funktionella samband med sjukdomen.² Sjukdomens uttryck (sjukdomsbilden) kan analyseras i gnagare, från vilka den gen man är intresserad av tas bort. Alternativt kan denna gen fås att uttryckas i högre grad i de organ och vävnader man vill. Man kan artificiellt producera olika fel i genen och studera, vilken deras inverkan på sjukdomen är. Man kan också studera hur kandidatgenens funktion skiljer sig i en sjuk människas vävnader till skillnad från en frisk människas vävnader och celler.

Man måste förstå genproduktens, alltså proteinernas, roll för sjukdomsförloppet. Man måste också kunna anta att man genom att bearbeta proteinet påverkar sjukdomen. Denna information utgör grunden för läkemedelsutvecklingen. Verksamhetsvalideringen av målen är en av läkemedelsutvecklingens flaskhalsar. Läkemedelsutvecklingen behöver

en försöksmodell där medicinens verkan kan undersökas, oberoende av läkemedelsutvecklingens mål.

Ett bra exempel på ett nytt möjligt mål för läkemedelsutvecklingen är en av finska forskare upptäckt gen som predisponerar för astma. Genen kodar för det G-protein som uttrycks i luftrörens väggar.³ Man vet inte ännu på vilket sätt genen fungerar i förhållande till sjukdomen. Ett lika intressant genfel är en avvikelse som förekommer på den del av en transkriptionsfaktorgen som reglerar dess funktion, och som har samband med metaboliskt syndrom.⁴ Detta tyder på att det i bakgrunden till detta syndrom finns en störning i genernas uttryck. Hur man med mediciner skall kunna inverka på detta är en stor utmaning. Riskgener har även konstaterats ligga bakom många andra intressanta sjukdomar.⁵

Från genernas uttrycksprofil fås hjälp för att förutspå en medicins säkerhet och effektivitet

Ett av medicinutvecklingens problem är projektens dåliga förutsägbarhet. Ännu idag måste man avsluta hälften av den kliniska utvecklingens medicinexperiment på andra nivån för att medicinens effekt inte går att upprepa i vidsträckta människoförsök. De experimentella djurmodellerna förutsäger bristfälligt medicinens effekt och effekten varierar också mycket hos olika människor, fast de till synes har samma sjukdom. För att förutspå effekten och säkerheten har man börjat studera de signalrutter medicinen förmedlar på cellnivå och i försöksdjuren. Om verkningsrutterna är logiska beträffande sjukdomens patogenes kan man anta att medicinen har effekt. Om signalrutten pekar på att medicinen är giftig (en slutsats man kan dra om medicinen är jämförbar med kända toxiska ämnen) och tecken på toxicitet upptäcks i djuren är det bäst att avsluta läkemedelsutvecklingen i sin början.

² Lindsay 2003

³ Laitinen ym. 2004

⁴ Pajukanta ym. 2004

⁵ Sawa och Kamiya, 2003; Gretarsdottir ym 2003

Farmakogenetik som hjälp för den kliniska utvecklingen

Läkemedelsutvecklingen kan alltså ännu falla i det kliniska skedet i brist på effekt eller säkerhet. Den genetiska polymorfin, alltså de individuella skillnaderna i generna i medicinens verkningsrutt, de gener som för patogenes eller de gener som är ansvariga för medicinens upptagning och metaboli, kan bidra till att identifiera de patienter som troligen drar nytta av medicinen och för vilka medicinen är säker. Eftersom att medicinens metabolism är individuell och var och en är beroende av sina gener, bidrar identifieringen av dessa till att man hittar den rätta doseringen. Med hjälp av genetik hittar man den rätta medicinen för de rätta patienterna.⁶

Till sist

Genomiken kommer att revolutionera den medicinska behandlingen. Förändringarna syns idag som en otrolig utveckling bland nya cancermediciner och i behandlingen av de multifaktoriella folksjukdomarna inom tio år. Målet är att kunna inverka på sjukdomarnas orsaker och inte bara nöja sig med att hålla symptomen under kontroll. Genomikens nytta märks redan tidigare genom att man får bättre möjligheter att dela upp patienterna i exaktare undergrupper, som på olika sätt drar nytta av de mediciner som idag finns att tillgå. Diagnostiken drar nytta av information om medicinens molekylära verkningsvägar och patogenesens molekylära bakgrund. Den kanske största nyttan är en möjlighet att känna igen de patienter som med största sannolikhet skulle lida av medicinens skadliga effekter. ●

Litteraturhänvisningar

Collins FS ym: A vision for the future of genomics research. A blueprint for the genomic era. *Nature* 2003;422:835–847.

Glazier AM, Nadeau JH ja Aitman TJ: Finding genes that underlie complex traits. *Science* 2002; 298: 2345–2349.

Gretarsdottir S ym: The gene encoding phosphodiesterase 4D confers risk of ischemic stroke. *Nat. Genet.* 2003;35:131–138.

Hot drugs 2004. *Nature Reviews Drug Discovery* 2004; 3: S3–S47

Laitinen T ym.: Characterization of a Common Susceptibility Locus for Asthma-Related Traits. *Science* 2004; 304: 300–304.

Lindsey MA: Target discovery. *Nature Reviews/ Drug discovery* 2003;2:831–838.

Päivi Pajukanta ym: Familial combined hyperlipidemia is associated with upstream transcription factor 1 (*USF1*). *Nature Gen* 2004; 36: 371–376.

Allen D. Roses: Pharmacogenetics and drug development: the path to safer and more effective drugs. *Nature Rev Gen* 2004; 5: 645–656.

Sawa A, Kamiya A: Elucidating the pathogenesis of schizophrenia. DISC-1 gene may predispose to neurodevelopmental changes underlying schizophrenia. *BMJ* 2003; 327:632–633.

⁶ Roses 2004

Industriell bioteknik

Bioteknik och produkter producerade med hjälp av bioteknik används för många olika ändamål. Tvättmedlens enzymer, jeansens "stentvätt" och antibiotika är kända exempel på industriell bioteknik. Så är också de för tusentals år sedan utvecklade produkterna bröd, öl, vin och surmjölk. Med den industriella biotekniken avses industriella produkter (och tjänster) som fås till stånd genom att utnyttja antingen levande celler eller rena enskilda enzymer som härstammar från dessa celler.

De första stegen inom industriell bioteknik togs i början av 1900-talet. Den mest betydande katalysatorn för utvecklingen var världskriget. De första produkterna som framställdes i industriell skala var krigstillbehör, om man inte räknar med traditionella livsmedel. Ett sorgligt faktum som gäller även många andra industriella produkter. Glycerol, aceton och 1-butanol producerades t.ex. under första världskriget för vapenbehov. För ungefär 60 år sedan steg penicillinet och andra antibiotika in i bilden, och deras produktionsprocesser har utvecklats betydligt sedan dess. De nuvarande produktionsstammarna och processerna mångtusenfaldigar produktionsnivåerna i jämförelse med de ursprungliga nivåerna. 1960-talets oljekriser fungerade även de som katalysatorer till utvecklingen och ledde till en frammarsch av nya processer i industriell skala. Etanol, metan, citronsyra, glutamat, encellsprotein och industriella enzymer är exempel på produktnyheter från denna tidsperiod. Nuförtiden produceras den industriella bioteknikens produkter i miljontals ton per år. Industriella enzymer produceras inte i lika stora mängder, men de katalyserar en mängd olika processer. De enzymer som finns i tvättmedel är ett bekant exempel.

Både enzymerna och andra bioprodukter framställs nuförtiden i regel med hjälp av genmodifierade organismer, i optimerade och styrda produktionsprocesser. Redan sedan 1960-talets oljekriser har man i biotekniken försökt hitta lösningar och alternativ till den råoljebaserade industrin och den därpå baserade energiproduktionen. Nu förvandlar den långt utvecklade tekniken visionerna till verklighet. Vad allt kan vi mänskligheten göra med hjälp av bioteknik då vi som råmaterial använder t.ex. halm, träflis eller alger? Hur ofta kan vi ersätta produkter gjorda av olja, såsom bränsle, smörjämnen, plastens monomeriska utgångsämnen och finkemikalier med biotekniskt framställda motsvarigheter? Det är inte frågan om någon vild dröm utan realistiska alternativ. Bränslesprit (bioetanol) framställs redan i samband med sockerindustrin. I de nyaste försöksfabrikerna används halm av vete, rester av majsproduktionen samt träflis som råvara för framställning av bioetanol. Biotekniskt framställd bioetanol kan tillsättas i de nuvarande bilarnas bränsle till en viss halt utan problem för motorerna. Så här gör man också redan i flera länder, t.ex. i Brasilien och Sverige. Den europeiska unionen har förbundit sig att öka på användningen av bio-

Författarna är forskningschefen Hans Söderlund och forskningsprogramledaren Niklas von Weymarn, båda från Statens tekniska forskningscentral VTT.

De industriella enzymernas tillämpningsmål

Enzym	Verksamhetsätt	Exempel på industriell användning
Xylanaser	Spjälker xylan	Blekning av cellulosa, vid bakning och i djurfoder
Cellulaser	Spjälker cellulosa	Stentvätt av jeans, tvättmedel och behandling av textilier
Amylaser	Spjälker stärkelse	Tvättmedel och behandling av textilier
Proteaser	Spjälker protein	Behandling av läder och i tvättmedel
Lackaser	Försurande	Blekning av cellulosa
Fytaser	Spjälker fytinsyra	Djurfoder
Lipaser	Spjälker fett	Tvättmedel
Pektinaser	Spjälker pektin	För att göra saft klarare
Glukosisomeraser	Gör fruktos av glukos	Framställning av sötningsmedel
Glukosoxidaser	Gör glukonsyra av glukos	Bakning och glukosanalyser (bl.a. diabetiker)
Papain	Spjälker proteiner	Uppmjukning av kött och rengöring av kontaktlinser

massabaserade komponenter i trafikbränslen. Mjölksyra produceras redan i stora mängder för plastindustrins behov. Målet är att ersätta flere oljebaserade polymerer på marknaden med bioplast.

Framstegen har ofta uppnåtts genom att modifiera enzymer eller produktionsmikrobers ämnesomsättning. De biotekniska produktionsprocesserna äger huvudsakligen rum i vattenlösning vid låg temperatur (25 - 35 °C), vid neutrala eller lite sura pH värden samt normalt lufttryck. De biotekniska produktionsprocesserna är ofta miljövänligare än t.ex. den kemiska industrins processer. Produkter gjorda av biomassa är också neutrala beträffande koldioxiden: det frigörs inte mera koldioxid vid produktion och användning av produkten än det bands då råvaran uppstod (växtmassan växte).

Den finska bioteknikindustrin

Den på bioteknik baserade världsomfattande industrins årliga sammanlagda omsättning rör sig kring 10 miljarder euro. De till branschen

Den industriella bioteknikens produkter och årliga produktionsmängder

Produkt	Årlig produktionsmängd, miljoner ton
Etanol	30
Iso-glukos	15
Glutamat	1,5
Citronsyra	1
Mjölksyra	0,25
Antibiotika	0,03

riktade investeringarna har under de senaste fyra åren ökat betydligt. I många länder, främst USA, men också i Europa och Japan, har regeringarna kraftigt varit med och utvecklat den industriella biotekniken.

I Finland har branschen starka traditioner. Finland är än idag en av de ledande länderna vad beträffar produktion av industriella enzymer. Genencor International, världens näst

största tillverkare av industriella enzymer, var från början ett samföretag grundat av livsmedelsbolaget Cultor (tidigare Suomen Sokeri). Genencor har övergått i det danska Daniscos ägo, men dess produktionsinrättningar i Hangö och Jämsänkoski går ännu för full ånga och på finskt kunnande. På Alko studerade och utvecklade man i årtal biotekniska tillämpningar. Exempel på ett resultat av dessa ansträngningar är det delvis till Altia hörande Roal, som också är en anmärkningsvärd producent av industriella enzymer. Roals produktionsanläggningar finns i Rajamäki. AB Enzymes, som hör till en utländsk koncern och även verkar i Rajamäki, är den femte största försäljaren av industriella enzymer i världen.

Det tidigare Xyrofin, som nuförtiden hör till Danisco, producerar i Kotka enzymatiskt (med andra ord genom att använda renade enzymer) glukos-fruktos-sirap (iso-glukos), som används som sötningsmedel i många läskedrycker. Ur glukos-fruktos-sirap koncentreras även rent fruktsocker, fruktos, som även det används som sötningsmedel. Det speciella kunnande om rengöring som finns i Daniscos finska enheter hör till världens bästa. Detta kunnande behövs t.ex. för rengöring av xylos som används som råvara vid xylitolframställning.

Verdera, som hör till Kemira-koncernen, producerar i sina anläggningar biologiska bekämpningsmedel som mest används för skötsel av växter och skog. Altia producerar teknisk etanol av korn. I denna process spjälkas kornets stärkelse först enzymatiskt till socker, varefter sockret förändras till etanol med hjälp av jästcellernas ämnesomsättning. Etanolet rengörs och koncentreras genom destillering.

Framtiden

Många globala faktorer påskyndar den industriella bioteknikens utveckling. Kinas och Indiens snabba industrialisering, ratifieringen av kontrakt för begränsningen av gasutsläpp i atmosfären (med andra ord Kyotos klimatfördrag) samt råoljans höga pris är bara några exempel på de globala skeenden omkring oss, som gynnar alternativa och naturvänligare lösningar. Den snabba utvecklingen av tekniska mätmetoder och program som analyserar mätresultat gör saker som för tio år sedan förklarades omöjliga möjliga. De som arbetar med bioteknik tror att de nya teknikerna har de senaste åren utvecklats till en sådan nivå, som gör utvecklingen av alldeles nya processlösningar, baserade på industriell bioteknik, möjliga. ●

Grön genetik

Mänsklighetens kanske viktigaste uppfinning har varit lantbruket. Produktionen av mat, som baserar sig på lantbruk och inte på samlarekonomi eller herdeekonomi, gjorde utvecklingen av ett samhälle baserat på arbetsfördelning möjlig. Förädlingen garanterade odlingsväxter som avkastade mera och nyttigare husdjur. Då sakkunskapen utvecklades förbättrades förädlingen. Nu är vi i en situation där förädlingen kan göras på gennivå.

Förädlingen omvandlar genotypen i den riktning man vill

Växtindividens natur styrs av biologiska instruktioner ärvda av föräldrarna, en helhet av ärftlighetsfaktorer alltså genotypen. Genotypen är inte oföränderlig. Förändringar i genotypen, alltså mutationer, reflekteras i individen som en förändrad egenskap. Den omvandlade genotypen är grunden för naturens mångfald. Det finns ett stort antal egenskaper hos individerna.

Förändringarna är ändå inte okontrollerbara. De nyaste undersökningarna visar att växterna ganska exakt kan reglera de förändringar som sker i deras genom: acceptera eller förkasta dem. Den förändring som sker i individens genotyp kan omvandlas tillbaka till sin ursprungliga form i följande generation.

Förädlingen drar nytta av den stora mängden egenskaper. I den traditionella valförädlingen låter man den individ som har de egenskaper man vill ha föröka sig. I korsningsförädlingen läggs sådana föräldrars

genom ihop vars egenskaper man hoppas skall återkomma i avkomman. Under generationernas lopp anrikas de egenskaper man ville ha. Till slut uppstår en växtindivid som har blivit sådan man ville.

I förädling är det alltid fråga om styrning av genotypen i den riktning man önskar. Under historiens lopp har människan omvandlat nyttoorganismernas genotyp på ett avgörande sätt. Spinkiga gräs har förädlats till starka och högavkastande odlingsväxter och giftiga föfäder har blivit välsmakande tomater och läcker potatis. Förädlingen baserar sig ännu på samma princip som för tiotusen år sedan: nyttiga egenskaper väljs ut och mångfaldigas ur det spektrum av olika egenskaper som den genetiska variationen representerar. De moderna växtbiologiska metoderna möjliggör korsning av växter även över artgränserna, vilket inte var möjligt förut. Till den vanliga förädlingen hör också att man påskyndar omvandlingen genom att förorsaka mutationer i genotypen t.ex. genom att bestråla frön eller behandla dem med olika kemikalier. Så här fås mera utgångsmaterial för förädlingen.

Genteknik – en ny förädlingsmetod?



Genteknik är det nyaste sättet att öka variationerna i genotypen. I genädrade¹ organismer har ärftlighetsfaktorer modifierats med hjälp av genteknik. Det sker genom att man behandlar genotypen isolerat (se. ordlista). Till genotypen kan man antingen lägga till nya ärftlighetfaktorer, alltså gener, eller modifiera verksamheten hos de gener som redan finns där. Genädrade organismer, till vilka man flyttat en gen från en annan organism, kallas ofta transgena. Största delen av de genädrade växter som odlas kommersiellt är transgena. Till dem har man överfört en

gen som, om den fungerar, får till stånd den egenskap man önskat.

Användningen av genteknik inom växtförädlingen har gett upphov till en intensiv diskussion. Vissa anser det vara en naturlig fortsättning på utvecklingen, som lett från val- och korsningsförädling till växtbioteknik och vidare till genteknik. På andra håll tänker man att gentekniken möjliggör saker som är absolut onaturliga och därför ifrågasatta, eller att de arter som föds med hjälp av genteknik är mera skadliga för naturen än de traditionella. Denna syn motiveras med att det i organismer modifierade med genteknik finns egenskapskombinationer som den naturliga variationen troligen inte kunde producera.

Utvecklingen av lantbrukets biotekniska framsteg

Teknologi	Tidsperiod	Bioteknikens framsteg
Traditionell	Ca. 10 000 f.Kr.	Användning av naturprodukter som näringskälla, lantbrukets början, de första husdjuren, valförädlingen börjar (tillägg av växtmaterial, djurförädling).
	Ca. 3 000 f.Kr.	Ölbrygning, ostframställning, vinjäsning
Sedvaliga (traditionella)	Slutet av 1800-talet	Gregor Mendel upptäcker ärftlighetens huvudregler (publikation 1865) och skapar den sedvanliga (planerade) förädlingens grunder.
	1930-talet	Hybridmajsens kommersiella arter.
	Från 1940-talet till 1960-talet	Artificiell mutagenes, cellvävnadsodlingstekniker och förökning av växter från vävnadskulturer (regeneration). Upptäckten att genöverföring mellan mikrober orsakar en förändring i egenskaperna (transformation och transduktion). Watson och Crick reder ut DNAs uppbyggnad 1953. Identifiering av gener som flyttar sig (hoppande gener, transposoner).
Moderna	1970-talet	Överföring av gener mellan organismer m.h.a. rekombinations-DNA-tekniken. Användning av växtbioteknik inom växtförädlingen (embryoräddning, protoplastfusioner). Konstgjord befruktning inom djurförädlingen.
	1980-talet	Insulin, den första produkten producerad med hjälp av genteknik, kom ut på marknaden. Vävnadsodlingsteknikens användning i massproduktion av växter. Embryoöverföring inom djurproduktion. Den första mutagena växten 1983. De första fältförsöken med mutagena växter i Finland i decennieskiftet 1980–90.
	1990-talet	Genomets individuella egenskaper för identifiering av organismer togs i bruk (genetiska fingeravtryck). Det första genädrade livsmedlet, FlavrSavr-tomaten till försäljning. Storskalig odling av genädrade odlingsväxter från mitten av 1990-talet och framåt. Vaccin och hormoner producerade med hjälp av genteknik. Kloning av djur (fåret Dolly 1997).
	2000-talet	Metoder för att uppfatta genotypens funktion i sin helhet: genomik, proteomik, metabolomik, bioinformatik.

Källa: The State of Food and Agriculture 2003–2004. FAO Agricultural Series No. 35, 2004

¹ En transgen organism förkortas ofta gmo eller ges förleden gm- (från engelskans genetically modified organism).

En kort ordlista över genetiken

Bioteknik:

Teknik baserad på att dra nytta av organismers, cellvävnaders, cellers, celldelars eller i cellen förekommande molekylers funktion.

Genteknik:

En grupp metoder med hjälp av vilka man isolerar, analyserar, modifierar och överför gener på molekyl-nivå. Synonym: rekombinant-DNA-teknik.

GMO, genändrad organism:

En organism (mikrob, växt eller djur) modifierad med genteknik; en organism vars arvs massa ändrats på ett sätt som vore omöjligt i naturen som en följd av parning eller naturlig kombination.

Transgen organism:

En genändrad organism till vilken man överfört en gen från en annan organism med hjälp av genteknik.

Användningen av genteknik beror på tillstånd

Gentekniken ger förädlaren arbetsredskap för att modifiera genotypen på ett sätt som inte sker i naturen som resultat av parning eller naturlig kombination.² Tekniken måste alltså användas med eftertanke och inom ramen för de regler som man kommit överens om. För genändrade organismer gäller en egen noggrann lagstiftning, som täcker såväl forskning, produktutveckling som godkännande av de slutliga produkterna. Användningen av artificiella mutationer som utgångsmaterial för förädlingen och användning av korsning, också mellan samma art, är konventionell förädling och för dem gäller ingen särskild gentekniklagstiftning.

Genöverföring till växter

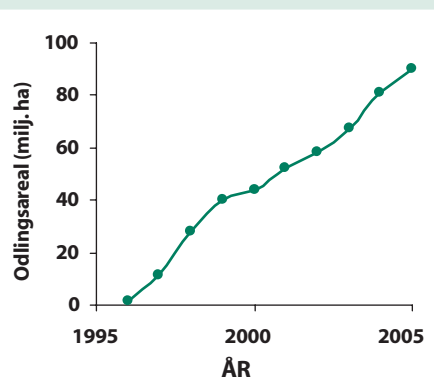
Den första genändrade växten var tobak i vilken en från en bakterie isolerad gen som gav resistens mot kanamycin. Denna transgena tobak såg dagsljuset 1983. Resistensgenen överfördes till tobaken med hjälp av en agrobakterie, *Agrobacterium tumefaciens*, av vilken man gjort en "tämjd" stam för forskningssyften.

² Gentekniklag (17.3.1995/377). <http://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/1995/19950377>

Agrobakterien är naturens egen gentekniker. Den kan överföra en del av sina gener till växter. Vid genforskning används en modifierad agrobakterie som har förmågan att leverera önskade gener in i växtens genom.

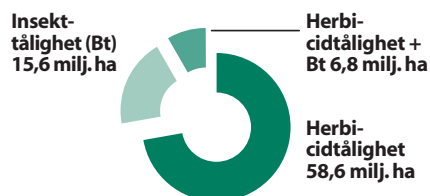
Man kan även flytta de önskade generna till växtceller utan agrobakterien. Den populäraste metoden är att skjuta DNAt in i växtcellvävnaden. "Genpistolen" använder små metallpartiklar som är belagda med det DNA som skall överföras, som skott. Partiklarna tränger, då de skjuts, in i växtvävnaden, och då lossnar DNAt från dess yta och blir en del av växtens genotyp.

Odlingen av genändrade växter 1996–2004



Källa: Clive, J.: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2004. (www.isaaa.org)

Odling av genändrade växter 2004, indelade på basen av egenskap.



Källa: Clive, J.: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2004. (www.isaaa.org)

En kort översikt över gentekniklagstiftningen

Spridning av genändrade organismer i miljön

Direktivet för öppen användning 2001/18/EY reglerar spridningen av genändrade organismer i miljön i småskaliga forsknings- och utvecklingsförsök (fältprov) (direktivets B-del) och storskaligt i eller som produkter (C-del). Enligt C-delen kan produkten underkännas för kommersiell odling endast om den konstaterats vara farlig för människans hälsa eller skadlig för naturen. När produkten godkännts får den användas och spridas på hela gemenskapens territorium.

Den nationella gentekniklagen

Målet med gentekniklagen är att befrämja en säker användning och utveckling av genteknik enligt försiktighetsprincipen och på ett etiskt acceptabelt sätt samt att skydda människors och djurs hälsa och miljö, då genändrade organismer används i ett slutet rum eller med avsikt sprids i miljön. Människan hör inte till de organismer lagen avser.

Godkännande som foder eller mat

Förordningar gällande genändrade livsmedel och foder är förordningen gällande livsmedel och foder (EG N:o 1829/2003) samt den om genändrade organismers spårning och märkning samt spårning av livsmedel och foder tillverkade av genändrade organismer givna förordningen (EG N:o 1830/2003). Enligt förordningarna skall genändrade organismer som eller i livsmedel, och som eller i foder; tydligt märkas och kunna spåras i alla näringskedjans faser.

Avsikten med förordningen (EG) N:o 1829/2003 är att för genändrade organismers del garantera människans liv och hälsa, djurens hälsa och välmående, högklassigt skydd av miljöns och konsumenternas fördelar och samtidigt som en effektiv funktion av den inre marknaden tryggas. Därtill stärker förordningen samhällets förfarande för genändrade organismers tillståndsförfarande och övervakning och regleringar beträffande märkning av genändrade livsmedel och foder.

Regler för märkning

Förordningen 1829/2003 definierar gränserna för oavsiktlig förekomst, som om de överskrids gör att produkten måste märkas som innehållande av genändrade ingredienser. Gränsvärdena är 0,9% för en sådan beståndsdel som är godkänd för marknadsföring på gemenskapens område och 0,5% för en sådan beståndsdel som ännu inte är godkänd, men som klarat den vetenskapliga säkerhetsbedömningen.

Enligt förordningen för märkning och spårbarheten av genändrade organismer (1830/2003) skall produkter som innehåller genändrade organismer märkas och deras spridning i produktionskedjan övervakas. Tillverkarna skall även ge information om den genändrade beståndsdel produkten innehåller, då den ges vidare i produktionskedjan, samt spara informationen i fem år. Förordningens (1830/2003) viktigaste mål är kontroll och märkningen av produkter innehållande genändrade beståndsdelar, styrning av uppföljningen av (miljö)påverkningsarna samt att möjliggöra borttagandet av genändrade organismer från marknaden om nödvändigt.

Förpliktelser i anslutning till Cartagenas biosäkerhetsprotokoll

Målet med det under biodiversitetkontraktet gällande Cartagenas biosäkerhetsprotokoll är att enligt försiktighetsprincipen skydda biologisk diversitet och dess hållbara utnyttjande mot skadliga effekter som kan uppstå då levande transgena organismer transporteras, behandlas och utnyttjas speciellt vid transporter som överskrider statsgränser också beaktande risker för människans hälsa. Den Europeiska gemenskapens lagstiftning (speciellt den sk. exportförordningen EY n:o 1946/2003) som verställer protokollets bestämmelser har tagit i bruk ett gemensamt underrättelse- och informationsnätverk, med hjälp av vilket man kan försäkra sig om levande genändrade organismers flytningars tillräckliga säkerhet i transporter mellan den Europeiska gemenskapens länder och länder utanför den. Protokollet trädde i kraft i Finland i oktober 2004.

Exempel på märkning av genändrade livsmedel och foder ^{(1),(2)},

som innehåller genändrade organismer eller består av sådana eller som framställts av komponenter som fått från genändrade organismer eller innehåller dylik beståndsdelar.

Produkt	Exempel	Märknings- tvång
GM-växt	Cikoria	Ja
GM-frön	Majskorn	Ja
GM-livsmedel	Majs, sojabönans grodd, tomat	Ja
GM-produkt	Majsmjöl ⁽³⁾	Ja
Produkt framställd av GMO	Majsolja, sojaolja, rapsolja ⁽⁴⁾	Ja
Produkt framställd av GMO	Glukossirap framställd av majsstärkelse ⁽⁴⁾	Ja
Livsmedel framställt med hjälp av ett GM-enzym	Bageriprodukt producerad med hjälp av amylas ⁽⁵⁾	Nej
Livsmedel som från djur utfodrad med GM-foder	Ägg, kött, mjölk ⁽⁵⁾	Nej
Tillsatsämnen producerade av GMO	Renat lecitin; som ingår i choklad och som framställts av GM-soja ⁽⁴⁾	Ja
GM-foder	Majs	Ja
Foder framställt från GMO	Majs glutenfoder, sojamjöl	Ja
Fermenteringsprodukt framställd med GMO	Vitamin B2	Nej ⁽⁶⁾

(1) Källa: State of play on GMO authorisations under EU law (MEMO/04/17).

(2) Exempel på genändrade produkter som inte godkännts för marknadsöring inom EU

(3) Produkten innehåller modifierat DNA och protein

(4) Produkten innehåller inte modifierat DNA eller protein

(5) Hjälpmännen vid framställningen, som används endast i livsmedels och foders framställningsprocesser, hör inte till livsmedlets eller fodrets definition och lyder därför inte under förordningen EY N:o 1829/2003. Under förordningen lyder heller inte livsmedel och foder, som fås från djur matade med genändrat foder eller djur medicinerade med genändrade medicinska produkter.

(6) EU-kommissionens ständiga kommittés (livsmedelskedja och djurens hälsa) GMO-sektions möte ratifierade kommissionens tolkning, enligt vilken det under förordningen 1829/2003 inte lyder fermenteringsprodukter framställda med hjälp av en genändrad mikroorganism, som produkten inte längre innehåller en genändrad mikrob. Sådana här fermenteringsprodukter är t.ex. tillsatsämnen, aromer och vitaminer.

Källa: Muuntogeneisten viljelykasvien sekä tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselo. Biotekniikan neuvottelukunnan mietintö (2004). <http://www.biotekniikanneuvottelukunta.fi/muistiot/rinne-lomietinto.pdf>

Genädrade produkter

Största delen av de genädrade växterna är gjorda i forskningssyfte. Genändringen är forskningens grundverktyg som används t.ex. då en viss gens funktion undersöks.

Avsikten med forskningen och produktutvecklingen är också att producera nya tillämpningar för kommersiellt bruk. Genädrade odlingsväxter, som man förbättrat med tanke på växtproduktionen, har varit ekonomiskt framgångsrika. Med gentekniken har man förbättrat växternas kapacitet att stå emot ogräsbekämpningsmedel eller försvara sig mot virus och skadedjur.

Användningen av genädrade odlingsväxter har ökat hela tiden. De populäraste är de sorter som tål ogräsbekämpningsmedel (herbicer). Till dessa har man flyttat en bakteriegen som ger motståndskraft mot vissa

herbicer.³ Till de transgena Bt-växter⁴ som tål insekter har man överfört en gen från bakterien *Bacillus thuringiensis*, som producerar giftigt protein åt insekten som äter växten. Bt-toxin är inte farligt för människan. Det används även i naturlig produktion som skydd mot växtskadedjur.

En del av de växter som produceras kommersiellt är genädrade för att tåla virusjukdomar. Sådana är t.ex. papaya och vissa pumpor. Den sammanlagda odlingsarealen för sådana här odlingsväxter är ca. 0,1 miljoner hektar. Trots den lilla odlingsarealen har virus-tåligheten en stor lokal betydelse. En allvarlig virusinfektion hotade Havaijs papajaodlingar och papajaproduktionen höll på att avstanna. Odlingen fortsatte då man fick ut en virustålig sort på marknaden.

Exempel på tillämpningar av genädrade växter i framtiden

Tillämpning	Egenskap	Exempel på målväxt
Bättre skördar	Tål torka salttålighet Aluminiumtålighet Sjukdomstålighet	Majs Ris Ris, majs, papaya Potatis
Bättre näringsvärde	Högre halt av A-vitamin Höjd halt av järn Minskad mängd toxin Stärkelsekonsistens Ny fettsyraconsistens	Ris, senap Ris Kassava Korn, vete Oljeväxter som raps, kokosnöt
Bättre egenskaper	Färgförändringar Smakförändringar	Blommor (blå ros) Tomat
Medicinska tillämpningar	Produktion av vaccin	Banan, potatis, tomat, tobak
Industriella råvaror	Bionedbrytbar plast Modifierad stärkelse Biobränslen (alkohol)	Majs Majs, potatis ¹⁾ Sockerrör
”självförsörjande” växter	Förhindrande av genflödet	Raps, björk ²⁾
Miljöförbättring, rening av förorenad mark (biosanitation, bioremediering)	Kvicksilver Kadmium	Arabidopsis Tobak

Källor: WHO (2005): Modern food biotechnology, human health and development: an evidence-based study. ISBN 92-4-159305-9. 76 pp. European Plant Science Organization (2005) European plant science: a field of opportunities. *J. Experimental Botany* 56, 1699–1709. International Council for Science (2003): *New Genetics Food and Agriculture: Scientific Discoveries – Societal Dilemmas*. 56pp.

Fältförsök i Finland¹⁾ Boreal kasvinjalostus Oy (tillstånd för småskaliga fältprov åren 2004–2008)

²⁾ Joensuu yliopisto; biologiska avdelningen (tillstånd till småskaliga fältförsök åren 2005–2008)

³ Den mest använda är den agrobakteriegen som producerar ett skydd mot glyfosat och är känd under det kommersiella namnet RoundUpRead®.

⁴ Prefix Bt-(*Bacillus thuringiensis*): Bt-majs, Bt-bomull.

Framtidens tillämpningar

Lantbruksproduktionens planerade tillämpningar kallas ofta de genändrade odlingsväxternas första generation. I framtiden svarar de genändrade växterna inte bara på lantbruksproduktionens behov. Nästa generation av genändrade växter innefattar många olika slags tillämpningar, av vilka en del är avsedda för livsmedelsproduktion. Nya tillämpningsområden är läkemedelsproduktion, industrins råvaruproduktion och miljötillämpningar, såsom rengöring av förorenad mark. Samtidigt närmar sig bioteknikens olika delområden varandra -allt från lantbruk, medicinsk vetenskap och industriell bioteknik.

Acceptabilitet

Växternas mångsidiga nyttoanvändning i produktionen av foder, livsmedel och mediciner har varit ett mål för forskning och produktutveckling sedan begynnelsen av lantbruket och förädlingen. Växterna kan ju med hjälp av solljusets energi producera nytttoprodukter. Med genteknik kan produktionen göras ännu effektivare och mängden produkter ökas. Varför förhåller sig människor ändå kritiskt till växtförädling med hjälp av genteknik?

Orosmomenten har många orsaker och nivåer. De viktigaste gäller de genändrade växternas inverkan på konsumentens hälsa samt de genändrade organismernas eventuella skadliga miljöeffekter. Därtill för ibruktagandet av den nya tekniken med sig en ny sorts frågor beträffande möjliga samhällsekonomiska och etiska verkningar.

De frågor som uppstått i och med användningen av genändring gäller ofta mera omfattande frågor än de förändringar tekniken själv för med sig. Mängden lantraser som används inom lantbruket har minskat när nya effektiva underarter utvecklats. Monokulturen, alltså storskalig produktion av en enda art eller sort, hör inte bara ihop med användningen av genändrade odlingsväxter utan är först och främst en del av de moderna lantbruket. Men ökar framtidens effektiva genändrade sorter monokulturen? Eller ökar användningen av

Odlingen av genändrade växter år 2005, enligt odlingsareal

Land	Odlingsareal, miljoner hektar		GÄ-odlingens andel %
	Odlingsarea ¹⁾	Genändrade ²⁾	
USA	176,0	49,8	28,3
Argentina	33,7	17,1	50,7
Brasilien	59,0	9,4	15,9
Kanada	45,7	5,8	12,7
Kina	142,6	3,3	2,3
Paraguay	3,0	1,8	60,0
//			
Spanien	13,7	0,1	0,7
Rumänien	9,4	0,1	1,1
Tyskland	11,8	< 0,1	-
Frankrike	18,4	< 0,1	-
Portugal	2,0	< 0,1	-
Finland	2,2	0,0	-
Världen	404,13	90,0	6,4

Källor: ¹⁾ FAOSTAT (arable land, year 2002) <http://www.fao.org> ²⁾ ISAAA Briefs 34–2005: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2005 (<http://www.isaaa.org/>)

Odlingen av genändrade växter år 2005, enligt art

Växt	Odlingsareal, miljoner hektar		Gm-odlingens andel, %	
	Den sammanlagda odlingen	Egenskap producerad genom genändring		
Majs	147	Bt	11,314,0	
		Herbicid-tålighet		3,4
		Herbicid-tålighet+ Bt		6,5
		Sammanlagt		21,2
Bomull	35	Bt	4,928,0	
		Herbicid-tålighet		1,3
		Herbicid-tålighet+ Bt		3,6
		Sammanlagt		9,8
Soja	91	Herbicid-tålighet	54,4	60,0
Oljeväxterna raps och ryps (canola)	26	Herbicid-tålighet	4,6	18,0

Källa: ISAAA Briefs 34–2005: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2005 (<http://www.isaaa.org/>)

genändring mängden underarter so odlas, om t.ex. man med hjälp av den kan bättra på de traditionella arternas egenskaper och produktion?

Genändrade odlingsväxter och den diskussion som förts kring dem innebär att rådande praxis inom jord- och skogsbruk och den till dem anknutna industrin hamnar under lupp. De förändrar inte bara odlingspraxisen och inverkar på livsmedelskedjans olika skeden från råvara till produkt, utan de rör medborgarna även på värdeplanet. Största delen av Storbritanniens areal (ca. 70%) används för odling och till britternas naturuppfattning hör just åkerlandskapet med dess organismer. Därför diskuteras man i Storbritannien huruvida deras natur förändras om man börjar odla genändrade växter i stor skala. Samma fråga i Finland gäller naturligare för skogen, som ofta ses som en del av vår nationella identitet. Därför får odlingen av genändrade träd extra stor uppmärksamhet i medborgardiskussionen. Den långtgående gentekniska diskussionen kan uppkomma helt enkelt från principiella, individuella eller ideologiska värdeutgångspunkter, vilket gör

att gentekniken kan vara svår att acceptera beträffande vilken tillämpning so helst och under vilka som helst omständigheter.

Frågorna blir allt mera komplexa när de teknologiska, ekonomiska och värdesynpunkterna ställs mot varandra i diskussionen om möjliga förändringar i näringslivet, samhällsstrukturen och kulturarvet.

Genteknologi är precis som annan teknologi ofta tillämpad och eftersträvar ekonomisk nytta. Därför är patenteringen av gentekniska tillämpningar möjlig och ofta även ändamålsenlig, vilket dock leder till en oro för storföretagens dominans och verksamhetssätt. Man är orolig för böndernas frihet att välja produktionsteknik samt för de möjligen växande banden till frö- och bekämpningsmedelsfirmorna. I u-länderna betonas dessa frågor, eftersom länderna ofta är beroende av utomstående ekonomiskt stöd och deras egen beredskap att reglera användningen av genteknologi inte alltid är på samma nivå som i i-länderna. Med hjälp av internationella kontrakt har man försökt lindra oron över rätten att äga oh använda jorden genresurser.

En härva andra biologiska frågor

Då en teknik utvecklas för det alltid med sig en mängd frågor om acceptabilitet och säker användning. Dessa tillspejas i fråga om topptechnikerna, som gentekniken. Många orosmoment beträffande genändrade växter gäller människans verksamhet och dess inverkan på naturen och den förändrade levnadsmiljön men också förändringar i näringslivet, samhällsstrukturen och kulturarvet:

- patentering av gentekniska tillämpningar
- storföretagens verksamhetssätt
- innehav och användning av världens genresurser
- ändring av praxis inom lantbruket och dess inverkan på samhället
- rädslor gällande teknikens onaturlighet, "manipulering av arvsanlagen"
- konsumenternas valmöjligheter
- lantbrukarnas möjlighet att välja sin produktionsteknik och bindningar till t.ex. fröfirmor
- u-ländernas livsmedelsförsörjning och utnyttjandet av genteknik

är bara några exempel på frågor som stiger fram då man talar om genändrade växter.

Fallet "det gyllene riset"

Det gyllene riset är ett bra exempel på diskussionen kring gm-växterna. De gyllene riset är ett gä-ris som producerar A-vitaminets förstadium (β -karoten) vars brist är vanlig i u-länderna. Riset har varit mål för mycket diskussion fast det, enligt sin producent Ingo Potrykus¹⁾, svarar på alla gm-motståndares farhågor:

- u-ländernas befolkning drar nytta av riset
- licensavgifter krävs inte (när odlarens årliga inkomst är under 10000 USD)
- användning av fröna binder inte fattiga odlare för fröet får sparas för nya odlingar
- odling av riset ger ingen nytta åt storodlare
- det är inte utvecklat av storföretag
- riset kompletterar men tar inte den traditionella dietens plats
- det är ett billigt och effektivt sätt att öka intaget av A-vitamin utan t.ex. dyra A-vitaminpreparat
- det ökar inte odlarnas beroende av storföretagen
- det kan odlas med traditionella metoder
- det är troligtvis inte skadligt för hälsan, skadar inte naturen och minskar inte på biodiversiteten
- användningen av genändring är nödvändigt för riset kunde inte ha utvecklats med hjälp av vanlig förädling

Motståndet mot användningen av det gyllene riset beror delvis på rädslan för att accepteringen av det kunde göra det lättare för andra Gm-produkter att komma in på marknaden. Som motargument framförs också att mängden β -karoten i riset är så liten att man behöver A-vitamin även från annan mat. Gyllene riset är heller inte avsett att ensamt tillfredställa den dagliga A-vitaminbehovet, utan som en del av den övriga dieten. Den nya varianten av det gyllene riset producerar också mera b-karoten.²⁾ Det gyllene riset är även en utgångspunkt för förädling. Meningen är att vidareförädla andra rissorter som anpassar sig bättre till odlingsplatsens förhållanden och producerar mera β -karoten än de motsvarande vanliga sorterna.

¹⁾ Plant biotechnology. The genetic manipulation of plants. Slater, A., Scott, N. & Fowler, M. (2003). 346 s. Oxford University Press, ISBN 0-19-925468-0

²⁾ gyllene riset-2 är en av Syngenta framställd underart som producerar mera av A-vitaminets förstadium. Riset får dock användas fritt i humanitärt arbete och lantbruk, vars vinst är under 10000 USD per år. Nature Biotechnology 2005, 23, ledare.

Genmatens inverkan på människans hälsa

Frågor gällande genändrade livsmedels, "gen-mats", säkerhet stiger tidvis fram och saken undersöks mycket. Forskarnas gemensamma åsikt är att de genändrade produkter, eller produkter innehållande sådana, som idag finns på marknaden är precis lika säkra att äta som all annan mat. Än så länge har man inte rapporterat om några skadeeffekter då genändrade produkter använts. Avsaknaden av skadeeffekter är ändå ingen garanti över att ett genändrat livsmedel som produceras i framtiden inte kunde förorsaka sådana. För att man i framtiden skall kunna uppskatta produkters hälsoeffekter ännu bättre är det viktigt att utveckla forskningsmetoder. Det är viktigt att komma ihåg att man inom den Europeiska Unionen, och alltså också i Finland, undersöker varje genändrad produkt noggrant före den släpps ut på marknaden.

Allergener och toxiner

I nya växtförädlingsprodukter, både genändrade och traditionella, kan mängden allergena och giftiga ämnen, alltså toxiner, antingen öka eller minska. Genändrade produkter undersöks alltid för att man skall veta om det möjligen uppkommit allergener och toxiner i dem. Därtill rekommenderas att man till växter inte överför sådana gener vars produkter (proteiner) antas vara allergena.

Motståndskraft mot antibiotika (antibiotikaresistens)

Man har framfört att genändrade produkter skulle öka uppkomsten av bakterier resistenta mot antibiotika. Oron beror på att det förut var vanligt att lägga till en antibiotikaresistensgen som markör för genöverföringen. Eftersom att genen gav resistens mot antibiotika kunde

man med hjälp av denna egenskap välja ut de genändrade växterna: de växte på substrat innehållande antibiotika i motsats till de ick-eförändrade.

Man var rädd för att motståndskraften mot antibiotika skulle förflyttas från växtens arvsanlag till tarmbakteriernas. Eftersom antibioteresistensgenen är en del av den ätbara växten blir den uppäten tillsammans med växtens andra gener. Matsmältningen spjälkar upp DNAt i delar av vilka vissa kan innehålla en gen eller delar av en gen och således också antibioteresistensgenen. En del bakterier kan o sin sida lägga till delar av utomstående DNA till sitt genom. Det är alltså teoretiskt möjligt att tarmbakterierna kunde ta upp antibiotikaresistensgener. Dessa kunde o sin sida överföras till sjukdomsalstrande bakterier. En dylik horisontell genöverföring sker bara är som en följd av en lång räckvidd av skeenden i vilken varje steg är osannolikt. Konsumenterna har varit oroade över denna "omöjliga möjlighet" som i naturens oändliga cykler ändå kan inträffa. I valet av genändrade växter håller man därför på att övergå till andra metoder än antibiotikaresistensgener.

Nyttiga inverknings

Bland forskarna härskar en allmän åsikt om att genändrade livsmedel i framtiden kan ge konsumenten klara positiva hälsoeffekter. Ett bättre näringsinnehåll, förändring i fettsammansättningen eller borttagning av allergener skulle utgöra en klar förbättring av vår diet. Indirekta nyttiga hälsoeffekter är en mindre mängd bekämpningsmedel i maten, mindre mykotoxinmängder,⁵ lägre pris på maten (då produktionskostnaderna sjunker) samt en minskning av anhopningen av gifter då marken är renare.

Miljöfrågor

Lantbruket, i alla sina former, förorsakar miljöeffekter, men man strävar efter att begränsa dem till odlingsmiljön. Inom växtodlingen har man vant sig vid att ta de olika växternas och odlingsteknikernas inbördes inverkan på odlingsmiljön i betraktande. För att förhindra att olika sorter av samma odlingsväxt blandas med varandra planerar man en lämplig växt-

Risikanaly

Risikanalyser är en vetenskaplig process med vilken man strävar efter att så objektivt som möjligt studera de faror som riskerna förorsakar. Då man granskar bioteknikens tillämpningar gäller dessa faror oftast människors och djurs hälsa eller naturen. Risken man granskar är en samverkan mellan farans sannolikhet och dess storlek: som begrepp förklarar 'risk' en negativ händelses resultat bättre än 'fara'.

Risikanalyser består av tre olika processer, som står i direkt växelverkan: riskuppskattning, riskkontroll och riskkommunikation. Risikanalyser börjar med en riskbedömning. Denna kan leda till att riskuppskattningsprocessen sätts igång, om det p.g.a. riskens storlek anses nödvändigt. Då riskuppskattningens resultat blir färdiga återförs processen till riskkontrollanterna. Då måste man bestämma hur man skall förhålla sig till den möjliga risken. Av de alternativ som står till förfogande kan riskkontrollanterna välja antingen nolltolerans eller en något mera pragmatisk utgångspunkt för att bemöta risken. I idealfallet sker alla de tidigerna nämnda processerna i ett tillstånd mättat av riskkommunikation, i vilket uppskattarna, kontrollanterna övriga referensgrupper får och ger behövlig information om risken som behandlas.

Inom den Europeiska unionen har de genändrade livsmedlens riskanalyser processers fortgång stadgats med en förordning. Riskbedömning ersätts av den Europeiska gemenskapens bestämmelse att man måste utföra en riskuppskattning för alla gm-organismer innan de tas i bruk. Europas livsmedelsverk, EFSA, en opartisk expertorganisation bestämd av den Europeiska kommissionen, utför riskuppskattningen för genändrade livsmedel och foder. Den Europeiska kommissionen tar på basen av riskuppskattningen beslutet om ett foders eller livsmedels ibruktage. I riskkommunikationen deltar b.l.a. den som för ut produkten på marknaden, Europeiska kommissionen, EFSA samt medborgarna, som har rätt att kommentera ansökningarna. Kommentarer kan ges via internetsidorna (<http://gmoinfo.jrc.it>). I Finland medverkar t.ex. riksdagen, vissa ministerier och Livsmedelsverket som riskkontrollanter samt forskningsinstitutet (t.ex. EELA, KTL) och universitetet som riskuppskattare.

⁵ Mykotoxinerna är mögelsvampgifter. Mögelsvamperna växer t.ex. i växtvävnader som skadats genom insektangrepp.

följd under olika år på olika åkertegar. Man slår också vakt om sorternas äkthet genom att placera dem tillräckligt långt från varandra, så att de inte korsas. Dessa åtgärder accentueras då man odlar genädrade-, konventionella- och ekoprodukter sida vid sida. Av EUs förordningar gällande genädrade produkters märkning följer, att man redan då råvarorna produceras måste kunna hålla de genädrade-, konventionella- och ekoväxterna och deras skördar åtskilda.

Odling som använder genädrade organismer kommer att inverka antingen positivt eller negativt på miljön. De hittills mest täckande studierna beträffande lantbrukstillämpningar, visar, att det inte finns något enhetligt svar. Vissa genädrade tillämpningar visade sig vara bättre för naturens biodiversitet än andra. Skillnaden till vanlig odling var också beroende på fallet. Å andra sidan medger man att det finns luckor i informationen.

Då man överväger att ge tillstånd måste man väga fördelarna mot de nackdelar som tillämpningen för med sig, och på basen av detta bestämma om tillämpningen får tas i bruk. De genädrade organismernas tillståndsförfarande baserar sig på övervägan från fall till fall.

Då man förnyade gentekniklagen⁶ tog man i bruk ett officiellt sätt att höra de sökande: tillståndsmyndigheterna, alltså gentekniknämnden, måste höra allmänheten då det gäller en planerad och avsiktlig spridning i annat än kommersiellt syfte (alltså fältförsök). Allmänheten har rätt att ta del av de ansökningsdokument som gäller fältförsöken och få en kopia av dem samt att framföra skriftliga åsikter om ansökningarna. Dessutom måste den Europeiska unionens kommission lyssna på allmänheten då när genädrade produkter (t.ex. foder, livsmedel, produkter som kan odlas) marknadsförs inom unionen och då man på gemenskapens nivå ger vissa stadgar som gäller genädrade organismers använd-

ning och riskklassificering. Växtproduktionens granskningscentral (KTTK) ser till att allmänheten får information om ansökningsbehandlingar som gäller nya genädrade livsmedel och foder.⁷

Om ett fältförsök och dess organisering anses vara för riskabla för miljön får det inte tillstånd. Med fältförsök samlas ändå information just om riskernas sannolikhet vad gäller den egentliga odlingen. De resultat som fås används då man överväger odlingstillstånd.

Nyttan med genteknik

Det diskuteras mycket om nyttan med genädrade odlingsväxter. Vem drar nytta: företaget som marknadsför tekniken, odlaren som odlar genädrade växter eller i slutändan konsumenterna - eller alla de ovannämnda?

Den hittills största nyttan har grundforskningen dragit. Gentekniken är växtbiologins grundverktyg som drar nytta av forskningen och det gör i sista hand även växtförädlingen. Förädlarna behöver baskunskap om växtens funktion och de biologiska mekanismer som inverkar på den, genernas funktion. Informationen hjälper även den konventionella förädlingen, bara man vet vilka egenskaper, gener, det lönar sig att dra nytta av.

Den hela tiden ökande odlingen av genädrade odlingsväxter berättar sin egen historia. De senaste åren har också u-länderna ökat odlingen av genädrade växter och forsknings- och produktutvecklingsarbetet som stöds av offentlig finansiering.⁸

Odlarna drar, uppenbarligen, nytta av genädrade odlingsväxter genom bättre skördar och/eller lägre produktionskostnader.⁹ Nettonyttan eller -skadan är ändå än så länge rätt svår att fastställa då det inte finns långtida forskning. En framgångshistoria är odlingen av Bt-bomull, som har fört med sig klar ekonomisk- och miljönytta.¹⁰ Den ekonomiska nyt-

⁶ Gentekniklag (377/1995). <http://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/1995/19950377>

⁷ De gmo-tillståndsansökningar som behandlas inom EU återfinns i samma internetportal där höranden i samband med produkter äger rum, dvs. <http://gmoinfo.jrc.it/>

⁸ Cohen, J. I. 2005 Nature Biotech 23, 27–33

⁹ Huang et al. 2005 Science 308, 688–690

¹⁰ The State of Food and Agriculture 2003–2004. FAO Agricultural Series No. 35, 2004; Pray et al. 2002 Plant J. 31, 423–430

Exempel på genändrade växters miljöinverkan¹⁾

	Sker det	Möjlig betydelse	Behovet av tilläggsinformation
Den nya egenskapens inverkan			
Genflöde	<p>Generna kan med pollen överföras från en växt till en annan. Korsningar mellan de ursprungliga arterna och dess vilda släktingar är möjliga.</p> <p>Korsningen beror på växtarten. Desto mera vilda släktingar ju närmare det ursprungliga geografiska odlingscentret växten odlas.</p>	<p>Om korsningarna klarar sig i naturen och förökar sig och den överförda genen blir en del av den naturliga populationen (introgression) är miljöeffekter möjliga.</p> <p>Om korsningarna klarar sig, förorsakar den nya egenskapen miljöeffekter?</p>	Oklart om de överförda generna/egenskaperna föorsakar nya miljörisiker eller om ursprungsarterna försvinner (jfr. odling av majs i artens utvecklingscentrum Mexiko).
Förvildning / är som ogräs	<p>Förädlade odlingsväxter förvildas inte lätt (lång efarenhet av odlingsväxter).</p> <p>Vissa odlingsväxter har i sig själv ogräslika drag (t.ex. ryps).</p>	Det är möjligt att en Gm-växt och/eller en ny egenskaps introgression i naturpopulationen föder nya ogräs.	En granskning av egenskaperna från fall till fall: ger den nya egenskapen en urvals fördel.
Den ändrade egenskapens inverkan på annat än själva målet	Inverkan av växter som producerar bekämpningsmedel (t.ex. Bt-toxin) på andra organismer än målorganismerna.	Bt-majsen bevisades i laborieförhållanden döda monarkfjärilens larver (pollenmatningsförsök). Den fortsatta forskningen visade att risken är liten i åkerförhållanden.	Tillämpning av resultat från laborieförsök i åkerförhållanden är svårt. Det finns ett behov att utveckla bättre forskningsmetoder för att klargöra miljöeffekterna. Viktigt att reda ut normalvariationens storlek, med vilken de nya tillämpningarnas inverkan jämförs. Vilken är inverkan på näringsväv?
Oväntad inverkan	Möjliga även i vanlig förädling.	Risken varierar; miljörisikernas beräkning från fall till fall.	Övervakning efter ibruktagnad för upptäckt av oväntad inverkan. Allmänheten bör informeras noggrannare om erfarenheterna av de tillämpningar som odlas (år 2004 odlades gm-växter på 81 mha i 17 länder).
Den indirekta inverkan av förändringar i lantbrukspraxis			
Insektbekämpningsmedel	Minskad användning av bekämpningsmedel i Bt-tillämpningar (t.ex. Bt-bomull).	Inverkan på biodiversiteten.	Jämförelse av jordbrukets produktionsformer och deras miljöpåverkan.
Ogräsbekämpningsmedel	Herbicidernas användningsätt förändras (t.ex. herbicidresistent soja).	Utvecklingen av ogräs som tål herbicider och för stor användning av herbicider.	Jordmänen drar nytta av direktsådd alltså ökning av oplöjd sådd (plöjning är en del av ogräsbekämpningen)
			Jämförelse av jordbrukets produktionsformer och deras miljöpåverkan.
Skadedjurs-tålighet	Skadedjuren kan utveckla en motståndskraft mot Gm-växternas egenskaper.	U-länderna har möjligen svårigheter att följa ett intensivt riskkontrollprogram.	Odling av Gm-växter på så sätt att man undviker en resistensutveckling (riskkontrollprogram; användningsplan).
			Utarbetning av riskkontrollprogram för olika naturtyper, ex. tropisk omgivning.



Stresstålighet	Genändringen möjliggör en förädling av tålgighet till biotiska och abiotiska stressfaktorer i växterna.	Inverkan kan vara nyttig eller skadlig och beror på den egenskap som används och miljön. Odling av mark som förut inte var odlingsbar (salt jordmån, torra områden). Produktion av en tillräcklig skörd av bättre kvalitet från ett mindre område.	Följa med oväntad inverkan.
Läkemedels-industriella tillämpningar t.ex. vaccinväxter	Det är möjligt att i växter producera t.ex. vaccin mot sjukdomsalstrare (t.ex. potatis, banan).	Möjlig inblandning i näringskedjan. Kontroll oundviklig.	Nödvändig övervakning och reglering.
Industriella tillämpningar, t.ex. plastproduktion i växter	Det är möjligt att producera råvaror för industrin i växter.	Möjlig inblandning i näringskedjan. Kontroll oundviklig.	Nödvändig övervakning och reglering

1) Inverkningarna kan vara antingen nyttiga eller skadliga. I riskbedömningen koncentrerar man sig på de skadliga.

Källlitteratur:

WHO (2005): Modern food biotechnology, human health and development: an evidence-based study. ISBN 92 4 159305 9. 76 s.

Huang et al. (2005) Science 308, 688–690

Pilson, D. ja Predeville, H. R. (2004): Ecological effects of transgenic crops and the escape of transgenes into wild populations. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 35, 149–174.

European Environment Agency (2002): Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer. Eastham, K and, Sweet, J. (Kirj.) 75 s. http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2002_28/en/GMOs%20for%20www.pdf

Dale, P., Clarke, B., and Fontes, E.M .G. (2002): Potential for the environmental impact of transgenic crops. Nature Biotechnology 20, 567-573.

The Plant Journal (2002): Special Issues on Plant GM Technology, The Plant Journal 2002, 31 (4), 387–430:
Groot, A.T. ja Dicke, M. Insect-resistant transgenic plants in a multi-trophic context. s. 387–406
Pray, C.E. et al. Five years of Bt cotton in China – the benefits continue. s. 423–460

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2001), 98 (21), 11908–11942:
Zangerl, A. R. et al. Effects of exposure to event 176 *Bacillus thuringiensis* corn pollen on monarch and black swallowtail caterpillars under field conditions, s. 11908–11912
Oberhauser, K. S. et al. Temporal and spatial overlap between monarch larvae and corn pollen, s. 11913–11918
Pleasant, J. M. et al. Corn pollen deposition on milkweeds in and near cornfields, s. 11919–11924
Hellmich, R. L. et al. Monarch larvae sensitivity to *Bacillus thuringiensis*- purified proteins and pollen, s. 11925–11930
Stanley-Horn, D. E. et al. Assessing the impact of Cry1Ab-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies, pp. 11931–11936
Sears, M. K. Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment, s. 11937–11942

OECD (2001): Living Modified Organisms and the Environment, An International Conference, Raleigh, Durham, November 2001: Final Rapporteurs' Report (Juma, C., Barnett, A., and Gillespie, I.). OECD, Paris, France. 2001. http://www.oecd.org/document/18/0,2340,en_2649_34385_2509330_1_1_1_1,00.html

Losey, J. E. et al. (1999) Transgenic pollen harms monarch larvae. Nature 399, 214

tan har fördelats mellan odlarna, industrin och konsumenterna, och har alltså inte fört med sig nytta endast för den som äger tekniken. Miljönyttan har uppstått i och med mindre användning av bekämpningsmedel, vilket också har lett till att lantbrukarna utsatts för mindre kemikalier. I Kina märkte man i vidsträckt fältförsök med odling av genändrade insekt-tåliga rissorter att fast skörden ändast blev lite större, drog odlaren nytta genom mindre bekämpningsmedelskostnader och en bättre hälsa. Bekämpningsmedelsbeprutningar behövde inte göras under varje växtperiod, medan de vanliga sorterna besprutades i medeltal 3,7 gånger per växtperiod.¹¹

En nytta med genetiken är kanske också det att en jämställd diskussion i bästa fall leder till en vidare granskning av lantbrukets metoder och till att bättre produktionsformer tas i bruk.

Skaffa tilläggsinformation

Den moderna biotekniken utvecklas hela tiden. Det tar mycket tid även för experter att följa med vetenskapens främsta front. Det sprids även mycket felaktig information om genändrade organismer, delvis med flit, vilket kan ge en förvrängd bild av sakernas tillstånd.

Det bästa sättet att bekanta sig med genteknik skulle förstås vara att följa med facktidskrifter. De kan ändå vara svåra p.g.a. fackterminologin. Flera engelskspråkiga publikationer som är lätta att närma sig har dock utkommit under de senaste åren.¹²

När du läser, tro inte på vad som helst. Bekanta dig med källorna och utöva källkritik. Ett vetenskapligt vattentätt påstående publiceras förhandsgranskat i uppskattade facktidskrifter, efter vilket forskarna granskar påståendet i sina egna forskningar och skrifter. Först efter en tid uppstår ett "konsensus", en enhällig synpunkt om hur saken troligen är. Ibland publiceras forskningsresultat för

snabbt, sensationssökande. Det att Bt-majsen skulle förorsaka död bland monarkfjärils-larver publicerades i tiderna rätt flott. I den fortsatta forskningen kom det ändå fram att det fanns brister i försöksupställningen och att Bt-majsens hot mot monarkfjärilen i själva verket var litet jämfört med annan vanlig lantbrukspraxis. Tyvärr fick dessa resultat inte lika mycket utrymme. Så har det också gått i andra fall. ●

Mer information

Modern food biotechnology, human health and development: an evident based study
World Health Organization, 2005
http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech_en.pdf

International trade in GMOs and GM products: national and multilateral legal frameworks
Policy Issues in International Trade and Commodities, Study Series No. 29 UNCTAD/ITCD/TAB/30, 2005
<http://www.unctad.org/Templates/webflyer.asp?docid=5831&intltemID=1397&lang=1>

Genetically modified crops in the EU: food safety assessment, regulation, and public concerns – Overarching report, 2004.

Entransfood, the European network on safety assessment of genetically modified food crops
<http://www.entransfood.com/>

Mendel in the Kitchen. A scientist view of genetically modified foods. Fedoroff, N & Brown, N. M., 2004, 370 s., Joseph Henry press, Washington D.C. ISBN 0-309-09205-1

Genetically Modified Crops. The use of genetically modified crops in developing countries (discussion paper). Nuffield Council of Bioethics 2003
http://www.nuffieldbioethics.org/go/ourwork/gmcrops/publication_313.html

En forskning i tre delar beställd av Storbritanniens regering år 2003. Rapporter om ekonomisk nytta, miljö- och hälsoproblem samt allmänhetens inställning:

- GM Science Review: Publications
<http://www.gmsciencedebate.org.uk>
- GM Nation? The public debate
<http://www.gmnation.org.uk/>
- Field Work: Weighing up the Costs and Benefits of GM crops
<http://www.number-10.gov.uk/files/pdf/GMreport.pdf>

En databas om världens lantbruks- och matproduktion samt handel som uppdateras årligen:
<http://faostat.fao.org/>

Jord- och skogsbruksministeriets genteknikstrategi och åtgärdsprogram för åren 2003–2007. Arbetsgruppsmemorandum MMM 2003:18
http://193.209.42.12/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2003/tr2003_18.pdf

¹¹ Huang et al 2005, Science 308, 688–690

¹² Kirjallisuusviitteisiin on koottu yhteenvetoja geeniteknikasta.

