

Bevandenio amoniako įtaka pašarinių grūdų džiovinimui

Gediminas Pupinis,

Kęstutis Plieskis

*Lietuvos žemės ūkio universiteto
Žemės ūkio inžinerijos institutas,
Raudondvaris, LT-54132 Kauno rajonas
El. paštas: pupinis@mei.lt; plieskis@mei.lt*

Straipsnyje nagrinėjama bevandenio amoniako įtaka ruošiant pašarinius grūdus saugojimui. Atlikti bevandenio amoniako įtakos mikromicetų sporų gyvybingumui bei jo įsigėrimo į grūdus laboratoriniai tyrimai. Laboratorinių ir gamybinių bandymų metu miežiai, kurių pradinis drėgnumas 19,5 ir 27%, buvo džiovinami atmosferos oro ir bevandenio amoniako 0,05 ir 0,21% mišiniu. Gauti rezultatai buvo lyginami su kontroliniais pavyzdžiais. Bandymų metu nustatyta oro srauto intensyvumas ir bevandenio amoniako įterpimo periodiškumas, absorbcijos–desorbcijos dinamika džiovinamų grūdų sluoksnyje, bevandenio amoniako įtaka mikromicetų sporų gyvybingumui džiovinamų grūdų sluoksnyje.

Raktažodžiai: grūdai, bevandenis amoniakas, džiovimo dinamika, absorbcija, mikromicetai

IVADAS

Tarp naudojamų konservantų gana svarbią vietą užima bevandenis amoniakas. Jis populiarus žolinių pašarų gamyboje. Literatūroje aptikta gana prieštarų duomenų apie bevandenio amoniako panaudojimą. Daugiausia bevandenis amoniakas naudojamas kaip konservantas drėgniems pašarams saugoti. Šis nebrangus konservantas turi konservuojančių savybių, paremtų fungicidiniais, baktericidiniais ir bakteristatiniais efektais [2, 3, 7]. Pašarų konservavimui naudojama standartinė technologija, kai į juos įterpiama 1–4% bevandenio amoniako, skaičiuojant sausai masei [2, 7, 10]. Panaudojus bevandenį amoniaką sunaikinama mikroflora [3, 6, 10, 11]. Tai labai svarbu, kadangi savaiminis produktų kaitimas atsiranda kaip mikromicetų gyvybinės veiklos, kurios metu krakmolai, esantis ląstelėse, dalyvauja medžiagų apykaitoje, pasekmė [1, 4, 9, 12]. Nustatyta, kad veikiant augalinę produkciją amoniaku jų ląstelėse sumažėja vandenį palaikanti jėga, todėl drėgmė lengvai išgarinama arba pašalinama mechaniškai [5, 6]. Džiovinimo aktyviaja ventilacija su bevandenio amoniako dujų priemaiša privalumas yra tai, kad ji lengva įterpti į džiovinamą medžiagą, kurioje tolygiai pasiskirsto [5, 6, 8]. Šias bevandenio amoniako savybes galima panaudoti džiovinimo metu energijos sąnaudoms mažinti. Džiovinant aktyviaja ventilacija per grūdus pučiamas oras išneša juose esantį vandenį. Norint išdžiovinti grūdus iki kondicinio drėgnumo (14%), per juos reikia prapūsti vandeniui išnešti reikalingo oro kiekį. Nespėjus aktyviaja ventilacija išdžiovinti grūdų per tam tikrą laiką jie pradeda pelyti, todėl

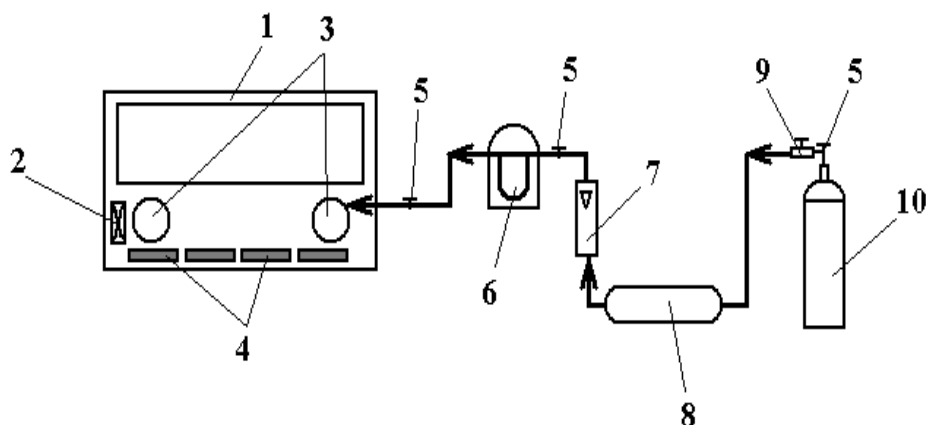
tenka didinti pro grūdų sluoksnį praeinančio oro greitį. Dėl šios priežasties didėja praeinančio per grūdus oro trintis, todėl reikia papildomo oro srauto slėgio, kuriam pasiekti sunaudojama papildoma energija. Tam tikslui reikės didelio našumo ir slėgio ventiliatorių. Tokie ventiliatoriai naudos daugiau elektros energijos. Džiovinimo oro srove su amoniaku dujomis metodo esmė yra tai, kad bevandeniu amoniaku apdorojus grūdus sumažėja jų supelėjimo tikimybė ir džiovinimo procesas gali tęstis ilgiau, pučiant į grūdų sluoksnį tiek pat oro, bet lėčiau, ir sunaudojant mažiau energijos.

TYRIMŲ TIKSLAS

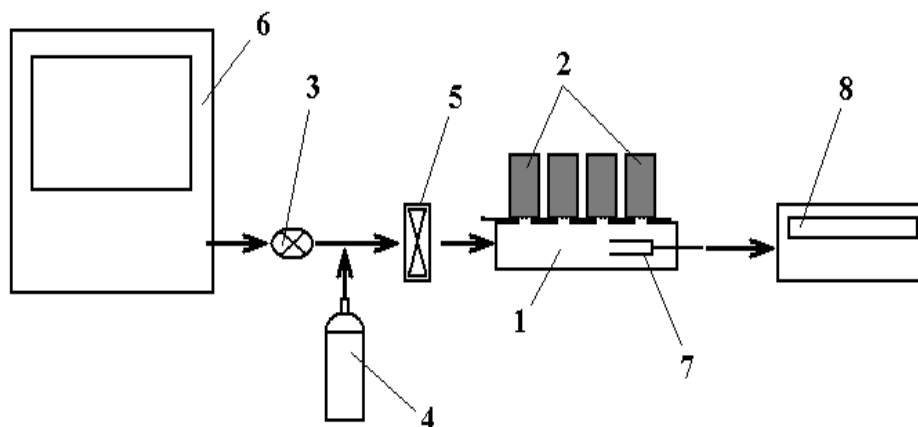
1. Nustatyti bevandenio amoniako įtaką mikromicetų sporų gyvybingumui grūduose, kurių pradinis drėgnumas 19,5–27%.
2. Nustatyti bevandenio amoniako įsigėrimo į grūdus bei išėjimo iš grūdų dinamiką ir absorbuoto amoniako kiekį.
3. Įvertinti oro ir bevandenio amoniako mišinio koncentracijos įtaką džiovinimo trukmei.

METODIKA

Bevandenio amoniako įtaka mikromicetų sporų gyvybingumui buvo nustatoma 19,5–23,8% drėgnumo grūdams, sudėtiems į steriliais *Petri* lėkšteles vieno grūdo storio sluoksniu. Lėkštelės su mėginiais patalpintos į sterilų specialiai mikrobiologiniams tyrimams pritaikytą stendą (1 pav.).



1 pav. Laboratorinis stendas mikromicetų gyvybingumui nustatyti. 1 – sterili talpa, 2 – ventiliatorius, 3 – angos mėginių paėmimui, 4 – Petri lėkštelės, 5 – ventilis, 6 – reometras, 7 – rotametas, 8 – išsiplėtimo indas, 9 – reduktorius, 10 – talpa su bevandeniu amoniaku (NH_3)



2 pav. Bevandenio amoniako išsigėrimo į grūdus tyrimo laboratorinis stendas. 1 – išsiplėtimo indas (200 × 500 mm), 2 – bandinių indai, t. y. 100 mm skersmens ir 250 mm aukščio cilindrai, 3 – dujų skaitiklis, 4 – NH_3 dujų balionas, 5 – ventiliatorius, 6 – klimatinė kamera KTK-3000, 7 – temperatūros ir drėgmės davikliai, 8 – matavimo ir registravimo prietaisai

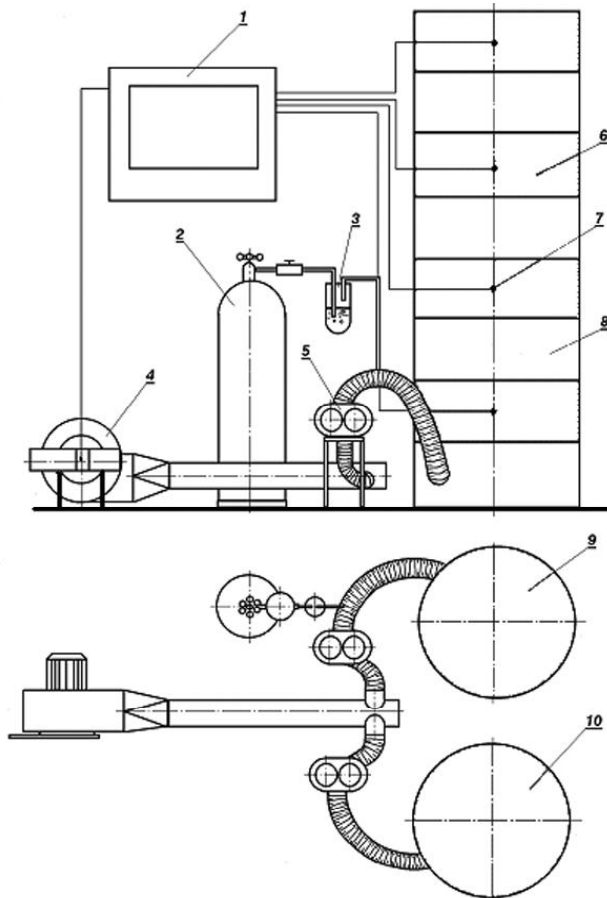
Stende grūdų bandiniai apdorojami bevandenio amoniako ir oro 0,05%, 0,1%, 0,15% ir 0,2% koncentracijos mišiniais, keičiant apdorojimo trukmę nuo 1 iki 5 valandų. Kad bevandenis amoniakas tolygiai pasiektų kiekvieną grūdą, sterilios talpos viduje įrengėme ventiliatorių. Bevandenį amoniaką į tyrimo ertmę įterpdavome specialiu įrenginiu. Bandymo metu mišinio temperatūra siekė 16,2 °C, drėgnumas 80%, tai atitinka vidutinę rugpjūčio temperatūrą ir drėgnumą. Bandymo metu vienas mėginys buvo kontrolinis, nepaveiktas bevandeniu amoniaku ir oro mišiniu. Po grūdų apdorojimo bevandeniu amoniaku Petri lėkštelių su bandiniais mikrofloros analizė buvo atliekama Lietuvos veterinarijos akademijoje pagal standartinę metodiką.

Bevandenio amoniako absorbcija ir desorbcija buvo nustatoma atmosferos oro ir amoniako dujų mišiniu ventiliuojant drėgnus miežius (24,1%). Bevandenis amoniakas, reaguodamas su grūduose esančia drėgme, išsiskverbia į grūdų ląstelių vidų, t. y. grūdai absorbuoja bevandenį amoniaką. Bevandenio amoniako išsigėrimo į grūdus

laipsnis priklauso nuo pučiamo pro grūdus bevandenio amoniako koncentracijos oro srauto mišinyje, srauto greičio, temperatūros ir grūdų rūšies. Bevandenio amoniako išsigėrimui į grūdus tirti buvo naudojamas laboratorinis stendas (2 pav.).

Kiekvienas cilindrinis indas pripildytas po 1 kg grūdų bei ventiliuojamas bevandenio amoniako ir oro mišiniu. Ventiliatoriumi sudarytas 1570 Pa slėgis, esant 46 m³/h debitui. Oras, traukiamas iš klimatinės kameros KTK-3000 per guminę žarną, kurios skersmuo 50 mm, buvo tiekiamas į džiovyklos paskirstymo kanalą.

Tiekiamo į grūdus amoniako ir oro srauto greitis reguliuojamas ventiliatoriaus variklio sūkiais, keičiant maitinimo įtampą. Oro srovės greitis matuotas prietaisu ALMEMO 2295-6, naudojant oro greičio matuoklį FVA915-S140, kurio matavimo ribos nuo 0 iki 40 m/s. Laikui matuoti buvo naudojamas chronometras S-1-21, kurio absoliutus tikslumas 0,20 s. Oro temperatūrai ir drėgnumui matuoti naudoti DV-1K davikliai su skaitmeniniu varžos matuokliu ŠČ-34, kurio tikslumo klasė ±0,05.



3 pav. Laboratorinis stendas nustatyti bevandenio amoniako įtaką grūdus džiovinant storame sluoksnyje. 1 – registravimo prietaisas; 2 – NH_3 talpa; 3 – dujų srauto indikatorius; 4 – ventilatorius; 5 – dujų skaitiklis; 6 – džiovyklos sekcija su termometru; 7 – varžinis termometras; 8 – džiovyklos sekcija be termometro; 9 – I džiovykla; 10 – II džiovykla

Bandymai buvo atlikti su miežiais. Prapučiama oro mišinio greitis grūduose kito nuo 0,32 iki 0,54 m/s, kurio lyginamasis debitas sudarė atitinkamai 300 ir 500 $\text{m}^3/(\text{h t})$. Grūdų pradinis drėgnumas 19,5 ir 23,8%. Bandymo eigoje iš džiovyklos grūdų bandiniai buvo imami kas 1 h ir nustatomas drėgnumas bei amoniako kiekis juose. Amoniako kiekis buvo nustatytas LANGE metodu. Bandymas buvo tęsiamas, kol amoniako kiekis grūduose nustodavo didėti. Bandymai pakartoti tris kartus.

Bevandenio amoniako įtakai mikromicetų gyvybingumui ir grūdų džiovimo procesui nustatyti storame grūdų sluoksnyje buvo atliktas laboratorinis ir gamybinis bandymas.

Tam tikslui buvo panaudota speciali džiovykla (3 pav.). Laboratorinį ir gamybinį stendą sudaro dvi talpyklos, t. y. viena ant kitos sustatytos sekcijos. Džiovykla padaryta iš atskirų putų polistireno sekcijų, kad sumažintų šilumos nuostolius. Džiovyklos sekcija yra 250 mm aukščio ir 500 mm skersmens cilindro formos. Vidinė cilindro sienelė yra pasvirusi 3° kampu. Džiovyklos dugnas pagamintas iš tinklelio, kad neišbyrėtų smulkios dalelės. Oras į džiovyk-

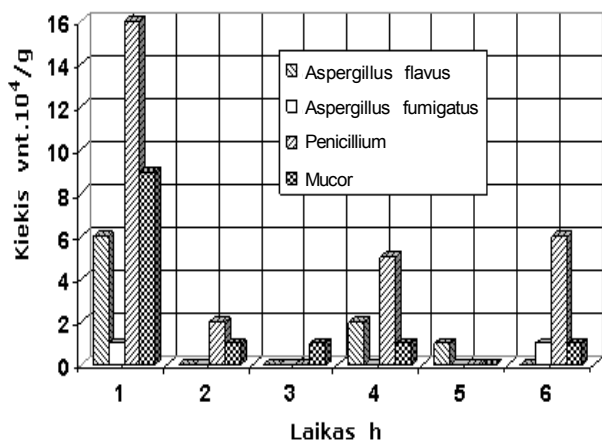
lą pučiamas ventilatoriumi C-4-70 Nr. 2,5, kurio išvystomas slėgis 700 Pa, našumas 2000 m^3/h . Oras į džiovyklą buvo tiekiamas 100 mm skersmens vamzdžiu, iš kurio pasiskirstydavo į abi džiovyklas. Bevandenis amoniakas tiekiamas į šio vamzdžio atšakojimą, kuriame, kol pasiekdavo džiovyklą, susimaišydavo iki reikiamos koncentracijos su oru. Tiekiamo oro kiekį matavome dujų skaitikliais RG-40. Oro kiekį reguliavome specialiomis sklendėmis. Temperatūra džiovyklos viduje buvo matuojama varžiniais termometrais TSM-5071, kurių matavimo ribos nuo -50°C iki $+150^\circ\text{C}$, antriniu prietaisu naudojome EMP-209 M3. Džiovyklos sekcijas sverėme 0,1 g tikslumo svarstyklėmis METLER TOLEDO SB 16001.

Bandymai atlikti vienu metu prapučiant per grūdus 0,18–0,21% koncentracijos amoniako–oro mišinį. Lyginamasis pučiama oro debitas buvo 100 $\text{m}^3/(\text{h t})$ ir 200 $\text{m}^3/(\text{h t})$. Grūdų drėkinimą ($W = 25\%$) bandymams atlikdavo pagal standartinę metodiką. Kiekvieną džiovyklą sudarė 8 sekcijos, į kurias buvo supilta po $14 \pm 0,003$ kg grūdų. Sekcijos buvo sveriamos kas 12 valandų. Po 200 valandų džiovimo ir procesui nusistovėjus sekcijos buvo sveriamos kas 24 valandas. Bandymo metu iš abiejų džiovyklų sekcijų, kurios buvo 0,12 m, 0,60 m ir 0,96 m aukštyje, ėmėme mėginius nustatyti mikromicetų sporų ir bevandenio amoniako kiekius grūduose. Mėginių analizė atlikta Lietuvos veterinarijos akademijoje ir Lietuvos žemės ūkio inžinerijos instituto (LŽŪII) Chemijos laboratorijoje. Išanalizavę džiovyklos sekcijos masės kitimą ir praėjusio pro džiovyklą oro kiekį, nustatėme drėgmės absorbcijos dinamiką. Bandymą baigėme apskaičiavę, kad grūdai pasiekė kondicinį drėgnumą (14%).

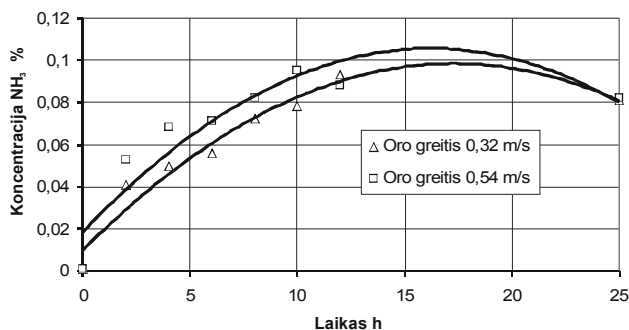
REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Mikromicetų vystymasis grūduose. Pradžioje 25% drėgnumo miežiai buvo ventiliuojami 0,1% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišiniu. Ši koncentracija pasirinkta analizuojant preliminarius bandymus, taip pat remiantis ankstesniais LŽŪII moksliniais tyrimo darbais.

Tiriamuose 25,2% drėgnio grūduose aptikta *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger* mikromicetų, kurie sudarė tik nedidelę bendro pelėsinių užkrato dalį. Esant didesniai pelėsinių užkrato grūdų apdoravimo bevandeniu amoniaku laikas buvo pratęstas iki 4 h. Po 1 h apdoravimo *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Mucor* mikromicetų kolonijos sumažėjo iki minimumo ir kituose mėginiuose buvo aptinkamos tik atsitiktinės kolonijos. Tačiau ši 0,1% bevandenio amoniako ir oro mišinio koncentracija didelės įtakos *Penicilium* rūšies grybams neturėjo, ir per visą apdoravimo laiką jų kiekis sumažėjo nuo 150 iki 72 vnt. $10^4/\text{g}$, o tai sudarė 48% nuo pradinio mikromicetų sporų kiekio bandinyje. Kartojant bandymus ilginti apdoravimo laiką buvo atsisakyta, nes toks ilgas grūdų ventiliavimas bevandenio amoniako ir oro mišiniu gamybinėmis sąlygomis sukeltų sunkumų. Įvertindami šio bandymo rezultatus padarėme išvadą, kad 0,1% bevandenio amoniako koncentracija yra nepakankamai ženkliai sumažinti *Penici-*



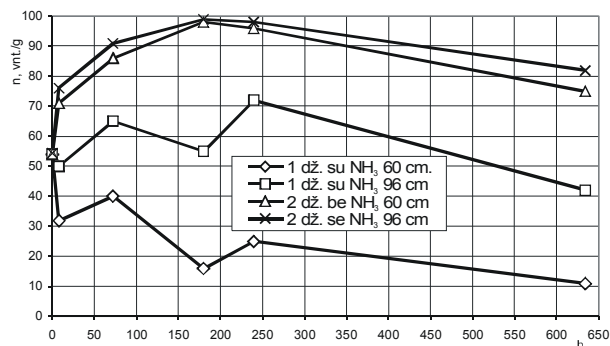
4 pav. Mikromicetų gyvybingumo dinamika 25,2% drėgnumo miežius apdorojant 0,18–0,21% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišiniu



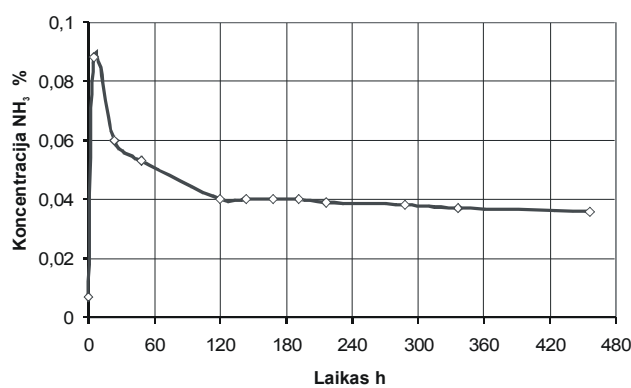
6 pav. Bevandenio amoniako absorbcijos ir desorbcijos dinamika grūduose ($W = 23,8\%$)

lium rūšies mikromicetų sporų gyvybingumą. Kitų bandymų etape buvo tiriamas mikromicetų sporų gyvybingumas paveikiant grūdus didesnės (0,14–0,15% ir 0,18–0,21%) koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišiniu.

Šiuose bandymuose taip pat buvo naudojami miežiai. Pagal standartinę metodiką miežiai buvo atidrėkinti iki 27%. Panaudojus 0,14–0,15% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišinius, akivaizdžių rezultatų negauta. Tiriant 0,18–0,21% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišinio poveikį mėginiuose vyravo *Penicillium* rūšies mikromicetų sporos (16·10⁴/g). Taip pat buvo aptikta *Aspergillus flavus* ir *Mucor* rūšių mikromicetų sporų (4 pav.). Kaip matyti grafike, ryškus mikromicetų sporų kiekio sumažėjimas buvo pastebimas jau po 1 h apdoravimo. Kaip ir ankstesniuose bandymuose, atspariausios bevandenio amoniako dujoms yra *Penicillium* rūšies mikromicetų sporos. Po 1 h apdoravimo jų kiekis labai sumažėjo ir buvo tik 2·10⁴/g, o tai sudarė tik 12,5% nuo pradinio sporų kiekio. *Mucor* mikromicetų sporų buvo likusi tik viena kolonija ir tai sudarė 11% nuo pradinio sporų kiekio. *Aspergillus flavus* ir *Aspergillus fumigatus* rūšių mikromicetų kiekis buvo mažiausias. Tiriant apdorotus mėginių grūdus po 3 ir 4 h buvo pastebėtos kelios *Aspergillus flavus* kolonijos. Apibendrinant bandymų rezultatus galima teigti, kad 0,18–0,21% koncentracija yra pakanka-



5 pav. Mikromicetų gyvybingumo dinamikos tyrimas 25,2% drėgnumo miežius apdorojant 0,18–0,21% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišiniu



7 pav. Bevandenio amoniako absorbcijos ir desorbcijos dinamika grūduose ($W = 24,1\%$)

ma nuslopinti mikromicetų gyvybingumą. Džiovinimo metu mikromicetų sporoms gali turėti įtakos kiti veiksniai, todėl buvo atlikti laboratoriniai ir gamybiniai bandymai (5 pav.).

Grafike matyti, kad paveikus bevandenio amoniako dujomis mikromicetų sporų kiekis grūduose, esančiuose pirmoje džiovykloje, sparčiai mažėjo, tuo tarpu antroje džiovykloje, kurioje grūdai buvo džiovinami atmosferos oru, jų kiekis palaipsniui didėjo ir pasiekė maksimumą praėjus 180 h nuo džiovinimo pradžios. Pirmoje džiovykloje, kurioje grūdai buvo apdorojami NH₃ dujomis, po kiekvieno apdoravimo mikromicetų sporų sumažėdavo ir bandymo eigoje išsilaikė viename lygyje. Toliau džiovinant bei mažėjant drėgmės kiekiui grūduose atitinkamai mažėjo ir mikromicetų sporų kiekis juose.

Bevandenio amoniako įsigėrimas į grūdus. Nustatyta, kad apdorojant grūdus 0,05 ir 0,1% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišiniu, grūdai intensyviai absorbuoja bevandenį amoniaką. Šis procesas priklauso nuo bevandenio amoniako koncentracijos, mišinio greičio ir apdoravimo (ventiliavimo) trukmės. Analizuodami kreives, rodančias bevandenio amoniako absorbcijos dinamiką prapučiant pro grūdus 0,05% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišinį 0,32 ir 0,54 m/s greičiais, matome, kad po 25 h ventiliavimo grūdai bevandeniu amoniaku

dar nebuvo visiškai prisisotinę ir jį toliau absorbavo. Pažymėtina, kad 19,5% drėgnio grūdai daugiausia galėjo absorbuoti 0,092% bevandenio amoniako, skaičiuojant sausam grūdų masės vienetui, tuo tarpu pradinis bevandenio amoniako kiekis grūduose buvo 0,001%.

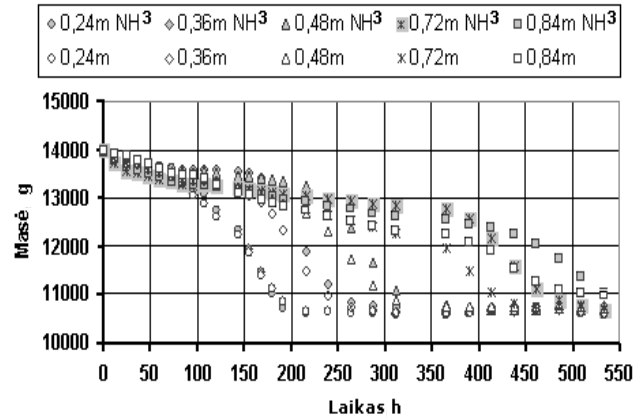
Kitų bandymų tikslas buvo išsiaiškinti, kaip stabiliai bevandenis amoniakas išsilaiko grūduose (6 pav.).

Kaip matyti grafike, po 10 h ventiliavimo 0,1% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišiniu, 0,095% bevandenio amoniako buvo grūduose, ventiliuotuose oro srautu 0,54 m/s. Grūdai, ventiliuojami srautu 0,32 m/s greičiu, NH_3 koncentracijos maksimumą 0,093% pasiekė po 2 h. Toliau grūdai buvo ventiliuojami atmosferos oru. Ventiliuojant pastebėtas laipsniškas bevandenio amoniako kiekio mažėjimas grūduose, tačiau praėjus 61 h jis vis dar siekė 0,06–0,065%. Tai pakankamai didelis bevandenio amoniako, likusio grūduose, kiekis.

Bevandenis amoniakas, reaguodamas su grūduose esančia drėgme, palapsniui įsigeria į grūdus, kol visiškai sureaguoja su drėgme, esančia grūdų viduje, ir jiems džiūstant pamažu iš jų išsina. Šio bandymo metu po 61 h ventiliavimo grūdų drėgnumas buvo 15,1 ir 17,8% ventiliuojant grūdus atitinkamai 0,54 ir 0,32 m/s greičiu. Bevandenis amoniakas reaguoja su grūduose esančia drėgme, susidaro amoniako bazė ir išsiskiria šiluma. Susidariusi amoniako bazė yra labai nestabilus junginys ir kylant temperatūrai skyla į vandenį ir bevandenį amoniaką. Išsiskyręs bevandenis amoniakas toliau reaguoja su drėgme, esančia viršutiniuose grūdų sluoksniuose. Bevandenio amoniako absorbcijos ir desorbcijos dinamikos grūdų sluoksnyje rezultatai matyti 7 pav. Grūdai pradžioje džiovinti bevandenio amoniako ir atmosferos oro mišiniu, kol viršutiniuose grūdų sluoksniuose buvo jaučiamas amoniako kvapas. Vėliau buvo ventiliuojama tik atmosferos oru ir periodiškai tikrinamas amoniako kiekis grūdų pavyzdžiuose. Po 460 h trukusio bandymo bevandenis amoniakas grūduose sudarė 0,035%. Atliekant laboratorinius ir gamybinius bandymus bevandenio amoniako 0,12 m aukštyje buvo 0,29%, tuo tarpu 0,6 m aukštyje bevandenio amoniako grūduose neaptikta. Po 48 h ventiliavimo 0,6 m aukštyje bevandenio amoniako koncentracija siekė 0,12% NH_3 , o 0,96 m aukštyje neaptikta. Po pakartotinio apdorojimo bevandenio amoniako kiekis staigiai padidėjo: 0,12 m aukštyje siekė 0,28% NH_3 , 0,60 m aukštyje – 0,23% NH_3 , 0,96 m aukštyje – neaptikta. Tačiau po 90 h ventiliavimo 0,96 m aukštyje buvo aptikta 0,09% NH_3 . Džiūvimo procese grūduose mažėja ir drėgmės, ir atitinkamai bevandenio amoniako kiekis.

Bevandenio amoniako įtaka grūdų džiūvimui. Miežiai, kurių drėgnis $W = 27,1\%$, buvo džiovinami dviejose džiovyklose. Į pirmąją džiovyklą 8 h pūtėme 0,18–0,21% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišinį, antroji džiovykla buvo ventiliuojama atmosferos oru. Prapučiama oro srauto kiekis abiejose džiovyklose siekė $100 \text{ m}^3/(\text{h t})$.

Intensyvesnis džiūvimo procesas nustatytas džiovykloje, per kurią buvo prapučiama bevandenio amoniako ir oro mišinys (8 pav.).



8 pav. Miežių masės kitimas prapučiant $200 \text{ m}^3/(\text{h t})$ oro, kai grūdų drėgnis 25,2%

Ventiliuojant tik atmosferos oru, po 40 h pradėjo mažėti prapučiama oro kiekis. Tai galėjo atsitikti todėl, kad grūdai viršutiniuose džiovyklos sluoksniuose pradėjo gesti ir jie sulipę sudarė pluta. Džiovykloje, ventiliuojamoje amoniako ir oro mišiniu, praeinančio srauto sumažėjimo nepastebėta. Kiti bandymai atlikti pučiant į džiovyklas iki $200 \text{ m}^3/(\text{h t})$ oro. Grūdų drėgnis $W = 25,2\%$ (prapučiama bevandenio amoniako ir oro koncentracija 0,18–0,21% NH_3), temperatūra 18–25°C, santykinis oro drėgnis $70 \pm 5\%$.

IŠVADOS

1. Vieną valandą ventiliuojant 26% drėgnio miežius 0,18–0,21% koncentracijos bevandenio amoniako ir oro mišiniu, mikromicetų *Penicilium* kolonijos sumažėjo 12% nuo pradinio jų kiekio, o *Aspergillus flavus* ir *Aspergillus fumigatus* sporų kiekis buvo minimalus.
2. Džiovinant vieno metro storio ir 25,0% drėgnio miežių sluoksnį aktyviaja ventiliacija su 0,18–0,20% koncentracijos bevandeniu amoniaku, mažėja mikromicetų sporų ir drėgmės kiekis.
3. Miežiai, kurių drėgnis 23,8%, gali absorbuoti didžiausią amoniako dujų kiekį – 0,095%, kai ventiliuojančio oro srauto greitis 0,32–0,54 m/s.
4. Bevandenio amoniako ir oro mišiniu džiovinuose miežiuose po 460 h saugojimo nustatyta 0,035% amoniako.
5. Ventiliuojant bevandenio amoniako ir oro mišiniu 25,2% drėgnio miežius, kai srauto našumas $200 \text{ m}^3/(\text{h t})$, džiovinimo trukmę galima prailginti iki 500 h.

Gauta 2006 11 22
Parengta 2007 01 15

Literatūra

1. Beck T. J., Simms D. D., Cochran R. C. et al. Supplementation of ammoniated wheat straw: performance and forage utilization characteristics in beef cattle receiving energy and protein supplements // Journal of Animal Science. 1992. Vol. 70. P. 349–357.

2. Doležal P., Trinacty J. Effect of chemical preservation with anhydrous ammonia on composition and degradability of crude protein in alfalfa hay // *Czech Journal of Animal Science*. 2003. Vol. 48. No. 1. P. 12–18.
3. Eimer M. Konservierung und Lagerung von Getreide mit gesicherter Qualität // *Proceedings the 11th International Congress on Agricultural Engineering*. Dublin, 4–8 Sept. 1989. P. 2267–2273.
4. Fike G. D., Simms D. D., Cochran R. C. et al. Protein supplementation of ammoniated wheat straw: Effect on performance and forage utilization of beef cattle // *Journal of Animal Science*. 1995. Vol. 73. P. 1595–1601.
5. Glenn B. P. Effect of dry matter concentration and ammonia treatment of alfalfa silage on digestion and metabolism by heifers // *Journal of Dairy Science*. 1990. Vol. 73. No. 4. P. 1081–1090.
6. Hsieh R. C., Bakker-Arkema F. W. Influence of physical parameters on the ammonia grain drying process // *Transactions ASAE*. 1980. Paper N 80. P. 3075.
7. Hsieh R. C., Bakker-Arkema F. W., Cuppett S.L., Brook R. C. Ammonia-assisted grain drying in fixed-bed systems // *Trans. ASAE*. 1979. Paper N 79. P. 3563.
8. Lines L. W., Koch M. E., Weiss W. P. Effect of ammoniation on the chemical composition of alfalfa hay baled with varying concentrations of moisture // *Journal of Dairy Science*. Vol. 79. P. 2000–2004.
9. Royes J. B., Brown W. F., Martin F. G., Bates D. B. Source and level of energy supplementation for yearling cattle fed ammoniated hay // *Journal of Animal Science*. 2001. Vol. 79. P. 1313–1321.
10. Wylie A. R. G., Steen R. W. J. Effect of anhydrous ammonia treatment on chemical composition and nutritive hay and on intake and performance in beef steers // *Grass and Forage Science*. 1988. Vol. 43. No. 1. P. 79–86.
11. Weiss B., J. Underwood. Improving lover quality dry forage by amoniation. AGF-015-95. Department of Horticulture and Crop Science, Ohio state university. Ohio, 2001.
12. Wiedmeier R. D., Provenza F. D., Burritt E. A. Exposure to ammoniated wheat straw as suckling calves improves performance of mature beef cows wintered on ammoniated wheat straw. *Journal of Animal Science*. September 1, 2002. Vol. 80. N 9. P. 2340–2348.

Gediminas Pupinis, Kęstutis Plieskis

USE OF ANHYDROUS AMMONIA AND AIR MIXTURE FOR DRYING FORAGE GRAIN

Summary

The article presents the technology of forage grain drying by anhydrous ammonia and air mixture. The barley variety 'Roland' was used in the trials. Moisture content of the grain varied from 19.5% to 27%. During ventilation, ammonia concentration in the air flow mixture varied from 0.05% to 0.21%. The influence of anhydrous ammonia on the vitality of mould spores was established as ammonia functions as a strong fungicide on mould, especially on the mould fungi of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus fumigatus* colonies.

The dried barley with 23.8% moisture content could absorb 0.09% of anhydrous ammonia at the velocity of ventilation flow of 0.32 to 0.54 m/s, and ammonia concentration in the mixture was 0.1%.

The intensity of ventilation air flow of 200 m³/(h t) enables extending the grain drying moisture 25.2% up to 500 h.

Key words: grain, anhydrous ammonia, drying duration, absorption, rot

Гядиминас Пупинис, Кястутис Плескис

СУШКА ФУРАЖНОГО ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕЗВОДНОГО АММИАКА

Резюме

Описывается технология сушки фуражного зерна аммиачно-воздушной смесью. Опыты проводились с ячменём сорта 'Ролан', влажность которого составляла от 19,5% до 27%. Ячмень продували 0,05–0,21%-ным концентратом аммиака. Исследовалось влияние безводного аммиака на живучесть плесневых спор. Безводный аммиак действует как сильный фунгицид, особенно на колонии плесневых грибов *Aspergillus flavus* и *Aspergillus fumigatus*.

Во время сушки ячмень влажностью 23,8% при продувании со скоростью потока 0,32–0,54 м/с аммиачной смесью концентрации 0,1% способен абсорбировать 0,095% безводного аммиака.

Интенсивность воздушного потока при 200 м³/(ч т) позволяет продлить период сушки влажного 25,2% зерна до 500 ч.

Ключевые слова: зерно, безводный аммиак, динамика сушки, абсорбция, десорбция, плесень