

# VYBRANÉ ZPŮSOBY KONTROLY KVALITY ŘEPKY V PRŮBĚHU JEJÍHO SKLADOVÁNÍ

*Selected Methods of Quality Control During Rapeseed Storage*

Josef PECEN<sup>1</sup>, Petra ZABLOUDILOVÁ<sup>2</sup>, Grzegorz SZWED<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Česká zemědělská univerzita v Praze,; <sup>2</sup>Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze; <sup>3</sup>Politechnika Lubelska

**Summary:** The paper deals with three different modalities of the qualitative status of rapeseed stored in silos. Variables determining the quality of seed are measured directly. Two assesses ways to put seeds in storage as one large sample (method of aeration of seeds and the method of detection of odors from the layer of seeds). These two forms reveal the quality of stored seeds sequent and it is based on values measured variables. The third way to detects of the duality of material stored (based on impacts) is more predictive, because it is based on the measurement of specific properties of individual seeds. Their values are inserted into the simulation model. Its output (solution) determines the state of stored material and thus steps to maintain the quality of seeds.

**Key words:** ventilation, rapeseed deformation, impact, olfactory, gas emission

**Souhrn:** Příspěvek se zabývá třemi různými způsoby zjišťování kvalitativního stavu semen řepky uskladněných v silech na základě přímého měření některých veličin, které určují kvalitu semen. Z toho dva způsoby hodnotí uskladněné semeno jako jeden velký vzorek (metoda provzdušňování semen a metoda detekce pachů). Tyto dva způsoby vypovídají o kvalitě skladovaných semen až následně, na základě změřených veličin. Třetí způsob zjišťování stavu uskladněného materiálu (s využitím impaktu) je naopak prediktivní, protože na základě konkrétních, změřených vlastností jednotlivých semen a dosazených do simulačního modelu určuje stav uskladněného materiálu a tím určuje i budoucí opatření k udržení kvality semen.

**Klíčová slova:** provětrávání, deformace semen řepky, impakt, olfaktometrie, emise plyných látek

## Úvod

Znalost aktuálních skladovacích podmínek a hlavně jejich působení na skladovaný materiál byla a je velmi důležitá pro kontrolu a zachování kvality skladovaného materiálu. Celý tento proces je prakticky soustředěn do dvou skupin činností:

- získávání informací o aktuálním stavu skladovacích podmínek, skladovaného materiálu a jejich analýza;
- realizace regulačních opatření plynoucích z analýzy získaných informací, aby nedošlo ke ztrátě kvality skladovaného materiálu, či jeho nevratnému poškození.

Vzhledem k velkým objemům skladovaného materiálu (např. semene řepky) mají i malá pochybení v tomto procesu velké následky. Proto je často vyžadována on-line kontrola skladovacích podmínek i kvality skladovaného materiálu a predikce blízkého budoucího stavu skladovaného materiálu se stává nutností. Pro udržení kvality skladovaného materiálu v případě řepky (ale i ostatních semen) má rozhodující vliv vlhkost a teplota skladovaného materiálu, méně potom i odrůda semene a případné zavlečení plísni a různých škůdců do skladovacího prostoru.

Ve skladových prostorách se dá teplota, ale částečně i vlhkost ovlivnit prouděním vzduchu vrstvou materiálu. To je jedna z metod umožňujících i získávání vyhovujících informací o vlhkosti a teplotě uskladněných semen, například v silech. V současné době je tato metoda stále více populární. Projektování a fungování systémů provzdušňování (aerace) vyžaduje dobrou znalost charakteristiky poklesu tlaku vzduchu proudícího přes vrstvu provětrávaného materiálu. To znamená znalost veličin, které o tomto poklesu rozhodují, tedy především rychlost proudění vzduchu a pórovitost vrstvy materiálu. O pórovitosti rozhodují hlavně roz-

měry a tvar semen (jakož i množství nečistot a velikost deformací jednotlivých semen). Mimo to, pórovitost může být různá v různých místech vrstvy a může tak způsobovat i místní rozdíly ve velikosti odporu proudění vzduchu vrstvou.

Odpor proudění vzduchu v sypkých materiálech rostlinného původu je předmětem výzkumu již velmi dlouho. Zabývali se jím Agrawal a Chand [1], Bakker-Arkema aj. [2], Barrowman a Boyce [3]. Přehled prací s tematikou této oblasti uvádí Jayas [5]. Naproti tomu Szwed [13] i Szwed a Lukaszuk [14] zkoumali změnu odporu proudění vzduchu vrstvou semen řepky v závislosti na době a podmínkách skladování semen (vlhkosti, teplotě a velikosti zatížení semen) nepřetržitě po dobu jednoho měsíce. Určení odporu proudění bylo opřeno o ustálené (statické) údaje tlaku vzduchu potřebných k jeho průchodu vrstvou semen řepky.

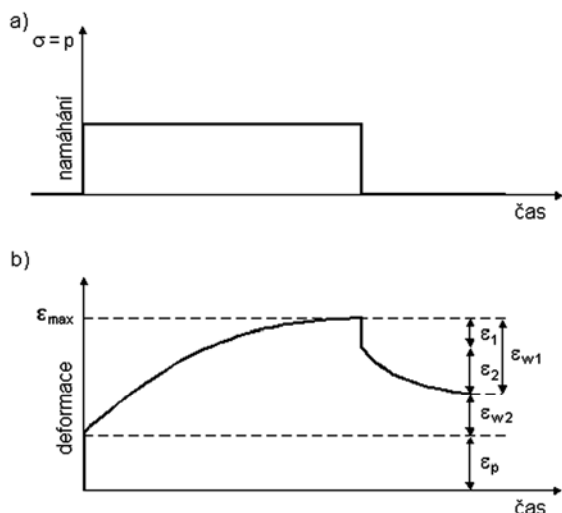
Chování semen řepky a obecně podobného biologického materiálu vystaveného mechanickému namáhání je trochu komplikované. Semena řepky (vystavená stálému zatížení), se s ohledem na svou stavbu a chemické složení chovají jako tělesa (objekty) **viskoelastické** (s vlastnostmi mezi pevnými tělesy a kapalinami). To je nejvíce patrné na průběhu mechanické deformace semen. Z počátku to budou deformace pružné, které během delší doby skladování přejdou v deformace trvalé. Důsledkem těchto jevů je deformace až zničení struktury buněk semen. S ohledem na obvyklé uspořádání semen v silu můžeme vyjádřit následující druhy deformací celého vzorku vzniklých v důsledku existujícího namáhání (obr. 1):

$\epsilon_p$  **prvotní deformace** vzniklá v důsledku přemístování semen nebo změny jejich vzájemné polohy či orientace. Velikost těchto deformací záleží na rozdílu ve velikostech skladovaných semen, jejich tvaru a především na koeficientu tření mezi

nimi, protože se jedná převážně o vzájemný pohyb semen na základě jejich vnějšího zatížení (vzorku).

$\epsilon_{w1}$  **druhotná deformace – pružná**, vzniklá deformací pružných a viskoelastických elementů vnitřní struktury semen jako výsledek existence volných vnitřních prostor (v semenech). Na velikost těchto deformací má vliv struktura a stavba semen, místo působení namáhání, koeficient tření mezi jeho jednotlivými částicemi uvnitř semen apod.

$\epsilon_{w2}$  **druhotná deformace – trvalá**, vzniklá z trvalé deformace i destrukce jednotlivých buněk semen



Obr. 1. Chování semen vzorku pod vlivem nastaveného tlaku (namáhání  $\sigma$ ) v tlakové komoře.

## Materiál a metoda

Skladovací podmínky semene řepky v silu byly zjišťovány celkem třemi různými způsoby, i když s různou intenzitou a přístupem. Především to byla simulace na zařízení, které velmi dobře napodobovalo skutečné podmínky v silu a které je podrobně popsáno včetně postupu v [15]. Popsaný způsob byl založen na změně tlaku vzduchu procházející vrstvou semen, která byla způsobena hlavně deformací semen vzorku. Získané údaje byly také nekompletnější. K pokusům byly využity dvě odrůdy ozimé řepky (Californium a Bazy), jedna odrůda jarní řepky (Star) a tři hodnoty počáteční vlhkosti semen (6, 9, 11 %). Vyčištěné vzorky semen o hmotnosti 2,5 kg byly vytvarovány do téměř kulového tvaru pomocí gumových vzdušnic do kterých byla semena nasypána a umístěny v tlakové komoře (napodobující situaci v silu). Atmosféra vzorku semen (uvnitř gumové vzdušnice) byla spojena s venkovní atmosférou (okolí tlakové komory) pomocí uzavíracího ventilačního zařízení. V pravidelných časových intervalech byly měřeny průměry vzorku semen (průměr gumové vzdušnice se semeny) a tlak vstupujícího vzduchu, při kterém byl nastaven ustálený průtok vzduchu  $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , (měřeno rotačním průtokoměrem). Měřítkem odporu průchodu vzduchu vzorkem byla hodnota tlaku, nezbytná pro vynucení konstantního

- způsob namáhání semen
- průběh deformace semen vlivem namáhání
  - $\epsilon_{w1}$  – deformace druhotná – pružná
  - $\epsilon_1$  – pružná
  - $\epsilon_2$  – viskoelastická
  - $\epsilon_{w2}$  – deformace druhotná – trvalá
  - $\epsilon_p$  – prvotní deformace

Je třeba poznamenat, že semena řepky jsou v porovnání se zrny obilnin mnohem snadněji náchylná na deformace vzniklé z mechanických napětí (namáhání) působících v silách. Jejich vlivem dochází v krajních případech k hrudkování („spékání“) semen, což znesnadňuje nejen průtok vzduchu vrstvou skladovaných semen ale i jejich vyskladňování ze silu. „Spečená“ semena zcela ztratila, z hlediska jejich pevnosti, svou pružnost ( $\epsilon_1 = 0$ ) a jejich provětrávání kleslo na minimum. Navíc, takto poškozená semena jsou snadným terčem pro rozvoj plísní a tedy i příčinou dalšího zvýšení odporu proudění vzduchu vrstvou semen, nehledě na téměř totální znehodnocení skladovaných semen napadených plísní.

V případě skladovaných semen řepky o různém stupni zralosti a různých mechanických vlastnostech je možné se domnívat, že všechna semena nebudou reagovat stejně na působící namáhání (tlak). Proto je v mnoha případech vhodným prostředkem, usnadňujícím zachování dobré kvality skladovaných semen v silu, jejich provětrávání (provzdušňování, aerace).

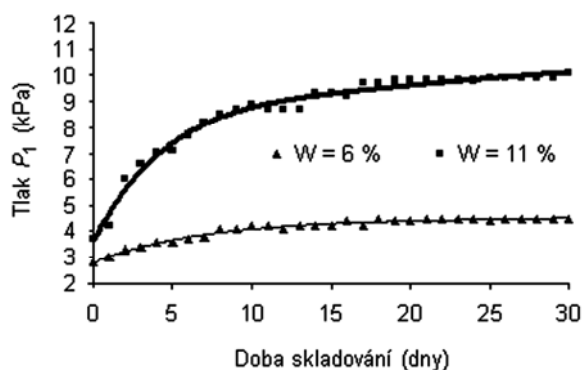
průtoku vzduchu  $Q$  vrstvou semen vzorku ( $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). Průtok vzduchu vzorkem byl přímo odečítán na rotačním průtokoměru, stejně tak i tlak byl přímo odečítán na manometru. Všechny pokusy byly realizovány vždy v délce 30 dnů, při různých hodnotách vlhkosti a teploty vzorků a různé velikosti tlaku v tlakových komořích.

V souvislosti s tímto způsobem měření probíhalo v menším rozsahu hodnocení stavu skladovaných semen ve vztahu k intenzitě pachu procházejícího (vycházejícího) vzduchu. Tento pach byl sledován a „vyhodnocován“ velmi subjektivně a málo systematicky, takže nelze prokázat spolehlivě souvislost mezi takto vnímaným pachem a kvalitou (poškozením) skladovaných semen. Nicméně i toto sledování potvrdilo předpoklad, že po pečlivém vypracování postupu kvantifikace pachu, by to mohl být jeden ze způsobů, který by jednoduchými prostředky a s využitím osobních zkušeností mohl přinést informace o stavu skladovaných semen, jejich kvalitě (nikoli teplotě či vlhkosti těchto semen) a umožnit tak včasný regulační zásah. Současná technika v tomto směru dovoluje určit i malé koncentrace zápašných látek a tím často včas odhalit příčinu jejich vzniku. Jednou z možností odhalení napadení skladovaných semen zejména plísní by tak mohlo být

stanovení koncentrace pachových látek v objektech jejich skladování. Praktické využití stanovení koncentrace pachových látek v ovzduší je v současné době relativně široké. Hodnocení úrovně znečištění ovzduší pachovými látkami se používá např. při stanovení obtěžování obyvatelstva zápachem pocházejícím ze zemědělské živočišné výroby (chov hospodářských zvířat, skladování organických hnojiv, polní hnojení, atd.), z provozů čistíren odpadních vod, kafilérií, kompostáren, z provozů chemického průmyslu a dalších. Identifikace a stanovení pachových látek nachází uplatnění i v oblasti potravinářství, například při klasifikaci mléčných kultur, zralosti sýrů, charakteristice olivového oleje, kontrole neprodyšnosti obalů aromatických potravin a v mnohých dalších aplikacích. [4], [7], [12]. Hodnocením kvality žita, ovsu a ječmene pomocí tzv. „elektronických nosů“ se zabýval Jonsson aj. [6], detekcí ochratoxinu u ječmene Olsson aj. [8].

Pro účely stanovení koncentrace pachových látek v ovzduší lze využít dynamický olfaktometr. Dynamická olfaktometrie je v současné době považována za jedinou objektivní metodu stanovení koncentrace pachových látek nebo jejich směsí ve vzduchu (nepodává ale informaci o chemickém složení pachu). Její pracovní postup začíná odběrem vzorku odpadního plynu ze zdroje zápachu. Vzorek plynu obsahující pachové látky je přesně určeným postupem odebrán pomocí vzorkovacího zařízení do vzorkovnic (odběrných vaků) a transportován do laboratoře dynamické olfaktometrie. Vlastní měření spočívá v podání tohoto vzorku v laboratoři komisí posuzovatelů, a to tak, že je vzorek ředěn neutrálním plynem (syntetickým vzduchem) až k prahu vnímání pachu posuzovateli (přesné ředění odebraného vzorku zajišťuje olfaktometr). Zředovací poměr, který vyvolal pachový vjem u 50 % přítomných posuzovatelů je označen jako prahová koncentrace detekce a koncentrace pachových látek při dosažení této prahové koncentrace je definována jako 1 OUE.m<sup>-3</sup> (Evropská pachová jednotka na m<sup>3</sup>). Koncentrace pachových látek se pak vyjadřuje v násobcích této prahové koncentrace detekce (za normálních podmínek).

## Výsledky a diskuse



**Obr. 2. Průběh změn odporu průtoku vzduchu vrstvou semen odrůdy Californium při dvou hodnotách vlhkosti. Tlak v tlakové komoře 300 kPa, teplota 20 °C.**

Členové komise posuzovatelů jsou vybírání z běžné populace tak, aby jejich olfaktometrické („čichové“) odezvy byly stále i v rámci několika dnů. Pro zajištění opakovatelnosti čichového vjemu je potřeba, aby se olfaktometrická citlivost člena komise pochybovala v určitém pásmu, které je užší než je tomu u běžné populace. Testování a výběr posuzovatelů probíhá zjišťováním jejich citlivosti vůči referenční pachové látce (n-butanolu). Všechny materiály, které jsou při dynamické olfaktometrii použity, jsou voleny z ohledem na omezení případné fyzikální a chemické interakce mezi odebranými vzorky a materiály zejména vzorkovacího zařízení a vzorkovnic, jsou bez zápachu, mají hladký povrch a nízkou propustnost z důvodu minimalizace difúzních ztrát odebraného vzorku. Stejně požadavky jsou kladeny i na materiály olfaktometru, které jsou ve styku s odebraným vzorkem nebo neutrálním plynem. Přesně definované jsou také požadavky na laboratoř, ve které posuzování vzorků probíhá.

Je třeba poznamenat, že oba výše uvedené způsoby hodnotí stav velkého množství semen uložených v sílu jako jeden velký vzorek, jako celek. Naproti tomu dále uvedený třetí způsob hodnocení stavu skladovaných semen odvozuje jejich stav z podrobné znalosti mechanických vlastností sledovaných semen a na základě znalosti vlhkosti a teploty semen umožňuje navržený model určit mechanickou deformaci semen za těchto podmínek. Tato deformace je nejdůležitější veličinou ve vztahu k celkové kvalitě posuzovaných semen. Jedná se tedy zcela zřetelně o predikci možného stavu skladovaných semen na základě uplatnění simulačního modelu, kde jsou vstupními veličinami vlastnosti semen, vlhkost, teplota a případně odrůda semen. Podrobnosti, týkající se tohoto způsobu hodnocení skladovaných semen, jsou uvedeny v [16]. Úspěšnost této predikce je dána hlavně kvalitou (realností) použitého simulačního modelu, který vychází z popisu mechanických vlastností semen řepky a jejich chování při impaktu za různých podmínek. Při konstrukci modelu byla využita „Metoda konečných prvků“.

Charakteristiky změn odporu průchodu vzduchu vrstvou semen řepky odrůdy Californium jsou na obr. 2. Obecně vykazují značné rozdíly průběhu změn odporu v závislosti na čase.

Tato různost vyplývá především z různé hodnoty vlhkosti semen použitých v pokusech. Použitá odrůda řepky má rovněž vliv na průběh odporu v závislosti na době skladování semen. Vlhkost semen ovlivňuje především mechanické vlastnosti semen (viskoelasticitu) a také rozhoduje o hustotě a pórovitosti vrstvy semen. Semena řepky jsou ve srovnání se zrny obilnin semeny „měkkými“ (to je způsobené mimo jiné i velkým obsahem oleje) a jejich větší vlhkost způsobuje změny viskoelastických vlastností směrem ke kapalinám. Semena jsou

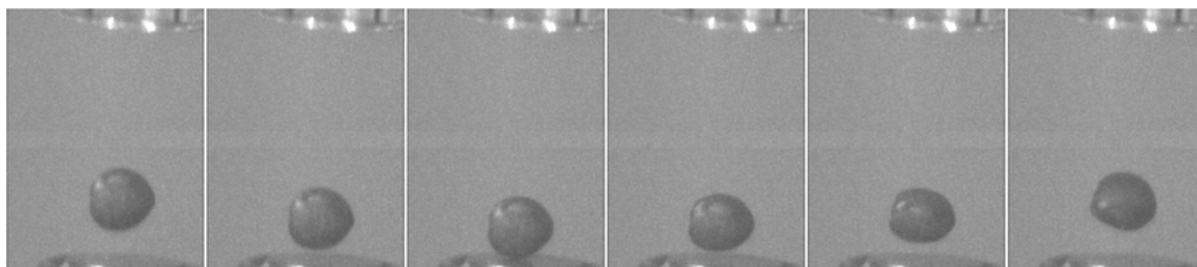
více náchylná k deformování vlivem zatížení v sílech. Stejně příčiny mají za následek vzrůst objemové hustoty vzorku a úbytek jeho pórovitosti. Výsledkem těchto vlivů je zmenšení propustnosti vzduchu danou vrstvou semen.

V souvislosti s provedenými pokusy je možné říci, že semena řepky různých odrůd o vlhkosti 11 % vykazovaly větší hodnoty odporu průtoku vzduchu, než semena stejných odrůd s nižší vlhkostí. Mimo to, vrstva semen řepky odrůdy Star byla propustnější ve větší míře, než vrstva semen řepky odrůd Californium a Bazyl a to pro obě hodnoty vlhkosti. Tento jev nepochybně vyplývá z různých mechanických vlastností semen řepky, jakož i pórovitosti a hustoty vrstvy. S tím souvisí i větší náchylnost k trvalé deformaci semen ozimých odrůd řepky, což ukázaly výzkumy.

Semena řepky vystavené zatížení (namáhání) se chovají jako tělesa viskoelastická, podléhají jevům tečení a tím mění s časem hustotu i pórovitost celého vzorku semen a následkem toho i propustnost plyných látek jejich vrstvou. Největší změny odporu proudění vzduchu vrstvou semen nastávají v počátečním období uskladnění a postupně (ve shodě s obrázkem 2.) se změny asymptoticky blíží

ke konstantní hodnotě. Z vypočtených výsledků vyplývá, že vzorek semen řepky s nižší vlhkostí (6 %) má stabilnější a „stejnější“ průběhy změn odporu proudění vzduchu vrstvou semen, než semena s větší vlhkostí.

Je třeba mít na paměti, že v tomto případě se vlastně posuzuje chování vzorku velkého množství semen jako celku (zkoumá se chování semen ve formě vrstvy materiálu) a přitom je toto chování celého vzorku ovlivněno i chováním a vlastnostmi jednotlivých semen, které mohou být trochu odlišné, ve srovnání s vlastnostmi celého vzorku. Podrobnější poznatky v tomto směru uvádějí práce [10, 11], které částečně studovaly chování jednotlivých semen řepky metodou impaktu (nárazu semene na tuhou podložku). Semena řepky padala volným pádem z výšky asi 20 cm na piezoelektrický snímač, který zaznamenával časový průběh síly při dopadu semene. Celý proces dopadu semene byl takto zaznamenán a popsán několika parametry. Tento proces byl použit pro získání vstupních údajů pro simulační model u třetího způsobu kontroly kvality skladovaných semen řepky (predikce stavu).



**Obr. 3. Příklad chování semena řepky (hmotnost 4,6 mg) při dopadu na piezoelektrický snímač síly a jeho zpětný odraz.** Dole v obrázku je vidět snímač síly a nahoře ústí pádové trubice. Časová odlehlost mezi prvním a druhým snímkem je 0,0004 s, mezi druhým a třetím snímkem 0,0002 s, stejně tak mezi třetím a čtvrtým snímkem. Semeno při dopadu i po odrazu rotuje.

Ačkoli semeno řepky nemá ideálně kulový tvar, jak dokládá obr. 3, který představuje fázi dopadu semene na snímač a jeho následný odraz, tak náhodné místo dopadu semene nemá podstatný vliv na tvar časového průběhu impaktu (síla vs. čas). Maximální síla při impaktu je často dosahována v rozmezí vlhkosti 10 – 13 %. Zdá se, že příliš malá vlhkost semen řepky nemá podstatný vliv na velikost maximální síly při impaktu, ale semena jsou „křehčí“, málo se deformují a mají sklon k praskání (mechanické destrukci celého semene) na rozdíl od vlhkosti kolem 10% a více, kdy se semena více tvarují

vlivem vnějšího namáhání a tolik nepraskají. Částečně to záleží i na odrůdě. Analýza poznatků vyplývajících z použití této metody využívá statistické zhodnocení získaných dat a pomáhá nám vysvětlit a částečně predikovat chování semen řepky za různých podmínek. Podrobný popis použité metody a aparatury je uveden v [9]. To, že vlhkost semen má zásadní vliv na chování semen při jejich zatížení dokládají i výsledky v [16], kde se, s ohledem na vlhkost semen, používají pro popis jejich chování dva modely (elasto-plastický pro menší vlhkost a visko-elastický pro větší vlhkost semen).

## Závěry

---

Na základě uvedených výsledků a zpracovaných naměřených dat podle popsaných pokusů, i s přihlédnutím k poznatkům získaných jinými autory lze konstatovat, že:

- větší vlhkost semen řepky způsobuje zvětšení podílu deformace semen na změně hustoty a zvětšení odporu průtoku vzduchu vrstvou semen;
- vzrůst odporu průtoku vzduchu dosahuje největších změn v počátečním období skladování semen řepky;
- po 30 dnech skladování je deformace semen řepky o počáteční vlhkosti 11 % dvakrát větší (měřeno odporem proudění vzduchu), než pro semena s počáteční vlhkostí 6 %;
- aplikace metody impaktu pro jednotlivá semena řepky dovoluje využít získané poznatky k predikci chování velkého množství semen (velkého vzorku);
- aplikace metody impaktu vedla k vytvoření dvou simulačních modelů, podle stupně vlhkosti semen, které lépe vystihují skutečné podmínky při skladování;
- předběžné výsledky získané hodnocením pachu provětrávacího vzduchu by mohly vést k vypracování samostatné metody, popisující na základě kvantifikace pachů kvalitu (celkový stav) skladovaných semen.

## Použitá literatura

---

1. Agrawal K.K., Chand P.: Pressure drop across fixed beds of rough rice. *Trans. ASAE*, 17(3), 560-563, 1974.
2. Bakker-Arkema F.W., Patter-Son R.J., Bickert W.G.: Static pressure-airflow relationships in packed beds of granular biological materials such as cherry pits. *Trans. ASAE*, 12(1), 134-136, 140, 1969.
3. Borowman R., Boyce D.S.: Air distribution from lateral ducts in barley. *J. Agric. Eng., Res.* 11(4), 243-247, 1966.
4. Drake, M. A., Gerard, P. D., Kleinhenz, J. P., Harper, W. J.: Application of an electronic nose to correlate with descriptive sensory analysis of aged Cheddar cheese. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, Volume 36, Issue 1, February 2003, Pages 13-20.
5. Jayas D. S.: Resistance of bulk canola oilseed to airflow. Unpublished Ph. D. thesis. Department of Agricultural Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask, 1987.
6. Jonsson, A., Winquist, F., Schnürer, J., Sundgren, H., Lundström, I.: Electronic nose for microbial quality classification of grains. *International Journal of Food Microbiology*, Volume 35, Issue 2, 1 April 1997, Pages 187-193.
7. Luna, G., Morales, M. T., Aparicio, R.: Characterisation of 39 varietal virgin olive oils by their volatile compositions. *Food Chemistry*, Volume 98, Issue 2, 2006, Pages 243-252.
8. Olsson, J., Börjesson, T., Lundstedt, T., Schnürer, J.: Detection and quantification of ochratoxin A and deoxynivalenol in barley grains by GC-MS and electronic nose. *International Journal of Food Microbiology*, Volume 72, Issue 3, 5 February 2002, Pages 203-214.
9. Pecen J.: Parameters of Impact Load on Wheat Kernel. *Acta Agrophysica* 6(2), 2005. p. 485 – 496. Lublin, Instytut Agrofizyki PAN.
10. Pecen J.: Recurrence of Impact Load on Wheat Kernel. In *Management and Production Systems with Support of Information Technologies and Control Engineering*. 19 – 20.9.2006. Nitra. Nitra, SPU v Nitre. 2006, p. 229 – 237.
11. Pecen J., Szwed G.: Rape Seed Elasticity Changes Detected by Impact. In *Quality of Grain, Flour, Bakery and Pasta Product*, 5.-7.12.2006. Moskva, Mezinárodní průmyslová akademie, 2006. s 117-119.
12. Rappert, S. Müller, R.: Odor compounds in waste gas emissions from agricultural operations and food industries. *Waste Management*, Volume 25, Issue 9, 2005, Pages 887-907.
13. Szwed G.: Wpływ czasu przechowywania na zmianę oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. *Acta Agrophysica*, 37, 225-235, 2000.
14. Szwed G, Łukaszyk J.: Ocena oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. *Acta Agrophysica*, 2(3), 645-650, 2003.
15. Szwed G, Pecen J.: Vliv podmínek uskladnění na deformaci a provzdušňování vrstvy semen řepky. In *Prosperující olejnin*, 12.12.2007, ČZU. ČZU v Praze. s. 64-67.
16. Wojtkowski M., Pecen J., Horabik J., Molenda M.: Rapeseed impact against a flat surface : Physical testing and DEM simulation with two contact models. *Powder Technology*. Article in press.
17. ČSN EN 13 725 Stanovení koncentrace pachových látek dynamickou olfaktometrií.

## Kontaktní adresa

---

Doc. Ing. Josef Pecen, CSc., ČZU v Praze, Institut tropů a subtropů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6, e-mail: pecen@its.czu.cz, tel: 224384287

Príspevek vznikl s čiastočnou finančnou podporou výskumného projektu NAZV MZE QH72134 „Výzkum základních environmentálních aspektů v chovech hospodářských zvířat z hlediska skleníkových plynů, pachu, prachu a hluku, podporujících welfare zvířat a tvorbu BAT“