



KUIVATATUD JA KONSERVEERITUD SÖÖDATERAVILJA MÜKOTOKSIINIDE SISALDUSEST EESTIS

MYCOTOXIN CONTAMINATION IN DRIED AND HIGH MOISTURE FERMENTED CEREALS IN ESTONIA

Helgi Kaldmäe, Andres Olt, Meelis Ots

Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, F.R. Kreutzwaldi 46, 51006 Tartu

Saabunud: 16.12.15
Received:
Aktsepteeritud: 17.02.16
Accepted:
Avaldatud veebis: 26.02.16
Published online:
Vastutav autor: Helgi
Corresponding author: Kaldmäe
e-mail: helgi.kaldmae@emu.ee

Keywords: dried cereals, high moisture cereals, deoxynivalenol, zearalenone

Link: http://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_kaldmae.pdf

ABSTRACT. Cereal quality is estimated by chemical composition and fermentation parameters, but there is need to check for the presence of mycotoxins. Feed cereals are stored dried, with a dry matter of 86% or ensiled in a silo with a dry matter of 55–75%. A high moisture content in cereals is a good substrate for the growth of mould fungi of a range of genera (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*), the availability of their metabolites and of other undesirable microorganisms, such as bacteria and yeast. The aim of this study was to determine the nutritive quality, the concentrations of zearalenone (ZEA) and deoxynivalenol (DON) and the fermentation process of ensiled high moisture cereals prepared for feeding to cows in Estonia. A total of 190 samples of dried cereals (DC): 56 wheat, 113 barley, 11 oats, 4 triticale and 4 rye, and 147 samples of high moisture cereals (HMC) collected and analysed. The mean DM content of the DC was 86.9% and of the HMC 68.1%. In this study the DC were found to contain mycotoxins, 70.5% of the samples were positive for DON and 68.4% were positive for ZEA, while in the HMC these were 85.7 and 96.6% respectively. The mean DON content in the DC was 100.4 ppb, and the mean content of ZEA in the DC was 27.6 ppb; the contents in the for these mycotoxins in the HMC were 189.6 ppb and 163.6 ppb respectively.

The concentration of mycotoxins between the different species of cereal did not differ significantly.

The of DON and ZEA contents were related the dry matter of HMC. The DON concentration in low DM (63.3%) cereal was 220.0 ppb and of ZEA 204.5 ppb while in the higher DM (75.5%) cereal the concentrations were 141.4 ppb and 94.7 ppb respectively. The fermentation quality of the HMC was good.

The threshold mycotoxin level in feed, below which there are no negative effects on health and performance in dairy cows are, for DON under 500 ppb and ZEA under 100 ppb. These are considered low levels of toxins; moderate levels are, for DON 500–2,000 ppb and for ZEA 100–250 ppb, and high levels are over 2,000 ppb and over 250 ppb respectively. Of the samples, 94.7% of DC were at the low level of DON while 89.1% were at the low level for ZEA. Of the HMC samples, 89.7% and 50.7% were at the low level for the mycotoxins, while 9.5% had levels of DON at moderate level and 33.1% had levels of ZEA at moderate levels.

Sissejuhatus

Söödateravilja säilitamiseks kasutatakse kas kuivatamist niiskusesisalduseni 14% või konserveerimist sileerimise teel. Konservvilja all mõistetakse kõrge

niiskuse- või madala kuivainesisaldusega (55–75%) teravilja, mille sileerimisel on kasutatud kas bioloogilist või keemilist kindlustuslisandit ning mida säilitatakse hermeetilises hoidlas. Konservvilja kvaliteet sõltub

suures ulatuses fermenteeritavast materjalist, valmistamise tehnoloogiast, (muljumine, tihendamine), puhtusest ja säilitamise tingimustest

Kõrge niiskusesisaldusega teravili on heaks substraadiks hallitusseente (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*) pärmseente ja teiste ebasoovitavate mikroorganismide (*Coli*, *Clostridium*) kasvuks ja arenguks (Potkanski, jt 2010). Mükotoksiinid on hallitusseente poolt produtseeritud sekundaarsed metaboliidid. Kõige tuntumateks loetakse aflatoksiini (AFLA), ohratoksiini (OTA), trihhotseenidest toksiin T-2 (T-2), diatsetoksiskirpenooli (DAS), deoksüniivalenooli (DON), zearaleenooni (ZEA) ja fumonosiini (FUM) (Yiannikouris, Jouany, 2002; Selwet, 2009).

Hallituseente areng ja sööda sh teravilja mükotoksiinidega saastatus sõltub mitmesugustest keskkonnatingimustest, nagu temperatuurist, niiskusesisaldusest, kondensveest, keskkonna hapnikusisaldusest ja pH-st (Nelson, 1993; Queiroz jt, 2011; Laitila jt, 2014; Persson, Bötter, 2014). Siia lisanduvad veel taimede stress ja kahjustused, mida on põhjustanud ekstremaalne ilmastik (rahe, põud) või taimehaigused, mis nõrgendavad taime immuunsust ja vastupanu (Jouany, 2007; Queiroz jt, 2010). Kui teravilja kasvuperiood on vihmane, siis hallitusseente arenguks ning mükotoksiinide produtseerimiseks on loodud soodsad tingimused juba põllul, enne saagi koristust. Teravilja säilitamisel peaksid sellisel juhul olema head hoiutingimused (sobiv temperatuur ja niiskus), vältimaks edasist hallitusseente arengut ning mükotoksiinidega saastatuse kasvu (Naehrer jt, 2014). Kui aflatoksiinid arenevad vaid soojades ja niisketes keskkonnatingimustes (Whitlow, Hagler, 2005), siis paraskliimavõttes on tuntumad trihhotseenid, zearaleenoon ning fumonosiinid.

Soodsad sileerimise tingimused, korralik fermentatsioon ja hoidla hermeetilisus vähendavad hallitusseente kasvu ja mükotoksiinidega saastatust, sest nende arenguks puudub vajalik kogus hapnikku (Johansson jt, 2005; Mansfield, Kuldau, 2007).

Uurimistöo eesmärgiks oli selgitada nii kuivatatud kui ka konserveeritud teravilja mükotoksiinide sisaldust, mis olid tekkinud sööda kasutamise ajaks. On teada, et mükotoksiinid mõjuvad negatiivselt põllumajandusloomadele ja lindudele nõrgestades nende immuunsüsteemi ning hormonaalseid funktsioone (Grenier, 2014; Pestka, 2014), tekitades kõhulahtisust, vähendades söömust ja produktsiooni ning ohustades nii toodangut (liha, piima, mune) kui ka tervist põhjustades olenevalt kogustest mitmesuguseid toksikoosi ning haigusi (Jouany, Diaz, 2005; Smith jt, 2007; Mezes, Balogh, 2009).

Metoodika

Aastail 2013–2014 koguti 190 kuivatatud ja 147 konserveeritud teravilja proovi. Kuivatatult säilitatud teraviljadest uuriti 58 nisu, 113 odra, 11 kaera, 4 tritikale ja 4 rukki proovi. Konserveeritud teravili säilitati kas kiletunnelis või tranšeis. Konserveeritud teravilja sileeritakse sageli ühte suurde tranšeisse, pannes erinevad teraviljad kihiti horisontaalselt vastavalt valmimise- ja

koristamise ajale. Söötamiseks võetakse konserveeritud teravilja aga hoidlast vertikaalselt. Sellepärast ei uuritud antud töös konserveeritud teraviljade sileerimisel kasutati bioloogilist või keemilist kindlustuslisandit.

Nii kuivatatud kui konserveeritud teraviljade proovid võeti puuriga vastavalt keskmise proovi võtmise korrale. Kõikidest proovidest määrati kuivaine- ja mükotoksiinide sisaldus ning konserveeritud teraviljadest ka fermentatsiooninäitajad. Lenduvate rasvhapete, etanooli, pH ja ammoniaaklammastiku sisalduse määramiseks valmistati konserveeritud teravilja proovidest vesilahus. Selleks kaaluti 50 g proovi, millele lisati 100 ml destilleeritud vett. Segu filtreeriti ühe tunni pärast.

Konserveeritud vilja pH määrati pH meetriga (MP 120 Mettler Toledo). Ammoniaaklammastiku määramiseks kasutati Kjeldec 8400 TecatorTM Line (FOSS) analüsaatorit. Etanooli-, piimhappe- ja lenduvate rasvhapete sisaldus määrati gaaskromatograafia (Agilent Technologies 7890 A) kasutades kolonni täidisega 80/120 Carbopack B-DA/4% carbowax 20 M (Faitfull, 2002).

Uuritud proovid eelkuivatati 60 °C juures ja jahvatati 1 mm osakesteks, millest määrati kuivainesisaldus pärast termostaadis 130 °C juures konstantse kaaluni kuivatamist (AOAC, 2005). Mükotoksiinid ZEA ja DON määrati ELISA meetodil kasutades Ridasgreen® FAST kitte. Analüüsid viidi läbi Eesti Maailikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi söötmise osakonna laboratooriumis.

Katseandmed töödeldi statistiliselt kasutades SAS statistikapaketis olevat GLM protseduuri (versioon 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC USA).

Tulemused ja arutelu

2013. ja 2014. aastal Eestis uuritud kuivatatud teraviljade proovidest olid ZEAgas saastunud 68,4% ja DONiga 70,5% ning konserveeritud teraviljadest vastavalt 96,6 ja 85,7% (tabel 1). Konserveeritud teraviljadest sisaldasid ühte toksiini 22 (15%) ja kahte toksiini 120 (83%) proovi ning kuivatatud teraviljadest vastavalt 64 (34%) ja 101 (53%) proovi. Ülemaailmne 4218 söödaproovi uurimine 2013. aastal näitas, et AFLA sisaldasid 30%, ZEA 37%, DONi 59% FUMi 55% ja OTA 23% uuritud materjalist, kusjuures proovide keskmine saastatuse tase oli vastavalt AFLA 10 ppb, ZEA 49 ppb, DON 458 ppb, FUM 778 ppb ja OTA 2 ppb (Kovalsky jt, 2014). Samal aastal uuriti Euroopas 1413 söödaproovi ZEAgas saastumist, mille keskmine sisaldus oli 88 ppb ja maksimaalne 3950 ppb ning DONi sisaldust 1854 proovis, mille keskmine sisaldus oli 799 ppb, maksimaalne aga 18 971 ppb. 76% proovidest sisaldasid vähemalt ühte toksiini (Schaumberger, Naehrer, 2014).

Hiljutine ülemaailmne uuring tõi välja, et söödad on tavaliselt saastunud rohkem kui ühe mükotoksiiniga (Streit jt, 2013). Samuti tõdeti, et sööda mitme erineva toksiiniga saastumise mõju on veel vähe uuritud, ka ei osata täpselt hinnata toksiinide vastastikuse toime sünergismi. See omakorda teeb keeruliseks detoksifikatorite valiku (Grenier, Oswald, 2011).

Tabel 1. Mükotoksiinide sisaldus kuivatatud ja konserveeritud teraviljades

Table 1. Concentrations of mycotoxins in dried and high moisture cereals

Mükotoksiinid	Näitajad	Kuivatatud teravili	Konserveeritud teravili
<i>Mycotoxins</i>	<i>Items</i>	<i>DC</i>	<i>HMC</i>
	Kuivaine / Dry matter, %	86,9	68,1
	Proovide arv / No of samples	190	147
ZEA	Positiivsete proovide % % positive samples	68,4	96,6
	Max sisaldus, µg kg ⁻¹ Max content level, µg kg ⁻¹	209	1239
	Keskmine sisaldus, µg kg ⁻¹ Average content, µg kg ⁻¹	27,6	163,6 ^a
	Standardviga Standard error	7,3	14,9
DON	Positiivsete proovide % % positive samples	70,5	85,7
	Max sisaldus, µg kg ⁻¹ Max content level, µg kg ⁻¹	1142	2023
	Keskmine sisaldus, µg kg ⁻¹ Average content, µg kg ⁻¹	100,4	189,6 ^a
	Standardviga Standard error	8,1	21,3

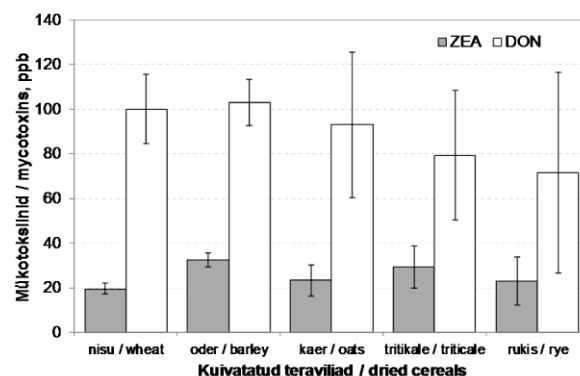
^aP < 0,001

Kuivatatud teraviljade mükotoksiinidesisaldus on toodud tabelis 2. Kuivatatud nisu ZEA sisaldus oli 19,5 ppb, odral 32,4 ppb, kaeral 23,3 ppb, rukkil 29,3 ja tritikalele 23,0 ppb, DON sisaldus vastavalt 100,1 ppb, 103,1 ppb, 93,1 ppb, 79,3 ppb ja 71,5 ppb (joonis 1).

Kuigi väikesed erinevused erinevat liiki teraviljade keskmiste toksiinide sisalduste vahel olid, ei erinenud need oluliselt (P > 0,5, tabel 2).

Norras tehtud uuringud näitasid, et mõned nisu, odra ja kaera sordid, on hallitusseente suhtes resistentsemad ning sisaldasid DONi vähem kui teised (Lillemo jt, 2014). Lõiveke jt (2008) andmetel sisaldasid Eestis 2006. a saagist uuritud teraviljad mükotoksiini 41% ja 2007. a saagist vastavalt 66%, kusjuures sagedamini esinesid T-2 ja HT-2 ning harvem DON, aflatoksiin ja ohratoksiin. Aastatel 2011–2012 uuriti Rootsis sigadele

söödetavast teraviljast võetud 188 proovi mükotoksiinidega saastumist. Analüüs näitas, et 89% proovidest sisaldasid DONi, 54% ZEA, 29% T-2e ja 16% HT-2e. DONi keskmine sisaldus kuivaines oli kaeras 461 ppb, odras 162 ppb, nisus 195 ppb ja segaviljas 101 ppb.



Joonis 1. Zearalenooli (ZEA) ja deoksünivalenooli (DON) sisaldus kuivatatud teraviljades (± standardviga)

Figure 1. Contamination of zearalenon (ZEA) and deoxinivalenol (DON) in dried cereals (± standard error)

Kaeras oli ZEA sisaldus keskmiselt 23 ppb, kuid oder ja nisu seda ei sisaldanud. Neljas seafarmis kümnest oli teraviljasöödas DON ja ZEA tase kõrge (Nordkvist, Häggblom, 2014). 2006–2014 aastal uuriti Lätis *Fusarium* tüvede esinemist teraviljades. Tõdeti, et ilmastikutingimustel (soojus, niiskus) oli teraviljades hallitusseente arengule ja mükotoksiinidega saastumisele väga suur mõju. Kui 2006 olid DONiga saastunud 4,7% koristatud teraviljadest ning ZEA ja T-2 toksiooni ei leitud üldse, siis 2007 sisaldasid DONi 27,2% uuritud proovidest ning ZEA 2,5% ja T-2e 3,7%, kusjuures suurim DON sisaldus saadi 2011. aastal talinisul – 3266 ppb (Treikale jt, 2014).

Tabel 2. Kuivatatud erinevate teraviljade mükotoksiinide sisaldus

Table 2. Concentrations of mycotoxins in dried different cereals

Mükotoksiinid	Proovide arv	Kuivainesisaldus	Keskmine ¹	Max
<i>Mycotoxins</i>	<i>No of samples</i>	<i>The concentration of dry matter, %</i>	<i>Mean¹ ± se</i>	
Nisu / Wheat				
ZEA, ppb	58	87,2	19,5 ± 2,5	127
DON, ppb	58	87,2	100,1 ± 15,4	735
Oder / Barley				
ZEA, ppb	113	86,7	32,4 ± 3,2	209
DON, ppb	113	86,7	103,1 ± 10,3	1142
Kaer / Oats				
ZEA, ppb	11	86,6	23,3 ± 6,9	100
DON, ppb	11	86,6	93,1 ± 32,6	349
Tritikale / Triticale				
ZEA, ppb	4	86,3	23,0 ± 9,3	62
DON, ppb	4	86,3	71,5 ± 29,1	188
Rukis / Rye				
ZEA, ppb	4	86,3	29,3 ± 10,8	52
DON, ppb	4	86,3	79,3 ± 45,1	263

¹Kõikide proovide keskmine kontsentratsioon ± standardviga / Mean concentration of all samples ± standard error

Kõik konservviljad sileerusid normaalselt, olenevalt kuivainesisaldusest tekkis kas rohkem või vähem happeid. Propioonhapet sisaldasid need konservviljad, mil-

lele oli seda lisatud keemilise lisandiga. Nii iso- kui palderjanhapet ning võihapet ükski konserveeritud vili ei sisaldanud. Neis proovides, mille kuivainesisaldus oli üle 80%, täheldati pärstitud käärimist. Konservviljades,

mille kuivainesisaldus oli väiksem kui 70% tekkis happeid kokku keskmiselt 21,4 g kg⁻¹ ja kuivainesisaldusega rohkem kui 70% vastavalt 11,3 g kg⁻¹.

Kuivemad konservviljad sisaldasid keskmiselt vähem mükotoksiine kui märjemad, ZEA 94,7 vs. 204,5 ppb (P < 0,001) ja DON 141,4 vs. 220,0 ppb (P < 0,05) (tabel 3). Konserveeritud teravilja kuivainesisalduse mõju

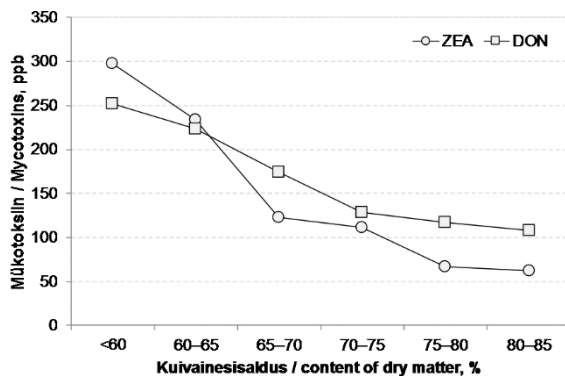
mükotoksiinide sisaldusele näitab joonis 2, mis ilmus 2013. aasta andmete baasil (Kaldmäe, 2014) ja ei muutunud kui lisati 2014. aastal kogutud andmed. Märjem teravili sileerub paremini, kuid tingimused hallituse arenguks on soodsamad ning tekib ka rohkem mükotoksiine.

Tabel 3. Konservvilja fermentatsiooninäitajad ja ZEA ning DON sisaldus sõltuvalt kuivainesisaldusest.

Table 3. The fermentation items and content of ZEA and DON depend on dry matter of high moisture cereals

Näitajad Items	Uuritud proovide keskmised Mean of tested samples — $\bar{x} \pm se$	Madalama kuivainega teravili Low dry matter cereals (<70%)	Kõrgema kuivainega teravili High dry matter cereals (>70%)
Kuivainesisaldus / Dry matter, %	68,1 ± 0,9	63,3 ± 0,6	75,5 ± 0,3
Proovide arv / No of samples	147	90	57
Kuivaines / In dry matter, g kg ⁻¹ :			
Etaanool/Ethanol	3,4 ± 0,59	3,5 ± 0,62	3,2 ± 0,61
Äädikhape / Acetic acid	3,7 ± 0,63	4,7 ± 0,31	2,3 ± 0,22
Propioonhape / Propion acid	0,3 ± 0,02	0,6 ± 0,02	0,3 ± 0,01
Iso- ja palderjanhape / Iso- and valerian acid	0	0	0
Võihape / Butyric acid	0	0	0
Piimhape / Lactic acid	12,7 ± 1,04	16,1 ± 0,97	8,7 ± 0,81
Proovis / In samples			
pH	4,6 ± 0,64	4,4 ± 0,58	4,8 ± 0,56
NH ₃ N üld N-st / Ammonia-N, % TN	2,4 ± 0,06	3,1 ± 0,11	1,5 ± 0,09
ZEA, ppb	163,6 ± 3,1	204,5 ^a ± 18,2	94,7 ^b ± 1,7
DON, ppb	189,6 ± 10,2	220,0 ^a ± 21,4	141,4 ^b ± 2,3

^{ab} P > 0,001; ^{AB} P < 0,05



Joonis 2. Konserveeritud teravilja kuivainesisalduse mõju mükotoksiinide sisaldusele (Kaldmäe, 2014)

Figure 2. The content of ZEA and DON depend on dry matter of high moisture cereals (Kaldmäe, 2014)

Nagu joonis 2 näitab, ei ole soovitatav alla 65% kuivainesisaldusega vilja konserveerida. Kesk-Euroopas sileeritakse maisi. 61,3%-lise kuivainesisaldusega muljutud maisiteravili sileeruvad hästi. Kuue kuu möödumisel tehtud analüüsid näitasid, et sööt sisaldas 133 ppb DONi, 38,97 ppb ZEAd, 70,2 ppb FUMi, AFLA 2,47 ppb AFLAt, 232,71 ppb T-2e ja 2,33 ppb OTAt. Sileerimisel kasutatud kombineeritud kindlustuslisand, mis sisaldas nii piimhappebaktereid kui ka naatriumbensoaati pärsis mõningaid toksiine (Biro jt, 2009). Söödaviilja saab täiesti ohutuks pidada siis, kui see ei sisalda mükotoksiine. Praktikas kasutatakse sageli ka vilja, milles on teatud kogus mükotoksiine. Väikesed toksiinide kogused ei ohusta alati looma tervist ega mõjuta toodangut, kuid see sõltub mitmetest teguritest. Madalate mükotoksiinisalduste juures kasutatakse detoksi-

fikatsiooniks spetsiifilisi sidujaid, mida lisatakse vastavalt toksiini kontsentratsioonile ja looma- või linnuliigile. Detoksifikaatorid toimivad seedetraktis, kuid viivad vähesel määral kaasa ka toitained. Kui lähtuda, et ZEA sisaldus söödas vähem kui 100 ppb on madal tase ning ei kujuta tavapäraselt ohtu, siis 100–250 ppb tuleks lugeda keskmiseks ning rohkem kui 250 ppb juba kõrgeks tasemeks. DON sisaldus vähem kui 500 ppb loetakse madalaks, 500–2000 ppb keskmiseks ja üle 2000 ppb juba kõrgeks ja väga ohtlikuks tasemeks (Whitlow jt, 1998). Võttes aluseks eelpool nimetatud tasemed iseloomustavad kuivatatud ja konserveeritud teravilja mükotoksiinide sisaldust tabel 4 andmed. Eestis uuritud konservviljade proovidest sisaldasid rohkem kui 100 ppb ZEA 49,3% ja rohkem kui 500 ppb DON 10,3%, kuivatatud teraviljadest vastavalt 10,9% ja 5,3%. Tuleb märkida, et enim probleeme tekitab konserveeritud teraviljades suhteliselt suures koguses esinev ZEA, mida produtseerivad *Fusarium graminearum* ja mõned teised *Fusariumi* perekonna seened. ZEA toksikoosi korral tekivad sigimisprobleemid. Mäletsejalistel tekitavad vaginiidid, abordid, viljatus. Mittetiinetel mullikatel suureneb udar. Madala tiinestumisega karjades seotati lehmade veres ja uriinis tuvastatud ZEA ning selle metaboliitide kõrget sisaldust toksiinidega saastatud sööda söötmisega (Jouany, Diaz, 2005, Bryden, 2012). Ka sigadel põhjustab ZEAGA nakatunud sööt sigimisprobleeme (Smith jt, 2011). Suurt DONiga saastatust leidis uuritud söötade proovides harva. DON põhjustab sigadel isu vähenemist, kõhulahtisust, oksendamist, viljastumishäireid ja surma, veistel aga söömuse vähene- mist ja toodangu langust (Jouany, Diaz, 2005).

Tabel 4. Mükotoksiinide sisaldavate proovide iseloomustus
Table 4. The character rating of mycotoxins contamination of cereals

Mükotoksiini sisaldus <i>The content of mycotoxins, ppb</i>	Konserveeritud teravili <i>HMC</i>					Kuivatatud teravili <i>DC</i>				
	n	%	\bar{x}	$\pm se$	max	n	%	\bar{x}	$\pm se$	max
ZEA										
Madal tase / <i>Low range, <100</i>	72	50,7	49,3	2,3	99	115	89,1	29,3	1,3	93
Keskmine tase / <i>Medium range, 100–250</i>	47	33,1	158,7	1,9	235	14	10,9	143,9	1,5	232
Kõrge tase / <i>High range, >250</i>	23	16,2	555,7	16,8	1239	0	–	–	–	–
DON										
Madal tase / <i>Low range, <500</i>	113	89,7	150,8	10,7	490	126	94,7	110,7	9,7	456
Keskmine tase / <i>Medium range, 500–2000</i>	12	9,5	695,8	11,3	1099	7	5,3	724,4	16,3	1142
Kõrge tase / <i>High range, >2000</i>	1	0,8	–	–	2023	0	–	–	–	–

Järeldused

Teraviljadel on Eesti ilmastikutingimustes suur oht saastuda mükotoksiinide ZEA ja DONiga.

Kuivatatud teraviljade proovidest oli DONiga saastunud 70,5% ja ZEAGA 68,4%, keskmise sisaldusega vastavalt 100,4 ja 27,6 ppb. Konservviljade proovidest sisaldasid DONi 85,7% ja ZEA-d 96,6% keskmise sisaldusega vastavalt 189,6 ja 163,6 ppb.

Antud uuringus osutus kuivatatud teravilja kvaliteet konserveeritud teravilja kvaliteedist paremaks, sest selles oli hallituste kasvatamisel enam pärsitud ning seetõttu ka mükotoksiinide sisaldus väiksem ($P < 0,001$).

Huvide konflikt / Conflict of interests

Autorid kinnitavad artikliga seotud huvide konflikti puudumist. The authors declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

Tänuavaldus

Töö on teostatud Eesti Haridus- ja Teadusministeeriumi IUT projekti nr IUT8-1 täitmiseks.

Kasutatud kirjandus

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.
- Biro, D., Galik, B., Juracek, M., Simko M., Starakova, E., Michalkova, J., Gyöngyova, E. 2009. Effect of biological and biochemical silage additives on final nutritive, hygienic and fermentation characteristics of ensiled high moisture crimped corn. – ACTA VET., Brno, 78, p. 691–698.
- Bryden, W.L. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. – Animal Science and Technology, vol. 173, p. 134–158.
- Faithfull, N.T. 2002. Methods in Agricultural Chemical Analysis: a practical handbook. – CABI Publishing, UK, 266 pp.
- Grenier, B. 2014. Effects of mycotoxins on the immune system. – In: World nutrition forum Munich 2014 (ed. E.M. Binder), p. 327–336.
- Grenier, B., Oswald, I.P. 2011. Mycotoxin co-contamination of food and feed: meta-analysis of publications describing toxicological interactions. – World Mycotoxin Journal 4, p. 285–313.

- Johansson, M., Emmoth, E., Salomonsson, A.C., Al-bihn, A. 2005. Potential risks when spreading anaerobic digestion residues on grass silage crops-survival of bacteria, moulds and viruses. – Grass Forage Science, 60, p. 175–185.
- Jouany, J.P. 2007. Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. – Anim. Feed. Sci. Technol. 137, p. 342–362.
- Jouany, J.P., Diaz, D.E. 2005. Effects of mycotoxins in ruminants. In: Mycotoxin Blue Book. ADVS Faculty Publications, p. 295–322.
- Kaldmäe, H. 2014. Vilja ohustavad mükotoksiinid. – Maamajandus, nr 12, lk 13–14.
- Kovalsky, P., Naehrer, K., Schwab, C., Schatzmayr, D. 2014. Worldwide occurrence of mycotoxins in feeds and feed components in year 2013. – World nutrition forum Munich 2014. Poster Book, p. 7.
- Laitila, A., Virkajärvi, V., Holopainen, U., Sarlin, T., Asola, A., Jestoi, M., Rautio, J., Kaukoranta, T., Hietaniemi, V., Parikka, P. 2014. Induction of type-A trichothecene production in barley at field conditions. – NJF Report, Vol. 9, No. 8, p. 11.
- Lillemo, M., Skjenned, H., Bjørnstad, Å., Buraas, T., Reitan, L., Bergersen, S., Dieseth J.A. 2014. Choice of resistant cultivars as a means to reduce the risk of mycotoxins in wheat, barley and oats – how big are varietal differences, and what are the characteristics of resistant cultivars? – NJF Report, Vol. 9, No. 8, p. 10.
- Lõiveke, H., Ilumäe, E., Akk, E. 2008. Teravilja mikrobioloogiast ja ohutusest. – Agraarteadus XIX, nr 2, lk 38–45.
- Mansfield, M.A., Kulda, G.A. 2007. Microbiological and molecular determination of mycobiota in fresh and ensiled maize silage. – Mycologia, 99, p. 269–278.
- Mezes, M., Balogh, K. 2009. Mycotoxins in rabbit feed: a review. – World Rabbit Sci., 17, p. 53–62.
- Naehrer, K., Nies, W., Malachova, A., Sulyok, M., Berthiller, F., Krska R. 2014. 2012 Mycotoxin Survey and Multi-Mycotoxin Screening in Germany. – World Nutrition Forum October 15th–18th, 2014, Munich, Poster Book, p. 6.
- Nelson, C. 1993. Strategies of mold control in dairy feeds. – J. Dairy Sci. 76, p. 898–902.
- Nordkvist, E., Häggblom, P. 2014. Fusarium mycotoxin contamination of cereals and bedding straw at Swedish pig farms. – Animal Feed Science and Technology, 198, p. 231–237.

- Queiroz, O.C.M., Adesogan, A.T., Staples, C.R., Hun, J., Garcia, M., Greco, L.F., Oliveira, L.J. 2010. Effects of adding a mycotoxin-sequestering agent on milk aflatoxin M1 concentration and the performance and immune response of dairy cattle fed an aflatoxin B1 – contaminated diet. – *J. Anim. Sci.* 88 (Suppl E). p. 543, Abstract 1142.
- Queiroz, O.C.M., Rabaglino, M.B., Adesogan, A.T. 2011. Mycotoxin in silage. In: Proceedings of the II International Symposium on forage quality and conservation (ed. J.L.P. Daniel *et al.*), Nov. 16–19th, 2011, Sao Pedro, p. 105–126.
- Persson, P., Bötter, H. 2014. Eed borne *Fusarium graminearum* in cereals – introduction to new areas. – *NJF Report*, Vol. 9, No. 8, p. 13.
- Pestka, J. 2014. New insights on the mechanisms of deoxynivalenol. – In: World nutrition forum Munich 2014 (ed. E.M. Binder), p. 337–349.
- Potkański, A., Grajewski, J., Twarużek, M., Selwet, M., Miklaszewska, B., Blajet-Kosicka, A., Szumacher-Strabel, M., Cieślak, A., Raczowska-Werwinska, K. 2010. Chemical composition, fungal microflora and mycotoxin content in maize silages infected by smut (*Ustilago Madis*) and the effect of biological and chemical additives on silage aerobic stability. – *J. Animal and Feed Sciences*, 19, p. 130–142.
- Schaumberger, S., Naehrer, K. 2014. European Mycotoxin Survey 2013. – World nutrition forum Munich 2014. Poster Book, p. 11.
- Selwet, M. 2009. Effect of propionic and formic acid mixtures on the fermentation, fungi development and aerobic stability of maize silage. – *Polish Journal of Agronomy*, 1, p. 37–42.
- Smith, T.K., Diaz-Liano, G., Korosteleva, S.N., Yegani, M. 2007. Significance of feed-borne *Fusarium* mycotoxins on livestock health and reproduction. – *ISAH-2007 Tartu, Estonia*, p. 689–694.
- Smith, T.K., Diaz, G., Swamy, H.V.L.N. 2011. Mycotoxicosis in pigs. – *Eesti Loomaarstlik Ringvaade* nr. 3, p. 15–18 (in Estonian).
- Streit, E., Nährer, K., Rodriggues, I., Schatzmayr, G. 2013. Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: long-term analysis with special focus on Europe and Asia. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, p. 2892–2899.
- Treikale, O., Javoisha, B., Pugacheva, J., Vigule, Z., Feodorova-Fedotova, L. 2014. *Fusarium* species and mycotoxins in Latvian cereals. – *NJF Report*, vol. 9, No. 8, p. 34.
- Whitlow, L.W., Hagler, W.M., Hopkins, B.A. 1998. Mycotoxin occurrence in farmer submitted samples of North Carolina feedstuffs: 1989–1997. – *J. Dairy Sci.*, Vol. 81, p. 1189.
- Whitlow, L.W., Hagler, W.M. Jr. 2005. Mycotoxins in dairy cattle: occurrence, toxicity, prevention and treatment. – *Proc. Southwest Nutr. Conf.*, p. 124–138.
- Yiannikouris, A., Jouany, J.P. 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. – *Anim. Res.* 51, p. 81–99.

Mycotoxin contamination in dried and high moisture fermented cereals in Estonia

Helgi Kaldmäe, Andres Olt, Meelis Ots
Estonian University of Life Sciences, Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences,
Fr.R. Kreutzwaldi 46, 51006 Tartu

Summary

The cereals quality estimated by chemical composition and fermentation parameters, but it is need the control about the composition of mycotoxins. Cereals of feed stored up dried with dry matter 86% or ensiled in silo with dry matter 55–75% (moisture 25–45%). The high moisture cereals is a good substrate for mould fungi from different genera (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*), their metabolites and by other undesirable microorganisms – bacteria and yeast. The aim of this study was to determine the effect of different cereals on the final nutritive quality, concentration of zearalenone (ZEA) and deoxynivalenol (DON) and fermentation process of ensiled high moisture cereals prepared for feeding to cows in Estonia. A total 190 dried cereals (DC) 58 wheat, 113 barley, 11 oats, 4 triticale and 4 rye and 147 high moisture cereals (HMC) samples were collected and analysed. All the HMC were fermented with the use of a biological or chemical additive. The quality of fermentation of the preserved cereals was determined by GC. The mycotoxin contents in the feeds were determined by the ELISA method with the kits Ridascreen® FAST.

The mean DM content of the DC was 86.9% and of the HMC 68.1%. In this study the DC were found to contain mycotoxins, 70.5% of the samples were positive for DON and 68.4% were positive for ZEA, while in the HMC these were 85.7 and 96.6% respectively. The mean DON content in the DC was 100.4 ppb, and the mean content of ZEA in the DC was 27.6 ppb; the contents in the for these mycotoxins in the HMC were 189.6 ppb and 163.6 ppb respectively.

The concentration of mycotoxins between the different species of cereal did not differ significantly.

The DON and ZEA contents were related the dry matter of HMC. The DON concentration in low DM (63.3%) cereal was 220.0 ppb and of ZEA 204.5 ppb while in the higher DM (75.5%) cereal the concentrations were 141.4 ppb and 94.7 ppb respectively. The fermentation quality of the HMC was good.

The threshold mycotoxin level in feed, below which there are no negative effects on health and performance in dairy cows are, for DON under 500 ppb and ZEA under 100 ppb. These are considered low levels of toxins; moderate levels are, for DON 500–2,000 ppb and for ZEA 100–250 ppb, and high levels are over 2,000 ppb and over 250 ppb respectively. Of the samples, 94.7% of DC were at the low level of DON while 89.1% were at the low level for ZEA. Of the HMC samples, 89.7% and 50.7% were at the low level for the mycotoxins, while 9.5% had levels of DON at

moderate level and 33.1% had levels of ZEA at moderate levels.

Drying is more effective than fermented conservation at inhibiting mould growth, and therefore mycotoxin contamination, in cereals ($p < 0.001$).