**Mykocenóza jačmeňa slovenského pôvodu so zameraním na zástupcov rodu *Fusarium***

**Mycocenosis of Slovak barley with a focus on representatives of the genus *Fusarium***

***Zuzana Mašková, Dana Tančinová, Zuzana Barboráková, Miriam Solgajová***

***Abstract:*** The aim of the presented study was to analyse the endogenous mycobiota of barley grains, focusing on the occurrence of toxicologically important genus *Fusarium*. A total of 11 samples of Slovak origin were analysed and the method of direct placing of superficially sterilized grains on the agar plates with DRBC (Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol Agar) and DCPA (Dichloran Chloramphenicol Peptone Agar) was used. Species identification of *Fusarium* isolates was performed on SNA (Synthetic Nutrient agar) and PDA (Potato Dextrose Agar) nutrient media. A total of 14 genera of filamentous micromycetes were detected in the monitored samples. The *Fusarium* genus occurred with an isolation frequency (Fr) of 82%. The average relative density (RD) of *Fusarium* spp. was 14.7%, while the variability in individual positively tested samples was 0.9 - 26.1%. In the study, we detected a total of 13 *Fusarium* species - *F. avenaceum*, *F. crookwellense*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. fujikuroi*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. sporotrichioides*, *F. subglutinans* and *F. tricinctum*. The highest RD we recorded in *F. proliferatum*, *F. avenaceum* and *F. sporotrichioides*.

***Keywords:*** barley, cereal, *Fusarium*, grain, *Hordeum vulgare*, mycocenosis

**ÚVOD**

Zrná obilnín sú celosvetovo najdôležitejšou potravinársku komoditu a v mnohých kultúrach predstavujú až 80 % stravy (Butscher et al., 2015). Jačmeň patrí spolu s pšenicou k najstarším obilninám. Je to veľmi dôležitá kŕmna, sladovnícka, potravinárska a farmaceutická plodina. V súčasnosti sú približne 2/3 úrody využívané ako krmivo, 1/3 je určená na sladovnícke účely a 2 % sa využívajú priamo ako potrava (Gómez-Caravaca et al., 2014). V potravinárstve sa využíva na výrobu krúp, kávových náhradiek, liehu a sladových výťažkov. V sladovniach sa zrno už po stáročia spracováva na slad a ten sa v pivovaroch používa na výrobu piva (Hicks et al., 2014). Jačmeň, odpady zo sladovní a pivovarov aj zelená hmota slúžia aj ako krmivo pre hospodárske zvieratá. I napriek tomu, že sa relatívne málo jačmeňa využíva priamo na potravu, pre jeho nutričnú hodnotu sa po celom svete obnovil záujem o jačmennú múku a krúpy ako zložky pre výrobu funkčných potravín (cestoviny, pekárske výrobky) (Gómez-Caravaca et al., 2014).

Pri výbere vhodných obilnín je dôležité prihliadať na ich mikrobiologickú kvalitu a s tým súvisiacu ich bezpečnosť. Obilniny sú počas rastu, zberu a skladovania kontaminované širokou škálou baktérií, kvasiniek a mikroskopických vláknitých húb. Úroveň kontaminácie v poľných podmienkach je ovplyvnená predovšetkým klimatickými vplyvmi počas obdobia dozrievania a zberu obilnín (Magan et Aldred, 2006). Poľné mikroskopické huby, inak označované ako tzv. hygrofilné huby, majú vyššie nároky na aktivitu vody substrátu a obyčajne nie sú schopné rásť pri hodnotách pod 0,90 (Williams et al., 2006). Kontaminácia vláknitými mikromycétami môže ovplyvniť zastúpenie sacharidov a bielkovín, ktoré sú nevyhnutné pre zachovanie pekárenskej a sladovníckej kvality zrna (Magan et Aldred, 2006). Môžu zapríčiňovať zatuchnutie obilnín a následne aj ich menej efektívne klíčenie, čo je v prípade jačmeňa dôležitá vlastnosť z pohľadu produkcie amyláz potrebných na uvoľnenie jednoduchých cukrov pri výrobe piva (Williams et al., 2006). Navyše, počas rastu môžu mnohé vláknité mikromycéty za určitých podmienok produkovať rôzne toxické metabolity, nazývané mykotoxíny (Nwakanma et Unachukwu, 2017). Do dnešnej doby bolo identifikovaných viac ako 300 mykotoxínov. Z nich sa približne 20 môže frekventovane vyskytovať vo významných a bezpečnosť ohrozujúcich množstvách v potravinách alebo krmivách (Botana et Sainz, 2015). Približne 5 – 10 % svetových dodávok potravín sa ročne stráca z dôvodu prítomnosti mikroskopických vláknitých húb alebo samotných mykotoxínov (Yang et al., 2017).

Medzi najvýznamnejších zástupcov poľných mikromycét patria druhy rodu *Fusarium*(Sainz et al., 2015). Vlhké počasie počas dozrievania môže mať za následok značné infekcie druhmi tohto rodu, pokles úrody a kvality zrna a môže mať za následok kontamináciu trichotecénmi, ktoré môžu vstupovať do potravového reťazca (Magan et Aldred, 2006). Okrem trichotecénov sú fuzáriá schopné produkovať zearalenón, fumonizíny a iné menej známe toxíny, ako sú fuzaproliferín, enniatíny, beauvericín, moniliformín a modifikované formy známych toxínov (Sainz et al., 2015).

Vzhľadom na veľký význam rodu *Fusarium* v súvislosti s obilninami a jeho toxinogénny potenciál, bolo cieľom predkladanej štúdie monitorovať mykologický profil vzoriek jačmeňa slovenského pôvodu s bližším zameraním sa skríning výskytu zástupcov rodu *Fusarium*.

**MATERIÁL A METODIKA**

Predkladaná štúdia sa zaoberala mykologickými analýzami jačmenných zŕn slovenského pôvodu. Predmetom záujmu bola vnútorná mykocenóza zŕn, so zameraním najmä na aktuálny výskyt zástupcov toxikologicky významného rodu *Fusarium*.

V rámci štúdie bolo celkovo analyzovaných 11 vzoriek jačmeňa (*Hordeum vulgare*), ktoré boli dopestované v rôznych lokalitách Slovenska (Tabuľka 1) v rokoch 2018 a 2019. Vzorky zŕn boli odobraté z uskladnených obilnín do papierových vreciek a až do samotných analýz boli uchovávané v chlade.

**Tabuľka 1 Charakteristika mykologicky analyzovaných vzoriek zŕn jačmeňa slovenského pôvodu**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Č.** | **Kraj** | **Lokalita** | **Účel využitia** | **Rok** |
| **1.** | Nitriansky | Mojmírovce | sladovnícky | **2018** |
| **2.** | Nitriansky | Veľký Lapáš | bez určenia |
| **3.** | Trnavský | Kátlovce | sladovnícky |
| **4.** | Banskobystrický | Hrochoť | chovateľský |
| **5.** | Banskobystrický | Lučenec | osivo (morené) |
| **6.** | Nitriansky | Oponice | bez určenia | **2019** |
| **7.** | Nitriansky | Dvory nad Žitavou | bez určenia |
| **8.** | Prešovský | neznáma | bez určenia |
| **9.** | Nitriansky | Lefantovce | potravinársky |
| **10.** | Nitriansky | Krušovce | bez určenia |
| **11.** | Nitriansky | Preseľany | bez určenia |

Na rozbory endogénnej mykobioty obilných zŕn sme využili metódu priameho ukladania povrchovo vysterilizovaných zŕn na agarové platne (Samson et al., 2002a). Viac ako 200 kusov zŕn bez viditeľného poškodenia z každej vzorky bolo po dobu 2 minút sterilizovaných roztokom chlóramínu (5 g chlóramínu  a 10 cm3 destilovanej vody). Následne boli zrná trikrát po sebe prepláchnuté sterilnou destilovanou vodou a vysušené na sterilnom filtračnom papieri. Presne 100 zŕn z každej vzorky bolo uložených na platne s DRBC (agar s dichlóranom, chloramfenikolom a bengálskou červenou) a 100 zŕn na platne s DCPA (agar s dichlóranom, chloramfenikolom a peptónom) (Samson et al., 2002b). Kultivácia platní prebiehala v tme pri teplote 25 ± 1°C po dobu 5 až 7 dní.

Po kultivácii nasledovala identifikácia vyrastených vláknitých mikromycét do jednotlivých rodov. Identifikáciu sme vykonávali pomocou viacerých uznávaných identifikačných kľúčov a publikácií (deHoog et al., 2000;Pitt et Hocking, 1999;Samson et al., 2002a) na základe dôležitých mikroskopických a makroskopických znakov. Pre druhovú identifikáciu zástupcov rodu *Fusarium* boli jednotlivé izoláty preočkované na živné médiá SNA – syntetický nutričný agar (Nirenberg, 1976) a PDA – zemiakovo-dextrózový agar (Pitt et Hocking, 2009). SNA bol použitý ako nosná živná pôda pri druhovej identifikácii. Na povrch stuhnutej živnej pôdy bol uložený sterilný filtračný papier o približnej veľkosti 2 x 2 cm, ktorý slúžil na podporu sporulácie naočkovaných kmeňov, prípadne na sledovanie produkcie pigmentov. Platne s PDA slúžili na diferenciáciu kmeňov na základe pigmentácie. Izolované mikromycéty boli 7 až 10 dní kultivované na uvedených živných pôdach na prirodzenom svetle pri izbovej teplote. Identifikácia izolátov rodu *Fusarium* prebiehala za pomoci uznávaných mykologických publikácií: Leslie et Summerell (2006),Samson et al., (2002a),Burgess et al. (1988),Nelson et al., (1983). Pri vyhodnocovaní mikroskopických znakov fuzárií boli pozorované mikroskopické preparáty v laktofenole, Melzerovom roztoku alebo v roztoku kyseliny mliečnej s bavlníkovou modrou (Tančinová et al., 2012). Doplnkovou metódou pri identifikácii bolo tiež mikroskopické pozorovanie rastu jednotlivých štruktúr *in vivo* v Petriho miskách. Na mikroskopiu boli použité laboratórne mikroskopy Olympus CX21FS1 a Olympus BX51TF so systémom Olympus Nomarski DIC pre vyšší kontrast.

Získané výsledky boli vyhodnotené a vyjadrené percentuálnymi hodnotami frekvencie výskytu (Fr) a relatívnej denzity (RD) na rodovej a druhovej úrovni. Frekvencia výskytu je definovaná ako percentuálny podiel vzoriek, v ktorých sa daný druh alebo rod vyskytol najmenej jedenkrát. Relatívna denzita je definovaná ako percentuálny podiel izolátov daného druhu alebo rodu, vyskytujúcich sa v analyzovanej vzorke (Guatam et al., 2009). Uvedené veličiny boli vypočítané podľa nasledovných vzorcov (González et al., 1996):

Fr (%) = (ns / N) . 100 RD (%) = (ni / Ni) . 100

kde ns = počet vzoriek, v ktorých bol rod alebo druh detegovaný; N = celkový počet vzoriek; ni = počet izolátov rodu alebo druhu; Ni = celkový počet detegovaných izolátov.

**VÝSLEDKY A DISKUSIA**

V rámci predkladanej štúdie bolo z 11 vzoriek jačmenných zŕn vyizolovaných celkom 14 rodov mikroskopických vláknitých húb, čo na živnom médiu DRBC predstavovalo 1140 mikromycét. Prehľad izolovaných rodov poskytuje Tabuľka 2. Izoláty, ktoré z dôvodu chýbajúcich identifikačných znakov nebolo možné bližšie identifikovať, sme označili ako *Mycelium sterilium*.

S najvyššou priemernou relatívnou denzitou (RD) bol zaznamenaný výskyt zástupcov rodov *Alternaria* (40,6 %), *Aspergillus* (17,4 %), *Rhizopus* (15,5 %) a *Fusarium* (14,7 %). Zástupcovia ostatných rodov sa vyskytovali s priemernou RD v rozsahu 0,2 – 4,6 %. RD fuzárií v jednotlivých vzorkách bola pomerne variabilná – v pozitívnych vzorkách sa pohybovala v rozpätí 0,9 – 26,1 %. Najchudobnejšiu mykocenózu sme zaznamenali vo vzorke č. 5 (odroda KWS Tenor, lokalita Lučenec), čo sme v skutočnosti aj očakávali, nakoľko sa jednalo o morené osivo (moridlo Vitavax Royal). Zaujímavým zistením bolo, že rod *Alternaria* si ako jediný v tejto vzorke zachoval svoju vitalitu a dosahoval relatívne podobný počet, ako v ostatných vzorkách.

**Tabuľka 2 Prehľad izolovaných rodov mikroskopických vláknitých húb a počty izolátov zo zŕn jačmeňa slovenského pôvodu (živná pôda DRBC)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Rod** | **Počet izolátov v jednotlivých vzorkách** | | | | | | | | | | | |
| **rok 2018** | | | | | **rok 2019** | | | | | | **∑** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| *Alternaria* | 58 | 85 | 7 | 44 | 44 | 7 | 14 | 38 | 84 | 79 | 3 | **463** |
| *Arthrinium* | - | 2 | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | **3** |
| *Aspergillus* | - | - | 5 | - | - | 15 | 4 | 43 | - | 47 | 84 | **198** |
| *Bipolaris* | 28 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | **28** |
| *Cladosporium* | - | - | - | - | - | - | 4 | 2 | 2 | - | - | **8** |
| *Epicoccum* | - | - | - | - | 1 | - | 1 | 9 | 3 | 1 | - | **15** |
| *Fusarium* | 37 | 25 | 20 | 14 | - | - | 2 | 37 | 11 | 21 | 1 | **168** |
| *Harzia* | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | **3** |
| *Mucor* | 2 | 4 | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | **8** |
| *Mycelim sterilium* | - | - | - | 2 | - | 1 | 4 | - | 3 | - | - | **10** |
| *Penicillium* | 4 | 5 | 2 | 9 | - | 8 | 12 | 5 | 5 | - | 2 | **52** |
| *Rhizopus* | 19 | 25 | 53 | 12 | - | 7 | 12 | 8 | 3 | 11 | 27 | **177** |
| *Scopulariopsis* | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | **2** |
| *Sordaria* | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | **3** |
| *Ulocladium* | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | **2** |
| **∑** | **150** | **151** | **88** | **81** | **45** | **38** | **57** | **142** | **111** | **160** | **117** | **1140** |

Z pohľadu frekvencie výskytu (Fr) sa najvýznamnejšou hubou kolonizujúcou jačmenné zrná ukázal rod *Alternaria*, ktorého zástupcovia boli izolovaní zo všetkých analyzovaných vzoriek (100 %). Celkom 91 % vzoriek bolo kolonizovaných zygomycétami z rodu *Rhizopus*, 82 % vzoriek hubami z rodov *Fusarium* a *Penicillium*, 73 % vzoriek mikromycétami z rodu *Aspergillus* a ostatné rody boli menej frekventované a boli izolované z menej ako polovice vzoriek.

Rod *Alternaria* všeobecne patrí medzi najbežnejšie rody detegované v obilninách, čo sa jednoznačne ukázalo aj vo vzorkách v našej štúdii, a to tak na počte izolátov, ako aj na frekvencii ich výskytu. Autori Chelkowski et Grabarkiewicz-Szczesna (1991)a Moss (1991)uvádzajú, že vmnohých európskych krajinách mierneho pásma dosahuje kontaminácia obilia hubami z rodov *Alternaria* a *Fusarium* v čase zberu 100 %. Navyše uvádzajú, že k ich postupnému odumieraniu dochádza vtedy, ak vlhkosť substrátu nepresiahne dlhšiu dobu 12 – 13 % (aktivita vody, aw = 0,65). *Alternaria* spp. boli dominantnými druhmi aj na vzorkách jačmenného zrna dopestovaného v Litve, po ktorých nasledovali *Drechslera sorokiniana*, *Fusarium* spp. a *Cladosporium herbarum* (Krasauskas, 2017). V každom prípade musíme navyše brať na vedomie, že s prebiehajúcimi zmenami podnebia sa v dôsledku adaptácie hubových patogénov na zmenené podmienky očakáva nárast rizika výskytu mykotoxikogénnych húb a mykotoxínov (Geisen et al., 2017;Medina et al., 2017).

Vzhľadom na to, že zrná jačmeňa môžeme využívať i na sladovnícke účely, mali by sme brať do úvahy aj ďalší dôležitý fakt, a to, že podmienky sladovania môžu byť priaznivé pre rozvoj húb, ktoré sa tam dostávajú prostredníctvom jačmenných zŕn. Podľa štúdií Krasauskas (2017)boli počastechnologických procesov sladovania evidentné zmeny v abundancii húb v obilí. Pokiaľ ide o mikrobiálnu aktivitu a bezpečnosť, máčanie jačmeňa je najdôležitejším krokom pri sladovaní. Aj keď sú niektoré mikoorganizmy odplavené spolu s máčajúcou vodou, počet životaschopných jedincov sa podstatne zvyšuje. Krasauskas (2017)navyše konštatuje, že počas máčania bol pozorovaný predovšetkým intenzívny nárast fuzárií. Scott (1996) a Briggs et McGuinness (1993**)** uvádzajú, že k rastu mikromycét môže dôjsť aj počas klíčenia, tiež so sprievodným zvýšením hladiny mykotoxínov.

V našej štúdii sme upriamili pozornosť hlavne na poľné mikroskopické huby rodu *Fusarium*. Na zachytenie fuzárií zo skúmaného materiálu sme okrem živného média DRBC použili aj DCPA, čo je selektívne médium vyvinuté práve na izoláciu druhov rodu *Fusarium* (a niektorých iných hyfomycét) z cereálií. Fuzáriá sa na tomto médiu vyznačujú dobrou produkciou konídií, čo umožňuje rýchlu identifikáciu na úrovni rodu (Andrews et Pitt, 1986). Na uvedenom médiu sme sa venovali výlučne zástupcom rodu *Fusarium*, ktorí kolonizovali v priemere 26 % analyzovaných zŕn. Podiel osídlených zŕn sa v jednotlivých pozitívnych vzorkách pohyboval medzi 1 – 62 %, čo relatívne korelovalo s výsledkami na živnom médiu DRBC. Vyrastené fuzáriá sme preočkovali na identifikačné médiá a výsledky mykologických identifikácií uvádzame v Tabuľke 3, a to sumárne pre obidve použité médiá.

**Tabuľka 3 Prehľad izolovaných druhov rodu *Fusarium* a počty izolátov zo zŕn jačmeňa slovenského pôvodu (súhrn izolátov zo živných médií DRBC a DCPA)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Druhy rodu *Fusarium*** | **Počet izolátov v jednotlivých vzorkách** | | | | | | | | | | | |
| **rok 2018** | | | | | **rok 2019** | | | | | | **∑** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| *F. avenaceum* | 13 | - | - | 22 | - | 1 | 1 | 31 | - | 7 | - | **75** |
| *F. crookwellense* | - | - | - | - | - | - | - | - | 6 | - | - | **6** |
| *F. culmorum* | - | - | - | 1 | - | - | - | 25 | - | 15 | - | **41** |
| *F. equiseti* | 1 | 33 | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | **36** |
| *F. fujikuroi* | 1 | - | 18 | - | - | - | - | 3 | - | - | - | **22** |
| *F. graminearum* | 25 | - | - | - | - | - | - | 5 | - | 14 | - | **44** |
| *F. incarnatum* | 12 | 5 | 14 | 2 | - | - | - | - | - | - | 1 | **34** |
| *F. oxysporum* | 13 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | **15** |
| *F. poae* | 8 | - | - | - | - | - | - | 4 | 1 | - | - | **13** |
| *F. proliferatum* | - | 2 | 47 | - | 2 | - | 1 | 19 | 5 | - | 1 | **77** |
| *F. sp.* | 1 | 5 | - | 8 | - | - | - | 2 | - | - | - | **16** |
| *F. sporotrichioides* | 26 | 24 | - | 4 | - | - | - | 4 | 10 | 5 | - | **73** |
| *F. subglutinans* | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | **1** |
| *F. tricinctum* | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | **2** |
| **∑** | **100** | **69** | **82** | **39** | **2** | **1** | **2** | **95** | **22** | **41** | **2** | **455** |

V sledovaných vzorkách sme zaznamenali celkom 13 druhov rodu *Fusarium* - *F. avenaceum*, *F. crookwellense*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. fujikuroi* (predtým označované ako *F. verticillioides* alebo *F. moniliforme*), *F. graminearum*, *F. incarnatum* (predtým označované ako *F. semitectum*), *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. sporotrichioides*, *F. subglutinans* a *F. tricinctum*. S najvyššou Fr sme zaznamenali druhy *F. proliferatum* (64 %), *F. avenaceum* (55 %), *F. sporotrichioides* (55 %) a *F. semitectum* (45 %). RD jednotlivých druhov v rámci rodu *Fusarium* znázorňuje Obrázok 1. Celkovo najväčší počet izolátov bol zaznamenaný v rámci druhov *F. proliferatum* (z dôvodu vysokého počtu izolátov v jednej zo vzoriek), *F. avenaceum* a *F. sporotrichioides*.

Podľa autora Flannigan (2003) môžu byť zrná jačmeňa veľmi ovplyvnené zástupcami rodu *Fusarium*, primárne druhom *F. graminearum*. Za ďalšie významné druhy na jačmeni autor považuje *F. culmorum*, *F. poae* a *F. avenaceum*.V staršej štúdii, ktorá prebiehala na našom pracovisku (Mašková et al., 2011),sme zaznamenali podobné výsledky, kdesme ako najfrekventovanejšie druhy rodu *Fusarium* na obilninách slovenského pôvodu zaznamenali *F. avenaceum*, *F. graminearum* a *F. poae*. V danej štúdii uvedené druhy preukázali (podľa toxikologickej špecifity) schopnosť produkovať trichotecény (deoxynivalenol, diacetoxyscirpenol, fusarenón X, HT-2 toxín, monoacetoxyscirpenol, neosolaniol, nivalenol, T-2 toxín), fumonizíny, zearalenóny, moniliformín a zriedka spomínané toxíny ako aurofuzarín, beauvericín, enniatíny, ekvisetín a chlamydosporol. Produkciu mnohých uvedených mykotoxínov uvádzajú aj ďalší autori, ako sú Munkvold (2017), Neme et Mohammed (2017), Mostrom (2016),Pleadin et al. (2019).Výskyt zearalenónu, deoxynivalenolu a T-2 toxínu v sladovníckom jačmeni zaznamenali i v Českej republike, no uvádzajú, že koncentrácie testovaných toxínov v žiadnej vzorke neprekročili povolené limity Európskej únie (Svoboda et al., 2019).Thrane (2014) konštatuje, že rod *Fusarium* je spájaný s produkciou mykotoxínov predovšetkým na obilninách mierneho pásma.

**Obrázok 1** **Relatívna denzita (%) izolovaných druhov v rámci rodu *Fusarium* zo zŕn jačmeňa slovenského pôvodu**

V našej štúdii sa v prípade vzoriek č. 1 a 3 jednalo o sladovnícky jačmeň. V 1. vzorke (odroda Odyssey, lokalita Mojmírovce) sa fuzáriá vyskytovali s pomerne vysokou RD   
(24,7 %). Zaznamenali sme v nej tiež vyššiu druhovú variabilitu (8 identifikovaných druhov) a dominovali druhy *F. sporotrichioides* a *F. gaminearum*. Tieto druhy sú považované za potenciálnych producentov mnohých toxínov, ako napríklad T-2 toxínu, HT-2 toxínu a *F. graminearum* je významným producentom deoxynivalenolu (DON), prípadne zealalenónu (Weidenbörner, 2001). V 2. vzorke (odroda Kangoo, lokalita Kátlovce) sme zaznamenali RD fuzárií na hodnote 22,7 %, identifikovali sme celkom 5 druhov, s veľmi frekventovaným zastúpením druhu *F. proliferatum*. Tento druh je potenciálnym producentom fumonizínov, enniatínov, prípadne moniliformínu (Weidenbörner, 2001). Vďaka svojej tepelnej stabilite sa mnohé toxíny môžu prenášať cez proces sladovania, fermentácie i pasterizácie, až do konečného produktu – piva. Mykotoxín, ktorý podľa autora Scott (1996)najlepšie odoláva procesu varenia piva, je DON. Tento toxín môže dokonca zvyšovať svoje hladiny počas rmutovania. Môže to byť spôsobené uvoľnením ďalšieho DON z konjugátov (tzv. maskované formy toxínov). Neboli zaznamenané žiadne straty tohto toxínu pri varení mladiny alebo počas fermentácie, a teda je tu možný jeho značný prenos do hotového piva. Podobné maskované formy mykotoxínov predstavujú nové výskumné trendy (Freire et Sant’Ana, 2018). Zearalenón sa počas fermentácie pravdepodobne vo veľkej miere konvertuje na 3-zearalenol a fumonizíny odolávajú fermentácii, ale ich osud v priebehu celého procesu výroby piva nebol preskúmanýScott (1996).

**ZÁVER**

Bezpečnosť potravín nepochybne súvisí so zložitou sieťou rôznych faktorov, spomedzi ktorých má veľký význam práve výskyt vláknitých mikromycét a ich metabolitov. Predkladaná štúdia poukázala na pomerne vysokú frekvenciu výskytu zástupcov rodu *Fusarium* na jačmenných zrnách slovenského pôvodu. Svojou činnosťou môžu vplývať nielen na bezpečnosť suroviny, ale môžu vyvolávať aj technologické problémy v procese výroby produktov, ako je napríklad pivo. Mykotoxíny, ktoré produkujú, sa vzhľadom na vysokú tepelnú stabilitu môžu dostávať až do finálnych produktov a ohrozovať tak ich bezpečnosť. Preto je včasné zistenie mikroskopických húb na obilninách rozhodujúce, aby sa predišlo možným zdravotným rizikám a technologickým problémom. V súčasnej dobe veľmi diskutované zmeny podnebia majú významný vplyv na zastúpenie mikromycét a ich produkciu toxických metabolitov. S odstupom niekoľkých rokov môžeme pozorovať zmeny vo variabilite mykocenózy obilnín, ale i v schopnosti produkcie niektorých nežiaducich metabolitov. Preto považujeme za veľmi dôležité neustále sledovanie mykotickej kontaminácie obilnín a výskum v oblasti prevencie a zmierňovania kontaminácie mykotoxínmi.

**LITERATÚRA**

Andrews, S., Pitt, J. I. 1986. Selective medium for isolation of *Fusarium* species and dematiaceous hyphomycetes from cereals. In *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 51, no. 6, pp. 1235–1238.

Botana, L. M., Sainz, M. J. 2015. *Climate Change and Mycotoxins*. Berlin: De Gruyter. 185 p. ISBN 978-3-11-033305-3.

Briggs, D. E., McGuinness, G. 1993. Microbes and barley grains. In *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 99, pp. 249–55, 1993.

Burgess, L. W., Liddel, C. M., Summerell, B. A. 1988. *Laboratrory manual for Fusarium research*. Sydney: University of Sydney. 156 p. ISBN 0-949269-556-5.

Butscher, D., Schlup, T., Roth, C., Müller-Fischer, N., Gantenbein-Demarchi, C., Rudolf von Rohr, P. 2015. Inactivation of microorganisms on granular materials: Reduction of *Bacillus amyloliquefaciens* endospores on wheat grains in a low pressure plasma circulating fluidized bed reactor. In *Journal of Food Engineering*, vol. 159, pp. 48–56. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.03.009.

Chelkowski, J., Grabarkiewicz-Szcesna, J. 1991. *Alternaria* and their metabolites in cereal grain. In *Chelkowski, J., editor. Cereal grain. Mycotoxins, fungi and quality in drying and storage*. Amsterdam: Elsevier. pp. 67–76.

Flannigan, B. 2003. The microbiota of barley and malt. In *Priest, F. G., Campbell, I., editors. Brewing microbiology*. 3rd edition. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp.113–80.

Freire, L., Sant’Ana, A. S. 2018. Modified mycotoxins: An updated review on their formation, detection, occurrence, and toxic effects. In *Food and Chemical Toxicology*, vol. 111, pp. 189–205.

Geisen, R., Touhami, N., Schmidt-Heydt, M. 2017. Mycotoxins as adaptation factors to food related environments. In *Current Opinion in Food Science*, vol. 17, pp.1–8.

Gómez-Caravaca, A. M., Verardo, V., Berardinelli, A., Marconi, E., Caboni, M. F. 2014. A chemometric approach to determine the phenolic compounds in different barley samples by two different stationary phases: A comparison between C18 and pentafluorophenyl core shell columns. In *Journal of Chromatography A*, vol. 1355, pp. 134–142. doi:10.1016/j.chroma.2014.06.007

Gonzáles, H. H. L., Pacin, A., Resnik, S. L., Martinez, E. J. 1996. Deoxynivalenol and contaminant mycoflora in freshly harvested Argentinian wheat in 1993. In *Mycopathologia*, vol. 135, no. 2, pp. 129–134. ISSN 0301-486X.

Guatam, A. K., Sharma, S., Bhadauria, R. 2009. Detection of toxigenic fungi and mycotoxins in medicinally important powdered herbal drugs. In *The Internet Journal of Microbiology*, vol. 7, no. 2. ISSN 1937-8289.

Hicks, K. B., Montanti, J., Nghiem, N., P. 2014. Chapter 11 - Use of Barley Grain and Straw for Biofuels and Other Industrial Uses. In *Shewry, R., Ullrich, S. E. 2014.* *Barley: Chemistry and Technology, Second Edition*. Woodhead Publishing and AACC International Press. 322 p. ISBN 978-1-891127-79-3.

deHoog, G. S., Guarro, J., Gené, J., Figueras, M. J. 2000. *Atlas of Clinical Fungi*. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmecultures. ISBN 90-70351-43-9.

Krasauskas, A. 2017. Fungi in malting barley grain and malt production. In *Biologija*, vol. 63, no.3. doi:10.6001/biologija.v63i3.3583

Leslie, J. F., Summerell, B. A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Australia: Blackwell Publishing, 2006. 388 p. ISBN 978-0-8138-1919-8.

Magan, N., Aldred, D. 2006. Managing microbial spoilage in cereal and baking products. In *Blackburn, C. W. 2006.* *Food Spoilage Microorganisms*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 712 p. ISBN 978-1-85573-966-6. doi:10.1201/9781439824573.ch8

Mašková, Z., Tančinová, D., Barboráková, Z., Mokrý, M. 2011. Frequented species of field fungi on wheat and their potential production of toxic metabolites. In *Potravinarstvo*, vol. 5, no. 1, pp. 43–50. ISSN 1337-0960. Dostupné na: doi:10.5219/108

Medina. A., Akbar. A., Baazeem. A., Rodriguez. A., Magan. M. 2017. Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough? In *Fungal Biology Reviews*, vol. 31, pp. 143–154.

Moss, M. 1991. Mycology of cereal grain and cereal products. In *Chelkowski, J. editor. Cereal grain. Mycotoxins, fungi and quality in drying and storage*. Amsterdam: Elsevier, 1991.

Mostrom, M. 2016. Mycotoxins: Classification. In *Encyclopaedia of Food and Health*. B. m.: Elsevier, pp. 29–34. ISBN 9780123849533. Dostupné na: doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00478-5

Munkvold, G. P. 2017. *Fusarium* Species and Their Associated Mycotoxins. In *Moretti, A., Susca, A., ed. Mycotoxigenic Fungi: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology*. New York, NY: Springer New York, Methods in Molecular Biology, pp. 60–105. ISBN 978-1-4939-6707-0. Dostupné na: doi:10.1007/978-1-4939-6707-0

Neme, K., Mohammed, A. 2017. Mycotoxin occurrence in grains and the role of postharvest management as a mitigation strategies. A review. In *Food Control*, vol. 78, pp. 412–425. ISSN 09567135. Dostupné na: doi:10.1016/j.foodcont.2017.03.012

Nirenberg, H. I. 1976. Untersuchngen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium*-sektion *Liseola*. In *Mitteilung aus der Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirschaft*, vol. 169, pp. 1-117.

Nelson, P. E., Toussoun, T. A., Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium species. An Illustrated Manual for Identification*. USA: The Pennsylvania State University, 193 p. ISBN 0-271-00349-9.

Nwakanma, Ch., Unachukwu, M. 2017. Molds. In *Bevilacqua, A., Corbo, M. R., Sinigaglia, M. 2017.* *The Microbiological Quality of Food. Foodborne Spoilers*. Cambridge: Woodhead Publishing. 310 p. ISBN 978-0-08-100502-6.

Pitt, J. I., Hocking, A. D. 1999. *Fungi and food spoilage*. 2. vyd. Maryland: Aspen publication. ISBN ISBN 0-8342-1306-0.

Pitt, J. I., Hocking, A. D. 2009. *Fungi and Food spoilage*. 3. vyd. New York: Springer, 2009. 519 p. e-ISBN 978-0-378-92207-2.

Pleadin, J., Frece, J., Markov, K. 2019. Mycotoxins in food and feed. In *Advances in Food and Nutrition Research*. 1. vyd. B.m. : Elsevier Inc., pp. 297–345. ISBN 9780128171714. Dostupné na: doi:10.1016/bs.afnr.2019.02.007

Sainz, M. J., Alfonso, A., Botana, L. M. 2015. 8 Considerations about international mycotoxin legislation, food security, and climate change. In *Botana, L. M., Sainz, M. J. 2015. Climate Change and Mycotoxins*. Berlin : De Gruyter. 185 p. ISBN 978-3-11-033305-3. doi:10.1515/9783110333619-010

Samson, R. A., Hoekstra, E. S., Frisvad, J. C., Filtenborg, O. 2002a. *Introduction to Food - and Airborne Fungi*. 6. vyd. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures. 282 p. ISBN ISBN 90-70351-42-0.

Samson, R. A., Hoekstra, E. S., Lund, F., Filtenborg, O., Frisvad, J. C. 2002b. Methods for the detection, isolation and characterization of food-borne fungi. In *Introduction to Food- and Airborne Fungi (Eds.: R. A. Samson, E. S. Hoekstra, J. C. Frisvad and O. Filtenborg)*. 6. vyd. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmecultures, pp. 283–297. ISBN 90-70351-42-0.

Scott, P. M. 1996. Mycotoxins Transmitted into Beer from Contaminated Grains During Brewing. In *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, vol. 79, no. 4, pp. 875–882. doi:10.1093/JAOAC/79.4.875

Svoboda, Z., Mikulíková, R., Benešová, K., Běláková, S. 2019. The occurrence of the selected *Fusarium* mycotoxins in Czech malting barley, harvested in 2012–2017. In *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 37, no. 6, pp. 439–445. doi:10.17221/317/2018-cjfs.

Tančinová, D., Mašková, Z., Felšociová, S., Dovičičová, M., Barboráková, Z. 2012. *Úvod do potravinárskej mykológie. Kľúč na identifikáciu potravinársky významných vláknitých mikroskopických húb*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 286 p., ISBN 978-80-552-0753-7.

Thrane, U. 2014. *Fusarium*. In *Encyclopaedia of Food Microbiology*. B. m.: Elsevier, pp. 76–81. ISBN 9780123847331. Dostupné na: doi:10.1016/B978-0-12-384730-0.00141-5

Weidenbörner, M. 2001. *Encyclopaedia of Food Mycotoxins*. Springer: London, 294 p. ISBN 3540675566.

Williams, A. P., Williams, Neaves. 2006. Other types of spoilage moulds. In *Blackburn, C. W. 2006.* *Food Spoilage Microorganisms*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 712 p. ISBN 978-1-85573-966-6.

Yang, W., Li, D., Mariga, A. M. 2017. Spoilage Microorganisms in Cereal Products. In *Wang, Y., Zhang, W., Fu, L. 2017.* *Food Spoilage Microorganisms. Ecology and Control*. Boca Raton: CRC Press. 191 p. ISBN-13: 978-1-4987-4458-4.

***Poďakovanie:*** Štúdia prebiehala s finančnou podporou projektov VEGA No. 1/0517/21 a GA SPU 40/2019. Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

***Kontaktná adresa***: Zuzana Mašková Ing. PhD., Katedra mikrobiológie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra