

Vinnsla og vörubrúun  
Processing and Product  
Development

Líftækni  
Biotechnology



Matvælaöryggi  
Food Safety



# Sveppaeitur og MYCONET- verkefnið

Ólafur Reykdal

Matvælaöryggi

Skýrsla Matís 41-08  
Desember 2008

ISSN 1670-7192

Titill / Title		Sveppaeitur og MYCONET- verkefnið Mycotoxins and the MYCONET-project	
Höfundar / Authors		Ólafur Reykdal	
Skýrsla / Report no.	41-08	Útgáfudagur / Date:	Desember 2008
Verknr. / project no.	3425-1770		
Styrktaraðilar / funding: SafeFoodEra			
Ágrip á íslensku:		<p>Sveppaeitur (mýkótoxín) eru fjölmörg efni sem geta myndast í sumum tegundum myglusveppa. Sveppaeitur geta haft margvísleg skaðleg áhrif á menn og dýr. Teknar voru saman allar fáanlegar upplýsingar um sveppaeitur í matvælum á íslenskum markaði. Rannsóknir skortir á myndun sveppaeiturs í íslensku umhverfi en líklegt er að sum efnin myndist ekki á akri hér á landi vegna lágs umhverfishita.</p> <p>MYCONET verkefnið var evrópskt netverkefni um sveppaeitur í hveiti til matvæla- og fóðurframleiðslu. Unnið var að þróun kerfis til að leggja mat á nýframkomna hættu af völdum sveppaeiturs, einkum þeirra efna sem myndast í <i>Fusarium</i> sveppum. Sérstök könnun var gerð á þörfum eftirlitsaðila, fyrirtækja og bænda fyrir upplýsingar um sveppaeitur. Vísbendingar um áhættu af völdum sveppaeiturs voru kannaðar og þeim raðað eftir mikilvægi. Við þetta var beitt svokallaðri Delphi-aðferð. Ítarlegra upplýsinga var síðan aflað um mikilvægustu vísbendingarnar. Smíðað var módel til að spá fyrir um tilvist sveppaeiturs út frá vísbendingum um nýframkomna áhættu.</p>	
Lykilorð á íslensku:		Sveppaeitur – Matvælaöryggi - MYCONET verkefnið	
Summary in English:		<p>Mycotoxins are a varied group of contaminants that can be formed in moulds. They can be harmful for humans and animals. Information about mycotoxins in foods on the Icelandic market was collected. Research on mycotoxins in Iceland have been limited but it is likely that some of the mycotoxins do not form in open fields because of low temperature.</p> <p>The MYCONET-project was an European network of information sources for identification of emerging mycotoxins in wheat based supply chains. Main emphasis was on mycotoxins produced by <i>Fusarium</i> spp. The needs of stakeholders and other end users (risk managers) were investigated. The most important indicators for emerging mycotoxins were identified together with evaluation of their relative importance by the Delphi method. Information sources on these key-indicators were evaluated. Finally an information model was developed to predict emerging mycotoxin risk from indicators and information sources.</p>	
English keywords:		Mycotoxins – Food safety - MYCONET-project	

## EFNISYFIRLIT

<b>1. INNGANGUR.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Sveppaeitur.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Sveppaeitur í matvælum og fóðri á Íslandi.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 MYCONET verkefnið .....</b>	<b>10</b>
<b>2. FRAMKVÆMD .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Heildræn nálgun.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Delphi aðferðin.....</b>	<b>12</b>
<b>3. NIÐURSTÖÐUR.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Vísbendingar um áhættu af völdum sveppaeiturs.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Grunn gögn um sveppaeitur .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Módel til að spá fyrir um sveppaeitur.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Þörf hagsmunaaðila fyrir upplýsingar.....</b>	<b>15</b>
<b>4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR.....</b>	<b>16</b>
<b>5. ÞAKKARORÐ.....</b>	<b>18</b>
<b>6. HEIMILDIR .....</b>	<b>19</b>

# 1. INNGANGUR

## 1.1 Sveppaeitur

Sveppaeitur (sveppaeiturefni / myglueitur / mýkótoxín) eru fjölmörg efni sem geta myndast í sumum tegundum myglusveppa. Í Evrópu eru það einkum sveppir af ættkvíslunum *Aspergillus*, *Penicillium* og *Fusarium* sem mynda sveppaeitur. Nefna má sveppaeiturefnin aflatoxín, okratoxín, zearalenone og fumonisín. Aflatoxínum má skipta í aflatoxín B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> og G<sub>2</sub>. Aflatoxín M<sub>1</sub> myndast úr aflatoxíni B<sub>1</sub> í líkama dýra. Áhrif sveppaeiturs á menn og dýr geta verið margvísleg og í sumum tilfellum eru áhrifin lítið þekkt. Áhrifin fara eftir efninu sem um ræðir, magninu og hversu oft efnið berst í viðkomandi einstakling. Meðal þekktra áhrifa sveppaeiturs eru skemmdir á nýrum og taugakerfi, skaði á ónæmiskerfi og krabbamein. Þótt sveppaeitur myndist í náttúrunni er í þessum flokki efna að finna öflugustu krabbameinsvalda sem eru þekktir. Í búfjárrækt getur sveppaeitur leitt til þess að búfé þrífist verr en ella. Listi yfir helstu flokka sveppaeiturs er í töflu 1. Sérstaklega má nefna aflatoxín, okratoxín A og sveppaeitur sem *Fusarium* sveppir mynda (fumonisín, trichothecene og zearalenone).

Á nyrðra tempraða svæði jarðar eru *Fusarium* sveppir líklega algengustu sveppirnir sem mynda sveppaeitur (Creppy 2002). Þessir sveppir eru oft á korni og jarðvegi sem það er ræktað í en aðeins ef vatnsvirkni ( $a_w$ ) er há. *F. graminearum* er algengasti sveppurinn á kornökum. Helstu sveppaeitur sem myndast í *Fusarium* sveppum eru fumonisín, deoxynivalenol (DON), T-2 toxín og zearalenone (ZEA). DON mælist einkum í hveiti, byggi og maís.

Óhjákvæmilegt er að sveppaeitur í einhverjum mæli finnist í korni í öllum heimshlutum, ekki aðeins hitabeltinu og heittempruðu beltunum. Magn sveppaeiturefna ræðst af loftslagi á hverjum ræktunarstað en einnig af ræktunaraðferðum og aðgerðum til að draga úr magni efnanna við uppskeru og geymslu.

Dreifing sveppaeiturs í korni er að öllu jöfnu mjög ójöfn og því er sýnataka mjög vandasöm, t.d. úr heilum skipsförnum. Sveppaeitur er venjulega mest á ystu lögum hveitikornsins sem

fara mest til fóðurframleiðslu. Það er því meira um sveppaeitur í skepnufóðri en því hveiti sem fer til manneldis.

Um 20% matvæla geta verið menguð með sveppaeitri en mengunin ræðst mikið af veðurfari við ræktun og síðan geymsluskilyrðum. Einkum er um að ræða plöntuafurðir. (Institute for Reference Materials and Measurements 2005).

Ný vandamál hafa komið til sögunnar:

- Áður óþekkt sveppaeitur greinast og þekking á þessum efnum er takmörkuð.
- Hlýnun jarðar getur leitt til breytinga á samsetningu sveppaflóru og þar með geta önnur sveppaeiturefni komið til sögunnar.
- Framleiðsla á lífheldsneyti (biofuel) getur leitt til þess að korn til fóður- og matvælaframleiðslu komi frá nýjum framleiðendum með ófullnægjandi stjórn á sveppum.

Það er því mikilvægt að fóður- og matvælaframleiðendur búi sig undir að þessar breytingar gætu orðið. Miklu máli skiptir að þekkja hættur og vita hvernig hægt er að bregðast við. Auka þarf upplýsingaflæði milli eftirlitsaðila og iðnaðar og einnig milli landa (Van der Fels-Klerx & Booij 2008).

Þekkt sveppaeitur geta skotið upp kollinum á nýjum svæðum eða svæðum sem hafa verið laus við viðkomandi eitur í langan tíma. Sveppafaraldrar koma upp, sérstaklega í þróunarlönd-unum en einnig í Evrópu.

### **Upplýsingaveitur um sveppaeitur**

RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) er evrópskt viðvörðunarkerfi hjá evrópsku matvælaöryggisstofnuninni. Þeir sem eiga aðild að kerfinu eru skuldbundnir til að gera öðrum þátttakendum viðvart um aðgerðir vegna matvælaöryggis, svo sem þegar matvæli eru tekin af markaði. Hægt er að skoða upplýsingar á vefsíðu RASFF:

([http://europa.eu.int/comm/food/food/rapidalert/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/food/food/rapidalert/index_en.htm)).

ENGORMIX er vefur með fréttum um sveppaeitur í korni og nautgripafóðri víðs vegar að úr heiminum (<http://www.engormix.com>).

EMAN (The European Mycotoxin Awareness Network) veitir vísindalegar upplýsingar um sveppaeitur fyrir iðnað, neytendur, opinbera aðila og vísindamenn:  
(<http://www.mycotoxins.org/>)

Einnig er hægt að fá upplýsingar frá eftirtöldum aðilum:

- European Grain Monitoring: <http://download.dlg.org/pdf/wita2008/Persin.pdf>
- Birgjar: Stundum þarf að borga birgjum fyrir upplýsingar um sveppaeitur en slík gjaldtaka dregur úr því að leitað sé eftir upplýsingum.

### **Myndun sveppaeiturs**

Til að myglusveppir þrífist þarf hæfilegt hitastig, næringarefni, súrefni og nægan raka. Ef einn þessara þátta er ekki fyrir hendi nær myglan sér ekki á strik og sveppaeitur myndast ekki. Nærtækt er að beina athyglinni að hitastiginu enda gefur hitastig í fóðurgeymslu mikilvægar upplýsingar um það hvort sveppaeitur geti orðið vandamál. Myndun aflatoxína er að mestu bundin við hitastigsbilið 25-30°C. Fóðurverkun sem byggir á því að útiloka súrefni er einnig leið til að hindra myndun aflatoxína. Votheysverkun byggir einmitt á þessu en mistök geta leitt til þess að mygla komi upp.

Sveppaeitrið okratoxín A getur myndast við lægra hitastig en aflatoxín og eru því nokkrar líkur á því að þetta efni myndist hér á landi, sérstaklega þegar sumur eru votviðrasöm. Efnið myndast aðeins ef hitastig er undir 30°C en vatnsvirknin þarf að vera yfir 0,80 (Creppy 2002). Okratoxín A brotnar niður í jórturdýrum og verður skaðlaust. Því þarf ekki að óttast það í mjólk.

Til að fumonisín B<sub>1</sub> myndist þarf hitastigið að vera 20-30°C og vatnsvirknin 0,98 (Soriano & Dragacci 2004). Talið er ólíklegt að *Fusarium* sveppir þrífist hér á landi á ökrum (Halldór Sverrisson 2007).

Sú tilgáta hefur verið sett fram að aflatoxín myndist ekki í *Aspergillus* sveppum hér á landi vegna hins lága umhverfishita, en komi einungis fyrir í innfluttum matvælum (Þorkell Jóhannesson 1991). Hins vegar hefur því verið haldið fram að þegar fóður er flutt úr köldu umhverfi í heitar og rakar geymslur geti myndun sveppaeiturs orðið vandamál, jafnvel á norðlægum slóðum (Nelson 1993). Ef aflatoxín myndast ekki í innlendu fóðri eða myndun þeirra er mjög takmörkuð, mun þetta atriði vera mjög mikilvægt fyrir íslenskan landbúnað og gefa honum vissa sérstöðu. Eftir sem áður geta sveppaeitur borist í fæðu Íslendinga með innfluttum matvælum og úr fóðri.

**Tafla 1. Helstu flokkar sveppaeiturs.**

Aflatoxin	Aflatoxín myndast einkum í sveppum í heitum löndum.
B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> aflatoxín veldur krabbameini í dýrum.
G <sub>1</sub>	
M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> er það form aflatoxína sem getur verið í mjólk.
Oktratoxín A	Oktratoxín A getur myndast í sveppum á norðlægum slóðum. Eiturhrif eru fólgin í nýrnaskemmdum og krabbameini. Daglegt hámarksneyslugildi er 5 ng/kg líkamsþyngdar. Finnst í korni, belgjurtum o.fl.
Fumonisin	Myndast í <i>Fusarium</i> sveppum.
B <sub>1</sub>	
B <sub>2</sub>	
Trichothecene	Myndast í ýmsum myglusveppum, einkum <i>Fusarium</i> .
Nivalenol	Nivalenol og DON eru algengust og eru fyrst og fremst í korni.
Deoxynivalenol (DON, vomitoxin)	DON er algengasta sveppaeitrið í norsku korni.
T-2 toxin	Efni í þessum flokki geta myndast við lægra hitastig en aflatoxín.
HT-2 toxin	
Zearalenone (ZEA)	Myndast í <i>Fusarium</i> sveppum.
Zearalenol	Algengt í korni en ekki mjög eitrað.

Sterigmatocystin	Myndast í <i>Aspergillus</i> sveppum. Greinist stundum í mygluðu brauði og ostum. Veldur krabbameini í dýrum.
Patulin	Myndast í ýmsum myglusveppum á ávöxtum.
Penicillic acid	
Citrinin	
Alternariol methyl ether	
Mycophenolic acid	
Penitrem A	
PR toxin	
Ergot	Myndast í <i>Claviceps</i> sveppum.

### Hætta af völdum sveppaeiturs

Faraldrar af völdum sveppa sem mynda sveppaeitur eiga sér oft stað, einkum í þróunarlöndunum, en Evrópa er alls ekki undanskilin. Hveiti getur til dæmis verið mengað með sveppaeitri sem myndast í ýmsum tegundum sveppa, einkum *Fusarium* tegundum. Hætta af völdum nokkurra efna í flokki sveppaeiturs er vel þekkt en enn finnast ný efni í þessum flokki vegna bættrar mælitækni. Einkum hafa fundist áður óþekkt efni sem myndast í *Fusarium* sveppum. Enn er takmörkuð þekking á hættunni af völdum þessara nýju efna. Sérstök ástæða er til að rannsaka hvort breyttar aðstæður svo sem aukin millilandsverslun og loftslagsbreytingar skapi aukna hættu af sveppaeitri. Samkvæmt könnunum í nokkrum löndum, hafa orðið breytingar á samsetningu sveppaflórunnar en það gæti aukið hættu á myndun sveppaeiturs. Í Svíþjóð hefur *Fusarium graminearum* greinst í vaxandi mæli en þessi sveppur getur myndað sveppaeitur (Upplýsingar frá RIKILT stofnuninni í Hollandi).



Sú hættu, sem stafar af aflatoxínmengun matvæla hér á landi, er fyrst og fremst bundin við krabbameinsmyndun vegna langvarandi neyslu mengaðra matvæla. Með reglubundnu eftirliti með matvælum og góðu samstarfi við heilbrigðisyfirvöld erlendis á að vera unnt að draga mjög úr þessari hættu (Guðmundur Halldórsson 1990).

### **Hámarksgildi**

Matvælaöryggi (e. food safety) er almenningi ofarlega í huga og það skiptir miklu máli í viðskiptum með matvæli og fóður. Það er því fylgst gaumgæfilega með aðskotaefnum eins og sveppaeitri innan Evrópusambandsins og sett eru hámarksgildi fyrir matvæli og fóður (European Commission 2003; European Commission 2006).

Íslenskar reglugerðir um gildistöku tiltekinna gerða Evrópusambandsins varðandi sveppaeitur eru: reglugerð nr. 790/2008 um *Fusarium* sveppaeitur (EB/856/2005), reglugerð nr. 697/2008 um okratoxín A (EB/123/2005), reglugerð nr. 237/2007 um aflatoxín og okratoxín A (EB/683/2004), reglugerð nr. 439/2005 um aflatoxín (EB/2174/2003), og reglugerð nr. 502/2003 um aflatoxín og okratoxín A (EB/472/2002).

Nauðsynlegt er að stöðugt sé fylgst með sveppaeitri í matvælum og fóðri.

### **Viðvörðunarkerfi**

Innan Evrópusambandsins eru notuð viðvörðunarkerfi til að spá tímanlega fyrir um hættu vegna skerts matvælaöryggis af völdum þekktra aðskotaefna. Það er þörf á að spá fyrir um hættu vegna fleiri efna sem gætu litið dagsins ljós. Þetta á sérstaklega við um sveppaeitur sem eru fjölmörg og með bættri mælitækni hafa ný efni í þessum flokki fundist.

Til eru módel sem spá fyrir um myndun þekktra sveppaeiturefna. Módelin byggja á sambandi sveppaeiturs og veður- og ræktunarþátta (Van der Fels-Klerx, Kandhai & Booij 2008). Þessi módel hafa einkum verið notuð af bændum.

## 1.2 Sveppaeitur í matvælum og fóðri á Íslandi

### Eftirlit

Matvælastofnun (áður Umhverfisstofnun / Hollustuvernd ríkisins) hefur umsjón með ýmsum eftirlitsverkefnum um öryggi matvæla. Mælingar hafa verið gerðar á sveppaeitri í hnetum á íslenskum markaði árlega og hefur sveppaeitur ekki verið mælanlegt síðustu árin. Niðurstöður eru tilkynntar Matvælaöryggisstofnun Evrópu (ESA) og er hægt að sjá niðurstöðurnar í skýrslum frá stofnuninni. Í gildi eru innflutningstakmarkanir fyrir hnetur og byggja þær á mælingum á sveppaeitri hjá evrópskum stofnunum. Hollustuvernd ríkisins lét öðru hverju gera mælingar á aflatoxínum auk þess sem fylgst var með upplýsingum frá nágretta-löndunum (Guðmundur Halldórsson 1990). Haustið 2007 var unnið eftirlitsverkefni um aflatoxín, heildarfjölda myglusveppa og *Salmonella* í 70 sýnum af fræjum, músli, bökunarvörum og mjöli (Umhverfisstofnun og Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga 2008). Ekkert sýnanna greindist með aflatoxín yfir leyfilegum mörkum. Í einu sýni af 47 var fjöldi myglusveppa yfir leyfilegum mörkum.

Matvælastofnun fær daglega fjölda viðvarana um aðskotaefni í matvælum gegnum svokallað RASFF kerfi. Stór hluti þessara viðvarana varðar sveppaeitur í matvælum. Þegar ástæða þykir til er innflutningur bannaður nema innflytjendur geti framvísað vottorðum með niðurstöðum mælinga (Matvælastofnun 2008).

Matvælastofnun og forverar hennar, Landbúnaðarstofnun og embætti yfirdýralæknis hafa haft skipulegt og reglubundið eftirlit með aðskotaefnum og lyfjaleifum í sláturafurðum og mjólk hér á landi síðan 1989. Sýnatökuáætlanir fyrir aðskotaefnamælingar í sláturafurðum eru nú gerðar árlega samkvæmt reglum Evrópusambandsins (tilskipun 96/23). Á hverju ári hafa verið tekin 20 sýni af mjólk til mælinga á aflatoxíni  $M_1$  og hefur þetta efni aldrei verið mælanlegt.

Matvælastofnun (áður Landbúnaðarstofnun / Aðfangaeftirlitið) lætur gera mælingar á sveppaeitri í fóðri og hráefni til fóðurgerðar. Mælingar eru gerðar árlega á 5 tegundum sveppaeiturs: Aflatoxíni  $B_1$ , okratoxíni A, fumonisíni, zearalenon (ZEA) og deoxynivalenol

(DON). Mælingar hafa farið fram frá árinu 2003 og eru nú til niðurstöður fyrir 65 sýni samtals. Efnin hafa greinst í nokkrum sýnum. ZEA hefur í örfáum tilfellum farið yfir mörk ESB (tilmæli frá 17.08.2006).

Vorið 2007 drápust 10 kindur í Borgarfirði og var talið líklegt að um aflatoxíneitrun hefði verið að ræða (Fréttablaðið 2007). Raki hafði komist í þurrkað korn sem notað var sem fóður. Meðal fóðurs var þurrkað íslenskt bygg sem hafði blotnað, það var farið að spíra og lítilsháttar mygla var sjáanleg. Við krufningu komu í ljós skemmdir á lifur (Sigurður Sigurðarson 2007).

### **Rannsóknir**

Hjá Rannsóknastofu í lyfjafræði hafa verið gerðar mælingar á okratoxíni A í kornvörum, kryddi og hnetum (Þorkell Jóhannesson 1997). Okratoxín A fannst í 11 af 35 sýnum af matvöru. Aðeins eitt af sýnunum, byggmjöl (trefjamjöl), var væntanlega íslenskt og greindist okratoxín A ekki í því. Mælingar á blóði 30 Íslendinga leiddu svo í ljós að okratoxín A var mælanlegt hjá þeim öllum (Þorkell Jóhannesson o.fl. 2000). Þetta var talin vísbending um það að okratoxín A væri útbreitt í íslensku lífríki eða innfluttri fæðu. Það er því full ástæða til að fylgjast með sveppaeitri í matvælum og fóðri.

Í rannsóknnum á gæðum heys í rúlluböggum hefur fjöldi myglusveppa verið athugaður (Bjarni Guðmundsson 1993). Fæðudeild RALA lét gera mælingar á aflatoxínum og okratoxíni A í þremur sýnum af fóðri og fjórum sýnum af mjólk árið 1994 (Ólafur Reykdal 1995). Sveppaeitur var ekki mælanlegt í þessum sýnum og er það mjög jákvætt þar sem við sýnatökuna var sérstaklega leitað að mygluðu fóðri fyrir mjólkurkýr til þess að auka líkurnar á því að sveppaeitur myndist ef það væri á annað borð til staðar. Leitað var að aflatoxínum B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> og G<sub>2</sub> og okratoxíni A í fóðrinu og aflatoxíni M<sub>1</sub> í mjólkinni. Greiningarmörkin fyrir aflatoxín M<sub>1</sub> í mjólk voru 0,005 µg/kg. Til samanburðar má geta þess að hámarksgildi í reglugerð er 0,05 µg/kg. Árið 1996 voru gerðar mælingar á aflatoxínum í íslenskum mygluostum og gráðosti og reyndust aflatoxín ekki vera mælanleg (Ólafur Reykdal 1998).

Árið 2007 voru gerðar mælingar á okratoxíni A í 9 sýnum af íslensku byggi og fumonisíni B<sub>1</sub> og fumonisíni B<sub>2</sub> í þremur sýnum. Þessi efni voru ekki mælanleg í sýnunum (Ólafur Reykdal

o.fl. 2008). Sýnin voru heilt malað bygg frá byggframleiðendum í þremur landshlutum (Suðurlandi, Vesturlandi og Austurlandi).

Til er skrá um sveppi sem hafa verið greindir á Íslandi (Helgi Hallgrímsson og Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir 2004) en lítið er til af gögnum um útbreiðslu *Fusarium* sveppa eða sveppaeiturefna sem þeir mynda. Lítið er vitað um myglusveppi í kornöxum á Íslandi (Halldór Sverrisson 2007).

### **Innflutt korn**

Fóðurblandan og Lífland flytja inn umtalsvert magn af korni til fóðurgerðar og Kornax flytur inn því sem næst allt korn sem íslenskur bökunariðnaður notar. Kornid er flutt inn laust í lestum skipa eða í gámum. Vottorð um hreinsun á lest fylgir hverri sendingu. Stundum er hægt að fá niðurstöðu úr aflatoxínmælingu fyrir sendinguna. Hugsanlegt er að korn mengist í flutningum, t.d. í lest flutningaskips, eða raki komist í kornið og það leiði til þess að myglusveppir nái sér á strik og geti hugsanlega myndað sveppaeitur. Mest er hættan þegar skip lenda í vondum veðrum, þá gætu hlerar undist og raki komist inn. Matvælastofnun hefur eftirlit með innflutningi fóðurs og skoðar slembiúrtak af kornförmum.

### 1.3 MYCONET verkefnið

MYCONET verkefnið var evrópskt netverkefni um sveppaeitur í hveiti til matvæla- og fóðurframleiðslu. Enskt heiti verkefnisins er: „An European network of information sources for identification of emerging mycotoxins in wheat based supply chains“. Verkefninu var ætlað að koma á laggirnar framtíðarsamstarfi um mikilvæg gögn til að meta nýframkomna áhættu (e. emerging risk) af sveppaeitri. Unnið var með upplýsingar um sveppaeitur sem tegundir af ættkvíslinni *Fusarium* mynda í tengslum við hveiti til matvæla- og fóðurframleiðslu. Hveiti getur mengast af sveppaeitri sem ýmsir sveppir mynda, einkum *Fusarium* sveppir.

MYCONET verkefnið var unnið á árunum 2007 til 2008. Það var undir SAFEFOODERA áætluninni og 6. rammaáætlun Evrópusambandsins (ERA-NET). Norræna nýsköpunarmiðstöðin (NICE) hafði umsjón með framgangi verkefnisins. Verkefninu var stýrt frá RIKILT í Hollandi en aðrir þátttakendur voru Plant Research International í Hollandi, Lantmännen í Svíþjóð, DNV Research & Innovation í Noregi, Dialogik GGMBH í Þýskalandi, Laboratorio Nacional Investigacao Veterinaria í Portúgal og Matís. Til að efla þekkingu á sveppaeitri innanlands miðlaði Matís upplýsingum úr verkefninu.

Verkefnið beindist að eftirfarandi fjórum þáttum:

1. Ákvörðun á mikilvægustu vísbendingum (e. indicators) um nýframkomna áhættu (e. emerging risk) af sveppaeitri samkvæmt áliti sérfræðinga.
2. Leit að fánlegum gögnum um tilvist *Fusarium* sveppa og myndun sveppaeiturs. Þættir sem skipta máli fyrir myndun sveppaeiturs voru skilgreindir.
3. Smíði á módeli til að spá fyrir um tilvist sveppaeiturs út frá vísbendingum um nýframkomna áhættu (sjá lið 1).
4. Mat á þörfum fyrir upplýsingar um nýframkomna áhættu af sveppaeitri. Tekið er mið af ólíkum þörfum hinna ýmsu hagsmunaaðila.

Verkefninu var ætlað að auðvelda áhættumat (e. risk assessment) og áhættustjórnun (e. risk management) með því að hjálpa greinendum við að koma auga á áhættu fyrr en annars hefði verið og auka gæði áhættugreiningarinnar (e. risk analysis).

## 2. FRAMKVÆMD

### 2.1 Heildræn nálgun

Í MYCONET verkefninu var leitað leiða til að meta nýframkomna áhættu (e. emerging risk) vegna sveppaeiturs í hveiti. Nýframkomin áhætta á hér við hættu (e. hazard) sem tengist matvælum eða fódri og getur í framtíðinni skaðað heilsu fólks. Nýframkomin áhætta getur m.a. verið vegna sveppaeiturs sem hefur ekki áður verið til vandræða í viðkomandi fæðutegund eða það kemur fram eftir hlé. Áhættan getur einnig verið vegna sveppaeiturs sem greinist vegna bættrar mælitækni og hefur ekki áður verið þekkt.

Mikilvægt er að gera greinarmun á áhættu (e. risk) og hættu (e. hazard). Áhætta er mælikvarði á líkurnar á því að fólk verði fyrir heilsutjóni vegna hættu sem er fyrir hendi. Hætta er þáttur eða ástand sem getur skaðað heilsu fólks. Áhætta fer eftir hættu og hve mikið fólk er útsett (e. exposure) fyrir hættunni.

Mikilvægt var að geta sagt til um mögulega áhættu áður en sveppaeitur veldur skaða. Í verkefninu var beitt heildrænni nálgun (e. holistic approach) þar sem beita þarf þekkingu frá ýmsum sviðum atvinnulífs og vísinda. Fæðukeðjan er kjarni þessara athugana, líta þarf á framleiðslu, flutninga, geymslu, innflutning og útflutning. Líta þarf á upplýsingar frá landbúnaði, stjórnvöldum, matvælaíðnaði, heilsugeira og vísindastarfsemi.

Finna þarf þær vísbendingar (e. indicators) sem best gagnast til að segja fyrir um nýframkomna hættu. Með vísbendingu er átt við merki sem bendir mögulega til nýframkominnar hættu. Skrá þarf sem best á hvaða heimildum vísbendingarnar eru byggðar. Sem dæmi um vísbendingu má nefna úrkomu þegar hveitikornin hafa þroskast á akrinum.

## 2.2 Delphi aðferðin

Til að finna þær vísbendingar sem skipta mestu máli fyrir myndun sveppaeiturs var notuð svokölluð Delphi aðferð. Aðferðin byggist á því að nýta þekkingu sérfræðinga og meta hana með skipulögðum hætti. Bæði getur verið um að ræða samtal og spurningalista sem sérfræðingar fá næði til að svara. Með Delphi aðferðinni er verið að taka saman þekkingu en ekki gögn. Aðferðin hefur þá kosti að þekkingu einstaklinga er steipt saman og fyrir vikið er uppgjorið nafnlaust.

Í MYCONET verkefninu voru spurningalistar sendir til sérfræðinga í tölvupósti. Byrjað var á að velja sérfræðinga í Evrópu og senda þeim upplýsingar um verkefnið og beiðni um þátttöku. Við val á sérfræðingum var gengið út frá því að þeir væru vísindamenn og/eða ráðgjafar á sviði sveppaeiturs. Sérfræðingarnir fengu spurningalista í tölvupósti og áttu þeir að velja mikilvægustu áhrifaþættina úr allöngum lista og raða þeim síðan eftir mikilvægi. Einnig átti að bæta við heimild sem valið byggðist á. Sérfræðingar gátu einnig bætt vísbendingum á listann. Listinn yfir áhrifaþætti var útbúinn með því að rýna vísindagreinar. Uppgjör fór fram hjá RIKILT og var vísbendingunum raðað upp eftir meðaltali úr mati sérfræðinganna. Sérfræðingarnir fengu síðan listann aftur og gátu endurmetið fyrri niðurstöður. Eftir endurtekið uppgjör var listinn sendur út í þriðja og síðasta skipti. Samtals tóku 32 sérfræðingar frá 14 Evrópulöndum þátt í könnuninni en hún var unnin á tímabilinu nóvember 2007 til febrúar 2008. Nánari upplýsingar um þessa vinnu má finna í lokaskýrslu verkefnisins (Van der Fels-Klerx & Booij 2008).

### 3. NIÐURSTÖÐUR

#### 3.1 Vísbendingar um áhættu af völdum sveppaeiturs

Í þessum verkhluta (e. expert study) lögðu sérfræðingar mat á hvaða vísbendingar (e. indicator) skiptu mestu máli fyrir mat á þeim sveppaeiturefnum sem fundist gætu í hveiti til fóðurgerðar og matvælaframleiðslu (Kandhai o.fl. 2008). Vísbendingunum er raðað eftir mikilvægi í töflu 2. Fyrst og fremst var hugað að sveppaeiturefnum sem *Fusarium* tegundir framleiða. Delphi aðferðin var notuð við leit að vísbendingum.

**Tafla 2. Mikilvægustu vísbendingar um áhættu af völdum sveppaeiturs í hveiti til fóðurgerðar og matvælaframleiðslu. Mikilvægasta vísbendingin fær númerið 1.**

Ræktun hveitis	Flutningar og geymsla hveitis	Vinnsla hveitis
1. Rakastig /úrkoma	1. Vatnsvirkni í korni	1. Gæði korns (litur, kornastærð, prótein)
2. Sáðskipti	2. Rakastig í afurðinni	2. Hluti (hýði, sterkja o.fl.) notaður
3. Hitastig	3. Loftræsting	3. Vatnsvirkni
4. Aðferðir við plægingu (Tillage practice)	4. Hitastig	4. Framkvæmd rekjanleika- og gæðakerfa
5. Vatnsvirkni í hveitifræinu (Kernel)	5. Geymslurými og stjórnun birgðahalds	5. Mengunarsmit
6. Yrki	6. Gæði korns (stærð, litur)	6. Skilningur á matvælaöryggi
7. Aðstæður við uppskeru	7. Sveppaeitursmit berst frá einum hveitifarmi í annan	7. Blöndun farma
8. Breytt samsetning sveppaflóru	8. Framkvæmd rekjanleika- og gæðakerfa	8. Nýjar / endurbættar mæliaðferðir
9. Notkun sveppa- og skordýraeyða	9. Blöndun farma	9. Löggjöf
10. Heilbrigði plantna (streituþættir)	10. Skilningur á matvælaöryggi	10. Fjöldi afurða sem fer um landamæri án skoðunar
11. Svæðisbundið smit	11. Tæknistig	11. Tæknistig
12. Skilningur á matvælaöryggi	12. Löggjöf	12. Loftræsting
	13. Breytingar á alþjóðaviðskiptum	13. Fjölgun sjúkdóma í dýrum án ótvíræðra greininga



Delphi aðferðin reyndist vel til að finna þá þætti sem skipta mestu máli fyrir myndun sveppaeiturs. Greiningar voru gerðar fyrir þrjú stig: Ræktun, flutninga / geymslu og vinnslu hveitis. Álitid var að ræktunarstigið skipti mestu máli þar sem mest af sveppaeitri í hveiti myndaðist á því stigi. Valdar vísbendingar voru í samræmi við vitneskju um þekkt sveppaeiturefni. Nokkrar nýjar vísbendingar komu þó fram.

Niðurstöður verkefnisins er hægt að nota við eftirlit og í iðnaði þegar bregðast þarf við nýframkomnum hættum vegna sveppaeiturs.

### **3.2 Grunnöggn um sveppaeitur**

Þegar byggja á upp kerfi til að meta nýframkomna áhættu (e. emerging risk identification system) er meginvandinn að finna viðeigandi gögn og tengja þau saman. Með nýframkominni áhættu er átt við áhættu sem tengist fóðri eða fæðu og getur í framtíðinni leitt til lakari heilsu fólks og dýra. Ákvörðun á nýframkominni áhættu getur verið mikilvægt tæki til að átta sig tímanlega á aðstæðum. Val á vísbendingum er fyrsta skrefið og er niðurstöðunum lýst í kaflanum hér að framan. Í MYCONET verkefninu var leitað að gögnum fyrir framangreindar vísbendingar til að nota í módeli sem þróa átti í verkefninu. Upplýsingarnar áttu helst að vera á rafrænu formi.

Upplýsingarnar gátu komið frá bændum, samtökum bænda, iðnaði, stjórnvöldum, rannsóknastofnunum og úr vísindagreinum. Gæði upplýsinganna voru mjög mismunandi, allt frá mjög þróuðum upplýsingakerfum, eins og fyrir veðurþætti, til upplýsinga sem byggðu á bestu ágiskun.

Gert var yfirlit um heimildir að baki þeim vísbendingum sem valdar voru í fyrsta hluta verkefnisins. Heimildir um aðstæður við ræktun hveitis eru oft aðeins hjá bændum en sumir þeirra skrá margvíslegar upplýsingar fyrir hvern akur, svo sem yrki, jarðvegsgerð, áburðarnotkun og varnarefni. Stundum eru þessar upplýsingar tiltækar hjá söluaðila. Aðgengi að gögnum og skortur á gögnum voru meginvandamálin. Upplýsingar um sveppaflóru eru oft

óaðgengilegar og sama má segja um afleiðingar sveppasjúkdóma. Mikilvægt er að hvatning sé fyrir hendi til að þeir sem eiga efnahagslegra hagsmuna að gæta láti í té upplýsingar.

### 3.3 Módel til að spá fyrir um sveppaeitur

Þróað var módel sem notar valdar vísbendingar til að spá fyrir um tilvist sveppaeiturs. Mjög mismunandi var hversu ítarlegar, aðgengilegar eða áreiðanlegar upplýsingar voru sem vísbendingarnar byggðust á. Taka þurfti tillit til þessa við módelsmíðina. Mörg sveppaeiturefni geta komið upp í matvælum en módelið þurfti að byggja á þeim sveppaeiturefnum sem eru best þekkt. Mat á tilvist sveppaeiturs er því háð mikilli óvissu og verkfæri til að meta þessa óvissu byggja mikið á ágiskun. Í skýrslu verkefnisins (Van der Fels-Klerx & Booiij 2008) og vísindagrein um sama efni (Van der Fels-Klerx, Kandhai & Booiij 2008) er að finna upplýsingar um módelið.

### 3.4 Þörf hagsmunaaðila fyrir upplýsingar

Leitað var til tveggja hópa hagsmunaaðila í Evrópulöndum, einkum Hollandi, Þýskalandi og Noregi: 1) Stjórnvalda sem tengjast áhættumati (e. risk assessment) og áhættustjórnun (e. risk management) og 2) fyrirtækja sem tengjast fóður- og fæðukeðjunni. Sjónarmið þessara aðila voru kortlögð með vinnufundi og ítarlegum viðtölum. Almennt var mikill áhugi á þeim sveppaeiturefnum sem *Fusarium* tegundir mynda. Aðeins í Finnlandi var virkt kerfi til að meta áhættu af völdum sveppaeiturs á fyrstu stigum.

Niðurstaðan var sú að lykilatriði væri að fyrirtæki og bændur hefðu hvata til að leggja fram upplýsingar fyrir viðvörunarkerfi. Kerfið þarf að leiða til þess að stjórnun bænda á framleiðslunni batni.

## **4. UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR**

### **Ályktanir MYCONET verkefnisins**

Mikil gögn um sveppaeitur í matvælum og fóðri eru til í Evrópu. Þessi gögn eru notuð við rannsóknir og áhættustjórnun. Kerfi til að spá fyrir um þekkt sveppaeitur í matvælum og fóðri eru í notkun.

Mikilvægustu vísbendingarnar um sveppaeitur í hveiti tengdust ræktun hveitisins. Samspil hinna ýmsu þátta þarf hins vegar að rannsaka betur.

Þegar spáð er fyrir um myndum sveppaeiturs þarf að leggja áherslu á að afla upplýsinga frá bændum og frá fyrirtækjum sem tengjast fóður- og matvælakeðjunni. Hvetja þarf matvælaiðnað-inn til að láta í té upplýsingar um sveppaeitur. Þegar unnið er að kerfi til að meta nýframkomna áhættu þurfa allir hagsmunaaðilar að koma að þróun þess frá byrjun.

Hægt væri að byggja upp teymi í hverju Evrópulandi fyrir sig til að meta áhættu af völdum sveppaeiturs. Hugsanlegt væri að löndin notuðu sameiginlegt spálíkan. Ef til vill gæti starfið þróast í sameiginlegt evrópskt tengslanet.

Þótt MYCONET verkefnið fjalli um sveppaeitur í hveiti mætti beita sömu aðferðum við mat á öðrum efnum í öðrum fæðutegundum. Fyrir hvert viðfangsefni þyrfti að finna þær vísbendingar sem mestu máli skipta.

### **Ályktanir um stöðuna á Íslandi**

Ætla má að ekki sé hægt að yfirfæra niðurstöður verkefnisins að öllu leyti á íslenskar aðstæður en grunngögn vantar til að hægt sé að fullyrða um það. Í verkefninu var talið að mest hættu væri á myndun sveppaeiturefna í hveiti á ræktunarstiginu. Hér á landi er bygg eina korntegundin sem ræktuð er í umtalsverðu magni og því væri áhugavert að líta á myndun sveppaeiturs við ræktun á byggi. Líklegt er að lágur umhverfishiti hindri myndun margra sveppaeiturefna á akri

hérlandis. Mest hætta á myndun sveppaeiturs á Íslandi er því væntanlega í geymslum ef raki er til staðar. Einnig er hætta á að sveppaeitur fylgi innfluttu fóðri og matvælum.

Eftirlit er haft með sveppaeitri í fóðri og matvælum hér á landi. Eftirlitið er þó mismunandi eftir því um hvaða flokk matvæla eða fóðurs er að ræða. Einkum vantar að stöðugt eftirlit sé með innflutningi á korni til matvæla- og fóðurframleiðslu.

Upplýsingar skortir um myndun sveppaeiturs við íslenskar aðstæður. Þörf er á að rannsaka samsetningu sveppaflórunnar í korni á akri og í geymslum. Ólíklegt er að mörg sveppaeiturefni myndist hérlandis á akri vegna hins lága umhverfishita. Það gæti verið mikilvæg sérstaða fyrir íslenskan landbúnað. Að rannsóknum á sveppaeitri þurfa meðal annars að koma sérfræðingar í plöntusjúkdómum, örverufræði og matvælafræði.

Það er mikilvægt bæði út frá heilsu fólks og efnahag að koma í veg fyrir vöxt myglusveppa á og í matvælum og fóðri og koma þar með í veg fyrir að þeir myndi sveppaeitur.

## 5. ÞAKKARORÐ

Hannes Magnússon hjá Matís aðstoðaði við þau mál sem snéru að örverufræði. Þuríður Pétursdóttir, Rögnvaldur Ingólfsson og Ingibjörg Elín Árnadóttir hjá Matvælastofnun lögðu fram upplýsingar um vöktun á sveppaeitri í fóðri og matvælum. Halldór Sverrisson hjá Landbúnaðarháskóla Íslands og Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir hjá Náttúrufræðistofnun Íslands upplýstu um rannsóknir á sveppum. Páll Höskuldsson hjá Fóðurlöndunni, Bergþóra Þorkelsdóttir hjá Líflandi og Valgarð Thoroddsen hjá Myllunni veittu upplýsingar um fóður- og matvælaiðnað. Öllum þessum aðilum eru færðar bestu þakkir fyrir aðstoðina.

## 6. HEIMILDIR

- Bjarni Guðmundsson, 1993. Verkast skorið hey betur í rúlluböggum en óskorið? *Freyr* 10: 390.
- Creppy, E.E., 2002. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters* **127**: 19-28.
- European Commission (EC), 2003. Commission Directive 3003/100 EC of 31 October 2003 amending Annex I to directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the council on undesirable substances in animal feed. *Official Journal of the European Communities* L285: 33-37.
- European Commission (EC), 2006. Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Communities* L364: 5-24.
- Fréttablaðið, 2007. Tíu ær sem komnar voru að burði drápustrútur úr eitrun: Bændur varaðir við því að gefa korn. 1. maí 2007, bls. 1.
- Guðmundur Halldórsson, 1990. Aflatoxín í matvælum og fóðri. Sveppaeitur sem getur valdið krabbameini. *Heilbrigðismál* 2/1990: 28-29.
- Halldór Sverrisson, 2007. Persónulegar upplýsingar, nóvember 2007.
- Helgi Hallgrímsson og Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir, 2004. Íslenskt sveppatal I. Smásveppir. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar 45.
- Institute for Reference Materials and Measurements, 2005. Upplýsingablað S.P.G.02.186. Update November 2005. Mycotoxins in food and feed. Geel, Belgíu. [www.irmm.jrc.be/crl-mycotoxins](http://www.irmm.jrc.be/crl-mycotoxins).
- Kandhai, C., H.J. van der Fels-Klerx, K. Booij & C. Waalwijk, 2008. Summary MYCONET expert study. Maí 2008. Samantekt frá RIKILT í Hollandi.
- Landbúnaðarstofnun, 2007. Aðskotaefnamælingar 2002 (Um sýni til mælinga). Sótt á [www.lbs.is](http://www.lbs.is) 18.10.2007.
- Matvælastofnun, 2008. Aðskotaefni – Sveppaeitur. Sótt 29.12.2008 á: [www.mast.is/flytileidir/matvaeliogadfong/adskotaefni/sveppaeitur](http://www.mast.is/flytileidir/matvaeliogadfong/adskotaefni/sveppaeitur).
- Nelson, C.E., 1993. Strategies of mold control in dairy feeds. *J. Dairy Sci.* 76: 898-902.
- Ólafur Reykdal, 1995. Sveppaeiturefni í matvælum og fóðri. *Rannsóknastofnun landbúnaðar-ins.* *Fréttabréf* 15, 3 bls.

- Ólafur Reykdal, 1998. Úttekt á nokkrum efnum í Íslenska gagnagrunninum fyrir efnainnihald matvæla 1996-97. *Rannsóknastofnun landbúnaðarins* RL 008/AF 004. Fjölrit, 34 bls.
- Ólafur Reykdal, Jónatan Hermannsson, Þórdís Anna Kristjánsdóttir, Jón Óskar Jónsson, Elísabet Ólafsdóttir, Emilía Martinsdóttir, Birgitta Vilhjálmsdóttir, Jón Guðmundsson, Guðmundur Mar Magnússon, 2008. Íslenskt bygg til matvælaframleiðslu. *Skýrsla Matís 40-08*. ISSN 1670-7192.
- Sigurður Sigurðarson, 2007. Persónulegar upplýsingar í maí 2007.
- Soriano, J.M. & S. Dragacci, 2004. Occurrence of fumonisins in foods. *Food Research International* 37: 985-1000.
- Svenska Foder o.fl., 2007. Branschriktlinjer för att undvika Fusariumtoxiner i spannmål 2007. Bæklingur, 4 bls.
- Umhverfisstofnun og Heilbrigiseftirlit sveitarfélaga 2008. Könnun á salmonellu og aflatoxíni í bökunarkorni, fræjum/fræblöndum og múslí. Eftirlitsverkefni Umhverfisstofnunar og Heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga 2007. UST-R-2007:08. Vefútgáfa. Sótt 1.04.2008 á [www.mast.is](http://www.mast.is).
- Van der Fels-Klerx, H.J., M.C. Kandhai, C.J.H. Booi, 2007. MYCONET: An European network of information sources for identification of emerging mycotoxins in wheat based supply chains. Veggspjald frá RIKILT, Institute of Food Safety, Wageningen, Hollandi.
- Van der Fels-Klerx, H.J. & C.J.H. Booi (Ritstj.), 2008. MYCONET. European network of information sources for an identification system of emerging mycotoxins in wheat based supply chains. Lokaskýrsla verkefnis. RIKILT Report 2008.008. RIKILT – Institute of Food Safety, Wageningen, Hollandi.
- Van der Fels-Klerx, H.J., M.C. Kandhai, C.J.H. Booi, 2008. A conceptual model for identification of emerging risks, applied to mycotoxins in wheat-based supply chains. *World Mycotoxin Journal*, February 2008 (1): 13-22.
- Porkell Jóhannesson, 1991. Aflatoxín. *Hvr tíðindi* (Fréttabréf Hollustuverndar ríkisins) 1: 4.
- Porkell Jóhannesson, 1992. Okratoxín A. *Hvr tíðindi* (Fréttabréf Hollustuverndar ríkisins) 2: 1-2.
- Porkell Jóhannesson, 1997. Okratoxín A. Sveppaeiturefni sem gæta þarf að. *Heilbrigðismál* 1/1997: 15-16.
- Porkell Jóhannesson, 2000. Ný íslensk rannsókn á okratoxín A í blóðsýnum. Sveppaeitur sem virðist mjög útbreitt. *Heilbrigðismál* 1/2000: 33.