

Vi spiser giftigt korn

De kornprodukter, vi spiser til dagligt, kan indeholde farlige mængder af giftstoffer, der stammer fra svampe i kornet. Uventet viser det sig, at majs, som er gensplejset mod insektangreb, i gennemsnit indeholder mindre af disse giftstoffer, fordi svampene har sværere ved at få adgang til plantens væv. Er gensplejsning løsningen på problemet? For at kunne svare på det kigger vi først på svampegift og især de problemer de kan give for os.

Af David B. Collinge, Institut for Plantebiologi, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Mange planter er giftige, og fra barnsben lærer vi, at det kun er udvalgte plantedele, der kan spises. Spiselige planter kan dog også indeholde skadelige stoffer: Cassava (maniok) og mandler indeholder blåsyre, grønne kartofler har alkaloider, og nogle mennesker får alvorlige allergireaktioner af nødder eller endda af hvede.

Planter kan også være giftige, hvis de er angrebet af visse svampe, der kan danne giftstoffer - de såkaldte mykotoxiner (mykes er gammel græsk for champignon) (Cardwell et al. 2001). De svampe, der producerer toksiner, angriber ofte allerede i marken eller frugtplantagen, men angrebet kan også udvikle sig efter høst af planteprodukterne. Svampene er desuden skyld i store udbyttetab eller produktionsomkostninger for landbruget.

Bekæmpelse af svampesygdomme

I industrilandene bruger vi mange penge på at bekæmpe disse skadevoldere ved hjælp af dyrkningsmetoder, som for eksempel sædskifte, anvendelse af sundt frø og brug af modstandsdygtige planter, og sprøjtemidler har også en meget væsentlig rolle i mange afgrøder. I ulandene kan plantesygdomme og insektangreb have meget alvorlige konsekvenser i form af tab af den eneste indkomstkilde og sult, for her er der ikke altid råd til de rigtige frø eller bekæmpelsesmidler.

Svampetoksiner i muggen mad

Som regel producerer svampene toksiner for at svække planten, så den er dårligere i stand til at forsvare sig selv. Nogle af toksinerne er desværre også giftige for de pattedyr, som spiser afgrøden, og nogle af dem kan overføres til mennesket gennem mælk eller kød fra de dyr, som har spist inficeret foder. For 15 år siden var vores fokus på nødder (især jordnødder) og tørret frugt (især figner) fra tropiske områder på grund af kræftfremkaldende aflaktoksiner.



Figur 1. Også fordærvet frugt og grønt kan indeholde svampetoksiner. Denne rødbede er inficeret med en art af *Penicillium*, formentlig den toksin-producerende art *P. radiciola*. Foto: David Collinge.

Aflaktoksiner stammer fra svampen *Aspergillus flavus*, som kan vokse på frugt, nødder og majsorn efter høst. Andre svampe er lige så vigtige kilder til disse mykotoxiner, der kollektivt kaldes mykotoxiner (Logrieco et al. 2003).

Gavnige *Penicillium*-arter kender vi som kilde både til vigtige antibiotika og i blåskimmelost – her danner de normalt ikke skadelige toksiner. Andre arter af *Penicillium* kan producere toksin. Nogle af disse arter kan findes på fedtholdig mad som ost og pølser, mens andre kan findes i en lang række af de planter og frugter vi spiser. Et eksempel er toksinet patulin, som dannes af forskellige *Penicillium*-arter, der findes i æbler, æblemost og æblesaft. Derfor er det vigtigt at undgå at spise muggen mad.

Den største del af vores kalorier stammer fra kornprodukter – enten direkte som brød, ris, pasta og øl, eller indirekte som kød og mælkeprodukter. Kornprodukterne stammer fra hvede, byg, rug og havre herhjemme samt

majs og ris, som for det meste importeres. Disse planter er også ofre for plantepatogene svampe, der forårsager væsentlige udbyttetab eller store omkostninger til deres bekæmpelse.

For omkring 30 år siden blev det opdaget, at toksin-producerende svampe, som hører til slægten *Fusarium*, kan forårsage alvorlige sygdomme i dyr, hvis disse spiste mugent korn.

Fusarium i korn

Der er mange *Fusarium*-arter – omkring 20 – som forårsager sygdommen fusariose i kornprodukter i Europa og i de lande, hvorfra vi importerer korn (Logrieco et al. 2002). De kan inficere selve kernen under deres udvikling og modning ud over, at de kan inficere blade og andre dele af planten. Nogle af disse svampe kan forårsage op til 30 % udbyttetab i for eksempel majs i Europa. De er i dag mest berøgtede for deres toksin-produktion, når de angriber kornprodukter.

Fusarium-arterne er meget udbredt, men i modsætning til mange andre plantepatogener er det vanskeligt at bekæmpe fusarioser. De mange arter af *Fusarium* opfører sig forskelligt, de er svære at bestemme og svære at bekæmpe med sprøjtemidler, blandt andet fordi man ikke må sprøjte op til høst. Derudover er deres skadevirkning



Figur 2. Hvedeaks med angreb af *Fusarium*. Foto: Henry Rasmussen.

svær at forudse, da der er tale om mange arter med hver sine optimale levevilkår. Endelig er konsekvenserne af angrebene meget forskellige (Munkvold 2003).

I modsætning til mange andre sygdomssvampe kan visse *Fusarium*-arter fortsætte med at udvikle sig og danne gift, efter at høsten er lagt på lageret. Det sker kun hvis det høstede korn er fugtigt, og derfor er det vigtigt med fint vejr under kornhøsten. Er kornet fugtigt, skal det tørres efter høst, og det skal altid opbevares under tørre forhold (Munkvold 2003).

Fusarium-toksiner skader dyr og mennesker

Der er mange forsøg, der viser, at forskellige *Fusarium*-toksiner i kosten er skadelige for husdyr, for eksempel grise, hvor de kan fremkalde hjernesygdom, immunologiske sygdomme samt bremse væksten. En meget høj dosis forårsager opkastning og vejrtrækningsvanskeligheder hos mennesker og dyr (Cardwell et al. 2001). Det har været svært at påvise, at *Fusarium*-gifte faktisk er kronisk skadelige for mennesker, da det er uetisk at eksperimentere på mennesker. Dog er der adskillige studier, som synes at påvise de skadelige effekter af disse toksiner. For eksempel viser studier fra Sydafrika en hyppigere forekomst af visse sygdomme hos mennesker, der har et højt indhold af toksiner i blodet og afføringen. Dette forhold gør sig også gældende i distrikter med høj hyppighed af halskræft. Så der er indikier for, at nogle af disse stoffer er kræftfremkaldende hos dyr og mennesker (Chelule et al. 2005).

Vanskelighederne ved at påvise giftindhold og grad af giftighed er årsagen til, at EU først for nylig har truffet beslutning om niveauet for de forskellige toksiner i fødevarer, og processen er endnu ikke afsluttet.

Industrien og de statslige kontrolinstanser (Levnedsmiddelkontrollen og Plantedirektoratet) er klar over problemerne, og der gøres meget i Danmark for at kontrollere, om der findes toxinertoksiner i kornpartier, men kontrollen er dyr og tydeligvis ikke effektivt nok. Det er et faktum, at europæernes blod gennemsnitligt indeholder højere niveauer af visse toksiner end anbefalet af WHO. Toksinerne i vores blod stammer hovedsagelig fra de brød, morgenmadsprodukter, ris og pasta, vi spiser.

Bekæmpelse og forebyggelse af Fusarium i marken

Sprøjtemidlerne er ikke særlig effektive i bekæmpelse af *Fusarium*. Med højt smittetryk i fugtigt vejr under blomstringen, ligger bekæmpelseseffektivitet i bedste fald på cirka 50 procent sammenlignet med de ubehandlede planter. Derfor vil det være bedre at kunne sørge for, at planterne ikke angribes, end at sygdommen i afgrøden behandles.

Der forskes intenst i at finde effektive bekæmpelsesforanstaltninger. En mulighed er at identificere og fremavle plantesorter, som er modstandsdygtige mod disse svampe (Bai et al. 2000). En anden strategi er biologisk bekæmpelse, hvor gavnlige mikroorganismer søges til bekæm-



Figur 3. Majscolben er angrebet af *Fusarium* og de lysere kerner er giftige. Foto: Davis Collinge

pelse af de farlige *Fusarium*-arter.

Alle disse strategier, og flere til, vanskeliggøres af, at der er så mange arter involveret, som er svære at skille fra hinanden. Der vides ikke nok om deres biologi, udbredelse, infektionsveje og de fysiske faktorer, som påvirker angreb og senere regulering af toksindannelse. Denne manglende viden om sygdomskompleksets biologi er også i fokus hos forskerne, men der er lang vej endnu.

Resistens mod skadedyr reducerer *Fusarium*-angreb

Fusarium-arter kan trænge ind i planten gennem sår, der for eksempel opstår ved insektangreb. Blandt de væsentlige skadevoldere af majs og ris er sommerfugle, hvis larver udvikler sig inde i værtplantens stængel eller kolbe med store udbyttetab til følge. Her er larverne svære at bekæmpe, da de er uden for rækkevidden af insektmidler. En af de få store succes historier for gensplejsning af planter er udvikling af sorter, som danner et insektdræbende protein. Proteinet hedder BT-toksin, og der er forskellige typer, som er giftige over for forskellige slags insekter, for eksempel mygglarver, sommerfuglelarver og billelarver. Navnet BT-toksin er misvisende, da det ikke er et toksin som sådan, men et protein, som fungerer ved at hæmme insektlarvernes fordøjelsessystem.

BT-majs indeholder mindre toksin

Gensplejset BT-majs dyrkes mange steder i verden, og adskillige uafhængige markforsøg har vist, at den gensplejede majs ofte indeholder mindre mængder af gift fra *Fusarium* end de ikke gensplejede planter, som dyrkes ved siden af (Bakan et al. 2002; Hammond et al. 2004; Clements et al. 2003). Dette resultat er uafhængigt af, i hvilken verdensdel dyrkningen foregår, samt hvilket dyrkningssystem der er brugt. Det skyldes, at færre insektangreb betyder færre sår i majsblomsterne og færre *Fusarium*-infektioner. Det er klart en uventet fordel ved de gensplejede majs (Dowd 2003). Fælles for alle disse BT-proteiner er, at de ikke er giftige for mennesker og andre pattedyr. Desuden nedbrydes de hurtigt i vores maver, og de er derfor harmløse.

Både ris og majs er gensplejset med BT-gener, som er meget effektive i bekæmpelsen af deres respektive skadelige insektlarver. Majs har været brugt i USA og andre lande i en årrække, uden at der kan påvises nogle skadelige effekter på miljøet eller de dyr, som spiser produkterne. Risen er netop godkendt til kommerciel brug i Kina efter flere års omfattende afprøvning (http://www.isaaa.org/kc/CBTNews/2005_Issues/May/CBT_May_6.htm#gm). Det skønnes, at det vil betyde mellem fire og otte procent ekstra udbytte og 80 procent mindre pesticidforbrug (http://news.xinhuanet.com/english/2005-03/02/content_2637142.htm).

Bekymringer ved BT-majs

Der er et par faglige bekymringer omkring udnyttelsen af BT-gener (anon 2002). BT-toksinet har været brugt som sprøjtemiddel i mange år, men et af problemerne ved brugen af det er, at det nedbrydes af solens uv-lys. Dette begrænser anvendelsen som miljøvenligt sprøjtemiddel mod de overjordiske dele af planten. Proteinet er imidlertid meget stabilt, når det er beskyttet mod uv-lys - for eksempel når det produceres inde i planten. Desuden er man altid bekymret over løsninger hvor kun ét gen er brugt, da selektionstryk på insekterne til at overkomme resistensen er meget højt.

Det viser sig, at proteinet er forbausende stabilt i jord (Groot & Dicke 2002), og derfor undersøger forskere på Landbohøjskolen for tiden, hvorvidt det kan ophobes i grundvand (se <http://www.igv.kvl.dk/~lhr/>). Problemet er, at et overskud af dette protein i miljøet kan bidrage til tilpasning af insekter som er resistente over for BT-toksinet.

Der har i USA været kontroversiel forskning, der har ført til de antagelser, at produktion af BT-toksinet i majs pollen kan hæmme væksten af monarksommerfuglelarver, som vokser på ukrudtsplanter i majs marker (anon 2002).

Begge disse problemer ville kunne undgås ved at udvikle planter, som kun producerer BT-toksinet, når der er behov for det, for eksempel lokalt ved såring, og ikke i hele planten, som det er tilfældet nu. Det vil betyde, at BT-toksinerne vil dannes i mængder, der er brøkdeler af den mængde, som produceres nu. Men hvem vil betale for et så dyrt udviklingsarbejde, og ville det kunne få politisk støtte?

Biotek-forskning overlades til private virksomheder

For 20 år siden lå det grundlæggende arbejde bag udviklingen af nye afgrødesorter hovedsagelig i statens regi over hele Europa, men både i Danmark og andre vestlige lande er der skåret hårdt i offentlig landbrugs- og fødevarerforskning i de senere år. Nu ligger langt størstedelen af planteforædlingsarbejdet og den bioteknologiske forskning i den private sektor, og det betyder, at der skal være en klar økonomisk fordel ved større investeringer i udviklingsprojekter. Derfor er de fleste gensplejsede planter til kommercielt brug resistente over for ukrudtsmidler – en egenskab, som det er relativt let at sætte ind i afgrødeplanter.

Udvikling af sygdomsresistente planter ved hjælp af gensplejsning er mere kompliceret end mange antog i genteknologiens barndom. Bioteknologer har lovet hurtige løsninger på alt fra tørkeresistens til kvælstofsikserende hvede, der ikke skal gødes. Derfor er troværdigheden ikke i top, når der skal søges forskningsmidler til nye »mirakler«. Det gælder både undersøgelser og forståelse af de biologiske forhold, der gælder for sygdomskomplekset, samt udviklingen af løsninger, konventionelle eller bioteknologiske.

Med mere basal viden om *Fusarium*-svampenes biologi og interaktion med forskellige kornarter, som vi dyrker i Danmark, kan det være, at vi kan udvikle gensplejset hvede eller majs, som er resistente mod disse svampe. Denne løsning eksisterer ikke nu og kræver mere forskning. Tiden vil vise, om opgaven bliver løst.

Web sites og web artikler:

UN programme:

<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc219.htm>

Dutton:

<http://www.saafofost.org.za/dutton.html>

On Bacillus thuringiensis toxins:

<http://www.nal.usda.gov/bic/BTTOX/bttoxin.htm>

ISAAA. International Service for the Acquisition of Agri-bio-tech Applications:

<http://www.isaaa.org/>

Referencer

anon (2002) A Report on a Paper Concerning the Effect of Genetically Modified Bt Maize on Monarch Butterflies.

ACRE <http://www.defra.gov.uk/environment/acre/advice/advice13.htm>

Bai GH, Shaner G, Ohm H (2000) Inheritance of resistance to *Fusarium graminearum* in wheat. Theoretical and Applied Genetics 100:1-8

Bakan B, Melcion D, Richard-Molard D, Cahagnier B (2002) Fungal Growth and *Fusarium* Mycotoxin Content in Isogenic Traditional Maize and Genetically Modified Maize Grown in France and Spain. Journal Of Agricultural And Food Chemistry 50:728-731

Cardwell KF, Desjardins AE, Henry SH, Munkvold GP, Robens J. (2001) Mycotoxins: The Cost of Achieving Food

Security and Food Quality. APS Net, <http://www.apsnet.org/online/feature/mycotoxin/>

Chelule PK, Gqaleni N, Dutton MF, Chuturgoon AA (2005) Exposure of Rural and Urban Populations in KwaZulu Natal, South Africa, to Fumonisin B1 in Maize. Environmental Health Perspectives 109:253-256

Clements MJ, Campbell KW, Maragos CM, Pilcher C, Headrick JM, Pataky JK, White DG (2003) Influence of Cry1Ab protein and hybrid genotype on fumonisin contamination and fusarium ear rot of corn. Crop Sci 43:1283-1293

Collinge DB (2005) Vi spiser giftigt korn. Weekendavisen 32:9

Dowd PF (2003) Insect management to facilitate preharvest mycotoxin management. Journal of Toxicology-Toxin Reviews 22:327-350

Groot AT, Dicke M (2002) Insect-resistant transgenic plants in a multi-trophic context. Plant Journal 31:387-406

Hammond BG, Campbell KW, Pilcher CD, DeGooyer TA, Robinson AE, McMillen BL, Spangler SM, Riordan SG, Rice LG, Richard JL (2004) Lower fumonisin mycotoxin levels in the grain of Bt corn grown in the United States in 2000-2002. Journal Of Agricultural And Food Chemistry 52:1390-1397

Josefsen AB (1999) Rapport fra underudvalg om jordbrugsdyrkning. Miljøstyrrelsen, København

Logrieco A, Bottalico A, Mulé G, Moretti A, Perrone G (2003) Epidemiology of Toxigenic Fungi and their Associated Mycotoxins for Some Mediterranean Crops. European Journal of Plant Pathology 109:645-667

Logrieco A, Mule G, Moretti A, Bottalico A (2002) Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. European Journal of Plant Pathology 108:597-609

Munkvold GP (2003) Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. Annual Review of Phytopathology 41:99-116

En forkortet version af denne artikel blev publiceret i Weekendavisen, nr. 32, 12. - 18. august 2005 (Collinge 2005)

David B. Collinge er professor på Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole og har i mere end 20 år forsket i planters modstandsdygtighed over for svampeangreb.