

Vliv skladování na obsah mykotoxinů v obilovinách

RNDr. Ivana Polišenská, Ph.D., Agrotest fyto s.r.o

Jsme závislí na koloběhu přírody

Zemědělství, a to i zemědělství v nejmodernější podobě ve vyspělých zemích světa, je založeno na rytmu přírody, která ovlivňuje drtivou většinu faktorů v procesu pěstování kulturních plodin. Volba plodiny a odrůdy, období setí, počet sklizní do roka a jejich termín jsou ovlivněny typem klimatu a půdy, nadmořskou výškou pozemků a množstvím srážek. Nutným důsledkem závislosti zemědělství na přírodě je potřeba skladování produktů, což je kritickým bodem potravinového řetězce od dávných dob. Obiloviny jsou z tohoto pohledu ideální plodinou, protože jsou-li skladovány s suchém prostředí a zároveň chráněné před hmyzem a jinými škůdci, uchovávají svou tržní hodnotu po mnoho let. Ať už je či bylo obilí skladováno v proutěných koších v hliněné chatrči nebo v betonových silech v podmínkách prostředí regulovaných počítacem, smysl skladování je vždy stejný, a to překlenutí časového období mezi sklizní produktů a jejich spotřebou tak, aby kvalita zrna zůstala nezměněná.

Co je mykotoxikologická kvalita obilovin?

I když obilí je považováno za trvanlivou komoditu a např. na rozdíl od čerstvého ovoce nebo řezaných květin může být jeho kvalita uchována po dlouhou dobu, k některým změnám kvalitativních parametrů v průběhu skladování dochází, zejména pak, pokud podmínky prostředí nejsou ideální. Jedním z faktorů, který je podmínkami skladování zásadně ovlivněn a jehož zhoršení může způsobit úplné znehodnocení skladovaných obilovin, je přítomnost zástupců mikroskopických patogenů, „plísni“ a jejich toxicických produktů, mykotoxinů. Hovoříme o mykotoxikologické kvalitě obilovin. Mykotoxiny a jejich producenti, mikroskopické houby, představují pro bezpečnost potravinového řetězce závažné riziko na celém světě. V literatuře se udává, že v Evropě asi 20 % obilovin, určených pro výrobu potravin a krmiv, obsahuje měřitelné množství mykotoxinů. V rámci Evropské unie je problematická výskytu toxinogenních patogenů a jejich sekundárních metabolitů v rostlinné produkci jednou z priorit výzkumu. Cílem je předcházet kontaminaci obilovin témito toxiny a omezit jejich pronikání do potravinového řetězce. Vzhledem k jejich prokazatelně negativnímu vlivu na zdraví lidí a zvířat jsou v mnoha zemích již delší dobu zavedeny limity, omezující maximální množství jednotlivých mykotoxinů v komoditách určených k výrobě potravin a krmiv i v hotových produktech.

Polní a skladističní producenti mykotoxinů

Mykotoxiny mohou kontaminovat obiloviny v průběhu růstu a dozrávání na poli nebo pak po sklizni, v průběhu skladování. V našich klimatických podmínkách jsou v obilovinách hlavními polními producenty mykotoxinů patogeny rodu *Fusarium*, které produkují mezi jinými také trichothecenové mykotoxiny (např. deoxynivalenol – DON) a zearalenon. Houby rodu *Fusarium* jsou natolik adaptabilní, že mohou produkovat toxiny také v již sklizených obilovinách, v závislosti na teplotě a vlhkosti skladování. Mezi převážně skladističní producenty mykotoxinů řadíme zejména druhy rodu *Aspergillus* a *Penicillium*, mezi jejichž škodlivé produkty patří ochratoxin A a aflatoxiny. Obsahy deoxynivalenu, zearalenonu, ochratoxinu A, aflatoxinu B₁ a souhrnného obsahu aflatoxinů B₁, B₂, G₁ a G₂ jsou u nás v obilovinách určených pro výrobu potravin limitovány platnou legislativou.

Co se děje s fuzáriovými mykotoxiny během skladování?

Je známo, že pokud obilovina je v okamžiku sklizně kontaminována fuzáriovými mykotoxiny a zároveň je zjištěna přítomnost zrn infikovaných patogeny *Fusarium*, může za určitých podmínek prostředí docházet k další syntéze mykotoxinů. Podstatným faktorem je při tom vlhkost a také teplota. Bylo zjištěno, že při skladování sklizené pšenice o vlhkosti 20% při teplotě 20 °C může dojít v průběhu prvních 2 týdnů ke zvýšení obsahu DON až 13x. Největší hrozbou jsou z tohoto hlediska skladovny, kde podmínky skladování nelze regulovat. Dalším kritickým bodem je doba mezi sklizní za nepříznivého počasí a usušením produkce. To, zda se za nevhodných podmínek skladování bude obsah mykotoxinů zvyšovat a jak rychle, závisí dále zejména na složení populace mikroorganismů v obilovině, tj. na tom, zda jsou přítomny druhy fuzárií produkující mykotoxiny a na jejich virulentnosti. Nejběžněji jsou nalézány na obilovinách druhy *Fusarium graminearum*, který je považován v ČR za hlavního producenta DON, dále *F. culmorum* které také produkuje tento mykotoxin a dále dva druhy – *F. avenaceum* a *F. poae*, které DON neprodukují.



Foto: Ing. A. Pospíšil

Důležitý parametr kvality skladování – vodní aktivita

Všechny druhy mikroorganismů vyžadují ke svému růstu vodu. Změny týkající se obsahu mykotoxinů i přítomnosti patogenů v obilovinách jsou výsledkem mikrobiální aktivity, která silně závisí na obsahu vody v zrnu. Pro fyziologicky využitelnou vodu se používá termín vodní aktivita (a_w), která je definována jako poměr mezi tlakem vodní páry bezprostředně nad potravinou a tlakem

vodní páry nad čistou vodou. Hodnota vodní aktivity může nabývat hodnot od 0,0 do 1,0. Za všeobecně akceptovaný limit pro neomezeně dlouhé, z mikrobiologického hlediska bezpečné skladování obilovin je považována vlhkost 14 % při teplotě 20 °C, což odpovídá vodní aktivitě $a_w = 0,65$; některá literatura udává jako bezpečnou hodnotu již $a_w = 0,70$. Pro jednotlivé mikroorganismy a typy substrátu jsou známy kritické hodnoty a_w , při kterých dochází k zastavení jak růstu a množení mikroorganismů, tak produkce mykotoxinů. K posklizňovému množení fuzárií a syntéze fuzáriových toxinů v obilovinách dochází při hodnotách a_w větších, než 0,9 a čím vyšší je tato hodnota, tím intenzivněji procesy probíhají. Hodnota $a_w > 0,9$ koresponduje s vlhkostí pšenice černého zrnu přibližně 20–24 % v závislosti na teplotě v rozmezí 20–25 °C.

Tvorba fuzáriových mykotoxinů ve skladech

Jak ukázaly pokusy v Německu, 36 týdenní skladování za nevhodných podmínek (teplota 25 °C, 90 % relativní vlhkost vzduchu) zvýšilo podstatně obsah DON zejména u vzorků s počáteční mírnou až středně silnou úrovní kontaminace. Při stejné teplotě (25 °C) ale nižší relativní vlhkosti (73 %) nebyl nárůst výskytu fuzárií napadených zrn pozorován a nárůst obsahu mykotoxinů byl velmi malý; poklesla však podstatně klíčivost ve srovnání s výchozím stavem. Při skladování za teploty 15 °C a rel. vlhkosti vzduchu 56 % byl pozorován jen velmi mírný nárůst hodnot DON i počtu fuzárizních zrn, klíčivost se oproti původní hodnotě mírně zvýšila. U silně kontaminovaných vzorků (obsah DON více než 2 mg/kg, 52 % napadených zrn) již k další tvorbě toxinů nedocházelo, což autoři studie zdůvodňují tím, že maximum produkce mykotoxinů bylo již dosaženo na poli v průběhu vegetace.

Kritické body skladování

Ukazuje se, že velmi důležité je rychlé usušení produkce v případě sklizně za nepříznivého počasí. Pokud je sušení pomalé, např. prosychá volně ložené obilí, v průběhu pomalého snižování vlhkosti může dojít k několikanásobnému namnožení jak fuzárií tak mykotoxinů. Okamžité sušení může být v některých případech problémem v důsledku nedostatečných kapacit. Výzkumy však potvrzují důležitost rychlého snížení vlhkosti pod kritickou hranici. Bylo např. zjištěno, že při skladování pšenice sklizené s vlhkostí 20% při teplotě 20°C došlo v průběhu prvních 2 týdnů ke zvýšení obsahu DON až 13x. Je znám také extrémní případ, kdy při skladování pšenice o vlhkosti 32% došlo k v průběhu 1 týdne k více než 100 násobnému zvýšení obsahu DON. Toto je problémem hlavně u států s vlhčím klimatem, např. v Norsku je sklizení obilí o vlhkosti 20–35% popisováno jako běžné.

Různá agresivita izolátů *Fusarium spp.*

Je známo, že obsah DON se v některých případech zvýšil i při vlhkosti zrnu 17 %, dokonce i 16 %. Výsledky výzkumů ukazují, že dynamiku zvyšování obsahu mykotoxinů nelze obecně jednoznačně předpovědět, protože závisí také na druhu fuzárií a agresivitě jednotlivých kmenů. Agresivita izolátů je v tomto případě udávána jako redukce hmotnosti tisíce zrn za jednotku času. Agresivní izoláty, tedy ty, které dokáží nejrychleji způsobit viditelnou destrukci zrn a pokles jeho hmotnosti, produkuje DON nejintenzivněji, zatímco méně agresivní mohou produkovat více jiný mykotoxin, a to nivalenol. Mykotoxiny samy patrně narušují syntézu proteinů v rostlinách a tedy mohou také potlačovat nebo zpožďovat obrannou reakci rostliny. Je zajímavé, že vyšší

Pro vyšší výnos, kvalitu a zisk

ATONIK Pro

rostlinný stimulátor

Paradenská služba Čechy:
Petr Babuška ☎ 602 207 176
Oldřich Koudela ☎ 606 641 644
Radek Hančák ☎ 606 732 754

Paradenská služba Morava:
Zdeněk Peza ☎ 606 649 196

Arysta LifeScience Czech s.r.o.
Novodvorská 994, 142 21 Praha 4
tel.: 239 044 410-3, fax: 239 044 415
www.arystalifescience.cz

Agroxone® 750

Selektivní postemergentní herbicid k hubení dvouděložných plevelů v obilninách

- moderní formulace
- vysoká čistota
- obsahuje protipěnící přísady a komplexotvorné činidlo

Účinná látka MCPA 750 g/l

Arysta LifeScience

Arysta LifeScience Czech s.r.o.
Novodvorská 994, 142 21 Praha 4
tel.: 239 044 410-3, fax: 239 044 415

Paradenská služba Čechy:
Petr Babuška ☎ 602 207 176
Oldřich Koudela ☎ 606 641 644
Radek Hančák ☎ 606 732 754

Paradenská služba Morava:
Zdeněk Peza ☎ 606 649 196

www.arystalifescience.cz

produkce DON byla pozorována tam, kde mycelium fuzárií ještě zcela neprorostlo do obilky, což ukazuje na možnou roli DON ve virulenci druhů *Fusarium* v průběhu skladování.

Podrobné studie týkající se stability koncentrace fuzáriových mykotoxinů v substrátu byly prováděny za účelem zjištění stability referenčních materiálů, tj. např. pšeničné nebo kukuřičné mouky nebo šrotu s přesně zjištěným obsahem toxinů. Tento materiál je laboratořemi používán pro kontrolu správnosti analytických stanovení a je tedy žádoucí, aby obsah mykotoxinů ani neklesal ani se nezvyšoval. Proto se pro skladování takovýchto certifikovaných, finančně nákladných materiálů, vyžaduje stabilní teplota -20°C , při které je pak po určitou dobu, např. 3 i více let, garantován neměnný obsah mykotoxinů.

Ochratoxin A, aflatoxiny

Nevhodné skladovací podmínky určené vyšší vlhkostí a teplotou mohou být příčinou tvorby ještě dalších mykotoxinů, a to ochratoxinu A, který je u nás produkován zejména houbou *Penicillium verrucosum* a dále aflatoxinů, které jsou produkovány houbami rodu *Aspergillus*. Zatímco fuzáriové mykotoxiny jsou produkovány v našich podmínkách **zejména** během růstu a dozrávání **na poli**, ochratoxin A je typický problém skladování a za normálních podmínek se v obilovinách na poli nevyskytuje nebo jen ve velmi nízkých hodnotách. Velké množství spór plísni *Aspergillus* i *Penicillium* je však přítomno v technických zařízeních skladovacích prostor jako jsou dopravní pásy a násypy. Analýzou prachu z téhoto prostoru bylo zjištěno, že 1 g tohoto prachu může obsahovat až 1,5 milionu spór, které mohou infikovat nově uskladňované obilí. Záleží pak na podmínkách prostředí, zda a do jaké míry dojde k rozšíření napadení a k produkci mykotoxinů. *Aspergillus* produkovující aflatoxiny však může kontaminovat obiloviny také již na poli, kde napadá zejména kukuřici, ale také až v průběhu skladování. Postupně byly identifikovány aflatoxiny B₁, B₂, G₁ G₂; nejčastější a nejtoxičtější z nich je B₁. Kritická hranice vodní aktivity a_w pro syntézu aflatoxinu B₁ je 0,83–0,87, vysokou úroveň syntézy lze pozorovat při a_w 0,95–0,99 za optimální teploty 24–28 °C, optimální pro produkci aflatoxinu G₁ je teplota okolo 30 °C.

Toxické účinky

Mykotoxiny jako jsou ochratoxin A a aflatoxiny představují riziko pro lidské zdraví nejen při přímém příjmu kontaminovaných potravin rostlinného původu, ale také živočišných produktů, pocházejících ze zvířat krmených kontaminovaným krmivem. Tyto toxiny jsou mnohem toxičtější než fuzáriové mykotoxiny. Hlavním negativním účinkem ochratoxinu A na lidský organismus je útlum imunity a postižení ledvin. Aflatoxin B₁ je nejsilnějším známým přirodním karcinogenem a způsobuje vážné poškození jater.

Výskyt aflatoxinu B₁ a ochratoxinu A

V literatuře se uvádí, že hlavním zdrojem ochratoxinu A v naší potravě je obilí a obilné výrobky, dále pak vepřové maso a vnitřnosti, káva, pivo, luštěniny, také sušené ovoce (např. rozinky) a červené víno. Ačkoliv obiloviny jsou v literatuře uváděny vždy jako primární zdroj ochratoxinu A, existuje jen velmi málo údajů o průzkumech výskytu tohoto mykotoxinu v obilovinách v ČR. Aflatoxin B₁ je u nás nejčastěji zjišťován v arašídech a výrobcích z nich, dále v kukuřici, oříšcích a některých druzích koření. Kontaminace zemědělských produktů aflatoxiny představuje problém zejména v málo rozvinutých tropických zemích, ale také v teplých oblastech

s rozvinutým zemědělstvím. Hlavními příčinami kontaminace jsou nedostatečné usušení po sklizni a následné uskladnění při relativně vysoké teplotě. Jak se uvádí v Nařízení Komise (ES) č. 257/2002, obsah aflatoxinů v nezpracované kukuřici lze u konečného výrobku určeného pro spotřebitele významně snížit čištěním, protože bylo pozorováno, že kontaminace aflatoxiny je zkonzentrována převážně v drobném odpadu a v menší míře v kukuřičných klíčcích, v otrubách a zlomcích zrn kukuřice, které se používají jako krmivo pro zvířata. Jak se uvádí v dokumentu „Stanovisko vědeckého výboru pro potraviny ve věci snížení obsahu aflatoxinů v suchých skořápkových plodech“ přirozeně se vyskytující kontaminace potravin aflatoxiny jsou nepředvídatelné a nelze jim zamezit nebo je úplně odstranit, a to dokonce i při dodržování doporučených zemědělských a technologických postupů (GAP, GTP), které mají vést ke snížení koncentrace aflatoxinů během vegetačního růstu plodin, sklizně a skladování.

Závěr

Skladování obilovin je důležitým článkem v procesu produkce potravin a má nezanedbatelné ekonomické dopady. V průběhu skladování mohou mikroorganismy přítomné na obilkách vytváret mykotoxiny. Počáteční infekce může pocházet buď již z pole (zejména *Fusarium*) nebo může ke kontaminaci spórami dojít v průběhu uskladňování (zejména *Penicillium*, *Aspergillus*). Jak rychle se budou mikroorganismy množit a zda a kolik mykotoxinů budou produkovat záleží pak kromě intenzity a typu počáteční kontaminace zásadním způsobem na podmínkách skladování. Podmínky skladování jsou určeny vlhkostí a teplotou. Je používán termín vodní aktivita a_w . Za všeobecně akceptovaný limit pro neomezeně dlouhé, z mikrobiologického hlediska bezpečné skladování obilovin je považována vodní aktivita $a_w = 0,65$, což odpovídá vlhkosti obiloviny 14% při teplotě 20 °C. Obecně platí: zvýšení vlhkosti při jakémkoliv teplotě stejně jako zvýšení teploty při jakémkoliv vlhkosti má za následek zvýšenou mikrobiální aktivitu – tedy množení mikroorganismů a produkci mykotoxinů.

Článek byl napsán za podpory Výzkumným zářírem MSM 2532885901: „Optimalizace faktorů trvalé udržitelnosti rostlinné produkce na základě vývoje geneticko-šlechtitelských, diagnostických a rozhodovacích metod“.

Použitá literatura:

Birzele, B., Prange, A., Krämer, J.: Deoxynivalenol and ochratoxin A in German wheat and changes of level in relation to storage parameters. Food Additives and Contaminants, 2000, Vol. 17, No. 12, 1027–1035.

Dänicke, S., Valenta, H., Spilke, J.: Effects of Long Term Storage on *Fusarium* Toxin Concentrations in Wheat – Sources of Error of the Analytical Results. Archives of Animal Nutrition, 58 (6), 507–515, 2004.

Homdork, S., Fehrman, H., Beck, R.: Influence of Different Storage Conditions on the Mycotoxin Production and Quality of *Fusarium*-infected Wheat Grain. J. Phytopathology 148, 7–15, 2000.

Malíř, F., Ostrý, V. a kol.: Vláknité mikromycety (plísň), mykotoxiny a zdraví člověka. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2003.

Reed, C. R.: Managing Stored Grain to Preserve Quality and Value. AACC International, 2006. STANOVISKO VĚDECKÉHO VÝBORU PRO POTRAVINY VE VĚCI: Snížení obsahu aflatoxinů v suchých skořápkových plodech (zejména v pistácích a burských oříšcích) Dne: 7. 12. 2004 VVP: Stan/2004/6/deklas/AFs