

Příspěvek k problematice skladování obilovin s aspektem na sladovnický ječmen

663.421.004.4 664.724

Doc. Ing. FRANTIŠEK DUDÁŠ, CSc., Vysoká škola zemědělská, Brno

Sklizňovou zralostí dosahují zemědělské produkty sice rozhodující, nikoliv však poslední fáze. Po sklizni procházejí obdobím dormance a podléhají řadě endogenních i exogenních faktorů, které je mohou znehodnotit. Proto bohatá a včas provedená sklizeň není posledním článkem k zajištění výživy národa a krmení hospodářských zvířat, nýbrž získané hodnoty musí být i nadále pečlivě ošetřovány a chráněny. Každé poškozené nebo zničené zrna znehodnocuje práci zemědělce, přičemž způsobené škody a ztráty jsou docela zvláštní povahy, neboť se ničí hodnoty na konci výrobního procesu, který je vyprodukoval.

Podle údajů FAO se ztráty nutriční hodnoty obilovin, luskovin a olejnin odhadují na 10 % produkce, přičemž v rozvojových zemích dosahují hodnoty 30–35 %. Na druhé straně 500 mil. lidí trpí hladem a dalších 500 mil. podvýživou, z toho plných 40 % dětí.

Při hodnocení současné situace na úseku posklizňové úpravy a skladování, ve srovnání s ostatními průmyslově vyspělými státy má naše národní hospodářství značné a doposud ne zcela využitě rezervy. Technický rozvoj nákupu a skladování je oproti ostatním sektorům národního hospodářství značně pozadu. Zatímco v příbuzných oborech přecházíme k mechanizaci, v progresivnějších od mechanizace k automatizaci, trpí skladování nedostatkem skladů postavených podle požadavků vědecky podložené technologie a nedostatkem standardních, spolehlivých a dostatečně výkonných strojů, potřebných k ošetřování a manipulaci se skladovanými produkty.

Z uvedených důvodů musíme vyvinout veškeré úsilí a vytvořit pro skladované zemědělské produkty takové podmínky, aby si uchovaly nejen svůj zdravotní stav, ale aby byla zachována i jejich jakost z hlediska následného použití.

Z hlediska chemického složení a tedy i skladovatelnosti můžeme rozdělit zemědělské produkty podle obsahu vody a sušiny do 2 skupin:

Do první skupiny zařazujeme zemědělské produkty, jež obsahují v průměru 86–88 % sušiny a zbytek 12–14 % vody. To znamená, že poměr mezi vodou a sušinou je 1 : 6. Do této skupiny řadíme zemědělské produkty koncentrované, dobře skladovatelné, tj. obiloviny, luskoviny, olejninu a koncentrovaná krmiva.

Do druhé skupiny řadíme zemědělské produkty, které obsahují zhruba 20–30 % sušiny a zbytek 70–80 % vody. Jejich chemické složení je tedy jiné, zhruba obrácené, tj. na jeden díl sušiny připadají 4 díly vody. Do této skupiny patří suroviny vodnaté, hůře skladovatelné, jako např. brambory, ovoce, zelenina atd.

Protože obsah vody ovlivňuje podstatně intenzitu všech

fyzilogických a biochemických procesů, je třeba jej brát v úvahu při posklizňové úpravě, skladování, kontrole i zpracování zrna.

Při neodborném skladování se snížení užitné hodnoty projevuje na ztrátách:

- hmotnosti a sušiny,
- biologické hodnoty, tj. klíčivosti a klíčivé energie,
- technologické, nutriční a krmné hodnoty,
- v poškození zrna mikroorganismy, zejména plísněmi.

Příčinou uvedených ztrát je jednak dýchání a jednak škodlivá činnost mikroorganismů.

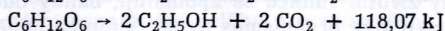
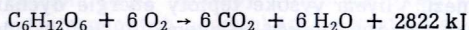
Dýchání

Existenční podmínkou každé živé hmoty je neustálá výměna látek, při níž vzniká energie potřebná pro životní činnost organismu. Proces látkové výměny všech živých složek obilní masy je složitý a projevuje se působením organismů, tedy obílek na prostředí a prostředí zpět na organismus, přičemž vliv prostředí může zcela zastavit všechny pochody látkové výměny, tj. zničit životnost zrna. Proto charakter a intenzita dýchání závisí nejen na složkách, z kterých se obilní masa skládá, ale také na podmínkách a vlastnostech okolního prostředí, v němž se nachází. Abychom mohli vytvořit pro skladované zrna optimální podmínky, musíme znát, kteří činitelé a v jakém směru a stupni intenzitu dýchání podporují nebo naopak omezují.

V prvé řadě si musíme uvědomit, že dýchání je složitý komplex biochemických přeměn, jimiž si opatřují jednotlivé buňky nezbytnou energii oksylováním a rozkladem organických látek. Jelikož semena oddělena od rostliny nemohou již doplňovat prodýchané látky asimilací, vznikají dýcháním ztráty sušiny a snížení hmotnosti zrna.

Proces dýchání probíhá v každé obilce samovolně a jeho vyjádření chemickými rovnicemi je prakticky nemožné, neboť sledovat biochemické pochody „in natura“ bez poškození životnosti semen se doposud nesetkalo s úspěchem. Pozoruje se zpravidla pouze vznik konečných produktů, tj. CO₂, vody a energie.

Obecně lze vyjádřit proces dýchání rovnicemi:



Uvedené rovnice nevystihují pochopitelně celý složitý mechanismus probíhajících procesů, nýbrž dávají pouze přehled o množství látek do reakce vstupujících, o reakčních zplodinách a pohybu energie. Za přítomnosti kyslíku, působením oxidáz, peroxidáz a dehydráz, vzniká

kají látky typu organických peroxidů, které přecházejí nesčíslným množstvím reakcí na stále jednodušší složky při současném uvolňování energie, kterou z části využívají buňky k řízení životních procesů.

První z uvedených rovnic charakterizuje dýchání aerobní, druhá dýchání anaerobní s využitím kyslíku obsaženého v samotném semenu. Z rovnic je dále patrné, že u obou typů dýchání vznikají ztráty sušiny. Velikost těchto ztrát je závislá na energii dýchání a může za příznivých podmínek dosáhnout katastrofálních rozměrů. Při aerobním dýchání vzniká rozkladem 1 molekuly glukózy 264 g CO₂, 108 g vody a spotřebuje se 192 g kyslíku. Dále se uvolňuje značné množství energie, která z převážné části uniká do prostředí jako energie tepelná.

Voda, jako jedna z nejdůležitějších zplodin z hlediska skladování, zůstává v mezizrnovém vzduchu, zvyšuje jeho relativní vlhkost, způsobuje zvlhnutí zrna a tím zintenzivnění všech fyziologických pochodů a rozmnožování mikroorganismů. Druhá zplodina CO₂ může být, zejména v nevětraných skladech a v silech příčinou intramolekulárního dýchání a tím poškození klíčivosti a klíčivé energie, zejména u zrna vlhkého a mokrého. U zrna suchého působí CO₂ autokonzervačně, to znamená, že zabraňuje rozvoji mikroorganismů, zejména plísní. Dále je z rovnic patrné, že obě jsou exotermické, tj. jsou spojeny s produkcí určitého množství energie, která zejména při dýchání aerobním, kdy je glukóza zcela spalována na CO₂ a vodu se uvolňuje ve značném množství. Jelikož obilná masa má špatnou tepelnou vodivost a tepelná vlna již po 0,5–0,7 m zcela zaniká, může být intenzivní dýchání jednou z příčin samozahřátí zrna. Proto je nutno během skladování vytvářet pro zrna takové podmínky, jež snižují jeho životní pochody na minimum.

Z hlediska praktického je výhodnější dýchání anaerobní, protože nevznikají při něm tak vysoké ztráty sušiny. Vzniká podstatně menší množství tepla, zrna dýchá méně intenzivně, poněvadž nemá dostatek kyslíku. Tyto poznatky se staly základem pro vypracování technologického postupu skladování zrna za nepřístupu vzduchu. Uvedený způsob skladování nelze však použít u zrna, kde nám záleží na klíčivosti a klíčivé energii. Při tomto způsobu dýchání vzniká totiž ethylalkohol, aldehydy a ketony, které snižují biologickou hodnotu a životnost zrna.

I když intenzita dýchání je závislá na řadě činitelů, mají z hlediska praktického největší význam vlhkost, teplota, přístup kyslíku a zdravotní stav.

Vlhkost zrna ovlivňuje ze všech uvedených faktorů intenzitu dýchání nejúčinněji. Energie dýchání suchého zrna se rovná téměř nule. Naproti tomu zrna o vlhkosti 30 % ztrácí až 0,20 % sušiny za den. Se zvyšováním vlhkosti se zpravidla objeví voda volná, která migruje z buňky do buňky a zúčastňuje se látkové výměny. Kritická vlhkost u všech obilovin se pohybuje v rozmezí 14,50–15,5 % a projevuje se zvláště při teplotě zrna nad 15 °C. Uvedené vlhkosti odpovídá relativní vlhkost vzduchu 80 %, která je zároveň hranicí pro rozvoj plísní. Proto technologická pravidla vyžadují, aby vzduch přicházející do styku s obilím neměl vyšší relativní vlhkost než 75 %.

Zrna středně suché dýchá 2–4krát intenzivněji, obilí vlhké 4–8krát intenzivněji, kdežto zrna mokré 20 až 30krát intenzivněji než zrna suché (do 14 % vody).

Teplota. Životní činnost semen probíhá v určitém teplem rozmezí. Vlivem vysoké teploty energie dýchání slábne, všechny životní funkce se zpomalují, buňky odumírají a zrna jako živý organismus hyne. Odolnost buněk proti přehřátí nebo silnému ochlazení je do značné míry závislá na vlhkosti zrna. Čím je vlhkost nižší, tím jsou koncentrovanější buněčné šťávy a tím je větší odolnost semen vůči zahřívání nebo ochlazení.

Se stoupající teplotou se životní činnost semen zvyšuje,

neboť klesá viskozita roztoků v buňce, aktivuje se činnost enzymů, zlepšují se podmínky difúze buněčných šťáv i plynů v mezibuněčných prostorách, přičemž se zvyšováním teploty uvolňuje obilní masa tím více tepla, čím je vyšší vlhkost semen.

Při vlhkosti 17 % a teplotě 20 °C se zvýší teplota zrna po 3 dnech o 0,6 °C, po 5 dnech již o 1,3 °C. Při teplotě 25 °C se zvyšuje teplota již o 1 a 2 °C. Při vlhkosti 19 a 22 % a teplotě 25 °C se teplota zrna zvýší po 3 dnech o 2,2, po 5 dnech již o 4 °C. Přitom tyto údaje se týkají pouze vývinu tepla zrnem. Skutečná termogeneze je však v důsledku podílu tepla produkovaného mikroorganismy podstatně vyšší.

Z uvedeného je zřejmé, že teplota má velký význam pro skladování, a proto včasné snížení teploty zrna je jedním z nejdůležitějších technologických opatření, používaných ve skladovací praxi.

Přístup vzduchu ke skladovanému zrně má rovněž značný vliv na způsob a intenzitu dýchání. Při skladování ubývá v mezizrnových prostorách kyslík a místo něho se hromadí CO₂. Ze všech dosavadních poznatků vyplývá závěr, že obilí pro mlynářské a krmné účely lze skladovat jak za přístupu, tak i za nepřístupu vzduchu. K uchování osivových vlastností a pro speciální průmyslové účely (slad), je třeba skladovat zrna s vlhkostí nad 14 % bezpodmínečně za dostatečného přístupu vzduchu.

Zdravotní stav je také velmi důležitým činitelem, ovlivňujícím intenzitu dýchání. Obilky nedozrálé a porostlé obsahují větší množství monosacharidů, nebiokovinného dusíku a jiných lehce oxidovatelných látek. Proto jsou lépe přizpůsobeny k intenzivnějšímu dýchání než semena vyzrálá. Rovněž obilky mechanicky poškozené dýchají intenzivněji, neboť narušením obalových vrstev je umožněn volný přístup kyslíku k zásobním látkám. Zejména semena poškozená v okolí zárodku dýchají mnohem intenzivněji, než obilky poškozené ve větší vzdálenosti od klíčku. V souvislosti s uvedeným je intenzita dýchání velkých obilek vždy nižší než u obilek malých, zadinových a scvrklých. Například drobná semena uvolní za jednotku času při stejných podmínkách 1,5krát více CO₂, vody a tepelné energie než semena plnohodnotná.

Dalším zdrojem ztrát na hmotnosti a škod na jakosti zrna mohou být mikroorganismy, kterých může obsahovat 1 g zrna podle podmínek růstu, zrání a druhu obilí několik tisíc až několik milionů jedinců. Přítomné mikroorganismy se nacházejí na povrchu obilek, vnitřek zrna je téměř sterilní, i když poslední zprávy mluví o existenci tzv. vnitřní mikroflóry. Aby se uchovala původní jakost zrna a omezily ztráty na hmotnosti a jakosti, je třeba zrna chránit před hromadným pomnožením mikroorganismů.

Mikroflóra zrna je zastoupena bakteriemi, plísněmi, kvasinkami a kvasinkovitými mikroorganismy, přičemž u zdravého zrna mají naprostou převahu bakterie. Přítomné mikroorganismy můžeme rozdělit na mikroflóru epifitní a doprovodní. Epifitní mikroflóra se dostává na zrna z mateřské rostliny, doprovodní z půdy, dešťovou vodou, větrem, při sklizni a dopravě zrna. Zvláště velké množství mikroorganismů se nachází na obilí sklizeném za deštivého počasí a u zrna dopravovaného a skladovaného za nehygienických podmínek.

Mikroorganismy přítomné na obilí lze rozdělit:

- na mikroorganismy saprofitické,
- mikroorganismy fytopatogenní a
- mikroorganismy zoo- a homopatogenní.

První skupina mikroorganismů tvoří základní složku mikroflóry a vyskytuje se v každém obilí. Zástupci druhé skupiny se vyskytují pouze v malém počtu, kdežto mikroorganismy třetí skupiny pouze náhodně. Z tohoto důvodu

na změny jakosti během skladování mají vliv pouze saprofytické mikroorganismy, zbývající dvě skupiny zpravidla jakost neovlivňují a stanovují se pouze při určování obchodní jakosti obilí.

Důležitou vlastností, se zřetelem na skladované zrno, je schopnost mikroorganismů přizpůsobovat se různým životním podmínkám a možnost života bez přijímání potravy. Mikroorganismy, zejména plísně, obsahují velké množství enzymů, což jim umožňuje rozkládat bílkoviny, sacharidy, tuky a dokonce i celulózu. Proto lze trvanlivost a původní kvalitu zrna zabezpečit pouze tehdy, jsou-li vytvořeny podmínky, jež nedovolí rozvoj saprofitních mikroorganismů, nebo jej omezí na nejmenší možnou míru.

Důležitými podmínkami, umožňujícími rozvoj mikroflóry jsou vlhkost, teplota, přístup vzduchu a zdravotní stav. Ostatní činitele (světlo, pH, atd.) mají již jen druhotný význam.

Vlhkost zrna

Vlhkost zrna je nejdůležitější podmínkou, určující činnost a intenzitu rozvoje mikroorganismů. Čím je vyšší vlhkost, tím intenzivněji probíhá výměna látek mezi buňkou a prostředím a tím rychleji a lépe se mikroorganismy rozmnožují. Z praxe je všeobecně známo, že zemědělské produkty, obsahující hodně vody (ovoce, zelenina) jsou napadány a ničeny mikroorganismy daleko snadněji a rychleji než produkty s vyšším obsahem sušiny. Jelikož mikroorganismy, zejména plísně, vynikají vysokým osmotickým tlakem uvnitř buněk, mohou se za příznivých okolností rozvíjet i v prostředí s poměrně nízkým obsahem vody. Jsou známy případy rozvoje mikroorganismů v obilí s vlhkostí 13–14 % a dokonce i s vlhkostí 12,5 %. Přibližná hranice vlhkosti zrna, při které se mohou rozvíjet různé druhy mikroorganismů, se pohybuje u plísní v rozmezí 14–15 % a u bakterií 16–17 %. Kritická hranice vlhkosti pro rozvoj mikroorganismů bude pravděpodobně závislá na celkovém obsahu a rozdělení vody v obilí, na složení obalů, na přítomnosti kapilární vody a zejména na obsahu vody v zárodku.

Teplota

Z hlediska tzv. tepelného optima lze rozdělit mikroorganismy

- na chladnomilné — psychrofilní, s optimem kolem 0 °C,
- teplomilné — termofilní, s optimem kolem 60 °C,
- mesofilní — vegetující při středních teplotách 15–30 °C.

V obilí jsou přítomny převážně mesofilní mikroorganismy. Snížení teploty jejich rozvoj zpomaluje nebo úplně zastavuje. Lze tedy nízkých teplot využít při skladování jako preventivního opatření proti rozvoji mikroorganismů. Znatelné snížení životní činnosti mikroflóry lze pozorovat již při teplotě 12 °C.

Přístup vzduchu

Bylo zjištěno, že převážnou část mikroflóry obilí tvoří aerobní mikroorganismy. Přítomnost anaerobů nemá praktický význam. Je tedy zřejmé, že za dostatečného přístupu vzduchu bude počet mikroorganismů daleko vyšší než při uložení zrna v hermeticky uzavřeném prostoru, přičemž se projeví také rozdíly ve druhovém složení mikroflóry. Při nedostatku kyslíku se rozvíjejí plísně a bakterie, které nemají schopnost podstatně narušovat škrob a celulózu a proto nejsou pro skladování tak nebezpečné.

Z uvedeného vyplývá, že při skladování je třeba přístup vzduchu vhodně regulovat a obilí zbytečně nevětrat,

neboť omezení přístupu vzduchu a nahromadění CO₂, provázené snížením vlhkosti a teploty vede nejen ke snížení celkového množství, ale i životnosti mikroflóry.

Zdravotní stav

Zdravá a živá semena s neporušenými obaly se proti mikrobiálnímu napadení brání; mrtvá, scvrklá a poškozená zrna tuto odolnost ztrácejí. Nejzranitelnější je klíček, který obsahuje velké množství živin a je pokryt pouze tenkou ochrannou slupkou.

Z uvedeného je zřejmé, že výskyt poškozených a rozpuštěných zrn snižuje odolnost obilí při skladování. Takové obilky jsou nebo se mohou stát lehce nositeli aktivních mikrobiálních ložisek, proto musí být odstraněny dříve, než se obilí uloží.

TECHNIKA SKLADOVÁNÍ

Velmi důležitým a odpovědným úkolem s ohledem na specifickou jakost jednotlivých partií je správné rozmístění obilí ve skladech, přičemž je třeba přihlížet k jeho vlhkosti, obsahu příměsí a nečistot a k účelu, ke kterému bude zrno po vyskladnění sloužit. Podle technických možností skladu se před kampaní připraví tzv. operační plán, podle něhož se zrno přijímá, rozmisťuje a dále upravuje. Bezpodmínečně nutné je však odstranit prach a příměsi a okamžitě zpracovat zrno o vysoké vlhkosti. Za nepříznivých podmínek během sklizně je třeba využít všech dostupných metod nebo je vhodně kombinovat. U nejvlhčího obilí se zpravidla použije termické sušení, u trvanlivějších partií zchlazení nebo aktivní větrání. V krajním případě je třeba počítat také s chemickou konzervací.

Vzhledem ke složitosti procesů, probíhajících v obilní mase bylo vypracováno několik technologických postupů, které lze rozdělit

- na skladování zrna v suchém stavu,
- skladování zrna ve zchlazeném stavu,
- skladování zrna za použití aktivního větrání,
- za nepřístupu vzduchu,
- skladování zrna pomocí chemických prostředků.

Technologický postup a technika skladování u nás odpovídá základní metodice skladování zrna v suchém stavu, s využitím metody zchlazování a aktivního větrání. Poslední dva způsoby se pokládají u nás za způsoby nestandardní.

Skladování zrna v suchém stavu je založeno na poznatku, že u obilí s nízkým obsahem vody (do 14 %) probíhají všechny fyziologické procesy (dýchání) velmi pomalu, omezuje se do značné míry rozmnožování a škodlivá činnost mikroorganismů. Při současné konstrukci skladů je tento klasický způsob konzervace nejvhodnější, a technika sušení zůstává nejdůležitějším úkolem ve všech zemích.

Podle statistických údajů je každoročně třeba sušit přibližně 50 % celosvětové produkce obilovin, luskovin a olejnin, přičemž sušení se netýká pouze oblastí ve střední a severní hemisféře, ale i oblastí tropických a subtropických.

Na druhé straně se prohlubuje energetická krize a je odklon od sušení přímým ohřevem, které je zhruba o 30 % levnější než sušení nepřímé; hledají se proto nové ekonomičtější způsoby (dryerace, recirkulační sušení v izotermických podmínkách) a vyvíjejí se snahy o racionální uspořádání celého procesu sušení.

Aby se dosáhlo optimálního technologického a ekonomického efektu, je nezbytné přihlížet k četným faktorům, z nichž jsou nejdůležitější teplota náhřevu zrna a teplota sušícího média. Teplota náhřevu zrna musí být co nejvyšší, přitom nesmí však být poškozeny biologické a

technologické vlastnosti zrna s ohledem na jeho další použití. Překročení náhřevu zrna pouze o několik °C snižuje jakost a užitnou hodnotu, zejména u osiva a sladovnického ječmene. Nedokonalé zahřátí naopak snižuje efekt sušení, prodlužuje dobu expozice a snižuje výkon sušárny. Výše přípustné teploty je závislá na účelu použití zrna, na počáteční vlhkosti a schopnosti semen odevzdávat vodu. Přitom sušení nevede pouze ke snížení vlhkosti zrna, ale i k omezení mikroflóry, ke zlepšení jakosti a v určitých případech také ke zvýšení jeho technologické hodnoty.

Skladování zrna ve zchlazeném stavu je založeno na poznatku, že při nízké teplotě se životní činnost všech živých složek skladované masy snižuje nebo zcela zastavuje. Ačkoliv až do nedávna vedle sušení neexistoval žádný jiný způsob účinné konzervace zrna, který by měl význam pro praxi, začíná mu v poslední době zcela vážně konkurovat konzervace chlazením, neboť k vysušení zrna oproti chlazení je zapotřebí na stejný stupeň skladovatelnosti 2–3krát vyšších nákladů na energii. Proto tento způsob považují odborníci za největší pokrok, kterého bylo na úseku skladování dosaženo za posledních 20 let. Navíc zchlazování zrna je spojeno se sušicím účinkem, který je v souvislosti s konzervací velmi žádoucí a je úměrný délce chlazení a relativní vlhkosti použitého vzduchu. Změny teploty zchlazených partií jsou velmi pozvolné a činí v průměru 0,04 °C za den.

Zvláštní význam má tento způsob u zrna vlhkého a mokrého, které nelze v krátké době vysušit, takže zchlazení zrna je základním a často jediným způsobem jeho zachrany. Nejdůležitější dva faktory, tj. vlhkost a teplotu lze tedy pokládat z hlediska biologické účinnosti za rovnocenné a vzájemně zastupitelné. Snížením teploty o 5 °C se dosáhne stejného konzervačního účinku, jako snížením vlhkosti o 1 %, přičemž snížení teploty je po stránce ekonomické efektivnější než snížení vlhkosti. Uvedený způsob se osvědčuje hlavně při skladování zrna na kratší dobu. Zrno se zchlazuje přehazováním, přepouštěním, přetahováním nebo aktivním větráním, které je po stránce biologické a ekonomické nejvýhodnější.

V posledních letech se stále ve větším měřítku používá umělé chlazení vzduch. Bez ohledu na náklady bylo v praxi potvrzeno, že tato metoda je výhodná, neboť včasné zchlazení čerstvě sklizeného zrna snižuje pouze ztráty na sušinu, ale zabraňuje také rozvoji mikroorganismů a v mnoha případech ovlivňuje v kladném směru jakost finálních produktů. Generátor chladicího vzduchu „Granifrigor“ se v současné době vyrábí o výkonu 30, 60, 110, 170 a 350 t/24h.

U nás bylo vyvinuto chladicí zařízení, které se skládá z blokové jednotky se vzduchovým kondenzátorem o výkonu 125 000 kJ/h, s výstupní teplotou 5 °C, při vstupní teplotě vzduchu 25 °C. Radiální ventilátor dodává asi 2 300 m³ vzduchu/h, při přetlaku 1,935 mm, což umožňuje zchladit zrno ve sloupci přes 20 m. Zchlazené zrno se musí skladovat v silových komorách nebo ve skladech, které lze vzduchotěsně uzavřít.

Stupeň zchlazení se řídí podle vlhkosti zrna, ročního období a předpokládané doby uložení. V žádném případě nesmí zrno zvlhnout a nesmí být uloženo delší dobu, než dovoluje Klejevův diagram. Přechod na letní techniku skladování musí být postupný a opatrný, neboť jinak by mohlo dojít ke kondenzaci vodních par a ke zkáze zrna. Nadbytečné zchlazení působí často potíže. *Skladování zrna pomocí aktivního větrání* je kombinací prvních dvou způsobů, tj. skladování zrna v suchém a ve zchlazeném stavu. Je založeno na prostupnosti obilní masy pro vzduch. Známe-li stav zásob a vlastnosti okolního vzduchu, můžeme mezizrnový vzduch vyměnit, zrno zchladit, vysušit a tím je prakticky konzervovat. Aktivní větrání má tedy značný technologický účinek. Je výhodné také

z hlediska ekonomického, neboť zrno není třeba přehazovat. Hlavní podíl nákladů tvoří náklady na energii a strojní zařízení. Nepřetržitý způsob větrání se používá hlavně při chlazení, kdežto přerušovaný v tom případě, chceme-li dosáhnout také snížení vlhkosti zrna. Zpravidla se větrá 5–15 min, po hodinové přestávce.

Vysokého technologického efektu se dosáhne jedině tehdy, když se zchladí všechny vrstvy zrna na žádanou hodnotu. Zrno nedostatečně zchlazené má v zimním období tendenci se na jaře působením enzymů a mikroorganismů rychle zahřívat. Odtud také známe rčení „na jaře se obilí hýbe“.

Při postupu chladného vzduchu zrnem se vyčleňují 3 zóny:

- zóna zchlazeného zrna,
- zóna, v níž se chlazení uskutečňuje a
- zóna ještě nezchlazeného zrna.

Z těchto důvodů je konec zchlazování často obtížně stanovitelný. Z jednotlivých druhů obilnin se nejrychleji zchlazuje kukuřice (60 h), pšenice (75 h), ječmen (90 h) a olejnin (100–120 h).

Doba větrání potřebná pro konečné zchlazení se rovná akumulovaným časům aktivních fází větrání. Při každém chlazení postupuje zchlazovací vlna v silové komoře o určitou výšku. Během vzdušných přestávek zůstává vrstva zchlazeného zrna stacionární. Tento postup lze však uvažovat pouze u zrna suchého. Jestliže je zrno vlhké nebo dokonce mokré, musí větrání postupovat tak, aby zchlazovací zóna dosáhla pokud možno co nejrychleji horní vrstvy. V případě, kdy čas větrání je příliš krátký, je zchlazena pouze spodní partie. V horní partii, která je teplejší, se vyvíjejí teplotní poměry nezávisle na zchlazené zóně.

Zkušenosti ukazují, že pro dosažení účinného zchlazení zrna je nutno počítat s měrnou dávkou 1000 až 1200 m³ vzduchu na m³ zrna. Množství vzduchu, které projde zrnem za jednotku času, udává dynamiku větrání, která se doporučuje u kukuřice na hodnotu 20, pšenice 13, ječmene 12 a u olejnin 10. Za účelem optimálního zchlazení a úspor elektrické energie by se mělo větrat pokud možno s co největší intenzitou. Z fyzikálního a ekonomického hlediska je výhodnější noční větrání (chladnější vzduch, nižší náklady na energii). Přitom není potřeba se obávat využití vlhkého vzduchu, jestliže rozdíl teplot je vyšší než 5 °C. Jako optimum se uvádí rozdíl teplot 8 °C. Je totiž potřeba brát v úvahu, že ventilátor podle hodnoty přetlaku zahřeje vzduch, při nižší teplotě o 1 °C, při hodnotě vyšší o 2 °C, v důsledku čehož se venkovní vzduch o teplotě 15 °C a relativní vlhkosti 90 %, změní na vzduch o teplotě 17 °C s relativní vlhkostí 80 %.

Větrání praktované s velkým tepelným rozdílem, odchylka větší než 7 °C se nedoporučuje v tom případě, kdy je aplikováno pozdě po uskladnění zrna. Stěny silových komor, stejně jako horní vrstva zrna se v kontaktu se vzduchem progresivně zchlazují, zatímco hmota zrna zůstává teplá. Při větrání za těchto podmínek může dojít k rosnému bodu a ke kondenzaci vodních par na stěnách a povrchu zrna, takže je riziko tvorby ztvrdlých ložisek, které pak zabraňují průniku vzduchu při pozdějším větrání.

Jestliže je nutno větrat s velkým tepelným rozdílem mezi zrnem a vzduchem (v létě nebo po výrazném poklesu vnějších teplot, popř. při opožděném větrání vzhledem k vhodnému momentu), lze eliminovat částečně tvorbu kondenzátu delší dobou větrání. Proto první větrání se musí aplikovat brzy po uskladnění zrna. Finální teplota skladovaného zrna je závislá na jeho vlastnostech, počáteční vlhkosti a na předpokládané době uložení. Při skladování ječmene po dobu 6 měsíců by se teplota

ta měla pohybovat kolem 5 °C, přičemž výsledné teploty se dosahuje v měsíci listopadu až prosinci. Při velmi suchém zrna (13–13,5 %) není zapotřebí snižovat teplotu níže než na 10–12 °C, neboť v tomto případě slouží zchlazení zrna výhradně jako ochrana proti skladištním škůdcům.

Jako optimální se uvádí spotřeba elektrické energie 1–2 kWh na 25 m² podlaží, 3 kWh znamenají již příliš vysokou hodnotu, ještě vyšší hodnoty jsou v praxi již nepřijatelné. Energetická spotřeba je vždy vyšší u suššího zrna. Velké obilky se zchlazují na stejnou teplotu snáze a s nižší energetickou spotřebou.

K aktivnímu větrání je nutné speciální zařízení, které se skládá z ventilátorů, soustavy hlavních a rozdělovacích kanálů, jimiž se vhání vzduch do chlazené hromady. Při větrání je třeba otevřít okna a dveře skladu, aby mohl vzduch volně proudit a zabránilo se kondenzaci par na stěnách skladu. Vhánění vzduchu musí být stejnoměrné, neboť jinak se vytvářejí předpoklady v nevětraných místech hromady pro vznik hnízdového samozahřívání. Účinnost větrání závisí z velké části na homogenitě rozvodu vzduchu. Přitom vzduch musí být vyměněn tolikrát, aby se partie vysušila a zchladiła na požadovanou hodnotu. Malý počet výměn nesplní požadovaný cíl. Ke zchlazení suchého zrna je potřeba alespoň 200, u zrna s vlhkostí 16–17 % nejméně 800, kdežto u zrna mokrého 1500–1800 výměn za 24 h. Jinak se na vlhčících místech při teplotě nad nulou rozmnožují plísňe. Není-li větrací zařízení dostatečně výkonné, snižujeme výšku hromady.

Výhody aktivního větrání se v plné míře projevují především ve skladech hangárového typu a u větracích sil. Za mezní hodnoty, kdy by se mělo větrat, se považuje vlhkost zrna 16 %, teplota zrna 20 °C a relativní vlhkost vzduchu 80 %.

Dudáš, F.: Příspěvek k problematice skladování obilovin s aspektem na sladovnický ječmen. Kvas. prům. 29, 1983, č. 4, s. 75–79.

Autor úvodem podrobně rekapituluje faktory určující

způsob skladování a ošetřování, tj. dýchání, vlhkost, teplotu, přístup vzduchu a zdravotní stav.

Ve druhé části diskutuje vlastní techniku skladování v suchém, zchlazeném stavu a za použití aktivního větrání, a to s hlavními údaji ekonomickými.

Дудаш, Ф.: К проблематике хранения хлебных злаков с точки зрения хранения пивоваренного ячменя. Квас. прум., 29, 1983, № 4, стр. 75–79.

В введении автором подробно рассматриваются факторы, определяющие способ хранения и ухода за ними, т. е. респирация, влажность, температура, доступ воздуха и здоровье зерна. Во второй части автор обсуждает собственную технику хранения, включающую хранение в сухом, охлажденном состоянии с применением активного проветривания, и то одновременно с экономическими данными.

Dudáš, F.: Contribution to Problems with a Storage of Cereals with Respect to Brewing Barley. Kvas. prům. 29, 1983, No. 4, 75–79.

Factors characterizing the manner of a storage, i. e. a respiration, moisture, temperature, air supply and physiological state are discussed. In the second part, the technique of a storage proper comprising a dry storage, a storage in a freezing state and a storage under active aeration are compared, especially from the economical standpoint.

Dudáš, F.: Beitrag zur Getreidelagerung mit Hinsicht auf Braugerste. Kvas. prům. 29, 1983, Nr. 4, S. 75–79.

Der Autor rekapituliert zuerst ausführlich die Faktoren, die die Wahl der Lagerung und Behandlung bestimmen, d. h. Atmung, Feuchtigkeit, Temperatur, Luftzutritt, und Gesundheitszustand. In dem zweiten Teil wird die eigentliche Lagerungstechnik diskutiert, einschließlich die Lagerung im trockenem, gekühlten Zustand und bei Applikation aktiver Belüftung; es werden auch ökonomische Angaben angeführt.