

Parametre kvality zrna kukurice – fyzikálna kvalita

Rozoznávajú sa dva druhy poškodenia kukuričných zŕn, a to vonkajšie a vnútorné. Vonkajšie poranenia sú vo všeobecnosti dobre viditeľné a zvyčajne sa označujú ako „mechanické poškodenia“. Vonkajšie poškodenie zahŕňa zlomenie, odštiepenie, poškriabanie obalu alebo prepichnutie povrchu zrna. Vnútorný typ poškodení vo forme „prasklín“ alebo mikrotrhlín nie je ľahko viditeľný.

Ing. Marek Jakubec, vedúci poľnej výroby osiva kukurice a marketingový manažér RWA SLOVAKIA

Viditeľné poškodenie môže siahť od **kúsokov zŕn**, ktoré sú príliš veľké na to, aby prepadli cez sito používané pri triedení, cez **zlomky**, častí zŕn, ktoré prepadnú cez sito s kruhovými otvormi priemeru 4,5 mm, až po poranenia, ktoré sú sotva viditeľné. Vo všetkých prípadoch vonkajšie poškodenie zahŕňa narušenie integrity perikarpu (vonkajšieho obalu zrna „oplodnia“) alebo stratu časti zrna. Niektorí technológovia kvality kukuričného zrna poznajú aj kategóriu poranenia nazývanú „**neviditeľné poškodenia**“. Ide o povrchové poranenia, ktoré sú voľným okom ťažko viditeľné a je potrebné ich vizualizovať vhodným zväčšením alebo zafarbením.

Význam vlhkosti zrna

Vlhkosť alebo obsah vody v kukuričných zŕnách je ich prirodzenou súčasťou. Nie je to

vnútorný faktor kvality, ale má významný vplyv na zmeny kvality, na vlastnosti spracovania a na ekonomiku. Voda v kukurici je riedidlom organických látok (najmä škrobu a bielkovín). Pri vysokom obsahu vlhkosti od 28 do 32 % (fyziologicky zrelá kukurica), až po približne 20 % vlhkosti, majú zrná mäkkú textúru, pri ktorej možno realizovať ľahký výmlat mlátiacim ústrojenstvom obilného kombajnu. Pri nižšom obsahu vlhkosti sú zrná tvrdšie a znesú aj „hrubé“ zaobchádzanie. Avšak pod 12 % vlhkosti sa zrná stávajú obzvlášť krehkými.

Optimálny obsah vlhkosti 23 – 24 % pre zber kombajnom nie je optimálny prepravu, pozberovú úpravu, skladovanie alebo viaceré konečné využitia. Kukurica zozbieraná pri kombajnovom zbere sa musí vysušiť skoro po zbere, aby sa predišlo znehodnoteniu plesňami, baktériami alebo naklíčeniu

zŕn. Spôsob odvádzania vlhkosti pri sušení môže mať tiež nepriaznivý vplyv na kvalitu. Aj keď sa zabráni biologickému poškodeniu, môže dôjsť k fyzickému poškodeniu.

Tvorba mikroprasklín zapríčinená šokovou reakciou je spôsobená rýchlym odstránením vody zo zŕn. Napr. kukurica zozbieraná v celých šúľkoch pri približne 18 – 20 % vlhkosti a sušená pri teplote okolia alebo nízkej teplote má málo trhlín spôsobených stresom a nízku náchylnosť zŕn na lámanie. Je to preto, že vreteno, ktoré má vždy vyššiu vlhkosť, má „knôtový efekt“ na okolité zrná, ktorý zabraňuje nežiaducim rozdielom vlhkosti v zŕnách. Voľné kukuričné zrná vysušené bez klasu a sušené takmer akýmkoľvek spôsobom budú vykazovať určité praskliny spôsobené stresom z dosušania, ale čím pomalšie sa sušia, tým ich bude menej. Obsah vlhkosti kukurice ovplyvňuje aj jej hodnoty objemovej hmotnosti. Objemová hmotnosť sa zvyšuje so znižujúcim sa obsahom vlhkosti.

Mechanické poškodenia

Poškodenie perikarpu môže byť skôr povrchové, prenikajúce len do jeho horných vrstiev alebo tkaniva obalu zrna. Závažnejšie sú lézie, ktoré prenikajú do aleurónovej vrstvy a odhaľujú zárodočné alebo endospermové tkanivo. Akékoľvek poranenia obalu spôsobujú, že zrná sú náchylnejšie na napadnutie skladovými plesňami, keď podmienky teploty a vlhkosti vedú k rastu plesní. Poranenia okolo zárodka (klíčka) sú však niekoľkonásobne závažnejšie ako poranenia súvisiace s endospermom.

Vonkajšie poškodenia môžu začať už na poli počas vývinu zrna. Vtáky často dobiehajú do zŕn v mliečnej zrelosti. Húsenice vijačky kukuričnej alebo mory bavlníkovej sa môžu pri žraní hlboko zavŕtať do vyvíjajúcich sa zŕn. Najdôležitejší zdroj škôd je však **spôsobený zberom kukuričnými kombajnami**. Výmlat v týchto strojoch zahŕňa použitie mechanického tlaku na šúľky, aby sa uvoľnili zrná. Určité množstvo zlomených zŕn je nevyhnutné aj v najlepšie nastavenom a upravenom obilnom kombajne pri optimálnom obsahu vlhkosti zrna 22 – 23 %. Oveľa viac škôd ale spôsobuje zle nastavený kombajn pri vyšších úrovniach vlhkosti. Najmenšie poškodenia má kukurica zozbieraná a sušená na celých šúľkoch (osivová kukurica) a až následne vy-moržovaná. K určitému poškodeniu povrchu suchých zŕn môže dôjsť počas odlistovania, dopravy do sušiacich komôr alebo sušičiek. Poškodené zrná sú 2- až 3,5-krát náchylnej-



Vonkajšie poškodenie, ktoré sa začalo už na poli. Mora bavlníková (*Helicoverpa armigera*) sa dokáže hlboko zavŕtať do vyvíjajúcich sa zŕn. Na fotografii výrazné poškodenie korunky.

šie na stratu kvality v dôsledku poškodenia plesňami ako neporušené zrná.

Mechanické poškodenie možno určiť preskúmaním každého zrna, či neobsahuje zlomy a zárezy na povrchu. Zrno sa kategorizuje do tried - vážne poškodenie, menšie poškodenie, neviditeľné poškodenie a žiadne poškodenie. Pri vizualizácii pomáha ponorenie zrna do 0,1 % roztoku potravinárskeho farbiva E143 na 5 - 10 min. Po opláchnutí sa zlomy oplodia zafarbia na tmavozelenú farbu. Týmto postupom farbenia je vyvinutý aj číselný index poškodenia.

Pri testovaní výkonnosti a kvality práce obilných kombajnov sa zistilo, že viditeľné poškodenia sa pohybovali od 1,0 do 13,0 %, s priemerom 5,0 %. Neviditeľné poškodenia, ktoré boli viditeľné po zafarbení farbivom, sa pohybovali od 0,8 do 65 %, s priemerom 26 %. Aj pri najlepšom kombajnovom zbere bolo celkové poškodenie minimálne 12 %.

Trhliny spôsobené šokovou reakciou

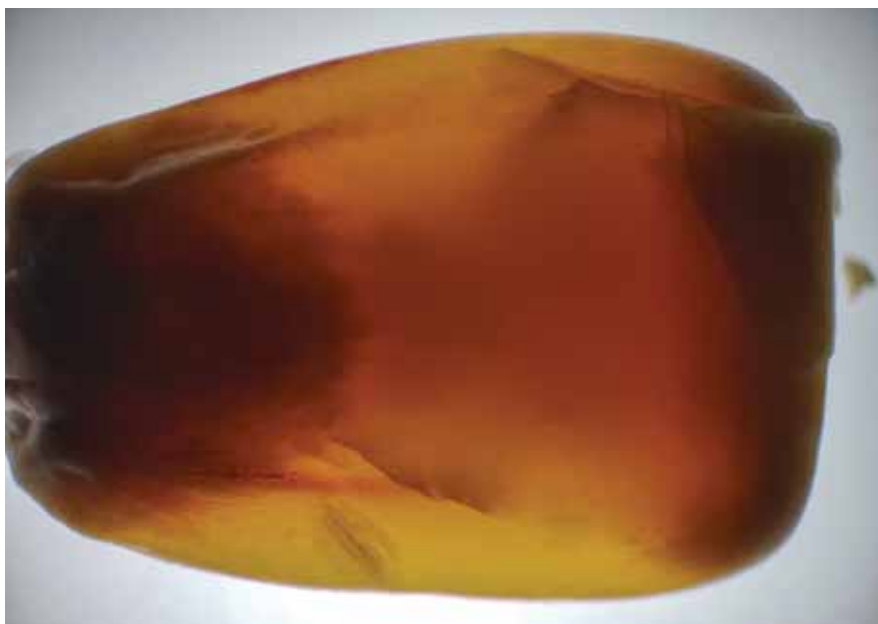
Sušenie nespôsobuje fyzické poškodenie kukuričných zrn, ale môže spôsobiť, že budú náchylnejšie na mechanické poškodenie pri neskoršej manipulácii. Prví autori skúmajúci tento jav ukázali, že vznik trhlín alebo prasklín v tvrdom endosperme bol spôsobený rýchlym vysychaním zrna zohriatym vzduchom. Trhliny sú dobre viditeľné pri skúmaní zrna cez prechádzajúce svetlo. Tvorba trhlín spôsobených **šokovou reakciou** je spôsobená napätím vo vnútri zrna, ktoré je primárne výsledkom **rozdielnych zón obsahu vlhkosti**, keď sa voda pohybuje zvnútra zrna a odparuje sa na povrchu, ale prispievajú k tomu aj teplotné rozdiely. Trhliny začínajú vznikať, keď zrno vysychá a prechádza vlhkosťou 18 - 16 %, ale neobjavujú sa skôr, až po vybratí zo sušičky, aby sa zrno ochladilo. Čas potrebný na vytvorenie trhlín spôsobených šokovou reakciou sa znižuje so znižovaním úrovne vlhkosti kukurice pri jej vyberaní zo sušičky. Preto udržiavanie kukurice na existujúcej teplote bez pohybu vzduchu (temperovanie) pred ochladením alebo počas cyklu sušenia výrazne znižuje frekvenciu trhlín. Praskliny začínajú v strede zrna a rozširujú sa smerom k periférii pod obal.

Zo všetkých obilnín má najväčšie problémy s praskaním iba kukurica. Napätia z rozdielnych teplotných zón v zrnách nemajú veľký význam, pretože teplotná rovnováha sa dosiahne oveľa rýchlejšie ako rovnováha vlhkosti.

V kukuričných zrnách sa môžu tvoriť aj trhliny v dôsledku prílišnej vlhkosti (z prevlhčenia, zmáčania) alebo v dôsledku vplyvu manipulácie na ustálené zrno, napr. pri prevzdušňovaní skladovaného zrna. Štúdie ukazujú, že zrná dopadajúce rýchlosťou 18 m/s pri troch úrovniach vlhkosti 29, 20 a 13,4 % vykazovali vnútorné trhliny, pričom



Zrelé nepoškodené zrná kukurice z brušnej strany. Všimnite si biele body na vrchole, jazvy po blíznych a na báze viditeľnú kvetnú stopku, pedicel.



Kukurické zrno vykazujúce určitý stupeň tvorby trhlín zapríčinených napätím zo šokovej reakcie.



Zrnové nečistoty - zlomky zrn, ktoré prepadli cez sito s kruhovými otvormi priemeru 4,5 mm.

väčšina trhlín bola vytvorená pri najnižšej vlhkosti. Takto vysoké rýchlosti je možné dosiahnuť v mlátiacom bubne kombajnu alebo bežne pri prevádzke obilných síl pri vyprázdňovaní obilia z nohy korčekového elevátora. Čím častejšie je tiež zrno čistené, tým viac je rozbitejšie. Žiadne trhliny sa však nevytvorili pod rýchlosťami 10,8 m/s, čo je konečná rýchlosť jednotlivých zrn pri ich voľnom páde. Tento fakt využívajú podniky na výrobu osív, koncipované umiestnením strojov na úpravu osív nad sebou, na poschodiach, kde sa zrná pohybujú medzi jednotlivými operáciami (predčistenie - čistenie - kalibrácia) samospádom.

Náchylnosť na lámavosť a prevencia strát

Drobné prasknutia ako formy skrytého poškodenia predurčujú takto poškodené zrná k predispozícii na krehkosť a na rozlámanie pri ďalšom náraze. Keďže väčšina prasklín a trhlín je spôsobená nepriaznivými podmienkami pri sušení na podnikoch a silách, dostupnosť rýchleho a spoľahlivého testu odhalujúceho náchylnosť na tvorbu prasklín by mohla vzbudiť záujem komerčnej praxe. Vedeli by sme ním demonštrovať užitočnosť výberu a posudzovať vzorky kukurice, ktoré majú nízku lámavosť a zároveň vynikajúce vlastnosti pre mlynské spracovanie (mletie na múku alebo krupicu). Vývoj úspešnej metódy, ktorá je dostatočne rýchla a presná na testovanie kukurice na trhu, má potenciál byť užitočnou pri výbere partii s vynikajúcou odolnosťou voči rozlámaniu alebo pri znižovaní prísunu z dávok, ktoré boli nesprávne vysušené. Metódou by sa mohli posudzovať aj rôzne hybridy kukurice zaradené do pestovania podnikmi s vlastným spracovaním komodít.

Pri priemyselnej manipulácii môže často dôjsť k fyzickému poškodeniu zrn kukurice, keď sa zrná dotknú tvrdých povrchov, vrátane iných kukuričných zrn (rozbitie pri páde kukurice na kukuricu je asi 75 % v porovnaní s pádom na betón). Účinok viacnásobného vplyvu je aditívny, takže rozlámané zrná kukurice sa v množstvách hromadia vo vnútri skladovacieho systému a musia sa odstrániť, aby úroveň zlomkov zostala v rámci požadovaných limitov kvality spadajúcu pod obsah nečistôt (max. 4 % pre potravinársku kukuricu triedy kvality A podľa ustanovenia Nariadenia komisie ES 824/2000 z 19. 4. 2000, alebo STN 46 1100-8). Lámavosť kukurice pri náraze sa prudko zvyšuje s klesajúcim obsahom vlhkosti pod približne 16 % a do určitej miery pri nižších teplotách. Základné pravidlo uvádza, že náchylnosť na rozbitie sa zvyšuje asi o 40 % na každé 1 % zníženia obsahu vlhkosti v rozsahu asi 12 - 16 % obsahu vlhkosti. V dôsledku týchto zistení manažéri obilných síl menia dizajn a prevádzku zariadení (najmä elevátorov) na manipuláciu s obilím, aby znížili škody



Poškodené zrná s narušeným jadrom. Práve drobné nečistoty a zlomky prispievajú k vzniku a množeniu patogénov v uskladnenej kukurici.



Požiadavky na kvalitu potravinárskej aj kŕmnej kukurice vylučujú z obsahu nečistôt plesnivé alebo nahnilé zrná. Nariadením ES č.1881/2006 sa však ustanovujú maximálne hodnoty obsahu mykotoxínov v obilí vrátane kukurice.

spomalením toku v prepravných cestách znížením výšky pádu do uskladňovacích buniek, použitím spádových brzdičov v potrubí, vhodným prispôbením tvaru výsypu v hlave korčekových dopravníkov a inými opatreniami.

Ďalším spôsobom ako možno znížiť náchylnosť na lámavosť resp. krehkosť, je návrh a prevádzka obilných sušičiek, ktoré zahŕňajú krok temperovania na jednom alebo viacerých miestach v cykle sušenia, aby sa umožnila rovnováha vlhkosti. Tento praktický prístup nielen zlepšuje kvalitu, ale znižuje aj spotrebu energie. Zaužívaným spôsobom pri kontinuálnych sušičkách je ale najmä zníženie teploty na prvom stupni sušenia (60 °C) a až následné zvýšenie teploty ohriatím na 70 - 75 °C.

Technológovia zistili, že zníženie mechanického poškodenia zrn pred sušením znižuje náchylnosť na ich krehkosť. Náchylnosť na

lámavosť môže byť nakoniec znížená šľachtením takých hybridov, ktorých zrná sú menej náchylné na rozlámanie ako súčasné priemerné hybridy. Niekoľko výskumných projektov skúmalo rozdiely v rýchlosti sušenia a náchylnosti na zlomenie zrn u vybraných druhov kukurice a ich hybridov. Preukázali sa významné rozdiely, ktoré boli konzistentné aj počas niekoľkých rokov, keď sa už eliminovali ročníkové vplyvy. Technológovia síl pri sušení vedia rozpoznať jasné rozdiely medzi hybridmi, ktoré lepšie „púšťajú vodu“ a tými, ktoré sa príliš dlho nahrievajú. Selektcia založená už pri výbere vhodných rodičovských línií by sa mohla použiť na zlepšenie kvality zrna v následnej F1 generácii určenej do predaja pestovateľom, ale mala by pamätať aj na hodnotenia celkovej výkonnosti, aby sa zabránilo zníženiu hektárových úrod.

Foto: M. Jakubec