

Mykotoxinbildande mögelsvampar

Här ger Livsmedelsverket vägledning om hur kraven i lagstiftningen kan uppnås. Vägledningen är inte bindande och utesluter inte andra sätt att uppfylla kraven.

Här beskrivs de viktigaste typerna av mykotoxinbildande mögelsvampar och dess egenskaper. Här beskrivs också mögelsvamparnas och toxinernas betydelse i olika livsmedel, bedömning vid förekomst med mera.

Allmänt

De viktigaste mykotoxinerna är aflatoxiner, ochratoxin A (OTA), fusariumtoxiner och patulin. De bildas av mögelsvampar inom släktet *Aspergillus* (aflatoxiner), *Penicillium* och *Aspergillus* (OTA), *Fusarium* (fusariumtoxiner) och *Penicillium* (patulin).

Provtagning inom offentlig kontroll ska i första hand ske med avseende på mykotoxiner.

Mykotoxiner kan vara mycket ojämnt fördelade i ett livsmedelsparti. Provtagningen spelar därför en mycket viktig roll när det gäller tillförlitligheten vid bestämning av mykotoxinhalten. Provtagning inom offentlig kontroll ska följa ett särskilt regelverk för att säkerställa att provtagningen blir så representativ som möjligt. Se förordning (EU) nr 401/2006.

Provtagning av mykotoxiner

Mögel och mögelgifter

Mykotoxiner är stabila i de flesta livsmedelsprocesser och kan finnas kvar i livsmedlet trots exempelvis värmebehandling, trots att mögelsvamparna avdödas. Svamparna tillväxer i växternas yttre delar och risken för höga halter mykotoxiner är därför större i produkter med högre andel skaldelar kvar, såsom till exempel fullkornsprodukter.

För att förstå varför mykotoxiner förekommer i vissa livsmedel och därmed kunna bedöma företagets förebyggande åtgärder krävs även kunskap om de mögelsvampar som bildar mykotoxinerna. Inom företagets egenkontroll kan specifika analyser av mykotoxinbildande mögelsvampar i vissa fall ersätta mykotoxinanalyser. Analys av mikrosvamp (mögel och jäst) kan också utföras som ett led i företagets kvalitetskontroll.

Indikatororganismer

Mikrosvamp (jäst och mögel)

Aktuella livsmedel att analysera

Aflatoxiner och aflatoxinbildande mögelsvampar

Aktuella livsmedel att provta är jordnötter, paranötter och andra nötter, fettrika fröer och fröprodukter, fikon och annan torkad frukt, spannmål (främst bovete och majs, även ris), kryddor (chili, paprika, peppar, muskot, ingefära, gurkmeja), mjölk (aflatoxin M1) samt bearbetade livsmedel som innehåller dessa råvaror.

Inom företagets egen kontroll kan analys av mögelsvampar ersätta analys av aflatoxiner om ett samband mellan mögel och mykotoxin kan fastställas. I annat fall bör kemisk analys av mykotoxiner utföras även inom företagets egen kontroll. Exempelvis är halten aflatoxinbildande mögelsvampar ett bättre mått på risk i färska råvaror än i bearbetade produkter eller råvaror som lagrats under en längre tid.

Ochratoxin A och ochratoxinbildande mögelsvampar

Aktuella livsmedel att provta är spannmål och spannmålsprodukter, torkade baljväxter, kaffe, vin (rött vin innehåller mer än vitt), druvjuice, russin och annan torkad frukt, nötter och kryddor. OTA kan även återfinnas i vissa animalieprodukter, som inälvsmat (främst njure, lever och blod) och köttprodukter som lagras under lång tid.

Inom företagens egen kontroll kan analys av mögelsvampar ersätta analys av OTA om ett samband mellan mögel och mykotoxin kan fastställas. I annat fall bör kemisk analys av mykotoxiner utföras även inom företagens egen kontroll. Analys av *P. verrucosum* kan exempelvis vara aktuellt i lagrad spannmål.

Patulin och patulinbildande mögelsvampar

Patulin bör analyseras i fruktråvara och fruktprodukter, till exempel juice, mos och puré av framför allt äpplen men också päron och blåbär. Barnmat är en särskilt viktig produktkategori.

Färsk frukt eller produkter av färsk frukt kan även analyseras mikrobiologiskt inom företagens egen kontroll för förekomst av *P. expansum*. Om svampen inte påvisas, innehåller livsmedelsprovet inte patulin. Övriga produkter bör analyseras för patulin och inte mögelsvampen.

Fusariumtoxiner

Fusariumtoxiner bör analyseras med utgångspunkt från gällande gränsvärden i förordning (EU) nr 1881/2006. Obearbetad spannmål (vete, korn, råg, havre) och spannmålsprodukter (bröd, kakor, kex, snacks, frukostflingor, pasta, öl) bör analyseras med avseende på DON, ZEA och T2/HT2 (endast havre). Majs och majsprodukter (majsmjöl, välling, snacks, frukostflingor) bör analyseras med avseende på DON, ZEA och fumonisiner.

Mindre lämpliga livsmedel att analysera

Livsmedel som inte omfattas av europeiska gränsvärden i förordning (EU) nr 1881/2006 analyseras inte inom offentlig kontroll. Mögelsvampar dör vid värmebehandling, vilket innebär att rostade eller på annat sätt värmebehandlade produkter inte bör analyseras mikrobiologiskt.

Bedömning

Halten mykotoxiner i ett livsmedel får inte överskrida gällande gränsvärden i förordning (EU) nr 1881/2006.

Om mer än 100 CFU per gram (generellt riktvärde) av aflatoxinproducerande mögelsvampar påvisas i ett livsmedelsprov bör det analyseras med avseende på innehållet av aflatoxiner. Påvisande av mer än 1000 CFU per gram i spannmål eller mer än 100 CFU per gram i spannmålsprodukter av *P. verrucosum* bör följas av analys med avseende på innehållet av OTA.

Tänk på att

Mykotoxiner är stabila i de flesta livsmedelsprocesser och kan finnas kvar i livsmedlet trots exempelvis värmebehandling, trots att mögelsvamparna avdödas.

Mykotoxiner kan vara mycket ojämnt fördelade i ett livsmedelsparti. Provtagningen spelar därför en mycket viktig roll när det gäller tillförlitligheten vid bestämning av mykotoxinhalten.

Egenskaper

Aflatoxinbildande mögelsvampar

Aspergillus flavus bildar aflatoxinerna B1 och B2 och är den vanligast förekommande aflatoxinproducerande arten i livsmedel. Även arterna *Aspergillus parasiticus* och *Aspergillus nomius* förekommer i vissa livsmedel och dessa bildar utöver B1 och B2 även G1 och G2. Mögelsvampar, som tillhör släktet *Aspergillus*, trivs framför allt i områden med varmt och fuktigt klimat. *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* och deras toxiner förekommer därför ofta i livsmedel som odlas och lagras i tropiska och subtropiska områden, till exempel torkade nötter, fikon och annan torkad frukt, kryddor, majs och ris.

Svamparna kan i vissa grödor växa till och bilda aflatoxin redan på fältet, men risken är framför allt störst under lagringen till följd av att vattenhalten i livsmedlet varit hög vid skörd eller att torkningen varit otillräcklig.

Livsmedel som torkas i solen är extra utsatta, eftersom torkningsprocessen tar längre tid.

Om mjölkproducerande djur äter foder som förorenats med aflatoxin, omvandlas toxinet i djurens lever till

aflatoxin M1. Cirka 1 procent av aflatoxin M1 övergår till mjölken och återfinns sedan i både mjölk eller mjölkprodukter från dessa djur.

Aflatoxinbildande aspergillus-arter växer till vid temperaturer mellan 12-42°C och optimal tillväxt sker över 30°C. Svamparna kan växa vid en relativt låg vattenaktivitet, ner till 0,82 (fakta 2, figur 3). Mögelkolonierna är typiskt gröngråa på generella odlingssubstrat som maltextraktagar (MEA) och dichloran-18 procent-glycerolagar (DG 18), (figur 4).

För att skilja toxinbildande arter av Aspergillus från närbesläktade icke-producerande arter kan substratet Aspergillus Parasiticus agar (AFPA) användas [1]. Aspergillus flavus, A. parasiticus och A. nomius bildar en klarorange baksida på substratet AFPA efter inkubering i 30°C i 42-48 timmar. Arterna skiljs åt med mikroskopering.

Ochratoxinbildande mögelsvampar

OTA kan produceras av arter från släktet Penicillium (P. verrucosum och P. nordicum) och Aspergillus (framför allt A. carbonarius, men även andra svarta och bruna arter). Penicillium verrucosum är den viktigaste källan till OTA i länder med ett tempererat klimat. Aspergillus carbonarius och andra aspergillus-arter är den viktigaste källan till OTA i länder med ett tropiskt klimat.

Penicillium verrucosum är vanlig i spannmål medan P. nordicum kan förekomma i proteinrika livsmedel, till exempel ost och vissa torkade köttprodukter (salami, lufttorkad skinka). Arter av Penicillium trivs i tempererade områden i Europa och Kanada.

Mögelsvampar inom släktet Aspergillus trivs framförallt i tropiska och subtropiska områden och A. carbonarius och andra OTA-producerande arter förekommer naturligt i livsmedelsråvaror som kaffe, kakao och vindruvor (russin).

Penicillium verrucosum föredrar att växa vid låga temperaturer (psykrofil). Den växer i temperaturintervallet 0-31°C och snabbast växer den sig runt 20°C. Lägsta vattenaktivitet för tillväxt är cirka 0,80. OTA bildas över hela temperaturintervallet för tillväxt, men inte vid en lägre vattenaktivitet än 0,86.

Penicillium verrucosum påvisas i livsmedel genom odling på det diagnostiska substratet DG18. Kolonier av P. verrucosum kännetecknas av en röd till rödbrun kolonibaksida [2].

Aspergillus carbonarius växer från 10 till 41°C och växer snabbast runt 30°C. Lägsta vattenaktivitet för tillväxt är cirka 0,85. Aspergillus carbonarius är mycket tolerant mot höga halter koldioxid och tillväxten begränsas endast marginellt av

50 procent koldioxid och 1 procent O₂ jämfört med vanlig luft. OTA bildas endast vid lägre temperaturer med optimum runt 15-20°C och vid en vattenaktivitet över 0,92.

OTA är värmestabilt och kan finnas kvar i en produkt som har värmebehandlats trots att möglet som orsakat toxinbildningen har avdödat.

Fusariumsvampar

Många arter av Fusarium har förmåga att bilda mykotoxiner. Det finns gränsvärden för deoxynivalenol (DON) och zearalenon (ZEA) som bildas av arterna Fusarium graminearum och Fusarium culmorum, fumonisiner av F. proliferatum och F. verticillioides samt T2 och HT2 av F. langsethiae.

DON är vanligt förekommande i spannmål, främst majs, havre, korn, vete, och råg och är vanlig både i tempererade och subtropiska klimat. Trots att ZEA bildas av samma mögelarter som DON förekommer toxinet ofta i majs, men är inte lika vanligt i andra grödor, som vete, korn, sorgum och råg.

Fumonisin förekommer främst i majs och majsbaserade livsmedel, ofta tillsammans med andra toxiner, som ZEA och DON. T2 och HT2 förekommer framför allt i havre och havreprodukter och är vanligast i kyliga tempererade klimat, till exempel norra Europa inklusive Storbritannien.

Det viktigaste fusariumtoxinet i svenskodlade livsmedel är DON i vete och havre, men vid skörd bör även ZEA i vete och T2 och HT2 i havre kontrolleras.

Många fusariumsvampar är växtpatogener och infekterar grödan under odlingssäsongen. Infektionerna leder inte bara till toxinbildning utan också till missfärgning och minskade skördar.

De flesta fusariumarter växer snabbt och har liknande utseende, vilket gör haltbestämning av specifika arter

med traditionella odlingsmetoder mycket svårt.

Patulinbildande mögelsvampar

Patulin bildas av vissa mögelarter inom släktena *Penicillium*, *Aspergillus* och *Byssochlamus* när de växer på frukt. Arten *P. expansum* är den viktigaste producenten av patulin i äpplen och andra kärnfrukter samt i vissa bär.

Penicillium expansum är den huvudsakliga orsaken till förruttelse av kärnfrukter, framför allt äpplen och päron. På hela frukter är mögelangreppen i regel lätta att identifiera, men problem uppstår när frukter av dålig kvalitet ingår i processade produkter som till exempel fruktjuicer, fruktpuré och fruktmos. *Penicillium expansum* har även isolerats från många andra livsmedel, till exempel majs, vete, ris, ost, kött och köttprodukter och fruktyoghurt.

Penicillium expansum växer bra vid 0°C och kan till och med växa vid minusgrader (ner till cirka -3°C). Den kan också växa vid ganska låg vattenaktivitet (cirka 0,83) och har låga krav på tillgång till syre.

Sjukdomsymtom

Aflatoxin

De aflatoxiner som främst påvisas i livsmedel är aflatoxin B1, B2, G1, och G2. Både enskilda aflatoxiner och naturligt förekommande blandningar av aflatoxiner har visat sig vara cancerframkallande. Främst orsakar de levertumörer, men även andra organ kan drabbas. Aflatoxiner kan dessutom orsaka andra skador, höga doser kan till exempel leda till akuta leverskador, dödsfall, försvagat immunsystem samt påverkan på näringsstatus och tillväxt.

Ochratoxin A

OTA är framför allt njurtoxiskt, men har vid högre doser också visat sig vara neurotoxiskt, ge fosterskador och påverka immunsystemet. Vid höga doser kan OTA också ge upphov till tumörer i njure och lever hos försöksdjur.

Deoxynivalenol (DON)

Det finns flera rapporter om fall där DON misstänks ha orsakat förgiftning hos människa. Typiska symtom vid dessa incidenter har inkluderat magont, illamående, diarréer, kräkning, matthet, huvudvärk och feber. DON är känt för att orsaka kräkning hos grisar och kallas därför också vomitoxin, men DON kan också påverka immunsystemet.

Zearalenon (ZEA)

ZEA är inte akuttoxiskt, men substansen och dess metaboliter kan vid längre exponering ge upphov till hormonella effekter. ZEA kan binda till östrogenreceptorer och i djurstudier har man observerat minskad fertilitet.

Fumonisin

Fumonisin B1 (FB1) anses vara både det vanligaste, men också det mest toxiska derivatet inom gruppen fumonisiner. Fumonisiner kan ge en hel rad olika skador på framför allt njurar och lever. Effekten kan dock variera beroende på djurart och kön.

FB1 har kan ge till tumörer i både lever och njure hos gnagare. Hos människa har exponering av FB1 associerats med cancer i matstrupen samt med ryggmärgsskador (neuralrörstdefekter). Klara samband är svåra att säkerställa.

T2 och HT2

T2-toxin metaboliseras snabbt till HT2-toxin och de toxiska effekterna som observerats beror delvis på HT2. Gris anses vara bland de känsligaste djurslagen och exponering påverkar främst blodet och immunförsvaret. T2 och HT2 kan också ge hud- och nervskador, samt påverka reproduktion och utveckling.

Patulin

I försök på mus och råttor har patulin visat sig vara akuttoxiskt vid relativt höga doser och toxinet har då gett skador på mag- och tarmkanalen. Djurförsök har också visat att patulin kan ge nerv- och fosterskador samt påverka på immunsystemet. Toxinet kan orsaka skador på arvsmassan, men det är oklart om det ger tumörer.

Förebyggande åtgärder

Aflatoxiner och ochratoxin A

Tillväxt och mykotoxinbildning av de mögelsvampar som bildar OTA och aflatoxiner minskas genom god jordbruks- och lagringssed. Spannmål och andra livsmedel bör inte skördas vid för höga vattenhalter eller mellanlagras under långa perioder innan den torkas ned till en lagringsstabil vattenhalt. Under lagring bör återfuktning av torkade livsmedel undvikas.

Fusariumtoxiner

Tillväxt av fusarium-svampar sker i regel redan på fältet och påverkas i hög grad av temperatur, nederbörd och luftfuktighet. Fusariumangreppen kan delvis begränsas genom att tillämpa god jordbrukssed och följa de branschriktlinjer som finns.

De faktorer, som styr tillväxt och toxinbildning, är inte helt kända och lantbrukare kan, trots att de följer de riktlinjer som finns, få höga halter toxiner i sin skörd. Detta ställer höga krav på företagens egen kontroll.

Patulin

Ett effektivt sätt att förhindra patulinbildning i frukt och fruktprodukter är bortsortering av möjlig frukt redan vid skörd.

Referenser

[1] Nordisk Metodik Kommitté för Livsmedel (NMKL)-metod nr 177. 2004. *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*. Bestämning i livsmedel och foder

[2] Nordisk Metodik Kommitté för Livsmedel (NMKL)-metod nr 98, 4. Utg. 2005. Mögel och jäst. Bestämning i livsmedel och foder

Senast uppdaterad 5 maj 2020 Ansvarig grupp SV_SL