

När maten har möglat

Riskvärderingsrapport

av Monica Olsen och Åsa Svanström

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning – del 1	4
Summary – part 1	5
Bakgrund	6
Övergripande frågeställning:.....	6
Nuvarande råd för mögel i sylt/mos, saft och nötter	7
Metod	8
Kriterier för urval av litteratur från databassökningar:	8
Faroidentifiering och farokarakterisering	10
Mögelgifter/mykotoxiner	10
Mykotoxiner/svampmetaboliter som saknar riskvärdering	10
Infektioner orsakade av mögelsvampar	11
Riskbeskrivning för olika livsmedelsgrupper och vetenskapligt underlag för råd (inkluderar exponering och risk karakterisering)	12
Frukt- och bärprodukter – Sylt/mos.....	12
Exponeringsuppskattning	15
Frukt- och bärprodukter – Saft.....	17
Nötter	19
Svar på övriga specifika frågor	21
Referenser	22
Sammanfattning	25
Summary – part 2	26
Bakgrund	27
Övergripande frågeställning:.....	27
Metod	28
Kriterier för urval av litteratur från databassökningar:	28
Faroidentifiering och farokarakterisering	30
Riskbeskrivning för olika livsmedelsgrupper och vetenskapligt underlag för råd (inkluderar exponering och risk karakterisering)	32
Bröd	32
Frukt och bär	34
Bedömning	35
Mjölksprodukter	36
Ost	36
Bedömning	38
Övriga livsmedelsgrupper	39
Bedömning	39
Svar på övriga specifika frågor	40
Referenser	42
Bilaga 1	46
Bilaga 2	48
Bilaga 3.	53

Förord

Livsmedelsverket arbetar för att skydda konsumenternas intressen genom att arbeta för säker mat och bra dricksvatten, att informationen om maten är pålitlig så ingen blir lurad och för att främja bra matvanor.

En av Livsmedelsverkets uppgifter är att ta fram och förvalta olika konsumentråd som rör livsmedel och dricksvatten. Råden baseras på vetenskapliga rön och behöver löpande uppdateras.

Livsmedelsverkets rapport nr 4 om Mögel i livsmedel består av två delar, där del 1 är en riskhanteringsrapport och del 2 är en oberoende riskvärdering eller kunskapsöversikt.

I denna rapport del 2 redovisas en kunskapsöversikt som är uppdaterad utifrån aktuellt kunskapsläge i ämnet. Den har tagits fram och sammanställts av Livsmedelsverkets experter inom området mikrobiologi

Rapporten har tagits fram på beställning av Livsmedelsverkets Rådgivningsavdelning och besvarar både allmänna samt specifika frågeställningar. Denna rapport innehåller vetenskapliga underlag och vissa riskvärderingar, där de specifika frågeställningarna besvaras, gjorda utifrån två olika ärenden (SLV Dnr 2015/08689 och 2015/08690) och hålls därför särade även i denna sammanslagna rapportformat. Eftersom den innehåller en blandning av vetenskapliga underlag och riskvärderingar följer rubricering inte helt de gängse riskvärderingstegen. I kunskapsunderlaget ingår inte åtgärdsförslag till hur eventuella risker ska hanteras. Det redovisas i motsvarande riskhanteringsrapport.

Följande personer har arbetat med att ta fram denna rapport: Monica Olsen, senior mikrobiolog och Åsa Svanström, mikrobiolog.

Livsmedelsverket mars 2017

Sammanfattning – del 1

Vetenskapligt underlag för våra råd om hantering av möjliga livsmedel (möjlig saft, sylt samt missfärgade och skrumpna nötter)

Denna vetenskapliga sammanställning beskriver bakgrunden till de befintliga råden gällande möjlig sylt/mos, saft och nötter. Underlagen för Livsmedelsverkets råd som gäller sylt/mos som möglat vilar främst på data från 1970-talet. En viktig faktor för att undvika mykotoxiner i sylt eller mos är att använda friska bär och frukter. Patulin är det mykotoxin som är mest studerat i undersökningar av möjlig sylt och mos. För att förhindra patulin eller annan mykotoxinbildning är vattenaktiviteten en av de viktigaste parametrarna. Vattenaktiviteten är ett mått på hur mycket obundet vatten det finns i en produkt och är som högst 1. Generellt kräver mögelsvampar högre vattenaktivitet för mykotoxinbildning än för mögeltillväxt men lägsta vattenaktivitet för toxinbildning kan skilja sig mellan olika mykotoxiner. Resultaten från 70-talet visar att för patulinbildning så behövs en sockermängd om 500 g socker per kilo bär/frukt för att förhindra patulin bildning men en högre mängd socker kunde inte helt hämma bildning av aflatoxin. I en pilotstudie från våren 2016 kan man också detektera bildning av andra mykotoxiner i sylt vid lägre vattenaktiviteter än för patulin. Idag har vi helt andra kemiska analysmetoder än på 70-talet som kan identifiera och kvantifiera många mykotoxiner samtidigt och därmed ge möjlighet till ett helhetsperspektiv på riskerna.

För saft finns det väldigt lite data publicerat men slutsatser kan dras från studier utförda t.ex. på juice. Många olika typer av mögel kan tillväxa och exempel på toxiner som kan bildas är patulin och aflatoxiner. För att uppnå en vattenaktivitet som förhindrar tillväxt av mögel och bildning av toxiner krävs större mängd socker än vad som normalt används i saft och detta har varit utgångspunkt i det befintliga rådet om att inte dricka saft som möglat.

Nötter (och mandlar) är produkter som kan innehålla aflatoxiner och därför finns också strikt EU-lagstiftning på hur mycket aflatoxiner som dessa produkter maximalt får innehålla. Aflatoxiner är så kallade genotoxiska carcinogener och exponering för sådana substanser ska hållas så låg som möjligt (den så kallade ALARA-principen). Men ett problem är att aflatoxiner är mycket ojämnt fördelade i ett parti och koncentrerade till ett fåtal nötter och därför är det mer eller mindre omöjligt att helt förhindra att nötter med aflatoxin når konsumenter. Men ett sätt att ytterligare minska risken för exponeringen är att konsumenten själv är observant på hur nöten ser ut. I litteraturen finns undersökningar som stödjer att genom att plocka bort missfärgade, skrumpna eller synbart möjliga nötter kan man sänka exponeringen för aflatoxiner.

Summary – part 1

This report summarizes the scientific basis underlying the National Food Agency's advice on moldy jam, mash, cordial and nuts. To avoid mycotoxins in jams and similar products it is important to use fresh berries and fruits as starting material. Another important factor is the water activity, the amount of free water, of the finished product. A study performed at the NFA in the seventies showed that to prevent the formation of patulin, 500 g of sugar per kilo of fruit or berries were needed. The formation of aflatoxin was not prevented by this amount of sugar however. Results from a small study performed in 2016 showed that additional, more unknown, toxins are also formed at a lower water activity than patulin is.

To achieve a water activity that prevents growth of moulds and the formation of toxins in cordials requires greater amount of sugar than is normally used in these products. This is the basis of the existing advice to discard beverages if there is any visible mould.

Nuts (and almonds) may contain aflatoxins and are surrounded by strict regulations since these toxins are known genotoxic carcinogens. However, aflatoxins can be very unevenly distributed in a batch and it is more or less impossible to completely prevent nuts containing the toxin to reach consumers. It is possible to lower the risk of aflatoxin exposure at the consumer level by being observant and discarding any nuts that are discolored, shriveled or visibly mouldy.

Bakgrund

I Livsmedelsverkets pågående projekt Råd i egna köket (Dnr 1338/2014) ska underlag till alla nuvarande råd i det egna köket utvärderas, sammanställas och samlas på en gemensam plats i den gemensamma mappstrukturen. Projektets mål är att Livsmedelsverkets råd i det egna köket ska vara väl vetenskapligt underbyggda och att underlagen på ett enkelt sätt ska kunna finnas tillgängligt för alla som arbetar på Livsmedelsverket.

Idag finns det på Livsmedelsverkets webbplats många olika råd om åtgärder som konsumenten kan göra i köket för att minska risken för att få i sig hälsoskadliga ämnen/agens. Det gäller till exempel råd för hantering av möjliga livsmedel som saft, sylt och nötter. För några av dessa råd finns redan referenser framtagna, men mer utförliga vetenskapliga underlag saknas.

Övergripande frågeställning:

Rådgivningsavdelningen behöver hjälp med att ta fram och sammanställa vetenskapliga underlag för Livsmedelsverkets gällande råd i det i egna köket om möjlig saft, sylt samt missfärgade och skrupna nötter.

Specifika frågor:

1. Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de olika produkterna och hur påverkar de hälsan?
2. Kan farorna styras eller minimeras till en acceptabel nivå i de olika produkterna för att minska risken för hälsoskadliga effekter?
 - a) Om ja, i så fall hur?
 - b) Om nej, varför?
3. Vad anses till exempel med att ta bort synligt mögel med god marginal i sylt?
4. Många konsumenter vill minska på sitt intag av socker. Finns det marginal i rådet att tillsätta 500 gram socker per kilo bär? I så fall vad är den lägsta sockerkoncentration för en säker produkt?
5. Många konsumenter vill minska på sitt intag av konserveringsmedel. Går det att få en säker produkt utan att tillsätta konserveringsmedel?
6. Finns det några konsumentgrupper som är särskilt känsliga, i så fall vilka?
7. Utvärdera behovet av experimentella studier.

Nuvarande råd för mögel i sylt/mos, saft och nötter

Möglig sylt/mos

Har man tillsatt minst 500 g socker per kg bär eller mos kan sylten ätas efter det att mögelskiktet avlägsnats med god marginal. I sylt med så mycket socker kan mögelsvampar inte bilda gifter även om de växer. Har man tillsatt mindre sockermängd bör den mögliga sylten kasseras

Möglig saft

Saft som har angripits av mögel bör slängas

Missfärgade, skruppna nötter

Undvik att äta missfärgade och skruppna nötter, de kan innehålla mögelgifter. Observera särskilt att paranötter ofta är mögliga i mitten.

Metod

Det vetenskapliga underlaget bygger på undersökningar som tidigare utförts på Livsmedelsverket, litteraturgenomgång från 1970 samt resultat från en pilotstudie som utfördes våren 2016. Vid sidan av litteratursökning i databaser användes ”Fungi and Food spoilage” av Pitt J I and A.D. Hocking (Pitt and Hocking, 2009) som referenslitteratur.

Kriterier för urval av litteratur från databassökningar:

Abstracts lästes och de artiklar som utifrån relevans för frågeställningen som kunde innehålla data beställdes eller togs fram via bibliotekets arkiv. I några fall kunde elektroniska kopior tas fram direkt. I vissa fall gav referenser i uttagna artiklar ytterligare referenser som kunde innehålla relevant information. Litteratursökning utfördes under sep 2016 i databaserna FSTA, PubMed och Science Direct och sökning gjordes från 1970 (eller begränsades inte med något tidsintervall) och framåt. Följande sökord/söksträng användes:

Avseende sylt och liknande fruktprodukter:

FSTA:

AB Fruit jam AND mycotoxin AND (mould or mold): 2 träffar
Fruit jam AND mycotoxin* AND (mould or mold): 3 träffar
Patulin AND fruit products AND (mould or mold): 14 träffar
Patulin AND fruit products AND (mould* or mold*): 24 träffar
Patulin AND blueberries AND (mould* or mold*): 3 träffar
Patulin AND apple AND penicillium: 119 träffar

PubMed:

((Fruit) AND Patulin) AND mould : 113 träffar
(Aflatoxin*[Title/Abstract]) AND jam: 1 träff

Science direct:

TITLE-ABSTR-KEY(Mycotoxin) and TITLE-ABSTR-KEY(trimming): 9 träffar
TITLE-ABSTR-KEY(Rotten fruit) and TITLE-ABSTR-KEY(mycotoxin): 5 träffar
TITLE-ABSTR-KEY(fruit) and TITLE-ABSTR-KEY(mould*): 122

Sökning på World Mycotoxin Journal (personlig access):

Patulin AND JAM: 2 träffar

Avseende saft:

FSTA:

(mould OR mold)Title AND (juice OR cordial OR lemonade)Title: 40 träffar
(mycotoxin)Title AND (juice OR cordial OR lemonade): 15 träffar
(water activity OR aw) AND (mould OR mold)Title AND (juice OR cordial OR lemonade): 39 träffar
(water activity OR aw) AND (mould OR mold) AND (juice OR cordial OR lemonade): 14 träffar
Water activity AND (patulin OR aflatoxin OR ochratoxin) (in title): 52 träffar

PubMed:

(water activity OR aw) AND (mould OR mold) AND (juice OR cordial OR lemonade): 39 träffar
((cordial[Title/Abstract] OR lemonade[Title/Abstract] OR must[Title/Abstract] OR squash[Title/Abstract])) AND (mould*[Title/Abstract] OR mold*[Title/Abstract] OR fungal[Title/Abstract]): 24 träffar

Science direct:

(mould OR mold)TitleAbstractKey AND (juice OR cordial OR lemonade) TitleAbstractKey: 136 träffar

Avseende nötter:**FSTA:**

AB nuts AND AB colour AND AB aflatoxin*: 17 träffar
AB nuts AND AB texture AND AB aflatoxin*: 4 träffar
AB nuts AND AB hand sorting AND AB aflatoxin* : 6 träffar

Science Direct:

TITLE-ABSTR-KEY(Mycotoxin*) and TITLE-ABSTR-KEY: 83 träffar

Faroidentifiering och farokarakterisering

Mögelgifter/mykotoxiner

De viktigaste mögelgifter som enligt litteraturen kan förekomma i sylt, saft och nötter finns redovisade i tabell 1 tillsammans med en farokarakterisering. I det fall Efsa eller JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) har utvärderat toxinet så refereras till den rapporten annars till enskilda referenser som beskrivit toxinet. Om IARC (International Agency for Research on Cancer) har utvärderat substansen så anges även deras klassificering av ämnet i fråga. När det gäller spontanmöglad mat i hemmet som t.ex. sylt, så kan man inte generellt knyta vissa svampar eller mykotoxiner till specifika produkter, som det ofta är fallet med möjliga råvaror i primärproduktionen. I råvaror som t.ex. frukt, bär och nötter finns oftast associerade mögelsvampar, men i köket finns svampsporer från många olika miljöer och ursprung, som kan sekundärt kan infektera och tillväxa i maten, varför man inte direkt kan associera specifika arter till speciella färdiglagade livsmedel som sylt.

Aflatoxiner

Ett tiotal arter inom släktet *Aspergillus* kan producera aflatoxiner (Frisvad et al., 2007) men de främsta och mest kända är *Aspergillus flavus* och *A. parasiticus*.

Ochratoxin A

Ochratoxin A kan bildas av flera arter inom flera släkten men på nötter är aspergillusarter som *A. ochraceus* vanlig orsak till bildning av ochratoxin A (Overy et al., 2003, Molyneux et al., 2007).

Patulin

Penicillium expansum är den viktigaste källan till patulinbildning i livsmedel men flera andra arter kan bilda detta mykotoxin. *Byssosclamyces nivea* har värmestabila sporer (ascosporer) och kan orsaka patulinbildning i pastöriserade produkter (Frisvad et al., 2007).

Penitrem A

Den viktigaste producenten av penitrem A i nötter och andra livsmedel är *Penicillium crustosum* (Frisvad et al., 2007, Overy et al., 2003).

Mykotoxiner/svampmetaboliter som saknar riskvärdering

I våra nyligen utförda undersökningar (Olsen et al., 2017) har flera olika svampmetaboliter kunna detekteras som idag saknar farokarakterisering och riskvärdering. Av dessa substanser har flertalet tagits fram i sökandet efter nya läkemedel. Andrastin A och B och communesin har tagits fram i cancerterapeutiskt syfte (Andersen et al., 2004, Fernández-Bodega et al., 2009). Cyclophenol och viridicatol är inhibitorer av protein tyrosinfosfat 1B (PTP1B) vars inhibering är ett mål i diabetes- och fetmäterapi. PTP1B är ett enzym involverad i nedreglering av insulinreceptorer och på så sätt mot insulin signalen. PTP1B-nivåer är förhöjda i patienter med insulinresistens. Viridicatol har också visats vara cytotoxiskt mot tumörceller (Sohn et al., 2013). Eftersom alla dessa biologisk aktiva ämnen har bildats i signifikanta mängder i våra försök (Olsen et al., 2017) så bör dessa ämnen vara intressanta i framtida riskvärderingar.

Infektioner orsakade av mögelsvampar

För en del av befolkningen så utgör mögelsvampar i livsmedel en livsfara. Dessa mögelsvampar som vanligtvis är ofarliga för större delen av befolkningen kan orsaka livshotande infektioner hos individer med nedsatt immunfunktion såsom cancerpatienter som genomgår cellgiftsbehandling, transplantationspatienter som tar immunhämmande mediciner, aidssjuka eller individer med svår diabetes. Infektionerna är inte organspecifika utan finns dokumenterade för fler olika organ som hjärna och magtarmkanal. Flera sådana fall har rapporterats på senare efter konsumtion av hemmagjord öl, möjlig yoghurt och probiotika (Martinello et al., 2012, Lazar et al., 2014, Vallabhaneni et al., 2015).

Tabell. 1 Hälsoeffekter och lagstiftning för några vanligt förekommande mykotoxiner i möjlig sylt och nötter

Mykotoxin	Farokarakterisering			Ref.	Lagstiftning
	Effekt	Tolerabelt intag*	Övrigt		EG Förordning nr
Aflatoxiner B₁, B₂, G₁, G₂	Genotoxiska, carcinogena	-	IARC** grupp 1	(Efsa, 2009)	1881/2006/EG
Ochratoxin A	Njur- och levertoxiskt, carcinogen	TWI: 120 ng/kg kv	IARC grupp 2B	(Efsa, 2006)	1881/2006/EG
Patulin	Tarmutvidgning, diarré, Tillväxthämmande genotoxisk	TDI: 0.4 µg /kg kv	IARC grupp 3	(JECFA, 1995, Speijers, 2004)	1881/2006/EG
Penitrem A	Neurotoxin, skakningar	Saknas	0,024-0,025 mg/kg kv orsakar skakningar i djur	(Scott, 2004)	Saknas

*TWI: tolerabelt veckointag uttryckt i mängd per kilo kroppsvikt (kv), TDI: tolerabelt dagligt intag uttryckt i mängd per kilo kroppsvikt (kv). Tolerabelt intag anges inte för genotoxiskt carcinogena ämnen

**IARC: <http://www.inchem.org/pages/iarc.html>. Klassificering enligt IARC: 1: human carcinogen; 2B: möjlig human carcinogen; 3: ingen human carcinogen.

Riskbeskrivning för olika livsmedelsgrupper och vetenskapligt underlag för råd (inkluderar exponering och risk karakterisering)

För att kunna erbjuda en sammanhängande text med avseende på efterfrågade livsmedel delas svaren på frågorna 1-5 upp per livsmedelsgrupp under denna rubrik.

Frukt- och bärprodukter – Sylt/mos

Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de angivna produkterna och hur påverkar de hälsan?

Till att börja med är det viktigt att använda friska råvaror som inte har mögelväxt när man ska tillreda sylt och mos. I våra råd om möjliga livsmedel så rekommenderar vi att bara använda friska bär och enbart skära bort mindre angrepp på frukt. I det nya vetenskapliga underlaget för våra råd om hantering av möjliga livsmedel (Dnr: 2015/08690) framkommer dock att när det gäller att skära bort med god marginal gäller detta enbart äpplen och att man ska skära bort med minst 2 cm från det angripna stället (Barkai-Golan and Paster, 2008, Rychlik and Schieberle, 2001) och att angreppet inte ska vara större än ca 2 cm i diameter. Däremot finns idag inget vetenskapligt stöd för att man kan göra på likande sätt för övriga frukter utan att spridningen av mykotoxiner kan gå längre i t.ex. vattnigare frukter som t.ex. päron. Trimning av äpplen genom att ta bort all röta, men så lite som möjligt av det friska fruktköttet, kunde reducera 93-99 % av totala mängden patulin i äpplen oberoende av temperatur, sort och mögelstam (Lovett et al., 1975). Analysmetoderna 1975 var inte så känsliga som på 20-hundratalet och att det kan vara skillnaden mellan dessa undersökningar, men alla visar på vikten av att trimma.

Undersökningar vid Livsmedelsverket.

Livsmedelsverket gjorde i slutet av 1970-talet undersökningar av mögelutveckling och bildning av patulin i sylt, äppelmos och äpple (Åkerstrand and Andersson, 1979). Utifrån dessa studier konstaterades att patulin inte bildas i sylt eller mos som "normalsockrats" vilket motsvarar 500 gram socker/kg bär eller per kg passerat mos (motsvarar ca 40 g socker per 100 gram färdig sylt eller ca 33 g socker per 100 g mos). Man studerade också vad som händer i äppelmos om man istället använder sig av en lägre sockerhalt (250 g socker per kg mos) eller inget tillsatt socker alls. Sylterna som ingick i studien var blåbär-, hallon- och lingonsylt och både "hemmagjord" mos och sylt samt industritillverkad ingick i studien. Man studerade också effekten av tillsatt eller inte tillsatt konserveringsmedel (natriumbensoat 0,5 g/kg sylt).

Sylten och moset ympades med *P. expansum* och förvarades därefter i +15°C, en temperatur som man vanligen har i svalutrymmen. Vid analysen av moset delades burken upp i 6 olika skikt för att studera hur patulinet spred sig i burken (Fig. 1), men det framgår inte av artikeln hur mycket varje skikt vägde eller hur långt det var mellan skikten. Resultaten visade att i äppelmos utan konserveringsmedel fick man den snabbaste tillväxten av möglet. I mos med 500 g socker och konserveringsmedel fick man växt i endast 1 av 4 burkar och inget patulin kunde påvisas i något av dessa 4 prover. I det lättsockrade moset (250 g socker/kg) och i det osockrade moset kunde höga halter patulin påvisas och toxinet kunde lätt diffundera i sylten. Redan efter 15 dagar hade patulin spridit sig ända till botten av burken i både det lättsockrade och osockrade moset och

halterna var höga 170 resp. 570 µg/kg. Man kunde däremot inte se någon korrelation mellan patulinhalt och storlek på mögelkolonin på toppen av burken. Konserveringsmedel hade hämmande effekt på mögelutvecklingen, men en inducerande effekt på patulinbildning vid de lägre sockerhalterna när mögel väl hade utvecklats.

På blåbärs- och hallonsylten växte *P. expansum* snabbt ut, men långsammare i de sylter som innehöll konserveringsmedel. På lingonsylten växte möglet mycket långsamt enligt författarna och troligen beroende av att lingonen innehåller bensoesyra naturligt. Däremot kunde ingen patulinbildning påvisas i någon av sylterna, vilket inte heller var att förvänta sig eftersom de hade en sockerhalt på 40 g/100 g. Det hade sannolikt sänkt vattenaktiviteten (A_w) till under 0,95, som är undre gräns för patulinbildning hos denna svamp. För att svampen ska växa behövs dock mindre vatten, den kan växa ner till A_w på ca 0,83.

Under våren 2016 utförde Livsmedelsverket (Olsen et al., 2017) ett par liknande försök för att se vad som händer om *P. expansum* ympas på blåbärssylt och äppelmos som finns i handeln idag. Syftet var att undersöka om mykotoxiner kan bildas då industritillverkad sylt möglar - harsockerhalten sjunkit sen 80-talet och därmed möjliggjort att patulin kan bildas ifall sylten/mos angrips av mögel. Blåbärssylten som användes innehöll 35 g socker per 100 g och A_w uppmättes till 0,93 och äppelmoset innehöll 26 g socker/kg och A_w uppmättes till 0,96. Med andra ord innehöll detta mos och sylt lägre sockerhalt än på 70-talet (ca 21 resp. 13 % mindre), vilket var förväntat eftersom vi idag eftersträvar mindre socker i maten. Vi valde att välja ekologisk blåbärssylt och äppelmos eftersom vi inte ville ha konserveringsmedel i försöket. Blåbärssylten ympades med *P. expansum* och *P. crustosum*. och moset med enbart *P. expansum*. Sylt/mosburkarna inkuberades vid 15°C i 2 veckor. Den kemiska analysen utfördes vid ett laboratorium i Österrike (IFA-Tulln) där det finns en LC-MS/MS-metod för multi-analys av en stor mängd olika ämnen som bildas av mögelsvampar, så kallade sekundära metaboliter, och dessa inkluderar mykotoxiner (Sulyok et al., 2010, Brase et al., 2009). I blåbärssylten ympad med *P. expansum* kunde inget patulin mätas, men däremot kunde andra toxiner/svampmetaboliter identifieras och kvantifieras: andrastin A och B samt communesin B. Toxinerna hade dock inte diffunderat i sylten utan var lokaliserade till de översta 2 cm av burken och det analyserade provet inkluderade även själva mögelkolonin (Fig. 2, bilaga 1). Resultaten visade att andra toxiska svampmetaboliter kan bildas vid lägre A_w än vad patulin kräver. Då *P. crustosum* ympades på sylten kunde andra svampmetaboliter, bl.a. cyclophenol och viridicadin, identifieras och kvantifieras (Fig. 3, bilaga 1).

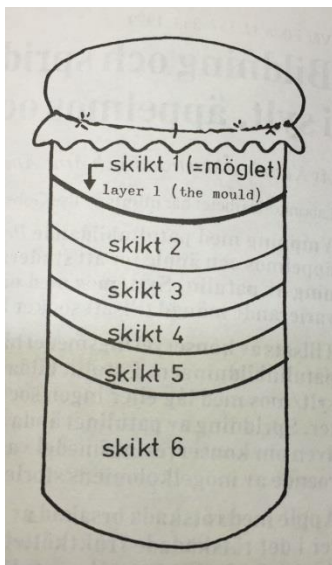


Fig 1. Skiktning av sylt/mos som ympats med *Penicillium expansum* (Åkerstrand and Andersson, 1979). Totala mängden i burken var 400 g.

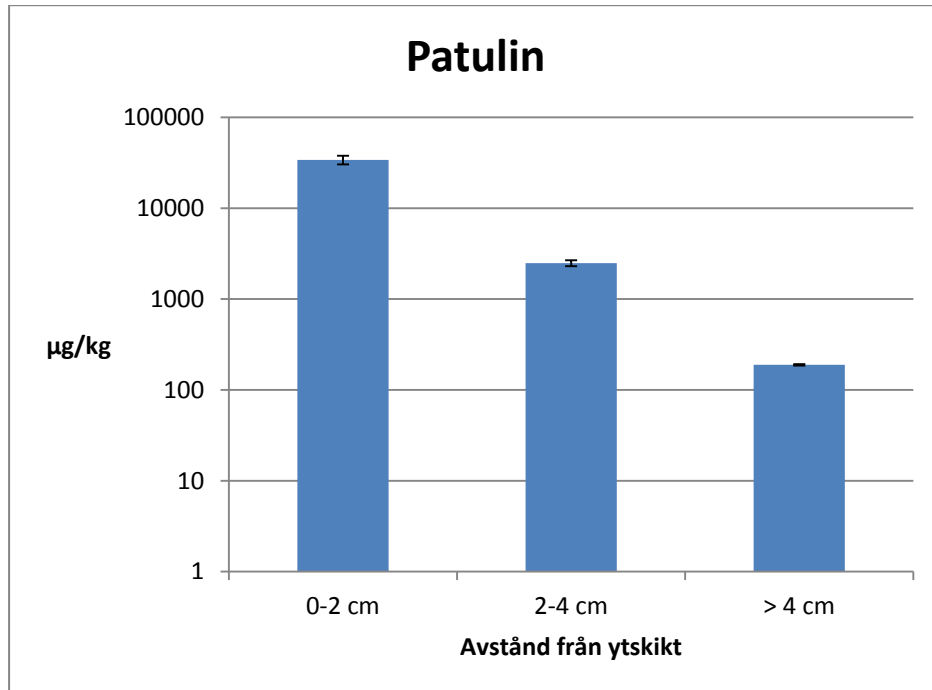
Äppelmoset, som hade en högre vattenhalt än sylten innehöll däremot höga halter patulin och patulinet hade spridit sig till botten av burken där halten var ca 190 µg/kg (Fig. 4). Äppelmoset innehöll i likhet med blåbärssylten också andra svampmetaboliter bildade av *P. expansum* (Fig 5, bilaga 1).

Andra undersökningar

Att patulin lätt kan spridas i sylt har även visats av finska forskare ((Lindroth et al., 1978) som undersökt björnbärs-, blåbärs- och jordgubbssylt. I likhet med ovanstående fick man en kraftig (1/1250 av maximal halt) reducering av patulinhalten, men inte en total inhibering, vid tillsatts av 44 % socker i sylten. De fann de högsta halterna efter 1-2 månaders lagring och i osockrad sylt. Samma forskargrupp studerade även aflatoxinbildning i samma sorters sylt (Pensala et al., 1978) och fann att aflatoxinbildning bildades i björnbärs- och svartvinbärssylt, men inte i blåbärssylt. Aflatoxin bildades dock endast i osockrad sylt som förvarats 2 veckor i rumstemperatur och inte i sylt med 20 eller 44 % socker.

Aflatoxinbildning i sylt har också studerats i aprikossylt (Ostry et al., 2004), både normal (55 % socker) och lätt sockrad (23,5 %) produkt. Sylten hade ympats med *Aspergillus flavus* och inkuberades i 6 och 19°C i 7 dagar. Aflatoxiner kunde detekteras i alla syltburkar och högsta halten, 88,5 µg/kg totalt av aflatoxin B₁, B₂, G₁ och G₂ återfanns i lättsockrad sylt som hade förvarats i 19°C. I den sylten hade också toxinet spridit sig ner i produkten, ca 2 cm från ytskiktet. Däremot tyder metabolitmönstret (aflatoxin B₁, B₂, G₁ och G₂) att svampen är feltypad och att det inte är *A. flavus* som använts utan snarare t.ex. *A. parasiticus* eller *A. nomius*, som bildar större mängd G₁ och G₂ än B-former. Jämfört med patulinbildning kan aflatoxinbildning ske vid lägre vattenaktiviteter, ca 0,85 vid 19°C (Northolt and Bullerman, 1982), Det kan förklara att man kunde se toxinbildning även i sylt med 55 % socker. Enligt andra undersökningar bildas inte aflatoxiner under 10°C (Northolt and Bullerman, 1982), men i de aktuella försöken kunde halter upp mot 25 µg/kg detekteras i det i ytskiktet då sylten förvarats 7 dagar i 6 °C.

Fig 4. Patulin bildning i äppelmos som ympats med *P. expansum* i ytskiktet.



Observera att skalan är logaritmisk. Resultaten är medelvärden från två försök. Figuren är tagen från Olsen et al. (2017) med tillstånd från tidsskriften.

Exponeringsuppskattning

Patulin:

TDI för patulin är 0,4 µg/kg kroppsvikt (JECFA, 1995) och för en person som väger 60 kg innebär detta att den totala mängden patulin för att uppnå TDI är 60 gånger 0,4 µg, det vill säga 24 µg. Ponera att man skulle ta bort det översta möjliga skiktet (med en marginal av 2 cm) av äppelmoset i försöket som utfördes under våren 2016 och äta av mellanskiktet, som höll ungefär 2500 µg/kg. Detta skulle innebära att man överstiger TDI om man äter mer än 9 g äppelmos.

En del konsumenter äter äppelmos som dessert, t.ex. med mjölk, och detta skulle kunna innebära en portion om ca 150 g mos. Om man äter så mycket av mellanskiktet, som i exemplet ovan, innebär detta en total exponering motsvarande 375 µg (2500 µg/kg x 0,150 kg) eller 6,25 µg/kg kroppsvikt om man väger 60 kg. Detta är nästan 16 gånger mer än det fastställda TDI på 0,4 µg/kg kroppsvikt.

Aflatoxiner:

Aflatoxiner kan bildas i möjlig sylt (Ostry et al., 2004) men i deras dessa försök kunde inget toxin detekteras i skikt 2 cm under ytskiktet. Aflatoxiner är genotoxiska carcinogener och därför kan inget tolerabelt dagligt intag fastställas. Exponering ska undvikas så långt som möjligt. Eftersom aflatoxiner även bildades i ytskiktet på sylten med hög sockerhalt, finns anledning att mer noggrant undersöka hur aflatoxiner bildas och sprids i sylt/mos.

Övriga svampmetaboliter:

Av de svampmetaboliter som kunde detekteras i pilotförsöken från våren 2016 (Olsen et al., 2017) är det endast patulin som det finns riskvärdering eller farokarakterisering för (JECFA, 1995). Det är därför inte möjligt att bedöma hälsoriskerna med dessa andra svampmetaboliter.

Kan farorna styras eller minimeras till en acceptabel nivå i de olika produkterna för att minska risken för hälsoskadliga effekter?

Sockerhalt i mos och sylt

Sockerhalten i mos/sylt kan sänka vattenaktiviteten och därmed patulinbildningen och att använda minst 500 g socker per kg frukt/bär minimerar risken för patulinbildning (Åkerstrand and Andersson, 1979). Försöken som utfördes vid Livsmedelsverket under våren 2016 (Olsen et al., 2017) indikerar dock att andra mindre kända mykotoxiner/svampmetaboliter kan bildas vid lägre vattenaktiveter. Aflatoxin kunde detekteras i själva mögelskiktet (ytskiktet) även när sockerhalten var så hög som 55 % (Ostry et al., 2004).

Konserveringsmedel och andra tillsatser

Som beskrivits ovan under 1.1 snarare stimuleras patulinbildning av tillsats av bensoesyra i sylt, men andra tillsatser som binder vatten, t.ex. stärkelse eller pektin, kan sänka vattenaktiviteten ytterligare och därmed hämma toxinbildning.

Konserveringsmedlet, bensoesyra, hade dock en hämmande effekt på mögelväxt (Åkerstrand and Andersson, 1979) varför kombination minst 500 g per kg socker och bensoesyra rekommenderades av författarna för att fördröja utväxten av mögel på sylt och därmed förlänga dess hållbarhet.

Påverkan av temperatur

Penicillium expansum kan bilda patulin ner mot 0°C (Baert et al., 2007, Andersson et al., 1977, Northolt and Bullerman, 1982) men inte under 0°C.

Finska undersökningar (Lindroth, 1980) har visat att patulin kan långsamt brytas ner vid värmebehandling i form av kokning vid 100-101°C. Halveringstiden för björnbär-, blåbär- och jordgubbssylt med 44 % socker var 113, 144 respektive 112 min. Detta är en lång tid och resulterar knappast i en produkt med bra kvalitet.

Hygien

I litteraturen finns inga några vetenskapliga undersökningar redovisade beträffande hur hygien i köket kan påverka om man får patulin i sin produkt eller inte. Men vikten av att använda rena och gärna koka glasburkar som den färdiga heta moset/sylten hålls upp på och att täcka med lock omedelbart, borde rent teoretiskt minska risken för mögelangrepp. Däremot kan en sekundär infektion uppstå om mögelsporer via luften hamnar i sylten då den till exempel står på köksbordet utan lock.

1.3. Vad anses till exempel med att ta bort synligt mögel med god marginal i sylt?

Det framgår inte av Livsmedelsverkets undersökning (Åkerstrand and Andersson, 1979), som ligger till grund för rådet, om hur man tar bort möglet med god marginal. Troligen har man tänkt att det är viktigt att få bort själva mögelmycelet och den närmsta omgivningen kring detta.

Livsmedelsverkets nya undersökningar (Olsen et al., 2017) (se fig 2, bilaga 1) pekar på att om man tar bort de närmsta 2 cm under ytskiktet på blåbärssylt, där mögelkolonin växer, har man begränsat i exponering nästan totalt även i en sylt där sockerhalten är lägre än 500 g/kg bär. Andra undersökningar av aprikosmarmelad, med både 55 och 23,5 % socker (Ostry et al., 2004), har också visat att mer än 1,6 cm från ytskiktet fanns inga detekterbara mängder av aflatoxiner. I äppelmos verkar dock toxiner sprida sig snabbt om de har bildats (Åkerstrand and Andersson, 1979).

Många konsumenter vill minska på sitt intag av socker. Finns det marginal i rådet att tillsätta 500 gram socker per kilo bär? I så fall vad är den lägsta sockerkoncentration för en säker produkt?

Som framkommer ovan så verkar det inte finnas någon marginal i rådet om att använda 500 gram socker/kg bär, snarare behöver det undersökas bättre om det inte är så att andra toxiner kan bildas även vid denna nivå. På 70-talet när man gjorde de ursprungliga undersökningarna var dessa fokuserade på patulin. Idag har vi helt andra kemiska analysmetoder som kan identifiera och kvantifiera många mykotoxiner samtidigt (Sulyok et al., 2010) och därmed ge möjlighet att ta ett helhetsperspektiv på riskerna.

Många konsumenter vill minska på sitt intag av konserveringsmedel. Går det att få en säker produkt utan att tillsätta konserveringsmedel?

Konserveringsmedel, som t.ex. bensoesyra leder inte direkt till en säkrare produkt, vilket har beskrivits ovan. Det har en viss hämmande effekt på mögeltillväxt men när möglet väl etablerat sig kan konserveringsmedel inducera toxinbildning, troligen som svar på stress hos svampen. Förvaras sylten/moset fryst bildas inga toxiner under lagringstiden och om man fryser portioner kan konsumenten avstå att sätta till både konserveringsmedel och socker i produkten. Men produkten har då en kort hållbarhet efter upptining.

Frukt- och bärprodukter – Saft

Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de angivna produkterna och hur påverkar de hälsan?

Det finns i princip inga studier publicerade som specifikt rör möjlig saft/mykotoxiner i saft, däremot om juice, sås ("syrop") och liknande produkter. Livsmedelsverket har inte heller utfört några nya studier liknande de om sylt för att utröna vilka riskerna är då saft möglar. Rådet att kassera all saft som möglat bygger på att vattenaktiviteten i produkterna är hög och därmed tillåter toxinproduktion. I saft är det ju heller inte möjligt att kassera delar av produkten utan att eventuella toxiner som bildats sprider sig till det som lämnas kvar.

De mykotoxiner som är mest välstuderade i "saftliknande produkter" är framförallt patulin, i alla typer men speciellt i äppelprodukter, och ochratoxin A, framförallt i druvprodukter. Som nämnts tidigare kan dock alla typer av mögel som florerar i köket växa i saft och riskerna kan därför inte begränsas till dessa "vanligaste" toxiner.

Vattenaktiviteten är en viktig faktor för huruvida mögel tillväxer i saft och om toxiner bildas. Arter av *Aspergillus* som producerar aflatoxiner (t.ex. *A. flavus* och *A. parasiticus*) kan tillväxa vid Aw-värden så låga som ca 0,8 och toxinproduktion har påvisats ned till Aw 0,83 (Drusch and Ragab, 2003, Northolt et al., 1976). En studie som undersökte effekt av temperatur, Aw och pH på patulinbildningen hos *P. expansum* visade att mest patulin bildades vid den högsta testade vattenaktiviteten (0,99) men små mängder kunde detekteras ända ned till Aw 0,90 (Tannous et al., 2015). Andra studier har visat att lägsta Aw för patulin-produktion var 0,95 och 0,968 för *P. expansum* respektive *B. nivea* (Roland and Beuchat, 1984, Northolt et al., 1978). Ochratoxin A kan liksom aflatoxiner produceras vid låga vattenaktiviteter, minimum är ca 0,85 (Fernández-Cruz et al., 2010). I vindruvsjuice har de optimala förhållandena för ochratoxinbildning visats vara 15°C och Aw 0,95 (Su-lin et al., 2006).

Teoretiska Aw värden för vatten/sockerlösningar redovisas i tabell 2. En blandning av 200g socker och 100 ml vatten får en vattenaktivitet på 0,860. För att en saft skulle kunna räknas som säker ur aflatoxin-och ochratoxinsynpunkt skulle den således behöva innehålla mer än 67 % socker.

Tabell 2. Teoretiskt Aw i en lösning av 100 ml vatten och olika mängder socker (BCDC, 1997)

Sackaros (g)	% Sackaros	Vattenaktivitet
0	0	1,00
40	28,6	0,969
80	44,4	0,941
120	54,4	0,913
160	61,5	0,888
200	66,7	0,860

För att ta reda på vilken vattenaktivitet vanlig saft håller gjordes mätningar på tre olika typer av saft med hjälp av utrustning på biologiavdelningen här på Livsmedelsverket, resultatet redovisas i tabell 3. Safterna var hemmagjord flädersaft med mindre mängd socker än vad receptet angav, ekologisk jordgubbssaft köpt på ICA samt en flädersaft inköpt på en marknad.

Flädersaften från en marknad hade okänd sockerhalt men var viskös i konsistensen och väldigt söt i smaken jämfört med de övriga, så sannolikt innehöll den mer socker än de två andra. Jordgubbssaften hade lägre Aw än förväntat utifrån tabell 2, det beror troligen på att även jordgubbarna (och inte bara det tillsatta sockret) bidrar till att sänka Aw.

Samtliga safter hade ett Aw-värde som tillåter mögeltillväxt och toxinbildning. Eftersom man som konsument inte vet vilken vattenaktivitet saften har och inte heller vilket mögel det är som har vuxit är det rimligt att alltid anta att toxiner kan ha bildats.

Tabell 3. Uppmätta Aw-värden i olika typer av saft.

Saft	% Sackaros	Vattenaktivitet
Hemmagjord flädersaft	40	0,974
ICA jordgubbssaft	30	0,950
Flädersaft köpt på marknad	*	0,927

* Sockerinnehållet redovisades inte på förpackningen

Kan farorna styras eller minimeras till en acceptabel nivå i de olika produkterna för att minska risken för hälsoskadliga effekter? Går det att få en säker produkt utan att tillsätta konserveringsmedel?

Eftersom det inte går att utesluta att toxiner har bildats då saft möglar, och det inte finns någon acceptabel nivå för intag av vissa toxiner (t.ex. aflatoxin) kan farorna endast styras genom att undvika mögeltillväxt. Detta kan precis som för sylt uppnås genom god hygien, frysförvaring där man endast tar fram små portioner åt gången, eller en kombination av socker och konserveringsmedel. Konserveringsmedel hindrar dock inte bildningen av toxiner (se avsnitt ovan) och även saft som innehåller mer än 30 % socker har en vattenaktivitet som tillåter mykotoxinbildning.

Nötter

Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de angivna produkterna och hur påverkar de hälsan?

Redan 1973 undersökte Livsmedelsverket aflatoxinhalten i nötter (paranötter, hasselnötter och valnötter). Sammanlagt 36 olika partier undersöktes och 4 kg togs ut för analys. Alla nöterna knäcktes och sorterades visuellt i friska, mindre skadade eller totalt skadade. Med skadade avsågs olika typer av fläckar, mögel- eller insektsangrepp. De mindre skadade utgjorde nötter som var så pass lite skadade att de skulle kunna tänkas bli konsumerade. Man kunde också se att hos paranötter kunde ibland mögelangreppet utgå från mitten av kärnan och därför svår att upptäcka utan att först klyva nöten. Resultatet av hela undersökningen visade att ju mer skadade nöterna var, desto högre halter aflatoxiner fanns i provet. Det visar att man till viss del kan minska exponeringen för aflatoxin genom att undvika nötter med olika skador (Nilsson et al., 1974).

För att vidare undersöka hur konsumenter betar sig när de väljer vilka nötter man konsumerar, utförde Livsmedelsverket i samarbete med Uppsala Universitet en studie över om konsumenter instinktivt sorterar bort aflatoxinkontaminerade paranötter och om information om hur man undviker att konsumera dåliga nötter kan förbättra sorteringsresultat. I undersökningen ombads 100 slumpvis utvalda personer i Uppsala att vardera knäcka 300 gram paranötter och dela upp dessa i "icke ätliga" och "ätliga". Efter testet intervjuades alla deltagare och uppgifter om kön, utbildning mm noterades. En annan grupp, som bestod av 31 medarbetare på Livsmedelsverket, fick information om vad man skulle titta efter för typ av skador för att undvika aflatoxin och därefter fick även denna grupp knäcka 300 gram paranötter och sortera dessa i "icke ätliga" och "ätliga". Analysen visade att halten i den "ätliga" delen hade minst 10 gånger lägre halt än i det ursprungliga provet. Det fanns dock inga statistiska skillnader mellan de två testgrupperna och inga skillnader beroende av kön, ålder, utbildningsgrad, etnisk bakgrund, konsumtionsvanor gällande nötter eller kunskap om mykotoxiner. Sammanfattningsvis visar resultatet att man kan kraftigt reducera exponering för aflatoxin genom att ta bort skadade nötter (Marklinder et al., 2005).

Pistaschmandel är en annan produkt som kan innehålla aflatoxiner och som har studerats i omfattande undersökningar. Höga halter av aflatoxin bildas främst i nötter som spruckit upp redan i fält (s.k. "early splits") och som kan innehålla höga halter aflatoxin (Doster and Michailides, 1994). Skalet på dessa mandlar har ibland en karakteristisk svärtning utefter kanten och dessutom är nöten mindre och hopskrumpen. Dessa yttre kännetecken på kvalitetsförsämring används i industrin för att sortera ut dåliga nötter i processanläggningar genom bland annat manuell sortering eller via sorteringsmaskiner.

Nötter kan även innehålla andra mykotoxiner (Van de Perre et al., 2015, Molyneux et al., 2007, Overy et al., 2003), såsom ochratoxin A och penitrem A, men det flesta kartläggningar är koncentrerade på aflatoxiner eftersom de är relativt vanligt förekommande i nötter och kan ge allvarliga hälsoeffekter.

Kan farorna styras eller minimeras till en acceptabel nivå i de olika produkterna för att minska risken för hälsoskadliga effekter?

Som beskrivits under farokarakterisering ovan, finns det ingen acceptabel eller tolerabel nivå för aflatoxinexponering, utan den ska vara så låg som möjligt. Aflatoxinkontaminering av nötpartier är i regel (extremt) ojämnt fördelad och därför kan partier på marknaden innehålla enstaka nötter med höga halter, trots en omfattande kontroll. Genom att konsumenten är medveten och plockar bort skadade nötter, det vill säga skrumpna, missfärgade, synbart mögliga, illaluktande så minskar exponeringen för aflatoxin och andra mögelgifter (Doster and Michailides, 1994, Shakerardekani et al., 2012). Faran kan dock inte helt styras eftersom det finns nötter där de är svårare att bedöma om de är friska eller inte på grund av att de rostats, kryddats mm.

Nötter kan även innehålla andra mykotoxiner, som nämnts ovan, och det troliga är att även dessa sjunker om man kastar skadade nötter, men det är utifrån risken att exponeras för aflatoxin främst som rådet ”Undvik att äta missfärgade och skrumpna nötter” har tillkommit.

Svar på övriga specifika frågor

Svar på fråga 6: Finns det några konsumentgrupper som är särskilt känsliga, i så fall vilka?

Ja, sannolikt är små barn och äldre mer känsliga precis som för många andra mikrobiologiska eller kemiska faror i livsmedel. Förutom att exponering blir högre per kilogram kroppsvikt så är vissa organ och funktioner, som t.ex. avgiftningssystem, inte fullt utvecklade hos små barn. Det är också känt att äldre personer är känsligare för till exempel läkemedel. Det beror på en rad olika faktorer som bland annat att levern arbetar långsammare och njurarna fungerar sämre så att utsöndringen tar längre tid. Därmed kan toxinnivåerna i blod bli högre och därmed risken för negativa hälsoeffekter större. Det är mycket sannolikt att det fungerar likadant när det gäller känslighet för mykotoxiner.

För en del av befolkningen så utgör mögelsvampar i livsmedel en livsfara. Dessa mögelsvampar som vanligtvis är ofarliga för större delen av befolkningen kan orsaka livshotande infektioner hos individer med nedsatt immunfunktion såsom cancerpatienter som genomgår cellgiftsbehandling, transplantationspatienter som tar immunhämmande mediciner, aidssjuka eller individer med svår diabetes. Infektionerna är inte organspecifika utan finns dokumenterade för fler olika organ som hjärna och magtarmkanal. Flera sådana fall har rapporterats på senare efter konsumtion av hemmagjord öl, möjlig yoghurt och probiotika (Martinello et al., 2012, Lazar et al., 2014, Vallabhaneni et al., 2015).

Svar på fråga 7: Utvärdera behovet av experimentella studier.

När det gäller sylt, mos av frukt eller bär finns behov att göra mer experimentella studier med flera olika arter och stammar av mögelsvampar, olika lagringstemperaturer, och följa ett större antal olika mykotoxiner och inte enbart patulin.

Vidare är den samlade toxikologiska kunskapen kring många av de mykotoxiner som bildas sparsam och riskvärderingar saknas. Vi vet dessutom väldigt lite om kombinationseffekter och mykotoxiner förekommer ofta flera samtidigt. Experimentella toxikologiska studier är inget som Livsmedelsverket kan utföra idag, men Livsmedelsverket kan lyfta behovet gentemot forskningsbidragsgivare om att mer kunskap behövs.

Referenser

- ANDERSEN, B., SMEDSGAARD, J. & FRISVAD, J. C. 2004. Penicillium expansum: Consistent Production of Patulin, Chaetoglobosins, and Other Secondary Metabolites in Culture and Their Natural Occurrence in Fruit Products. *J. Agric. Food Chem.*, 52.
- ANDERSSON, A., JOSEFSSON, E., NILSSON, G. & ÅKERSTRAND, K. 1977. Mögelsvampar och patulin i frukt och bär. *Vår föda*, 292-298.
- BAERT, K., DEVLIEGHERE, F., FLYPS, H., OOSTERLINCK, M., AHMED, M. M., RAJKOVIC, A., VERLINDEN, B., NICOLAI, B., DEBEVERE, J. & DE MEULENAER, B. 2007. Influence of storage conditions of apples on growth and patulin production by Penicillium expansum. *Int J Food Microbiol*, 119, 170-81.
- BARKAI-GOLAN, R. & PASTER, N. 2008. mouldy fruits and vegetables as a source of mycotoxins:part 1. *World Mycotoxin Journal*, 1, 147-159.
- BCDC, B. C. F. D. C. 1997. Water Activity of Sucrose and NaCl Solutions. *Food Safety Bulletin*, 03.
- BRASE, S., ENCINAS, A., KECK, J. & NISING, C. F. 2009. Chemistry and biology of mycotoxins and related fungal metabolites. *Chem Rev*, 109, 3903-90.
- DOSTER, M. A. & MICHAILEDIS, T. J. 1994. Aspergillus molds and aflatoxin in pistachio nuts in California. *Postharvest Pathology and Mycotoxins*, 84, 583-590.
- DRUSCH, S. & RAGAB, W. 2003. Mycotoxins in fruits, fruit juices, and dried fruits. *J Food Prot*, 66, 1514-27.
- EFSA 2006. Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain [CONTAM] related to ochratoxin A in food. *The EFSA Journal*, 365, 1 – 56.
- EFSA 2009. Effects on public health of an increase of the levels for aflatoxin total from 4 µg/kg to 10 µg/kg for tree nuts other than almonds, hazelnuts and pistachios *The EFSA Journal* 1168, 1-11.
- FERNÁNDEZ-BODEGA, M. A., MAURIZ, E., GÓMEZ, A. & MARTÍN, J. F. 2009. Proteolytic activity, mycotoxins and andrastin A in Penicillium roqueforti strains isolated from Cabrales, Valdeón and Bejes–Tresviso local varieties of blue-veined cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 136, 18-25.
- FERNÁNDEZ-CRUZ, M. L., MANSILLA, M. L. & TADEO, J. L. 2010. Mycotoxins in fruits and their processed products: Analysis, occurrence and health implications. *Journal of Advanced Research*, 1, 113-122.
- FRISVAD, J. C., THRANE, U. & SAMSON, R. A. 2007. *Chapter 8: Mycotoxin producers*. Mycology series 25, 135-159
- JECFA 1995. *Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.* , Geneva, WHO.
- LAZAR, S. P., LUKASZEWICZ, J. M., PERSAD, K. A. & REINHARDT, J. F. 2014. Rhinocerebral Mucor circinelloides infection in immunocompromised patient following yogurt ingestion. *Del Med J*, 86, 245-8.
- LINDROTH, S. 1980. Thermal destruction of patulin in berries and berry jams. *Journal of Food Safety*, 2, 165-170.

- LINDROTH, S., NISKANEN, A. & PENSALA, O. 1978. Patulin production during storage of blackcurrant, blueberry and strawberry jams inoculated with *Penicillium expansum* mould. *Journal of Food Science*, 43, 1427-1429.
- LOVETT, J., THOMPSON, R. G., JR. & BOUTIN, B. K. 1975. Trimming as a means of removing patulin from fungus-rotted apples. *J Assoc Off Anal Chem*, 58, 909-11.
- MARKLINDER, I., LINDBLAD, M., GIDLUND, A. & OLSEN, M. 2005. Consumers' ability to discriminate aflatoxin-contaminated Brazil nuts. *Food additives and contaminants*, 22, 56-64.
- MARTINELLO, M., NELSON, A., BIGNOLD, L. & SHAW, D. 2012. "We are what we eat!" Invasive intestinal mucormycosis: A case report and review of the literature. *Med Mycol Case Rep*, 1, 52-5.
- MOLYNEUX, R. J., MAHONEY, N., KIM, J. H. & CAMPBELL, B. C. 2007. Mycotoxins in edible tree nuts. *Int J Food Microbiol*, 119, 72-8.
- NILSSON, G., ÅKERSTRAND, K. & SLORACH, S. 1974. Aflatoxin i nötter. *Vår föda*, 26, 56-62.
- NORTHOLT, M., VAN EGMOND, H. & PAULSCH, W. 1978. Patulin production by some fungal species in relation to water activity and temperature. *Journal of Food Protection*®, 41, 885-890.
- NORTHOLT, M., VERHULSDONK, C., SOENTORO, P. & PAULSCH, W. 1976. Effect of water activity and temperature on aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. *Journal of Milk and Food Technology (JMFT)*, 39, 170-174.
- NORTHOLT, M. D. & BULLERMAN, L. B. 1982. Prevention of mold growth and toxin production through control of environmental conditions. *J. of Food Protection*, 45, 519-526.
- OLSEN, M., GIDLUND, A. and SULYOK, M., 2017. Experimental mould growth and mycotoxin diffusion in different food items. *World Mycotoxin Journal* (in press): DOI (10.3920/WMJ2016.2163).
- OSTRY, V., SKARKOVA, J. & RUPRICH, J. 2004. The experimental contamination of foodstuffs with the spores of toxigenic micromycetes and the production of mycotoxins. *Mycotoxin Res*, 20, 31-5.
- OVERY, D. P., SEIFERT, K. A., SAVARD, M. E. & FRISVAD, J. C. 2003. Spoilage fungi and their mycotoxins in commercially marketed chestnuts. *Int J Food Microbiol*, 88, 69-77.
- PENSALA, O., NISKANEN, A. & LINDROTH, S. 1978. Aflatoxin production in black currant, blue berry and strawberry jams. *Journal of Food Protection*, 41, 344-347.
- PITT, J. I. & HOCKING, A. D. 2009. *Fungi and Food spoilage*, Dordrecht Heidelberg, Springer Science and Business Media.
- ROLAND, J. O. & BEUCHAT, L. R. 1984. Influence of temperature and water activity on growth and patulin production by *Byssoschlamys nivea* in apple juice. *Appl Environ Microbiol*, 47, 205-7.
- RYCHLIK, M. & SCHIEBERLE, P. 2001. Model studies on the diffusion behavior of the mycotoxin patulin in apples, tomatoes, and wheat bread. *Eur Food Res Technol* 212, 274-278.
- SCOTT, P. 2004. *Other mycotoxins*. In: *Mycotoxin in Food, detection and control* (Eds Magan, N. and Olsen, M.), Cambridge, England Woodhead Publishing Limited, p. 406-440.

- SHAKERARDEKANI, A., KARIM, R. & MIRDMADIHA, F. 2012. The effect of sorting on aflatoxin reduction of pistachio nuts. *Journal of Food , Agriculture & Environment*, 10, 459-461.
- SOHN, J. H., LEE, J.-R., LEE, D.-S., KIM, Y.-C. & OH, H. 2013. PTP1B Inhibitory Secondary Metabolites from Marine-Derived Fungal Strains *Penicillium* spp. and *Eurotium* sp. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 23, 1206-1211.
- SPEIJERS, G. 2004. *Patulin*. In: *Mycotoxins in food, detection and control* (Eds Magan, N. and Olsen, M.), Cambridge, England, Woodhead Publishing limited, p. 339-366.
- SU-LIN, L. L., HOCKING, A. D. & SCOTT, E. S. 2006. Effect of temperature and water activity on growth and ochratoxin A production by Australian *Aspergillus carbonarius* and *A. niger* isolates on a simulated grape juice medium. *International Journal of Food Microbiology*, 110, 209-216.
- SULYOK, M., KRŠKA, R. & SCHUHMACHER, R. 2010. Application of an LC-MS/MS based multi-mycotoxin method for the semi-quantitative determination of mycotoxins occurring in different types of food infected by moulds. *Food Chemistry*, 19, 408-416.
- TANNOUS, J., ATOUI, A., EL KHOURY, A., FRANCIS, Z., OSWALD, I. P., PUEL, O. & LTEIF, R. 2015. A study on the physicochemical parameters for *Penicillium expansum* growth and patulin production: effect of temperature, pH, and water activity. *Food Sci Nutr*, 4, 611-22.
- VALLABHANENI, S., WALKER, T. A., LOCKHART, S. R., NG, D., CHILLER, T., MELCHREIT, R., BRANDT, M. E. & SMITH, R. M. 2015. Notes from the field: Fatal gastrointestinal mucormycosis in a premature infant associated with a contaminated dietary supplement--Connecticut, 2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 64, 155-6.
- VAN DE PERRE, E., JACXSENS, L., LACHAT, C., EL TAHAN, F. & DE MEULENAER, B. 2015. Impact of maximum levels in European legislation on exposure of mycotoxins in dried products: Case of aflatoxin B1 and ochratoxin A in nuts and dried fruits. *Food and Chemical Toxicology*, Volume 75, 112-117.
- ÅKERSTRAND, K. & ANDERSSON, A. 1979. Bildning och spridning av patulin i sylt, äppelmos och äpple. *Vår Föda*, 6, 357-374.

Sammanfattning

Vetenskapligt underlag för våra råd om hantering av möjliga livsmedel – del 2 (bröd, frukt, mjölkprodukter och övriga livsmedel)

Detta vetenskapliga underlag bygger till stor del på data som togs fram under 60-, 70- och 80-talet. Parallellt har en mindre laborativ pilotstudie utförts, vars resultat ännu inte publicerats, men relevanta resultat redovisas i detta svar (bilaga 1 och 2). Alla mykologiska faror som kan finnas i livsmedel hemma i köket går inte att sammanställa men lämplig referenslitteratur, om man behöver gå vidare, finns angiven i dokumentet. Tyvärr är underlagen för hur man kan minska exponering till en acceptabel nivå i de flesta fall byggda på ett fåtal observationer vilket gör att det föreligger en stor osäkerhet i huruvida man t.ex. kan skära bort mögel på en frukt och äta resten. Frågan om varför man inte kan styra faran är i flera fall inbäddad i svaret men ibland finns inga svar eller kända sätt att styra faran. Detta är ett mycket outforskat område men min uppfattning är, om man ser på de halter av mykotoxiner som kan finnas i spontanmöglad mat i hemmen (Sulyok et al., 2010) så kan ett oförsiktigt beteende leda till betydligt högre exponering av mykotoxiner än från livsmedel direkt i handeln där gränsvärden och kontroll leder generellt till låg förekomst. De enda rådet idag som med säkerhet leder till att man kommer ner i acceptabla nivåer av mykotoxiner från livsmedel förvarade i hemmet är att slänga möjliga livsmedel.

Det finns behov att utreda mer kontrollerat hur mycket vi exponeras för vid felaktigt beteende i köket/hemmet när det gäller mögel i livsmedel. Detta innefattar också beteendestudier för att faktiskt veta hur konsumenter agerar när det gäller möjliga livsmedel. Vidare kommer idag fler rapporter om mögelsvampar som orsakar livshotande infektioner hos individer med nedsatt immunfunktion vilket är något som vi bör beröra mer i framtiden. Samma sak gäller s.k. dolda (konjugerade) mykotoxiner (på engelska kallat "masked mycotoxins") som inte upptäcks vid traditionella analyser men som kan frigöras i magtarmkanalen. Detta är mycket hett forskningsområde just nu men omöjligt att ta med i detta underlag i dagsläget på grund av avsaknad av data.

Summary – part 2

This report summarizes the scientific basis underlying the National Food Agency's advice on mouldy foodstuffs e.g. bread, fruit and dairy. The bulk of the data was developed during the 60s, 70s and 80s and is largely based on few observations. There is therefore considerable uncertainty whether different risk reducing strategies can lower exposure of mycotoxins to an acceptable level.

The only advice for which there is enough scientific evidence today is to discard foods that are mouldy. Otherwise the key is to prevent foods from going mouldy, e.g. by storing them properly. There is a need to investigate how our handling of food that has gone mouldy at the consumer level can impact the exposure of mycotoxins and also for behavioral studies to clarify what people in general do with mouldy foods.

Bakgrund

Idag finns det på Livsmedelsverkets webbplats många olika råd om åtgärder som konsumenten kan göra i köket för att minska risken för att få i sig hälsoskadliga ämnen/agens. Det gäller till exempel råd för hur möjliga livsmedel ska hanteras. För några av dessa råd finns redan referenser framtagna, men mer utförliga vetenskapliga underlag saknas.

Övergripande frågeställning:

Rådgivningsavdelningen behöver hjälp med att ta fram och sammanställa vetenskapliga underlag för Livsmedelsverkets gällande råd i det i egna köket om hur möjliga livsmedel av olika slag ska hanteras.

Specifika frågor:

1. Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de angivna produkterna och hur påverkar de hälsan?
2. Kan farorna styras eller minimeras till en acceptabel nivå i de olika produkterna för att minska risken för hälsoskadliga effekter?
 - a. Om ja, i så fall hur?
 - b. Om nej, varför?
3. Vad anses till exempel med att ta bort synligt mögel med god marginal i bröd?
4. Vilka data finns för att det räcker att ta bort en centimeter av osten runt det angripna stället på en hårdost?
5. Finns det, utöver de som redan listas, andra livsmedel som hanteras i det egna köket där det finns risker med mögel? I så fall vilka och hur ska riskerna i dessa livsmedel hanteras?
6. Finns det några konsumentgrupper som är särskilt känsliga, i så fall vilka?
7. Utvärdera behovet av experimentella studier.

Nuvarande råd för hantering av möjliga livsmedel:

Bröd

Undvik att äta möjligt matbröd. Bröd kan dock ätas om smärre enstaka mögelfläckar på ett tidigt stadium kan skäras bort med god marginal.

Ruttna bär

Kassera möjliga eller ruttna bär. Använd endast friska, fasta bär till sylt och saft.

Frukt

Vid smärre ytliga mögelangrepp på frukt bör de angripna partierna skäras bort med marginal.

Hårdost

Skär bort mögelfläckar plus en cm runt det angripna stället.

Yoghurt, crème fraîche och färskost

Kassera om de har möglat. I dessa och andra livsmedel som innehåller mycket vatten finns det risk att mögelgifter sprids i hela livsmedlet, och då räcker det inte med att bara ta bort mögelfläcken.

Leverpastej

Kassera möjlig leverpastej.

Metod

Resultatet av denna sammanställning bygger på undersökningar gjorda vid Livsmedelsverket samt en litteraturgenomgång fram till idag för att se om det finns behov av en förnyad bedömning. Vid sidan av litteratursökning i databaser användes boken "Fungi and Food spoilage" (Pitt and Hocking, 2009) som referenslitteratur.

Kriterier för urval av litteratur från databassökningar:

Abstracts lästes och de artiklar som utifrån relevans för frågeställningen som kunde innehålla data beställdes eller togs fram via bibliotekets arkiv. I några fall kunde elektroniska kopior tas fram direkt. I vissa fall gav referenser i uttagna artiklar ytterligare referenser som kunde innehålla relevant information. Litteratursökning utfördes under juni och sep 2016 i databaserna FSTA, PubMed och Science Direct och sökning gjordes från 1970 (eller begränsades inte med något tidsintervall) och framåt. Följande sökord/söksträng användes:

Avseende mögel/mykotoxiner i bröd:

FSTA: Bread growth mycotoxin* (basic search): 21 träffar

FSTA: Bread Aspergillus mycotoxin* (basic search): 24 träffar

PubMed: ((Bread [Title]) AND mycotoxin) AND moulds: 2 träffar

PubMed: (mycotoxin*[Title]) AND bread: 37 träffar

Totalt valdes 18 artiklar ut.

Avseende mögel/mykotoxiner i ost:

FSTA: Cheese mycotoxin (basic search: 23 träffar

FSTA: Cheese mold (basic search: 61 träffar

Science Direct: cheese AND mycotoxin (title): 5 träffar (inga nya jämfört med FSTA)

Science Direct: Cheese AND moulds (title): 49 träffar

PubMed gav inget mer än FSTA och Science Direct

Totalt valdes 10 artiklar ut.

Avseende mögel/mykotoxiner i yoghurt

FSTA: yoghurt (title) AND mould OR mold (title): 13 träffar

FSTA: yoghurt (title) AND mycotoxin (all text): 11 träffar

PubMed: yoghurt AND mycotoxin: 40 träffar

Science Direct gav inget mer än övriga

Totalt valdes 5 artiklar ut.

Avseende mögel/mykotoxiner i frukt och bär

FSTA: fruit jam (title) AND mycotoxin AND (mould or mold): 1 träff

FSTA: patulin AND fruit AND products: 202 träffar

FSTA: patulin AND fruit AND blueberries: 6 träffar

PubMed: ((Fruit) AND patulin) AND mould: 112 träffar

Science Direct: gav inget mer än övriga

Totalt valdes 13 artiklar ut

Avseende mögel/mykotoxiner i leverpastej

FSTA: inga träffar på liver paste AND (mould or mold)

FSTA: liver pate AND (mould or mold): 3 träffar

FSTA: inga träffar på liver paste AND mycotoxin

PubMed: liver pate AND mycotoxin*: 1 träff

PubMed: liver pate AND mould*: 1 träff

Science Direct: pub-date > 1969 and TITLE-ABSTR-KEY(liver pate) and TITLE-ABSTR-KEY(mycotoxin): 1 träff

Faroidentifiering och farokarakterisering

De viktigaste mögelgifter som enligt litteraturen kan förekomma i spontanmöglat bröd, mjölkprodukter samt frukt och bär, finns redovisade i tabell 1 tillsammans med en farokarakterisering. I det fall Efsa eller JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) har utvärderat toxinet så refereras till den rapporten annars till enskilda referenser som beskrivit toxinet. Om IARC (International Agency for Research on Cancer) har utvärderat substansen så anges även deras klassificering av ämnet i fråga. När det gäller spontanmöglat mat i hemmet, så kan man inte generellt knyta vissa svampar eller mykotoxiner till specifika produkter, som det ofta är fallet med mögliga råvaror i primärproduktionen.

I råvaror som t.ex. spannmål finns oftast associerade mögelsvampar men i köket finns svampsporer från många olika miljöer och ursprung, som kan infektera och tillväxa i maten, varför man inte direkt kan associera specifika arter till speciella livsmedel. Däremot kan t.ex. psykrofila (sådana som kan tillväxa vid låga temperaturer) svampar inom släktet *Penicillium* vara associerad till tillväxt på mat som förvarats i kylskåp. Av denna anledning anges inte exempel på livsmedel i tabellen utan endast de mykotoxiner som identifierats i olika spontanmöglade livsmedel och som är redovisade under respektive livsmedelsgrupp under avsnittet ” Riskbeskrivning för olika livsmedelsgrupper och vetenskapligt underlag för råd”. Förekomst av lagstiftning för de olika mykotoxiner som identifierats har också sammanställts i tabell 1 nedan.

Tabell. 1 Hälsoeffekter och lagstiftning för några vanligt förekommande mykotoxiner i möjlig mat

Farokarakterisering				Lagstiftning	
Mykotoxin	Effekt	Tolerabelt intag ¹	Övrigt	Ref.	EG Förordning nr
Aflatoxiner B₁,B₂,G₁,G₂	Genotoxiska, carcinogena	-	IARC ² grupp 1	(Efsa, 2009)	1881/2006 ³
Alternariatoxiner					
<i>(det finns ett 40-tal olika)</i>			TTC ⁴		
Alternariol (AOH) Alternariolmonometyleter (AME)	Genotoxiska	Otillräckligt med data	AOH, AME: 2.5 ng/kg kv per dag	(Efsa, 2011b)	Saknas
Citrinin	Njurtoxiskt	Otillräckligt med data	“level of no concern” 0.2 µg/kg kv per dag	(Efsa, 2012)	Endast för visa kosttillskott ⁵ 1881/2006
Chaetoglobosin A	Cytotoxisk	Saknas	Medicinsk användning /cancer	(Sekita et al., 1982)	Saknas
Cyklopiasonsyra CPA	Kan ge nekroser i inre organ	Saknas		(Frisvad et al., 2007)	Saknas
Isofumigaclavin A-B	Neurotoxisk	Saknas		(Polonsky et al., 1977)	Saknas
Mycofenolsyra MPA	Immunosuppressiv	Saknas	Medicinsk användning /transplantation	(Hackl et al., 2016)	Saknas
Ochratoxin A	Njur- och levertoxiskt, carcinogen	TWI: 120 ng/kg kv	IARC grupp 2B	(Efsa, 2006)	1881/2006/EG
Patulin	Tarmutvidgande, diarré, tillväxthämmande genotoxisk	TDI: 0.4 µg /kg kv	IARC grupp 3	(JECFA, 1995)	1881/2006/EG
Penitrem A -F	Neurotoxisk, skakningar	Saknas	Penitrem A: 0,024-0,025 mg/kg kv orsakar skakningar i djur	(Scott, 2004)	Saknas
Roquefortin A-C	Neurotoxisk	Saknas		(Scott, 2004)	Saknas
Sterigmatocystin	Carcinogen	Saknas	IARC grupp 2 B	(Scott, 2004)	Saknas
Zearalenon	Hormonpåverkande, östrogena effekter	TDI: 0,25 µg/kg kv	IARC grupp 3	(Efsa, 2011c)	1881/2006/EG

¹TWI: tolerabelt veckointag uttryckt i mängd per kilo kroppsvikt (kv), TDI: tolerabelt dagligt intag uttryckt i mängd per kilo kroppsvikt (kv), ²IARC: <http://www.inchem.org/pages/iarc.html>
³(Kommissionen, 2006), *Klassificering enligt IARC*: 1: human carcinogen; 2B: möjlig human carcinogen; 3: ingen human carcinogen, ⁴TTC (Threshold of Toxicological Concern) – Tröskelvärde under vilken ingen märkbar hälsorisk föreligger, ⁵ (Kommissionen, 2014).

Riskbeskrivning för olika livsmedelsgrupper och vetenskapligt underlag för råd (inkluderar exponering och risk karakterisering).

För att kunna erbjuda en sammanhängande text med avseende på efterfrågade livsmedel delas svaren på frågorna 1-4 upp per livsmedelsgrupp under denna rubrik.

Bröd

Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de angivna produkterna och hur påverkar de hälsan?

Mögelsvampar inom främst släkterna *Penicillium*, *Aspergillus* och *Wallemia* kan snabbt tillväxa och förskämma bröd om vattenaktiviteten, dvs. mängden obundet vatten, är tillräckligt hög, från $A_w > 0,70$ för arter inom *Wallemia* och vissa eurotiumarter inom *Aspergillus*, men penicilliumarter kräver mer, ofta $> 0,80$. Mykotoxinbildning sker vid högre vattenaktiviteter och alltid över $0,80$.

Konserveringsmedel, som t.ex. sorbinsyra och propionsyra och dess salter, kan förskjuta förekomsten mot vissa syratoleranta arter som *P. roqueforti* (Pitt and Hocking, 2009, Samson et al., 2004, Dirch et al., 1979). Konserveringsmedel är generellt inte speciellt verksamt mot mögelsvampar och tidiga undersökningar på bröd vid Livsmedelsverket (Dirch et al., 1979, Andersson et al., 1978) har inte visat någon skillnad oavsett om man använt konserveringsmedel eller inte.

Vårt nuvarande råd gällande möjligt bröd bygger främst på de undersökningar som utförts vid Livsmedelsverket (Dirch et al., 1979, Andersson et al., 1978) samt från tyska undersökningar av J. Reiss (Reiss, 1975, Reiss, 1976, Reiss, 1981). I den första av de svenska undersökningarna (Andersson et al., 1978) studerades vilka svampar som tillväxer under lagring av mjukt bröd (mörkt/vitt, med/utan konserveringsmedel) upp till 3 veckor. *Aspergillus flavus* identifierades i 6 olika brödsorter (n=43) men ingen aflatoxinbildning kunde påvisas. Däremot påvisades patulin (63 µg) i en mögelfläck och i området närmast. Flera andra toxinbildande mögelarter identifierades i det spontanmöglade brödet men inget ochratoxin A, sterigmatocystin eller zearalenon kunde påvisas med den tidens analysteknik. Undersökningen låg däremot till grund för nästa undersökning (Dirch et al., 1979) där man studerade spontanmöglighet av vitt bröd under två veckor i rumstemperatur. I detta fall påträffades aflatoxiner (B₁, B₂, G₁ och G₂) i 3 av totalt 24 bröd och i halter 0,040 till 15 mg/kg i mögelfläcken och närliggande område. Längre från fläcken (uppskattningsvis några cm, avståndet framgår inte klart i publikationen) fanns fortfarande halter upp mot 0,100 mg/kg vilket är 25 gånger mer än dagens gränsvärde (1881/2006/EG: 0,004 mg/kg). I tidiga tyska undersökningar (Frank and Eyrich, 1968, Hanssen and Hagedorn, 1969) kunde aflatoxiner påvisas upp till sju cm från svampmycelet. Utifrån dessa undersökningar, samt att stora mängder aflatoxin kan bildas, kom Livsmedelsverket fram till att konsumtion av bröd med synligt mögel bör undvikas (Dirch et al., 1979). Man tillade också att om mögelkolonin jämte området närmast tas bort så snart som växt uppträtt torde risken för toxinbildning i resterande bröd vara liten. Från detta antagande utgick ytterligare försök (Dirch et al., 1979) där man ympat bröd med *A. flavus* och följt aflatoxinbildning i tid och i olika avstånd från ymp (se

fig. 1). I område I hade man redan efter 2 dygn en halt på 30 mg aflatoxiner/kg och efter 1 vecka över 0,1 mg/kg i område III. Även i område IV påträffades aflatoxin redan efter 7 dagar men ingen halt redovisades.

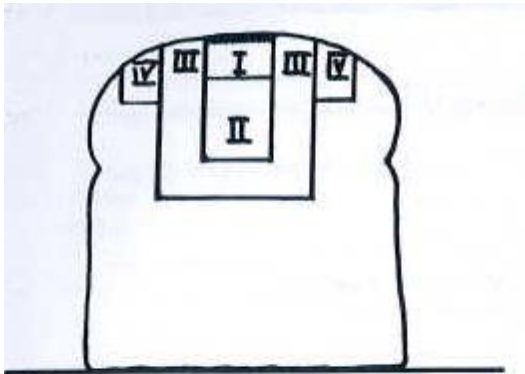


Fig 1. Genomsnitt av formbröd visande områden uttagna för mykotoxinanalys. Området I inkluderar det möjliga området (efter Dirch et al. 1979)

Dessa ympningsförsök utfördes även vid en lägre temperatur, +15 °C. Vid denna temperatur var mögeltillväxten mer begränsad och toxinbildningen betydligt lägre, men i bröd utan konserveringsmedel var halten över 10 µg/kg (för summan aflatoxiner) 20 dagar efter inympning och med konserveringsmedel under 3 µg/kg. I dessa försök såg man alltså en betydligt mindre toxinbildning i bröd med konserveringsmedel. Tjugo dagars förvaring av bröd är en lång tid och efter 10 dagar hade varken bröd med eller utan konserveringsmedel en halt över 4 µg/kg, som är dagens gränsvärde för summan aflatoxiner i spannmålsprodukter (Kommissionen, 2006). Man bör notera att effekten av temperatur kanske bara gäller vid bildning av aflatoxiner. Andra mögelgifter, t.ex. från penicilliumarter, har lägre temperaturoptimum.

I de tyska undersökningarna (Reiss, 1981) tittade man också på hur långt mykotoxiner spreds i brödet men menade att det inte rörde sig om en diffusion från mögelcellerna utan att det är hyftrådarna som lätt växer in i brödet. Halten i 4 brödsivor bort från inokuleringsstället (gissningsvis minst 5 cm) uppgick till 25 µg/kg för summan av aflatoxiner vilket är mer 6 gånger över dagens gränsvärde. Ochratoxin A spreds sig på liknande sätt och halten som uppmättes 4 brödsivor bort ifrån inokuleringsstället tangerar dagens gränsvärde för ochratoxin A i på 3 µg/kg för spannmålsprodukter (Kommissionen, 2006).

Mögelsvampar i släkterna *Penicillium* och *Aspergillus* är i de flesta fall potenta mykotoxinproducenter och flera arbeten har visat att mögelgifter kan bildas i spontanmöglat bröd (Reiss, 1981, Patterson and Damaglou, 1985, Bullerman and Hartung, 1973, Sulyok et al., 2010) men av dessa är aflatoxiner de mest allvarliga (genotoxiska carcinogener) och därför har Livsmedelsverkets råd till konsumenter utgått från en försiktighetsprincip.

Kan farorna styras eller minimeras till en acceptabel nivå i de olika produkterna för att minska risken för hälsoskadliga effekter?

Oftast så möglar bröd för att vi förvarar det för länge i rumstemperatur. Dessutom tas brödet fram upprepade gånger ur förpackningen och utsätts därmed för mögelsporer som finns i omgivningen.

Förvaras brödet däremot fryst kan inga mögelsvampar tillväxa eller bilda mykotoxiner.

Som nämnts ovan har konserveringsmedel viss hämmande effekt på mögeltillväxt och toxinbildning i bröd men det ger inga garantier. Dessutom föredrar många konsumenter livsmedel med mindre tillsatser. En minskning av halten konserveringsmedel och användande av

suboptimala doser konserveringsmedel har rapporterats kunna stimulera toxinbildning i bröd (Arroyo et al., 2005).

Surdegsbröd har ofta en bättre hållbarhet och mjölksyrabakterier producerar substanser som håller mögelväxt tillbaka. Olika stammar av mjölksyrabakterier har testats i surdegsstarters och vissa med bättre resultat på hållbarhet än till exempel propionater (Ryan et al., 2011).

Bedömning

Aflatoxiner är genotoxiska carcinogener och därför kan inget tolerabelt dagligt intag fastställas. För kontaminanter, inklusive mykotoxiner, där förekomst inte kan undvikas, sätts gränsvärden utifrån ALARA-principen (As Low As Reasonable Achievable) (Kommissionen, 2006). Det innebär att gränsvärdet sätts så strängt som möjligt för att skydda konsumenternas hälsa, men utan att slå ut hela marknaden för livsmedlet i fråga.

Andra mögelgifter kan också bildas i bröd och konsumenten kan inte avgöra vilken svamp som växer eller vilket toxin som eventuellt har bildats och därför är bedömning att rådet om att inte äta möjligt bröd är korrekt och väl underbyggt. Däremot är rådet om att skära bort med god marginal inte lika väl underbyggt. Utifrån de få data som finns tyder på att om man skär bort mer än 7 cm från nya mindre mögelfläckar så är sannolikheten liten att det skulle finnas mögelt toxin kvar. Men hur ska konsumenten veta om mögelfläcken är ny eller inte? I syfte med att minska svinn av bröd bör detta undersökas mer noggrant innan vi ger råd om hur man kan skära bort. Tillsvidare är förebyggande åtgärder, som att frysa in bröd i mindre portioner, en bättre lösning.

Frukt och bär

Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de angivna produkterna och hur påverkar de hälsan?

På grund av lågt pH har mögelsvampar fördel över bakterier när det gäller att angripa frukt och bär trots den höga vattenhalten. De släkten av mögel- och jästsvampar som förekommer vid förskämning av frukt och bär har beskrivits väl i referenslitteraturen (Pitt and Hocking, 2009). Bland dessa är arter inom släktena *Penicillium*, *Aspergillus* och *Alternaria* vanliga vid förskämning och mykotoxinbildning i frukt och bär. En rad andra mögelsvampar kan naturligtvis orsaka skada och förruttelse i frukt men det är inom ovan nämnda släkten som kända mykotoxinbildare finns.

Livsmedelsverkets råd att kassera möjliga eller ruttna bär och använda endast friska, fasta bär till sylt och saft baseras främst på förekomst av patulin, ett mykotoxin som bildas främst av *Penicillium expansum* men även av andra arter inom släktena *Penicillium*, *Aspergillus* och *Paecilomyces*. *Penicillium expansum* orsakar så kallad blårota i kärnfrukter (äpplen och päron) men har påvisats i en mängd andra frukter och bär, som t. ex blåbär, hallon, jordgubbar, körsbär, persikor, plommon, svarta vinbär (27, 28). Livsmedelsverkets undersökningar visade också att den naturliga förekomsten av *Penicillium expansum* i blåbär gynnas av en lagring vid en lägre temperatur (+15°C) under 1 vecka och att höga halter patulin bildas, upp till 1000 µg/kg. Det kan jämföras med dagens gränsvärde för patulin i äppelprodukter för direkt konsumtion (25 µg/kg). Akuta hälsoeffekter av patulin är främst gastrointestinala som leder till diarréer vid höga doser (> 5000 µg/kg kroppsvikt). JECFA har fastställt ett tolerabelt dagligt intag (TDI) på 400 ng per kg kroppsvikt och dag (JECFA, 1995) utifrån patulins påverkan på kroppsvikten vid längre tids exponering med subakuta doser.

Idag känner vi till att även andra mykotoxiner kan bildas i färska och torkade frukter som t.ex. aflatoxiner i fikon och dadlar samt ochratoxin A i fikon och druvor. Mykotoxiner bildade av *Alternaria*, som till exempel alternariol, alternariol-monometyler, tenuazonic acid och altertoxin-1, har rapporterats i meloner, äpplen, blåbär, druvor och citrusfrukter (Barkai-Golan and Paster, 2008). Alternariatoxiner är inte reglerade idag och Efsa gjorde 2011 en utvärdering

som inte kunde komma fram till något TDI på grund av otillräckligt dataunderlag. Dock fastställdes ett så kallat TTC (threshold of toxicological concern) och Efsa:s exponeringsberäkning visade att för de genotoxiska alternariatoxinerna alternariol och alternariolmonometyleter så överskreds intaget TTC. Det indikerar att det behövs mer toxikologiska data. Efsa har också begärt in mer uppgifter om förekomst från medlemsländerna (Efsa, 2011b).

Kan farorna styras eller minimeras till en acceptabel nivå i de olika produkterna för att minska risken för hälsoskadliga effekter?

Idag finns mer undersökningar gjorda, än när Livsmedelsverkets råd tillkom, över hur mykotoxiner som patulin och ochratoxin sprider sig i en frukt från en mögelangripen del till synbart friska delar av frukten. Barkai-Golan and Paster (2008) har sammanställt en del av dessa. De visar att det inte är självklart att de friska delarna är fria från toxin och det beror sannolikt på hur fasta eller vattniga frukterna är. I äpplen verkar halten patulin droppa av ganska snabbt från rötan och genom att ta bort fruktkött med 2 cm marginal från rötan så undviker man toxinet. Att trimma frukten på detta sätt när det gäller äpplen och undvika kraftigt angripna äpplen är en viktig åtgärd för att undvika patulin i äppelprodukter (mos, juice mm). Men i t.ex. päron har halten upp mot 1000 µg/kg uppmäts i friskt område på motsatt sida av det angripna området (Sulyok et al., 2010), dvs. 40 ggr så hög halt som gränsvärdet (Förordning 1881/2006/EG). Denna halt innebär att om man äter mer än 24 g av denna tillsynes friska del av päronet så överskrider man det tolerabla dagliga intaget för patulin.

En rad andra mykotoxiner, som citrinin, roquefortin C, chaetoglobosin A vilka är oreglerade idag, kan bildas naturligt i frukt och roquefortin C har visats diffundera ut i det friska fruktdelarna (Sulyok et al., 2010). Roquefortin är neurotoxiskt men någon samlad riskvärdering finns inte för detta toxin.

I producentledet kan patulinbildning i äpplen hållas nere genom förvaring vid låg temperatur och under modifierad atmosfär. Detta hindrar inte svampväxt helt utan *P. expansum* kan växa till och infektera frukt ända ner mot ±0 °C men försämningen går mycket långsammare än vid +20°C där optimal tillväxt sker (Barkai-Golan and Paster, 2008, Paster et al., 1995, Morales et al., 2007). Optimal temperatur för patulinbildning är redan vid 17 °C (Paster et al., 1995). *Penicillium expansum* kan bilda patulin ner mot 0°C (Baert et al., 2006, Andersson et al., 1977, Northolt and Bullerman, 1982).

Bedömning

Rådet att kassera möjliga eller ruttna bär och använd endast friska, fasta bär till sylt och saft gäller även idag – det finns inga data som stödjer en annan hantering. Vidare vad gäller större frukter och utifrån de data som redovisas ovan att ”smärre ytliga mögelangrepp på frukt bör de angripna partierna skäras bort med marginal” gäller enbart för äpplen och inga andra frukter. Man bör också tillägga att man bör skära bort minst 2 cm från det rötskadade området och det gäller bara för små angrepp 1-2 cm i diameter (Barkai-Golan and Paster, 2008, Rychlik and Schieberle, 2001). Tillväxt av *P. expansum* går snabbt i rumstemperatur varför man kan rekommendera att förvara frukt så svalt som möjligt. Alla frukter passar kanske inte bra att förvara i kylskåp men äpplen kan definitivt förvaras där.

Mjolkprodukter

Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de angivna produkterna och hur påverkar de hälsan?

Ost

Mögelväxt på ost är mycket vanligt trots att den oftast förvaras kallt. Det beror på att många av de arter som växer naturligt på ost är psykrofila (dvs. kan växa vid låga temperaturer). Vanliga släkten är främst *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* och *Geotrichum* (Hymery et al., 2014, Pitt and Hocking, 2009). Mykotoxiner kan finnas i ost och viktigast ur hälsosynpunkt är aflatoxin M1 och ochratoxin A. Aflatoxin M1 kommer ifrån mjölken, via mögel i fodret, men ochratoxin A beror på mögelväxt av *Penicillium nordicum* eller *P. verrucosum*. Andra mykotoxiner som påvisats i ost på grund av växt av mögelsvampar är roquefortin, sterigmatocystin, patulin, mycofenolsyra, cyclopiasonisyra, penitrem A och citrinin (Hymery et al., 2014, Pitt and Hocking, 2009, Sengun et al., 2008).

I ostframställning används också vissa penicilliumarter (*P. roqueforti* och *P. camemberti*) som spelar stor roll för ostens karaktärer som konsistens och smak. Dessa arter är toxinbildande, de bildar främst cyclopiasonisyra, roquefortin C och mycofenolsyra, och har påvisats i mögelostar (Hymery et al., 2014). Hittills har dessa mykotoxiner och halterna ansetts vara av mindre betydelse för hälsan och i USA ses dessa mögelsvampar som GRAS av USA:s Food and Drug Administration (FDA) eftersom framställningstekniken funnits länge och inga matförgiftningar rapporterats. Inom EU har dock dessa organismer inte fått samma status, QPS (Quality Presumption of Safety) har inte tillskrivits till dem på grund av avsaknad av data kring toxinbildning av de stammar som används i ostindustrin, förekomstdata på mykotoxiner i ost och deras toxicitet. Däremot så håller Efsa med om att det inte finns några fall av förgiftningsfall rapporterade för ostar som producerats med dessa mögelsvampar (Efsa, 2011a). Det är viktigt att komma ihåg att detta område bör utforskas mer och att dessa ostar inte är fria från mykotoxiner, som tidigare felaktigt skrivits på Livsmedelsverkets hemsida. En alldeles färsk review-artikel har i dagarna publicerats on-line och som sammanfattar förekomsten av mögelgifter i ost, främst i produktionsperspektiv och inte direkt för råd i köket (Benkerroum, 2016).

Hårdost

Så vitt jag känner till har Livsmedelsverket tidigare inte haft någon omfattande undersökning på hur mögelsvampar och mykotoxiner kan spridas i ost. Däremot finns ett ärende från 1983 (Åkerstrand, 1985) där man utfört en omfattande undersökning av en starkt mögelskadad ost. Möglet hade trängt in djupt in i osten (ca 5 cm) och flera toxinbildande svampar kunde identifieras, *Penicillium roqueforti*, *P. viridicatum* och *P. crustosum*, alla kända toxinbildare i ost. Osten skiktades upp i 5 olika skikt som analyserades med avseende på kända toxiner från dessa svampar. Roquefortin C och isofumigaclavin A kunde påvisas i ytskiktet (2-5 mm) och i skiktet 1,5 cm från ytskiktet samt roquefortin C i ytterligare ett skikt på 1,5 cm (dvs. totalt max 3,5 cm). Det kan ha varit utifrån dessa resultat som har bedömt att skära bort 1 cm från runt det angripna stället skulle vara tillräckligt.

Yoghurt, crème fraiche och färskost

Färsk mjölk har sällan problem med mögelsvampar men produkter som yoghurt, crème fraiche och färskost kan förskämmas av både jäst och mögelsvampar. Ungefär samma mögelsvampar som i ost drabbar dessa produkter, som till exempel arter inom *Penicillium*, *Aspergillus*, *Geotrichum* och *Cladosporium* (Pitt and Hocking, 2009). Livsmedelsverkets råd bygger sannolikt på att vattenaktiviteten är hög i dessa produkter och toxinbildande svampar kan växa i dessa produkter. Därmed finns förutsättningar för att konsumenten kan utsättas för skadliga nivåer av mykotoxiner i denna typ av produkt. I litteraturen finns få undersökningar redovisade för dessa typer av produkter men aflatoxin-bildning har studerats i både kommersiell och hemmagjord yoghurt (Blanco et al., 1988a, Blanco et al., 1988b). Aflatoxiner bildades snabbt och var efter 2

dagar över 15 µg/kg vid 28°C och 1 µg/kg efter 10 dagar vid 15°C. Gränsvärden för aflatoxin i mjölkkråvara finns enbart för aflatoxin M₁ (Kommissionen, 2006), och är så lågt som 0,050 µg/kg. Däremot kunde växt och toxinbildning inte detekteras vid 10°C. Det förklaras av att *A. parasiticus* har sina optimum för tillväxt och toxinbildning vid betydligt högre temperaturer. Det är därför mer intressant för dessa kylvaror att titta på växt av olika penicilliumarter som tillväxer bra i kylskåp och det är ju också dessa vi oftast ser när vi upptäcker mögel på yoghurten eller annat i kylen. Penitrem A, som kan bildas av *Penicillium crustosum* har identifierats i ett fall med möjlig mjukost som förgiftat två hundar. Osten hade haft tydlig mögelväxt på ytan men insidan hade sett frisk ut och tydligen utfodrats till hundarna som blivit akut sjuka med skakningar. Penitrem A tillhör de så kallade tremorgenerna och som påverkar centrala nervsystemet (Richard and Arp, 1979). Penitrem-förgiftning har också drabbat människor, ett äldre par som ätit en soppa från en trasig konservburk som angripits av *P. crustosum*. Paret fick våldsamma skakningar och alla symtom tydde på penitremförgiftning (Lewis et al., 2005).

Sulyok och medarbetare hittade höga halter ochratoxin A i spontanmöglad crème fraiche, mellan 300-16 000 µg/kg, vilket är akuttoxiska nivåer (Sulyok et al., 2010). En portion på 50 g av produkten med högsta halt skulle innebära för en vuxen person på 60 kg ett intag på 13 µg/kg kroppsvikt. Efsa (Efsa, 2006) har fastställt ett tolerabelt vecko intag på 120 ng/kg kroppsvikt vilket motsvarar 17 ng eller 0,017 µg/kg kroppsvikt per dag. JECFA fastställde LOEL (lowest Observed Effect Level) utifrån en 90-dagars studie på grisar, som anses vara den känsligaste djurarten, till 8 µg/kg kroppsvikt per dag (JECFA, 2006). Detta indikerar att de halter som bildats i crème fraiche var över 700 gånger högre än TDI och i nivå med halter som kan ha direkt hälsoeffekt. Troligen var produkten med den högsta halten så angripen att den inte skulle ha konsumerats med visar ändå tydligt på risken med höga halter mykotoxin i denna typ av produkter och behovet på mer kontrollerade studier.

Kan farorna styras eller minimeras till en acceptabel nivå i de olika produkterna för att minska risken för hälsoskadliga effekter?

Hårdost

Under våren 2016 har Livsmedelsverket utfört en studie (Olsen et al., 2017) där några av de vanligaste mögelsvamparna på ost ympats in och osten lagrats vid 15 °C i två veckor. Därefter styckades osten upp i tre skikt: 0-2 cm (inkluderande mögelskiktet), 2-4 cm och resten av osten från 4 cm under ytskiktet där svampen inokulerats (se bild 1 i bilaga 2). Kemisk analys av osten gjordes vid ett laboratorium i Österrike (IFA-Tulln) där det finns en LC-MS/MS-metod för multi-analys av en stor mängd olika sekundära metaboliter (Sulyok et al., 2010). Preliminära resultat presenteras i bilaga 2. I dessa försök kunde mykotoxiner enbart detekteras i skiktet 0-2 cm som inkluderade ympskiktet. Det innehöll flera kända mykotoxiner som t.ex. cyklopiasonsyra, roquefortin C och penitrem A. Idag finns inga samlade riskvärderingar eller gränsvärden för dessa mykotoxiner. Detta var enbart en pilotstudie och mer försök behövs innefattande även andra mykotoxinbildare, flera olika isolat av arterna, andra lagringstemperaturer och lagringstider.

I litteraturen finns data på ochratoxin A, främst i mögelost (Hymery et al., 2014) men det har även rapporterats i traditionella italienska ostar ("Toma Piemontese PDO") – en halvård osttyp (Patton et al., 2013). Både ochratoxin A och patulin kunde detekteras i de italienska ostarna. Ochratoxin A återfanns i 6 av de 32 ostarna och halten i skalken (2-3 mm hårt ytskikt) var i genomsnitt 109,6 µg/kg och innanför skalken 83,1 µg/kg. Tyvärr framgår det inte av publikation hur djupt in i osten detta inre prov tagits. Det kan ha tagits ut direkt under skalken. Detta är höga halter ochratoxin A men antagligen beroende av att osten var av traditionell typ fått och att möglet som växt på utsidan är spontan och att ochratoxinbildande svampar funnits i miljön. Det visar ändå på möjligheten av att ochratoxin A kan spridas in i ost som fått mögla på utsidan. Det finns inga gränsvärden för ochratoxin A i ost men halterna överstiger gränsvärdena för ätfärdiga produkter som bröd, vin, russin, druvjuice som ligger mellan 2-3 µg/kg (Förordning 1881/2006/EG). En högkonsument (95:e percentilen) av ost i Sverige äter 76 g/dag (Riksmaten, 2012). Om man förutsätter att man skär bort skalken skulle intaget för en högkonsument av denna ost bli 105 ng ochratoxin A/kg kroppsvikt under en dag vilket motsvarar

nästan hela det tolerabla veckointaget på 120 ng/kg kroppsvikt (Efsa, 2006). Vidare förekom patulin i 30 av de totalt 32 ostarna och medelhalten i ytterskalet var 154,6 µg/kg och i inre delarna 26,6 µg/kg. Det finns inget gränsvärde för patulin i ost men dessa halter överskrider t.ex. gränsvärdet satt för ättfärdig äppelpuré (25 µg/kg). Intaget av patulin för en högkonsument blir på samma sätt som ovan 0,033 µg/kg kroppsvikt och är mindre än 10 % av TDI (JECFA, 1995).

Ochratoxin A och citrinin har också studerats i mögelskadad ost (Jarvis, 1983). Halten i detta fall var 260 µg ochratoxin A/kg. Jarvis refererar också till en studie som tyvärr endast publicerats i en konferensrapport från 1981 men där ost ympats med ochratoxinbildande svamp och där ochratoxin kunde detekteras i de inre delarna av osten men inte hur mycket och hur långt in i osten. I båda ovan nämnda studier (Patton et al., 2013, Jarvis, 1983) är tyvärr de experimentella delarna mycket dåligt beskrivna vilket gör det svårt att använda som underlag till ett hanteringsråd.

Yoghurt, crème fraiche och färskost

I studien som utfördes under våren 2016 (Olsen et al., 2017) studerades även växt- och toxinbildning i crème fraiche, både lätt och vanlig standardform (15 resp. 34 % fetthalt). Några av de vanligaste mögelsvamparna på mejeriprodukter ympades in och crème fraichen lagrades vid 15 °C i två veckor varefter produkten frystes för att i fryst tillstånd styckas upp i tre skikt: 0-2 cm (inkluderande mögelskiktet), 2-4 cm och resten av crème fraichen från 4 cm under ytskiktet där svampen inokulerats. Resultaten presenteras i bilaga 2. Här ser man en skillnad från hårdosten genom att vissa av svampmetaboliterna spridit sig ner i produkten trots att ingen omrörning hade skett. Om man skulle försöka skopa bort möglet i en sådan vattning produkt och äta resten, är risken uppenbar att toxinet lätt sprider sig vidare i produkten på grund av den omrörning som sker. Resultaten visar också på den skillnad man får i metabolitmönster beroende på vilken produkt (15 eller 34 % fett) som man ympar en och samma stam av *P. roqueforti*. Det är också stora skillnader i mönster mellan hårdost och crème fraiche och med ymp av samma stam. Detta visar på nödvändigheten av att studera många olika kombinationer innan man gör en slutlig bedömning. De valda metaboliter som jag redovisar är de som är kända för arten eller som är mer eller mindre kända mykotoxiner. De foton som visas i bilaga 2 på två crème fraiche burkar visar också att mögelangrepp kan se väldigt olika ut.

Bedömning

Hårdost

Utifrån den studie som gjorts av Livsmedelsverket under våren 2016 (Olsen et al., 2017) kan man dra slutsatsen att om man skär bort mögelangrepp på ost med minst 2 cm marginal så är risken liten för att man ska exponeras för mykotoxiner. Men det är en mycket begränsad studie och den är dessutom endast gjord på en sorts ost (Gouda), med andra ord vi vet inte hur resultaten sett ut för till exempel en mer pipig ost. Därutöver har vi inte med alla toxinproducerande arter som kan växa naturligt på ost och bara använt en stam av varje art. Data från litteraturen indikerar också att mykotoxiner kan sprida sig in i osten men tyvärr var kvaliteten på de studier som (Patton et al., 2013, Jarvis, 1983) inte sådan att vi kan dra några slutsatser om det går att skära bort med en viss marginal. Sammanfattningsvis, det finns osäkerheter i bedömningen.

Yoghurt, crème fraiche och färskost

De data som redovisas ovan från litteraturen samt vår egen begränsade studie (Olsen et al., 2017) visar att det råd vi har om att kassera möjliga produkter i denna kategori är korrekt. I produkter med så hög vattenaktivitet, det vill säga tillräckligt hög för toxinbildning, och rinnande karaktär kan man inte utesluta att toxinet sprider sig i produkten,

Övriga livsmedelsgrupper

Vad ligger till grund för de råd vi har, vilka mykologiska faror är aktuella i de angivna produkterna och hur påverkar de hälsan?

Leverpastej

Litteratursökning inom detta område har inte givit någon information kring mykotoxinbildning i leverpastej. Däremot så har danska undersökningar, som hävdar att leverpastej kan mögla under förvaring i hemmet, visat att många toxinbildande mögelsvampar fanns i de två processanläggningar som undersöktes (Sorensen et al., 2008).

Bedömning

Övriga livsmedel

Det saknas idag ett generellt råd att inte äta livsmedel som möglat. Det finns flera exempel på livsmedel än leverpastej, som kan mögla i hemmet, och där det saknas data på hur bildning och spridning av mykotoxiner i produkterna. I vår pilotstudie under våren 2016 tog vi med ett annat livsmedel som ofta möglar i kylskåpet på grund av ett det får stå länge och tas fram då och då, nämligen tomatpuré. Resultatet redovisas i bilaga 2. Försöket visar att flera toxiner bildas under en så kort tid som 2 veckor även om de i detta fall inte har spridit sig långt i produkten. Halterna är dock betydligt högre än motsvarade tillväxt i mjölkprodukter.

Svar på övriga specifika frågor

Svar på fråga 5: Finns det, utöver de som redan listas, andra livsmedel som hanteras i det egna köket där det finns risker med mögel? I så fall vilka och hur ska riskerna i dessa livsmedel hanteras?

Alla livsmedel som har en tillräckligt hög vattenaktivitet för tillväxt av mögel och mykotoxinbildning är i riskzonen. Ett exempel är det som nämns ovan, tomatpuré, men även andra produkter som till exempel gul lök som möglar ganska lätt. Fumonisin B2 har detekterats i lök som angripits av svarta aspergiller (Gherbawy et al., 2015) och alternariatoxiner är också vanliga i lök (Van de Perre et al., 2014). Vidare orsakar *Penicillium tulipae* lagringsskador hos gul lök och denna svamp kan bilda penitrem A varför mögel och mykotoxiner i lök kan vara viktigt ur hälsosynpunkt (Overy et al., 2005). Det saknas dock idag underlag för en bedömning av riskerna.

Det finns inte möjlighet att utifrån detta uppdrag att söka på varje livsmedel som potentiellt kan utsättas för mögelväxt och toxinbildning. Dessutom uppstår nya livsmedelsprodukter hela tiden och därmed nya faror. Bland dessa olika produkter finns nya som riktar sig mot speciella dieter, till exempel veganost. Vilka eventuella faror medför det?

En bra referenslitteratur vad gäller mögel i livsmedel är Pitt & Hockings "Fungi and Food spoilage" (Pitt and Hocking, 2009). Livsmedelsverket har den senaste upplagan (3:e) och enligt John Pitt är en 4:e upplaga på gång.

Svar på fråga 6: Finns det några konsumentgrupper som är särskilt känsliga, i så fall vilka?

Ja, sannolikt är små barn och äldre mer känsliga precis som för många andra mikrobiologiska eller kemiska faror i livsmedel. Förutom att exponering blir högre per kilokroppsvikt så är vissa organ och funktioner, som t.ex. avgiftningssystem, inte fullt utvecklade hos små barn. Man vet att när man blir äldre sker förändringar i kroppen, som bland annat påverkar både läkemedlens omsättning - dvs. hur de tas upp, fördelas, bryts ned och utsöndras - och deras verkan på kroppen. Sannolikt är det på samma sätt med andra substanser som t.ex. mykotoxiner. Leverns förmåga att bryta ner kemiska ämnen avtar när man blir äldre samtidigt som njurfunktionen avtar.

För en del av befolkningen så utgör mögelsvampar i livsmedel en livsfara. Dessa mögelsvampar som vanligtvis är ofarliga för större delen av befolkningen kan orsaka livshotande infektioner hos individer med nedsatt immunfunktion såsom till exempel cancerpatienter som genomgår cellgiftsbehandling, transplantationspatienter som tar immunhämmande mediciner eller individer med svår diabetes. Flera sådana fall har rapporter på senare efter konsumtion av hemmagjord öl, möjlig yoghurt och probiotika (Martinello et al., 2012, Lazar et al., 2014, Vallabhaneni et al., 2015).

Svar på fråga 7: Utvärdera behovet av experimentella studier.

Som framgår ovan finns det behov av flera experimentella studier innan man kan ge bra råd för hur konsumenten ska hantera mögel i livsmedel. Att ge rådet att slänga möjlig mat är naturligtvis ett bra råd ur hälsosynpunkt men med tanke på hur mycket matsvinn det orsakar så vore det bra att utreda mer. Livsmedelsverket förespråkar ju mindre matsvinn men då måste vi också kunna tala om för konsumenten hur man gör detta på ett säkert sätt. Vår pilotstudie ger klara indikationer på att mer data behövs och man kan inte utgå från resultat baserat på en typ av livsmedel, en stam toxinbildande svamp, en lagringstid, en temperatur etc. utan betydligt fler

upprepningar och variationer måste undersökas. I framtiden bör det också tas med hänsyn till s.k. konjugerade mykotoxiner, ”masked mycotoxins”, som kan innebära en högre exponering än vad vi tidigare trott (Benkerroum, 2016, Dellaflora and Dall’Asta, 2016).

Vidare är den samlade toxikologiska kunskapen kring många av de mykotoxiner som bildas sparsam och riskvärderingar saknas. Och vi vet dessutom väldigt lite om kombinationseffekter och mykotoxiner förekommer ofta flera samtidigt. Experimentella toxikologiska studier är inget som Livsmedelsverket kan utföra idag, men Livsmedelsverket kan lyfta behovet gentemot forskningsbidragsgivare om att mer kunskap behövs.

Referenser

- ANDERSSON, A., JOSEFSSON, E., NILSSON, G. & K., Å. 1978. Mögelsvampar och mögelgifter i spontant möglat bröd. *Vår Föda*, 30, 109-114.
- ANDERSSON, A., JOSEFSSON, E., NILSSON, G. & ÅKERSTRAND, K. 1977. Mögelsvampar och patulin i frukt och bär. *Vår föda*, 292-298.
- ARROYO, M., ALDRED, D. & MAGAN, M. 2005. Environmental factors and weak organic acid interactions have differential effects on control of growth and ochratoxin A production by *Penicillium verrucosum* isolates in bread. *Int J Food Microbiol*, 98, 223-231.
- BAERT, K., DE MEULENAER, B., KAMALA, A., KASASE, C. & DEVLIEGHERE, F. 2006. Occurrence of patulin in organic, conventional, and handcrafted apple juices marketed in Belgium. *J Food Prot*, 69, 1371-8.
- BARKAI-GOLAN, R. & PASTER, N. 2008. mouldy fruits and vegetables as a source of mycotoxins:part 1. *World Mycotoxin Journal*, 1, 147-159.
- BENKERROUM, N. 2016. Mycotoxins in dairy products – a review. *International Dairy Journal*, (on-line från den 22 juli 2016: doi:10.1016/j.idairyj.2016.07.002)
- BLANCO, J. L., DOMINGUEZ, L., GOMEZ-LUCÍA, E., GARAZABAL, J., GOYACHE, J. & SUAREZ, G. 1988a. Experimental aflatoxin production in commercial yoghurt. *Z lebensm Unters Forsch* 186, 218-222.
- BLANCO, J. L., DOMINGUEZ, L., GOMEZ-LUCÍA, E., GARAZABAL, J., GOYACHE, J. & SUAREZ, G. 1988b. Experimental aflatoxin production in home-made yoghurt. *Z lebensm Unters Forsch* 186, 223-226.
- BULLERMAN, L. B. & HARTUNG, T. E. 1973. Mycotoxin-producing potential of molds isolated from flour and bread. *Cereal Science Today*, 18, 346-347.
- DELLAFIORA, L. & DALL'ASTA, C. 2016. Masked mycotoxins: An emerging issue that makes renegotiable what is ordinary. *Food Chemistry*, 213, 534-535.
- DIRCH, J., ÅKERSTRAND, K., ANDERSSON, A., LÖNBERG, E., JOSEFSSON, E. & JANSSON, E. 1979. Konserveringsmedels förekomst och inverkan på mögel- och mykotoxinbildning i bröd. *Vår föda*, 31, 385-403.
- EFSA 2006. Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain [CONTAM] related to ochratoxin A in food. *The EFSA Journal*, 365, 1 – 56.
- EFSA 2009. Effects on public health of an increase of the levels for aflatoxin total from 4 µg/kg to 10 µg/kg for tree nuts other than almonds, hazelnuts and pistachios *The EFSA Journal* 1168, 1-11.
- EFSA 2011a. Scientific opinion on the maintenance of the list of QPS biological agents intentionally added to food and feed. *EFSA Journal*, 10, 2497-2551.
- EFSA 2011b. Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food. *EFSA Journal*, 9, 2407.
- EFSA 2011c. Scientific Opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. *EFSA Journal*, 9, 2197.
- EFSA 2012. Scientific Opinion on the risks for public and animal health related to the presence of citrinin in food and feed. *EFSA Journal*, 10, 2605.

- FRANK, H. K. & EYRICH, W. 1968. Über den Nachweis von aflatoxinen und das Vorkommen. *Z. lebensm. Untersuch. Forsch.*, 138.
- FRISVAD, J. C., THRANE, U. & SAMSON, R. A. 2007. *Chapter 8: Mycotoxin producers*, Mycology series 25, 135-159
- GHERBAWY, Y., ELHARIRY, H., KOCSUBE, S., BAHOBIAL, A., DEEB, B. E., ALTALHI, A., VARGA, J. & VAGVOLGYI, C. 2015. Molecular characterization of black *Aspergillus* species from onion and their potential for ochratoxin A and fumonisin B2 production. *Foodborne Pathog Dis*, 12, 414-23.
- HACKL, A., EHREN, R. & WEBER, L. T. 2016. Effect of mycophenolic acid in experimental, nontransplant glomerular diseases: new mechanisms beyond immune cells. *Pediatr Nephrol*.
- HANSEN, E. & HAGEDORN, G. 1969. Untersuchungen über vorkommen und wandring von aflatoxin B1 und seine Veränderungen bei einigen lebensmitteltechnologischen Prozessen. *Z lebensm unters Forsch.*, 141, 129-145.
- HYMERY, N., VASSEUR, V., COTON, M., MOUNIER, J., J.-L., J., BARBIER, G. & COTON, E. 2014. Filamentous fungi and mycotoxins in Cheese: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 437-456.
- JARVIS, B. 1983. Mould and mycotoxins in mouldy cheeses. *Microbiologie-Aliments-Nutrition* 1, 187-191.
- JECFA 1995. *Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.* , Geneva, WHO.
- JECFA 2006. Safety evaluation of certain mycotoxins in food. *WHO Food Additives Series*, 47, 281-387.
- KOMMISSIONEN 2006. Kommissionens förordning (EG) nr 1881/2006 av den 19 december 2006 om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel. *Europeiska unionens officiella tidning*, L364, 5-24.
- KOMMISSIONEN 2014. Kommissionens förordning (EU) nr 212/2014 av den 6 mars 2014 om ändring av förordning (EG) nr 1881/2006 vad gäller gränsvärden för det främmande ämnet citrinin i kosttillskott baserade på ris som fermenterats med röd jäst (*Monascus purpureus*). *Europeiska unionens officiella tidning*, L. 76, 3-4.
- LAZAR, S. P., LUKASZEWICZ, J. M., PERSAD, K. A. & REINHARDT, J. F. 2014. Rhinocerebral *Mucor circinelloides* infection in immunocompromised patient following yogurt ingestion. *Del Med J*, 86, 245-8.
- LEWIS, P. R., DONOGHUE, M. B., HOCKING, A. D., COOK, L. & GRANGER, L. V. 2005. Tremor syndrome associated with a fungal toxin: sequelae of food contamination. *Med. J. Aust.*, 182, 582-584.
- MARTINELLO, M., NELSON, A., BIGNOLD, L. & SHAW, D. 2012. "We are what we eat!" Invasive intestinal mucormycosis: A case report and review of the literature. *Med Mycol Case Rep*, 1, 52-5.
- MORALES, H., MARIN, S., ROVIRA, A., RAMOS, A. J. & SANCHIS, V. 2007. Patulin accumulation in apples by *Penicillium expansum* during postharvest stages. *Letters in applied Microbiol.*, 44, 30-35.
- NORTHOLT, M. D. & BULLERMAN, L. B. 1982. Prevention of mold growth and toxin production through control of environmental conditions. *J. of Food Protection*, 45, 519-526.
- OLSEN, M., GIDLUND, A. and SULYOK, M., 2017. Experimental mould growth and mycotoxin diffusion in different food items. *World Mycotoxin Journal* (in press:

DOI (10.3920/WMJ2016.2163).

- OVERY, D. P., FRISVAD, J. C., STEINMEIER, U. & THRANE, U. 2005. Clarification of the agents causing blue mold storage rot upon various flower and vegetable bulbs: implications for mycotoxin contamination. *Postharvest Biology and Technology*, 35, 217-221.
- PASTER, N., HUPPERT, D. & BARKAI-GOLAN, R. 1995. Production of patulin by different strains of *Penicillium expansum* in pear and apple cultivars stored at different temperatures and modified atmosphere. *Food Add Contam.*, 12, 52-58.
- PATTERSON, M. & DAMAGLOU, A. P. 1985. Identification and potential toxicity of fungi isolated from mould-spoiled foods. *Record of Agricultural Research*, 33.
- PATTON, D., GROSSO, A., STOCCO, P. P., PAZZI, M. & ZEPPA, G. 2013. Survey of the presence of patulin and ochratoxin A in traditional semi-hard cheeses. *Food Control*, 33, 54-57.
- PITT, J. I. & HOCKING, A. D. 2009. *Fungi and Food spoilage*, Dordrecht Heidelberg, Springer Science and Business Media.
- POLONSKY, J., MERRIEN, M. A. & SCOTT, P. M. 1977. Roquefortine and isofumigaclavine A, alkaloids from *Penicillium roqueforti*. *Ann Nutr Aliment*, 31, 963-8.
- REISS, J. 1975. Mycotoxins in Foodstuffs V. The influence of temperature, acidity and light on the formation of aflatoxins and patulin in bread. *European J. Appl. Microbiol.*, 2, 183-190.
- REISS, J. 1976. Mycotoxins in Foodstuffs VI. Formation of sterigmatocystin by *Aspergillus versicolor*. *European J. Appl. Microbiol.* 12, 239-241, 12, 239-241.
- REISS, J. 1981. Studies on the ability of mycotoxins to diffuse into bread. *European J Appl Microbiol Biotechnol*, 12, 239-241.
- RICHARD, J. L. & ARP, L. H. 1979. Natural occurrence of the mycotoxin penitrem A in moldy cream cheese. *Mycopathologia*, 67, 107-9.
- RIKSMATEN 2012. Rksmaten vuxna 2010-11: Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige. Livsmedelsverket.
- RYAN, L., ZANNINI, E., DAL BELLO, F., PAWLOWSKA, A., KOELER, P. & ARENDT, E. 2011. *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 as a novel food-grade antifungal agent for bakery products. *Int J Food Microbiol.*, 146, 276-283.
- RYCHLIK, M. & SCHIEBERLE, P. 2001. Model studies on the diffusion behavior of the mycotoxin patulin in apples, tomatoes, and wheat bread. *Eur Food Res Technol* 212, 274-278.
- SAMSON, R. A., HOEKSTRA, E. & FRISVAD, J. C. 2004. *Introduction to Food and Indoor Fungi*, Wageningen, Ponsen & Looyen.
- SCOTT, P. 2004. *Other mycotoxins*. In: *Mycotoxin in Food, detection and control* (Eds Magan, N. and Olsen, M.), Cambridge, England Woodhead Publishing Limited, p. 406-440.
- SEKITA, S., YOSHIHARA, K., NATORI, S., UDAGAWA, S., SAKABE, F., KURATA, H. & UMEDA, M. 1982. Chaetoglobosins, cytotoxic 10-(indol-3-yl)-[13]cytochalasans from *Chaetomium* spp. I. Production, isolation and some cytological effects of chaetoglobosins A. *J. Chem Pharm Bull*, 30, 1609-1617.
- SENGUN, I. Y., YAMAN, D. B. & GONUL, S. A. 2008. Mycotoxins and mould contamination in cheese: a review. *World Mycotoxin Journal* 1, 291-298.

- SORENSEN, L. M., JACOBSEN, T., NIELSEN, P. V., FRISVAD, J. C. & KOCH, A. G. 2008. Mycobiota in the processing areas of two different meat products. *Int J Food Microbiol*, 124, 58-64.
- SULYOK, M., KRŠKA, R. & SCHUHMACHER, R. 2010. Application of an LC-MS/MS based multi-mycotoxin method for the semi-quantitative determination of mycotoxins occurring in different types of food infected by moulds. *Food Chemistry*, 19, 408-416.
- VALLABHANENI, S., WALKER, T. A., LOCKHART, S. R., NG, D., CHILLER, T., MELCHREIT, R., BRANDT, M. E. & SMITH, R. M. 2015. Notes from the field: Fatal gastrointestinal mucormycosis in a premature infant associated with a contaminated dietary supplement--Connecticut, 2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 64, 155-6.
- VAN DE PERRE, E., DESCHUYFFELEER, N., JACXSSENS, L., VEKEMAN, F., VAN DER HAUWAERT, W., ASAM, S., RYCHLIK, M., DEVLIEGHERE, F. & DE MEULENAER, B. 2014. Screening of moulds and mycotoxins in tomatoes, bell peppers, onions, soft red fruits and derived tomato products. *Food Control*, 37, 165-170.
- ÅKERSTRAND, K. 1985. Undersökning av möjlig hel ost erhållen från Hammerdals mejeri 1983-12-29. *Livsmedelsverket dnr*, 4318/83.

Bilaga 1

Resultat från Livsmedelsverkets studie avseende mögelväxt och mykotoxinbildning i frukt- och bärprodukter

Alla försök visar medelvärde av dubbelprov. Standardavvikelse var låga men har inte kunnat läggas in i dessa tredimensionella bilder. Redovisade värden av olika mykotoxiner/sekundära metaboliter med mer eller mindre känd toxicitet, har valts utifrån resultat eller att ämnet är en typisk metabolit från den arten/stammen som använts.

En del av dessa resultat finns publicerade (Olsen et al., 2017).

Fig 2. Blåbärssylt ympad med *P. expansum*.

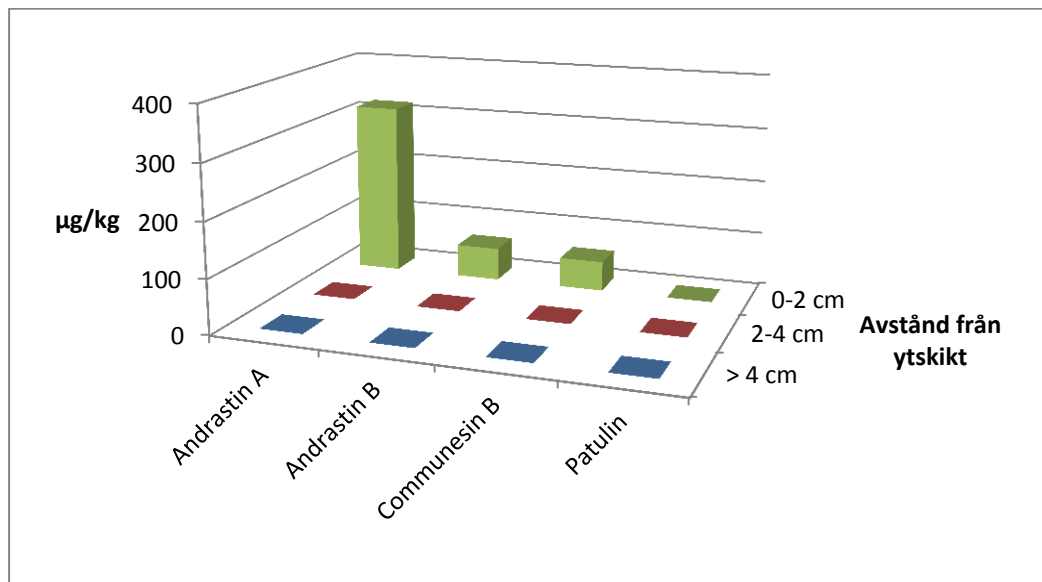


Fig 3. Blåbärssylt ympad med *P. crustosum*.

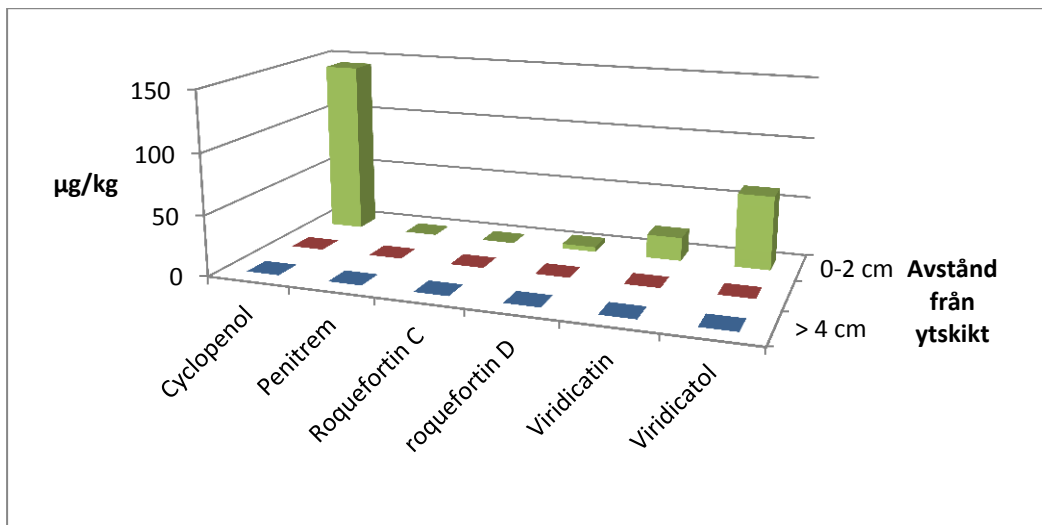
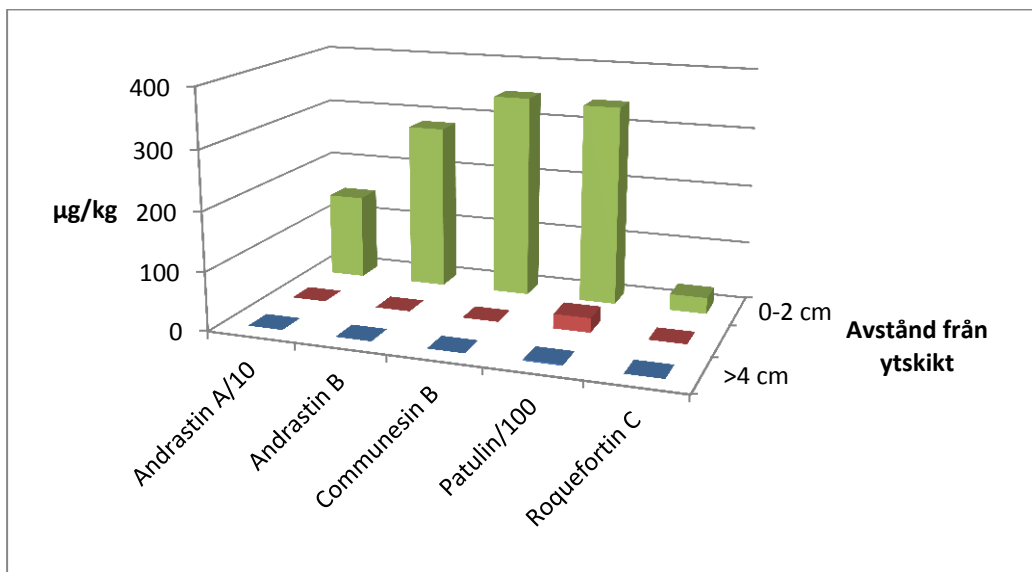


Fig 5. Äpple mos ympad med *P. expansum*



Observera att halten patulin har dividerats med 100 för att passa in i figuren.

Bilaga 2

Resultat från pilotstudie avseende mögelväxt och mykotoxinbildning i mjölkprodukter.

”Distance from inoculum”, som anges i figurerna innebär avståndet från mögelskiktet på ytan i cm. En del av dessa resultat finns publicerade (Olsen et al., 2017).

Ost

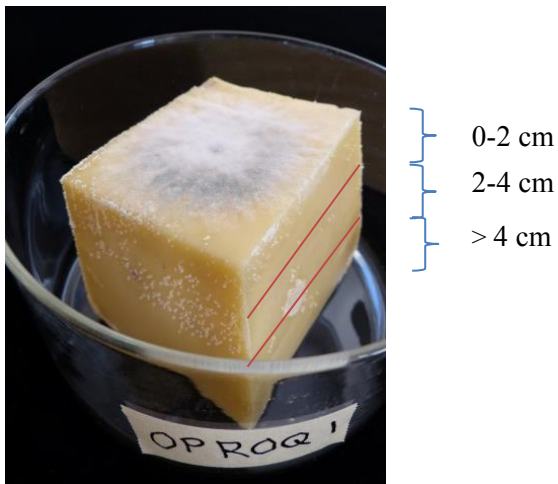
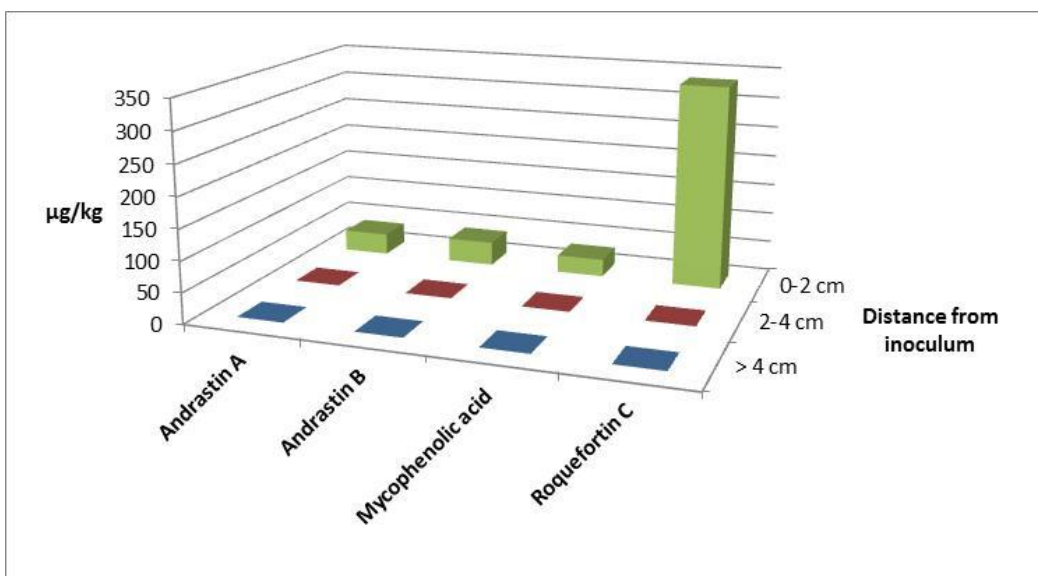
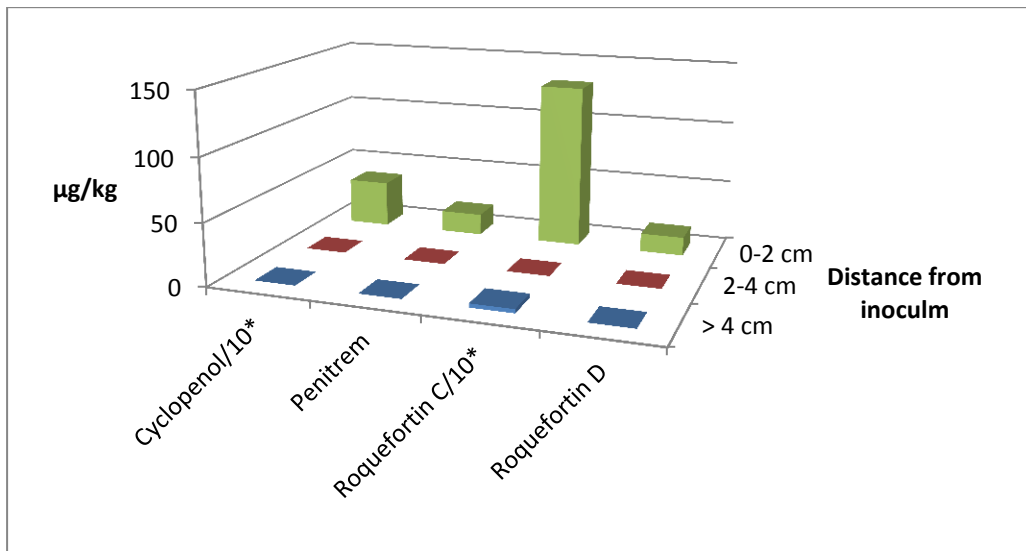


Bild 1. Foto från Pilotförsök – *P. roqueforti* tillväxt på Goudaost i 2 veckor vid 15°.

Ost ympad med *P. roqueforti*

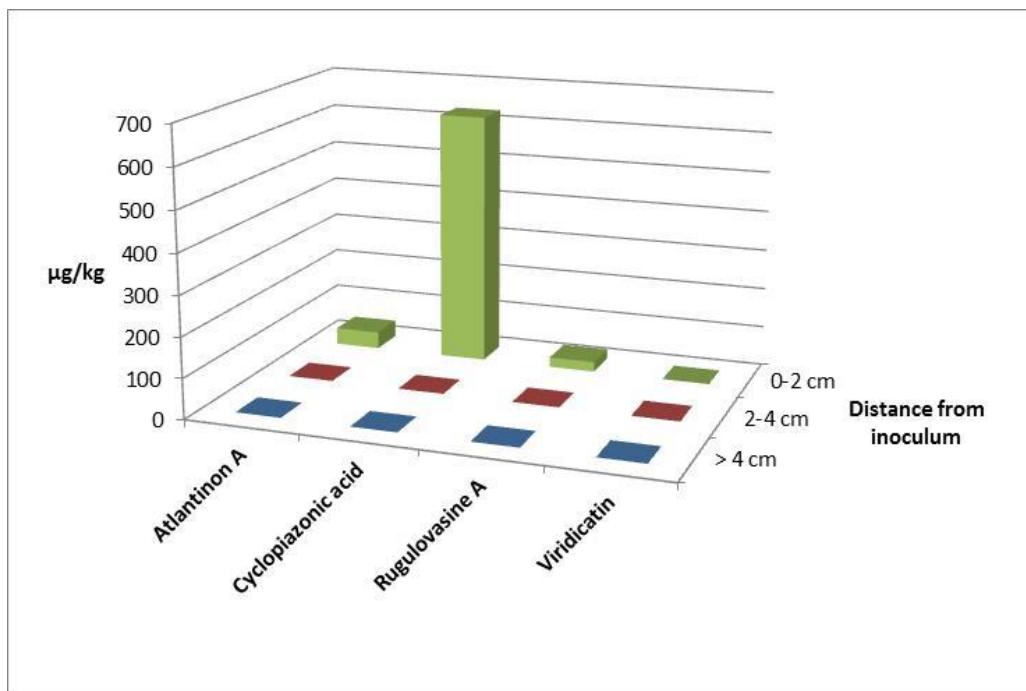


Ost ympad med *P. crustosum*

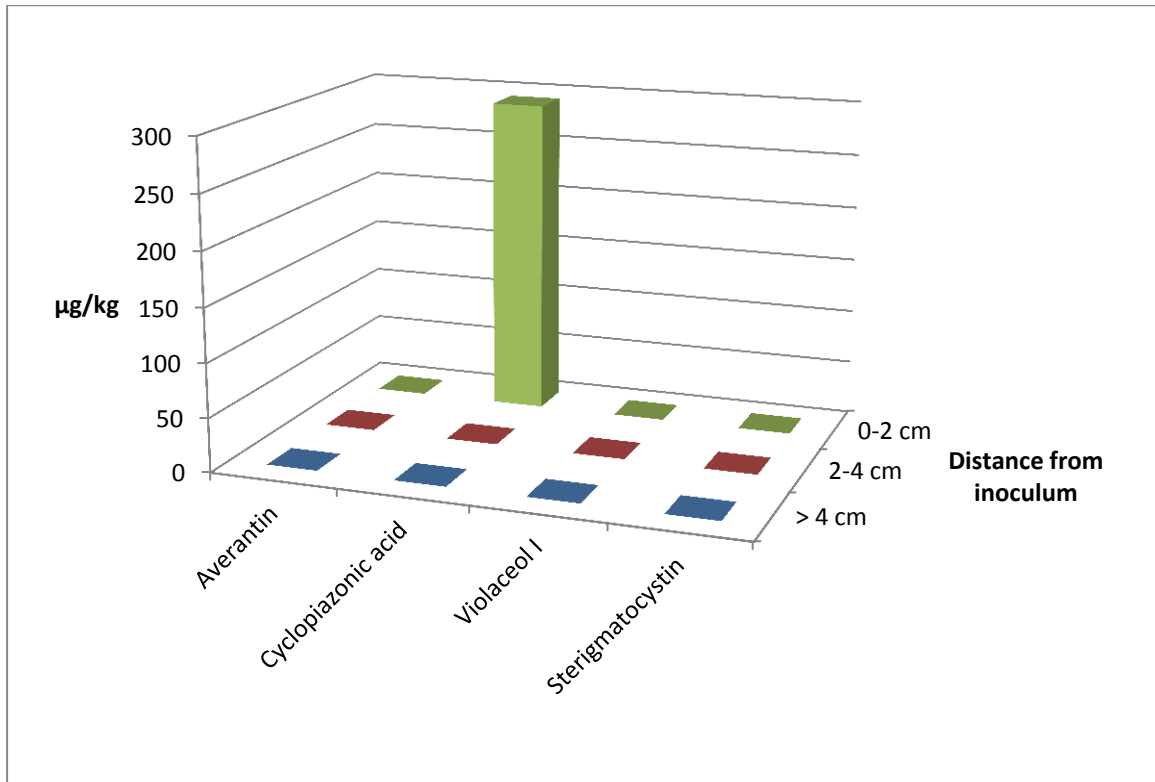


*Resultatet har dividerats med 10

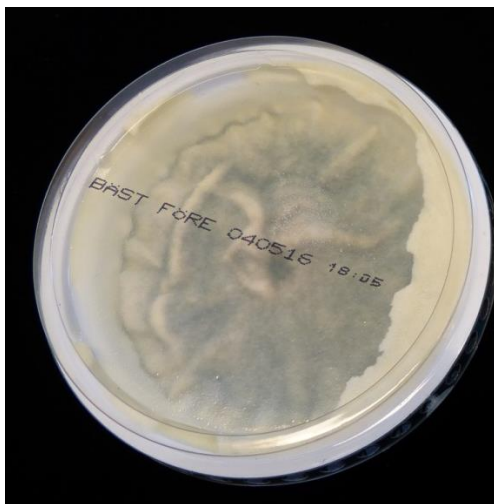
Ost ympad med *P. commune*



Ost ympad med Aspergillus versicolor

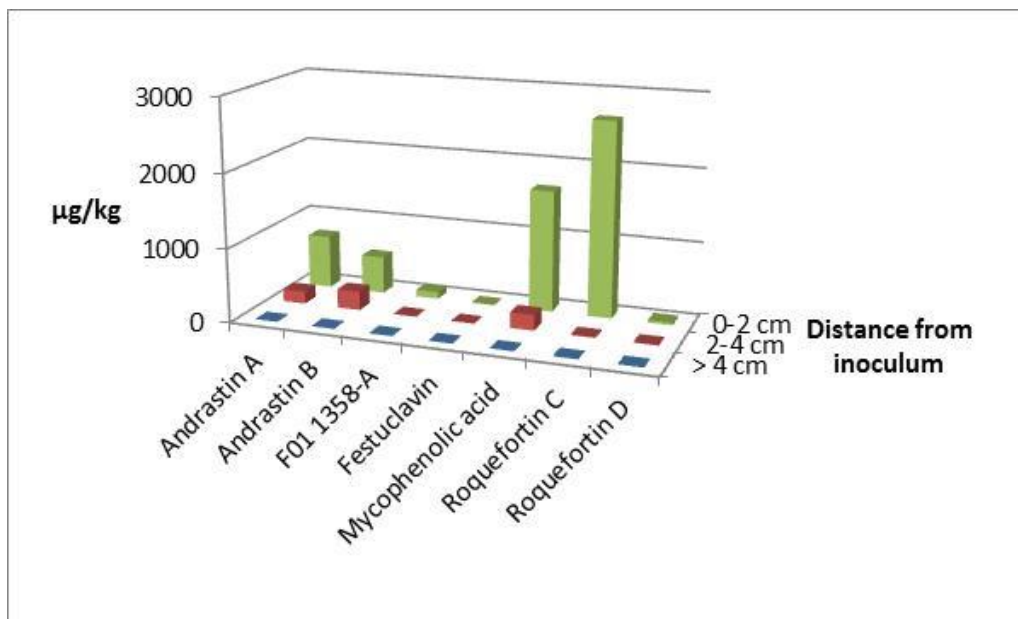


Crème fraiche

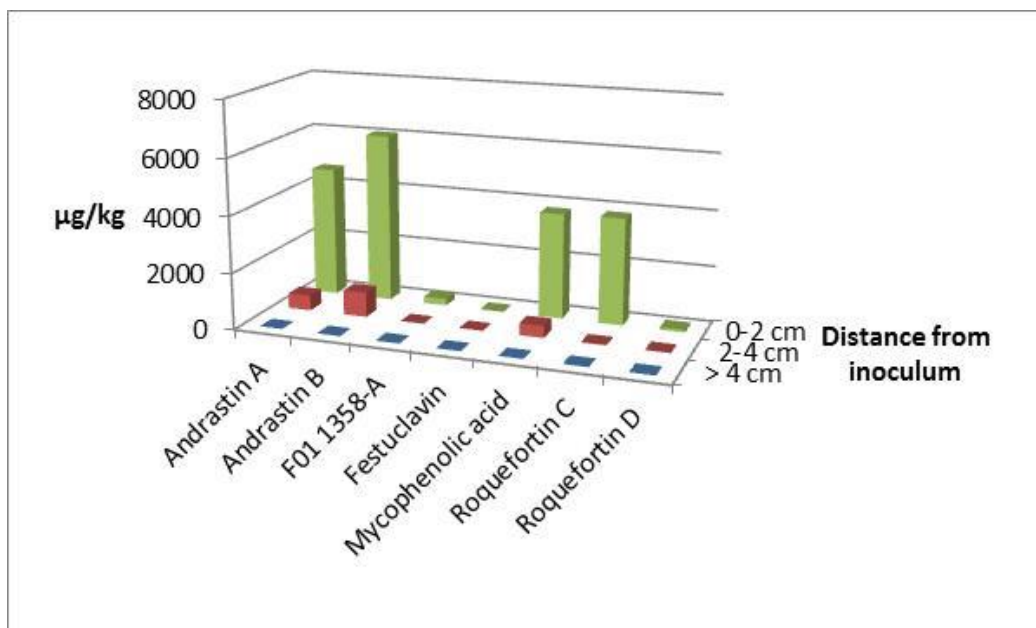


Bilder: Penicillium roqueforti respektive Aspergillus versicolor på crème fraiche efter 2 veckor vid 15°C. Notera att mögelväxten kan se väldigt olika ut och inte alltid uppenbar!

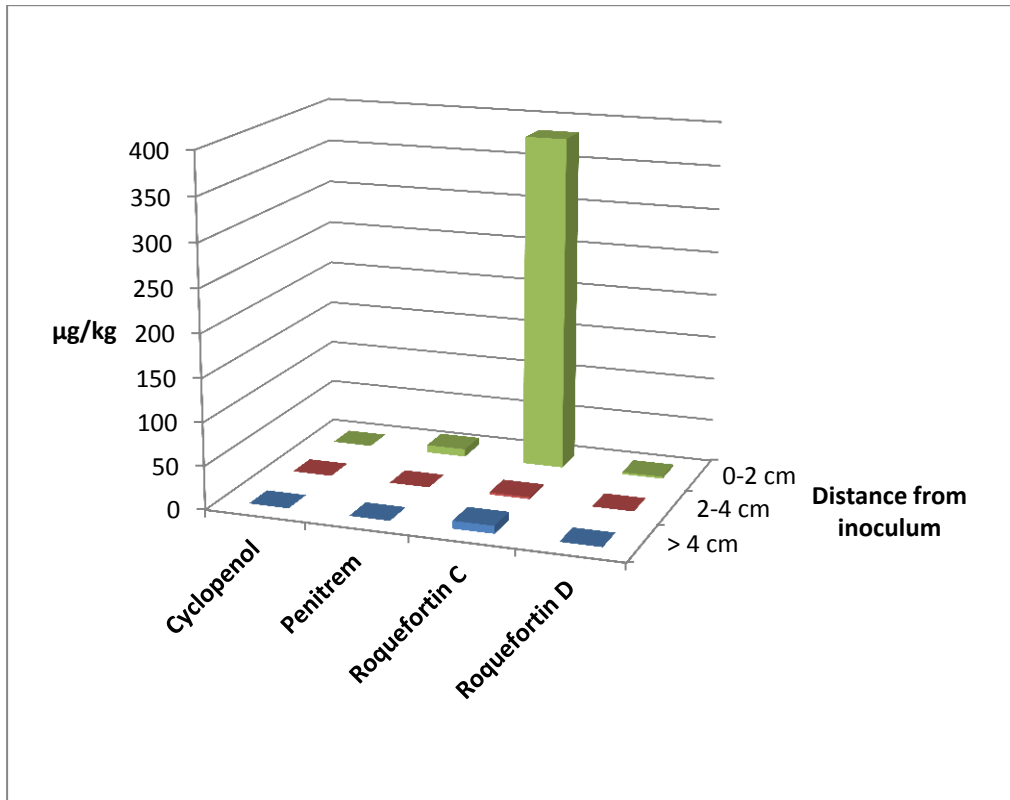
P. roqueforti – crème fraîche 34 % fett



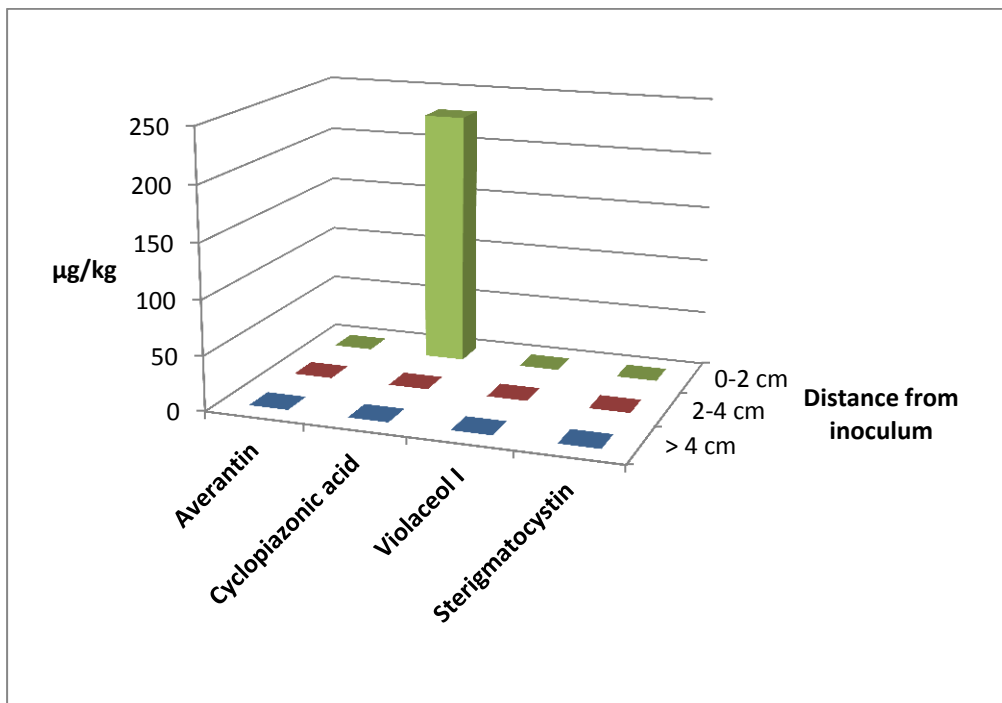
P. roqueforti – crème fraîche 15 % fett



P. crustosum– crème fraîche 34 % fett



A. versicolor- crème fraîche 15 % fett



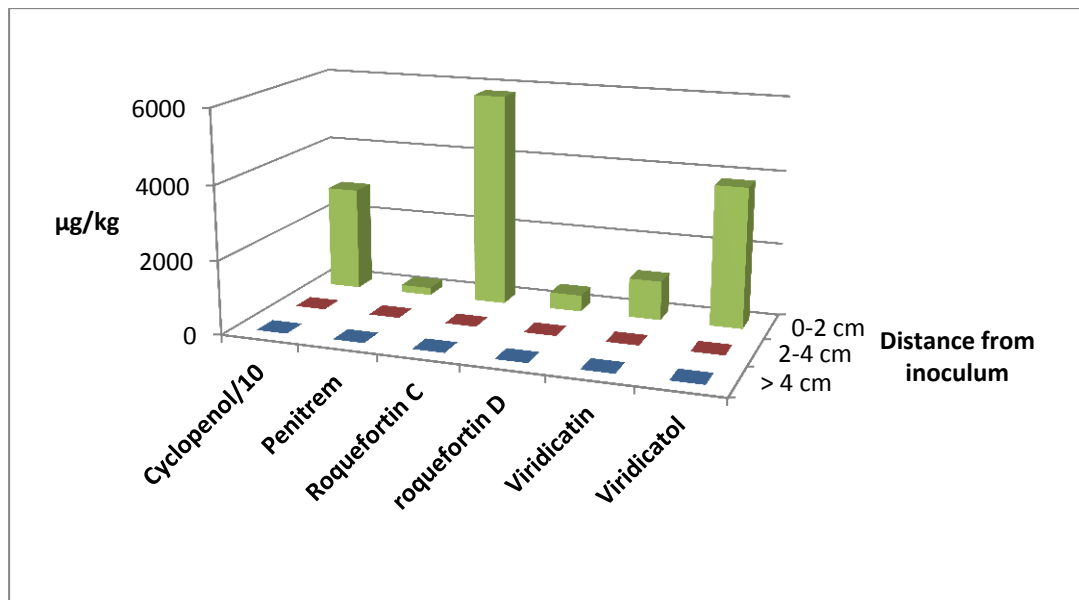
Bilaga 3.

Resultat från pilotstudie avseende mögelväxt och mykotoxinbildning i tomatpuré.

Alla försök visar medelvärde av dubbelprov. Standardavvikelserna var låga men har inte kunnat läggas in i dessa tredimensionella bilder. Redovisade värden av olika mykotoxiner/sekundära metaboliter, med mer eller mindre känd toxicitet, har gjorts utifrån resultat eller att ämnet är en typisk metabolit från den arten/stammen som använts.



P. crustosum ympad på tomatpuré



*cyclophenol värde har dividerats med 10



Livsmedelsverket

Uppsala Hamnesplanaden 5, SE-751 26

www.livsmedelsverket.se