



## AKTYVIAJĄ VENTILIACIJĄ DŽIOVINAMŲ PLUOŠTINIŲ KANAPIŲ SAMPILO TYRIMAI

*Egidijus Zvicevičius, Šarūnas Petronis, Martynas Jonaitis*  
Vytauto Didžiojo universitetas

### Santrauka

Pluoštinė kanapė (*Cannabis sativa* L.) – tai aukštaūgis vienmetis žolinis augalas turintis šakotą, apatinėje dalyje medėjančią stiebą. Tai produktyvus ir universalus augalas, kuris daugiausia yra vertinamas dėl pluošto ir sėklų. Pluoštinių kanapių sėklose yra 25–35 % riebalų, 20–30 % angliavandenių, 20–25 % baltymų, daug mineralinių medžiagų. Dėl sėklose sukaupto gausaus kiekio polinesočiųjų riebalų rūgščių, ypač vertinamas kanapių aliejus. Tačiau dėl didelio sėklų drėgnumo ir riebalų kiekio, pluoštinių kanapių sėklų derliaus kokybės menkėjimo rizika yra didesnė nei javų grūdų. Siekiant išsaugoti jų kokybę, svarbu teisingai valdyti derliaus dorojimo procesus, kurių svarbiausias yra džiovinimas.

Straipsnyje analizuojamas aktyviają ventiliaciją stacionariame sampile džiovinamų pluoštinių kanapių sėklų aerodinaminis pasipriešinimas ir jų poveikis džioviklio temperatūrai bei santykiniam drėgnumui. Nustatyta, kad padidinus lyginamąjį ventiliavimo intensyvumą nuo  $613 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  iki  $6220 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ , pluoštinių kanapių sėklų sampilo lyginamasis ventiliavimo intensyvumas padidėja 22,3 karto, iki  $4060 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ . Straipsnyje taip pat pateikta ventiliuojamų sėklų džiovimo proceso ir džioviklio rodiklių kaitos dėsninųjų analizė.

**Raktiniai žodžiai:** pluoštinės kanapės, sėklos, aktyvioji ventiliacija, lyginamasis ventiliavimo intensyvumas, džioviklis

Gautas 2022-04-28, priimtas 2022-06-06

### 1. Įvadas

Pluoštinės kanapės (*Cannabis sativa* L.) – aukštaūgiai vienmečiai žoliniai augalai turintys šakotą, apatinėje dalyje šiek tiek medėjančią stiebą [5; 6; 11]. Jie kilę iš paatogrąžių klimato zonų, bet šiuo metu yra paplitę visame pasaulyje ir auginami įvairiose klimato zonose nepaisant kilmės. Pluoštinės kanapės sparčiai auga ir geba sukaupti didelį kiekį biomasės. Tai produktyvus, prieinamas ir universalus augalas [1; 7; 8]. Pasaulyje suskaičiuojami per 25 tūkstančiai produktų, kurių gamybai naudojama pluoštinių kanapių augalinė žaliava [1].

Naudingai gali būti panaudojamos visos pluoštinių kanapių dalys, bet dažniausiai jos auginamos dėl pluošto ir sėklų. [5; 6; 7; 8; 11]. Pluoštinių kanapių sėklose yra 25–35 % riebalų, 20–30 % angliavandenių, 20–25 % baltymų, daug mineralinių medžiagų. Dėl sudėtyje sukaupto gausaus kiekio polinesočiųjų riebalų rūgščių, ypač vertinamas kanapių sėklų aliejus [2].

Siekiant išsaugoti aukštą pluoštinių kanapių sėklų kokybę bei gauti kokybiškus perdirbimo produktus, susiduriama su technologiniais iššūkiais. Vienas tokių – augalinės biomasės džiovinimas. Nukultų sėklų drėgnumas svyruoja nuo 8,62 % iki 20,88 % [9]. Dėl didelio sėklų drėgnumo ir jose esančio didelio riebalų kiekio, pluoštinių kanapių sėklų kokybės menkėjimo rizika yra didesnė nei javų grūdų [4]. Siekiant stabilizuoti sėklų būklę ir išsaugoti jų kokybę, riebalingų augalų sėklos, taip pat pluoštinių kanapių sėklos, turi būti išdžiovinamos iki žemesnio kaip 7–9 % drėgnumo [3]. Tinkamiausias šiam tikslui yra žematemperatūrinės džiovinimo technologijos, kuomet naudojami aruodai arba ventiliuojamos talpos su įrengtomis aktyviosios ventiliacijos sistemomis [10].

Ilgą laiką auginti pluoštines kanapes buvo draudžiama. Tuo pačiu buvo prarasta jų derliaus dorojimo ir kanapių sėklų džiovinimo patirtis. Siekiant efektyvaus džiovimo proceso, būtini taikomieji tyrimai įgūdžiams atkurti ir jiems prie šių dienų galimybių bei reikalavimų pritaikyti: įvertinti pluoštinių kanapių sėklų sampilo aerodinamines savybes ir jų džiovimo ypatumus.

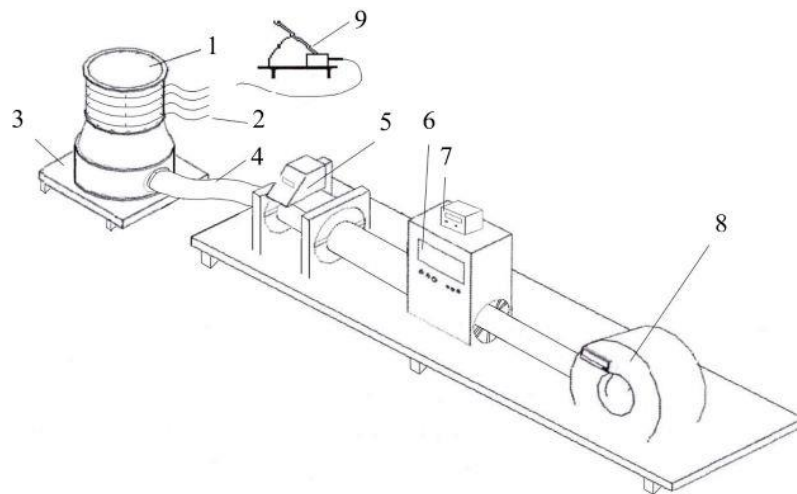
**Tyrimo tikslas** – įvertinti pluoštinių kanapių sėklų sumpilo poveikį patiriamiems džioviklio srauto slėgio nuostoliams ir jo būsenos dinamikai.

**Tyrimo uždaviniai:**

1. Nustatyti pluoštinių kanapių sėklų sumpilo aerodinaminio pasipriešinimo charakteristiką.
2. Išanalizuoti per sumpilą pratekančio džioviklio būsenos – temperatūros ir santykinio drėgnumo, kaitą pluoštinių kanapių sėklų džiovavimo aktyviąja ventiliacija metu.

**2. Tyrimų objektas ir metodika**

Pluoštinių kanapių sėklų aerodinaminį pasipriešinimą ir džiovavimo tyrimai buvo atlikti Vytauto Didžiojo Universiteto Žemės ūkio akademijos Biomasės paruošimo, logistikos ir kieto kuro procesų laboratorijoje panaudojant specialų aktyviosios ventiliacijos stendą (1 pav.).



**1 pav.** Principinė aktyviosios ventiliacijos tyrimų stendo schema

**Figure 1.** Schematic diagram of the active ventilation stand

1 – ventiliuojama talpa; 2 – lanksčios žarnelės statinio slėgio matavimui; 3 – svarstyklės; 4 – lanksti jungtis; 5 – oro srauto skaitiklis COMMON CPT-01; 6 – dažnio keitiklis DFWL; 7 – svarstyklių rodmenų ekranas; 8 – ventiliatorius PSC 40A; 9 – mikromanometras MMN-240

Tyrimų stendą sudaro ventiliatorius (8) su dažnio keitikliu (6) ir oro srauto skaitikliu (5), kuris lanksčia jungtimi (4) sujungtas su ant svarstyklių (3) įrengta ventiliuojama talpa (1). Ventiliatoriumi (8) tiekiamas džioviklis pirmiausia patenka į rotorinį skaitiklį (5), fiksuojantį į ventiliuojamą talpą (1) pratekėjusį džioviklio kiekį. Tuomet jis nukreipiamas į ventiliuojamos talpos apačioje įrengtą posietinę erdvę – pastovaus statinio slėgio kamerą, kurioje džioviklio srautas išsisklaido ir per specialų poringą sluoksnį įteka į sėklų sumpilą.

Džioviklio srautas ir sėklų lyginamasis ventiliavimo intensyvumas buvo kontroliuojamas dažnio keitikliu (6) reguliuojant ventiliatoriaus (8) sparnuotės sparnuotės sukčių dažnį. Aerodinaminių tyrimų metu sėklų lyginamasis ventiliavimo intensyvumas buvo keičiamas nuo  $0 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  iki  $6220 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ . Kiekvieną kartą padidinus oro srautą, mikromanometru (9) buvo išmatuojamas statinis slėgis keturiuose sumpilo sluoksniuose. Šiam tikslui ventiliuojamos talpos sienelėse buvo įrengti atvamzdžiai su 5 mm skersmens silikoninėmis žarnelėmis (2) mikromanometrui (9) prijungti. Įvertinus virš atvamzdžio esantį sėklų sluoksnio aukštį, matavimo rezultatai perskaičiuoti nustatant kanapių sėklų sumpilo lyginamąjį aerodinaminį pasipriešinimą [12]:

$$\Delta p_i = \frac{9,81 \cdot K \cdot p_i}{h}, \tag{1}$$

čia:  $\Delta p_i$  – kanapių sėklų sumpilo lyginamasis aerodinaminis pasipriešinimas, esant konkrečiam lyginamajam ventiliavimo intensyvumui  $i$ ,  $\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $K$  – mikromanometro vamzdelio posvyrio kampo koeficientas;  $p_i$  – statinio

slėgio matavimo rezultatai, esant konkrečiam lyginamajam ventiliavimo intensyvumui  $i$ ,  $\text{mm}$ ;  $i$  – kanapių sėklų sumpilo lyginamasis ventiliavimo intensyvumas,  $\text{m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ .

Pluoštinių kanapių sėklų džiovimo dinamikos tyrimai atlikti suformuojant  $0,86 \text{ m}$  aukščio  $988 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  intensyvumu ventiliuojamą stacionarų sumpilą. Džiovinimo parametrus matuoti sumpilo apatiniame ( $10 \text{ cm}$  nuo apačios), viduriniame ( $40 \text{ cm}$  nuo apačios) ir viršutiniame ( $70 \text{ cm}$  nuo apačios,  $10\text{-}15 \text{ cm}$  nuo sumpilo viršaus) sluoksniuose buvo įstatyti temperatūros-santykinio drėgnumo matavimo jutikliai FH A 646-E1. Temperatūra ir santykinis drėgnumas taip pat fiksuoti ventiliuojamos talpos posietinėje erdvėje, t. y. į sėklų sumpilą įtekančio džiovinimo rodikliai. Matavimo rezultatai periodiškai kas  $10$  minučių buvo įrašomi duomenų kaupiklyje Almemo 3290, prie kurio specialiomis jungtimis buvo prijunti visi temperatūros-santykinio drėgnumo matavimo jutikliai. Papildomai į parą du-keturis kartus ventiliuojama talpa buvo sverama siekiant nustatyti iš sėklų išgarintą drėgmės kiekį bei jų sumpilo vidutinį drėgnumą:

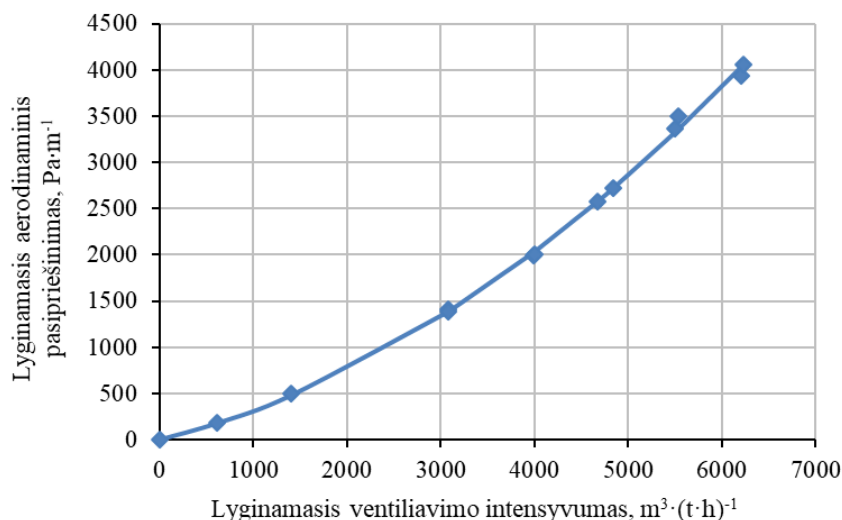
$$\omega_j = 100 - \frac{M_{pr} \cdot (100 - \omega_{pr})}{M_j}, \quad (2)$$

čia:  $\omega_j$  – kanapių sėklų sumpilo vidutinis drėgnumas esamu metu, %;  $M_{pr}$  – į ventiliuojamą talpą supiltų kanapių sėklų pradinė masė džiovinimo pradžioje,  $\text{kg}$ ;  $\omega_{pr}$  – į ventiliuojamą talpą supiltų kanapių sėklų pradinis drėgnumas, %;  $M_j$  – kanapių sėklų masė ventiliuojamoje talpoje esamu metu,  $\text{kg}$ ;  $j$  – džiovinamų kanapių sėklų sumpilo svėrimo eilės numeris (pakartojimas).

### 3. Tyrimų rezultatai

Oro srautui skverbiantis per poringą sėklų/grūdų ir kitų žemės ūkio produktų sumpilą, patiriami slėgio nuostoliai. Birių medžiagų sumpilo savybė priešintis pratekančiam oro srautui yra apibūdinama lyginamuoju aerodinaminio pasipriešinimu. Jo reikšmė priklauso nuo sumpilą suformavusių produktų formos, stambumo, frakcinės sudėties, drėgnumo, priemaišų, sumpilo aukščio, poringumo, oro filtracijos greičio ir kitų veiksnių [12].

Atlikus gautų duomenų analizę ir įvertimus sumpilo aukštį, buvo apskaičiuoti pluoštinių kanapių sėklų lyginamieji aerodinaminiai pasipriešinimai esant skirtingiems ventiliavimo intensyvumams (2 pav.).



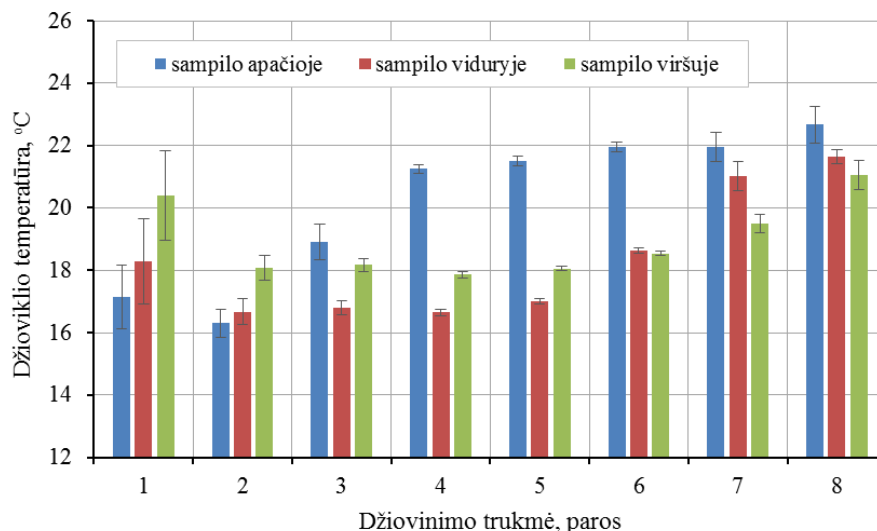
**2 pav.** Pluoštinių kanapių sėklų sumpilo lyginamojo aerodinaminio pasipriešinimo charakteristika  
**Figure 2.** Comparative aerodynamic drag characteristics of the fibrous hemp seed layer

Padidinus kanapių sėklų ventiliavimo intensyvumą nuo  $613 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  iki  $6220 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ , t. y. padidinus oro srauto filtracijos greitį per sėklų sluoksnį nuo  $0,048 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  iki  $0,487 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , jų sumpilo

lyginamasis ventiliavimo intensyvumas padidėjo 22,3 karto: nuo  $182 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$  iki  $4060 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$ . Ventiliavimo intensyvumas arba per sampilą besiskverbiančio oro filtracijos greitis yra vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių sampilo aerodinaminį pasipriešinimą. Be to, didinant ventiliavimo intensyvumą, sampilo lyginamasis aerodinaminis pasipriešinimas didėja ne proporcingai. Nustatyta, kad vieno metro storio pluoštinių kanapių sėklų sampilo aerodinaminis pasipriešinimas intervale nuo  $5500 \text{ m}^3\cdot(\text{t}\cdot\text{h})^{-1}$  iki  $6000 \text{ m}^3\cdot(\text{t}\cdot\text{h})^{-1}$  padidėja 495 Pa. Lyginamojo aerodinaminio pasipriešinimo didėjimo greitis vidutiniškai buvo  $99,1 \text{ Pa}$  kas  $100 \text{ m}^3\cdot(\text{t}\cdot\text{h})^{-1}$ . Tuo metu, intervale iki  $500 \text{ m}^3\cdot(\text{t}\cdot\text{h})^{-1}$ , vidutinis sėklų sampilo lyginamojo aerodinaminio pasipriešinimo didėjimo greitis buvo 3,48 kartus mažesnis, tesiekė  $28,5 \text{ Pa}$  kas  $100 \text{ m}^3\cdot(\text{t}\cdot\text{h})^{-1}$ .

Taigi, perteklinis ventiliavimo intensyvumas lemia didesnę pluoštinių kanapių sėklų sampilo aerodinaminį pasipriešinimą pratekančiam džiovinamam. Ne mažiau svarbus sampilo poveikis džiovinimo gebėjimui absorbuoti drėgmę, t. y. jo temperatūrai ir drėgnumui. Per sampilą besiskverbiantis džiovinimas apiplauna pluoštinių kanapių sėklas ir iš lėto sugeria iš jų drėgmę.

Tyrimų metu vidutinė tiekiamo į sampilą džiovinimo temperatūra buvo nuo  $20,8 \text{ }^\circ\text{C}$  iki  $27,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , vidutiniškai  $23,2\pm 1,49 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dėl pluoštinių kanapių sėklų džiūvimo, visuose sampilo sluoksniuose džiovinimo temperatūra sumažėjo (3 pav.). Pirmiausia atvėso apatinis sampilo sluoksniu. Džiovinimo temperatūra sumažėjo iki  $17,15\pm 0,86 \text{ }^\circ\text{C}$ . Žemiausia apatinio sampilo sluoksniu temperatūra buvo pasiekta antrą džiovinimo parą, vidutiniškai  $16,30\pm 0,45 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po to, kanapių sėklų džiūvimas apatiniame sampilo sluoksnyje sulėtėjo, o tuo pačiu sulėtėjo šilumos mainai tarp kanapių sėklų ir jas apiplaunančio džiovinimo. Dėl patiriamų mažesnių šilumos nuostolių, pro apatinį sampilo sluoksniu pratekėjęs džiovinimas atvėsdavo vis mažiau. Vidutinė džiovinimo temperatūrą ketvirtą džiovinimo parą fiksuota  $21,3\pm 0,14 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nuo tiekiamo džiovinimo temperatūros ji tesiskyrė  $1,74\pm 0,09 \text{ }^\circ\text{C}$ . Apatiniame sampilo sluoksnyje džiovinimo temperatūra iš lėto toliau kilo ir aštuntą džiovinimo parą pasiekė  $22,7\pm 0,59 \text{ }^\circ\text{C}$ .

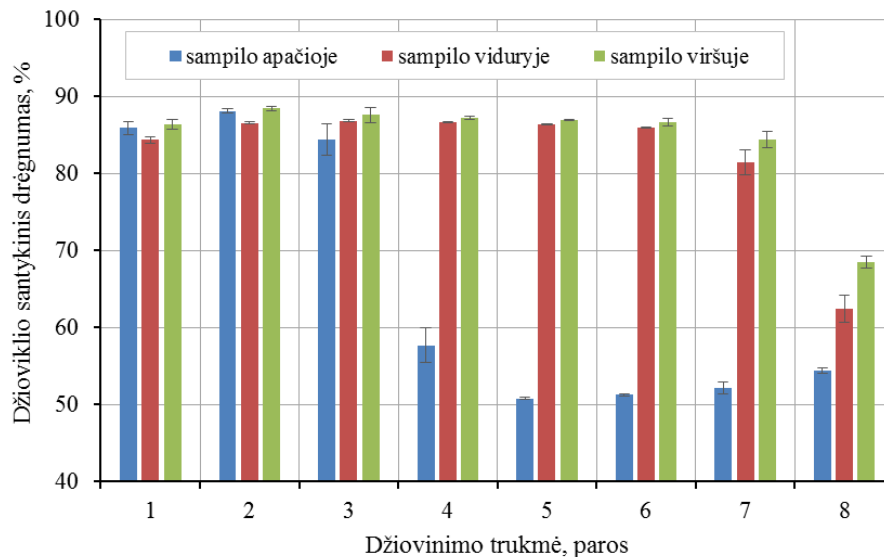


**3 pav.** Džiovinimo temperatūra aktyviaja ventiliacija džiovinamų pluoštinių kanapių sėklų sampile  
**Figure 3.** Dryer temperature in the fibrous hemp seed layer of during drying with active ventilation

Viduriniame sampilo sluoksnyje žemiausia džiovinimo temperatūra fiksuota antrą džiovinimo parą,  $16,67\pm 0,42 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ji mažai tesikeitė beveik keturias paras. Tik šeštą džiovinimo parą fiksuotas reikšmingesnis vidutinės džiovinimo temperatūros padidėjimas. Pluoštinių kanapių sėklų džiūvimo greitis viduriniame sampilo sluoksnyje lėtėjo, todėl vidutinė džiovinimo temperatūra šeštą parą pakilo iki  $18,62\pm 0,09 \text{ }^\circ\text{C}$ , septintą parą –  $21,0\pm 0,47 \text{ }^\circ\text{C}$ , o aštuntą parą –  $21,6\pm 0,23 \text{ }^\circ\text{C}$ . Viršutiniame sampilo sluoksnyje intensyvaus džiūvimo periodas tęsėsi nuo antros iki šeštos džiovinimo paros. Lyginant su kitais pluoštinių kanapių sėklų sampilo sluoksniu, jis buvo ilgiausias, bet mažiau intensyvus. Vidutinė džiovinimo temperatūra kito nuo  $17,85 \text{ }^\circ\text{C}$  iki  $18,54 \text{ }^\circ\text{C}$ . Žemiausia jos reikšmė fiksuota ketvirtą parą,  $17,85\pm 0,12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ji  $1,55 \text{ }^\circ\text{C}$  ir  $1,20 \text{ }^\circ\text{C}$  viršijo žemiausią vidutinę džiovinimo temperatūrą, kuri buvo fiksuota apatiniame ir viduriniame pluoštinių kanapių sėklų sampilo sluoksniuose. Septintą

ir aštuntą džiovinimo parą džioviklio temperatūra viršutiniame sampilo sluoksnyje eksponentiškai didėjo ir pakilo iki  $21,1 \pm 0,46$  °C.

Per aštuonias džiovinimo paras pluoštinių kanapių sėklos neteko 1,022 kg vandens. Jų drėgnumas sumažėjo nuo  $20,1 \pm 1,06$  % iki  $8,12 \pm 0,4$  %. Vidutiniškai kiekvienas per sampilą pratekęs kilogramas džioviklio absorbuodavo 0,044 g iš sėklų išgaravusios drėgmės. Intensyviausias drėgmės sorbcijos procesas vyko pirmąsias tris džiovinimo paras (4 pav.).



**4 pav.** Džioviklio santykinis drėgnumas aktyviaja ventilacija džiovinamų pluoštinių kanapių sėklų sampile  
**Figure 4.** Dryer relative humidity in the fibrous hemp seed layer of during drying with active ventilation

Visuose sampilo sluoksniuose džioviklio santykinis drėgnumas buvo fiksuotas didesnis kaip 84 %. Tik ketvirtą parą apatiniame sampilo sluoksnyje džioviklio santykinis drėgnumas sumažėjo iki  $57,7 \pm 2,25$  %. Iki džiovinimo pabaigos jis kito ribose nuo 50,8 % iki 54,4 %. Tačiau viduriniame ir viršutiniame sampilo sluoksniuose pluoštinių kanapių sėklų džiūvimas vis dar vyko intensyviai. Reikšmingesnis džioviklio santykinio drėgnumo sumažėjimas viduriniame sluoksnyje fiksuotas tik septintą džiovinimo parą (iki  $81,4 \pm 1,64$  %), o viršutiniame sluoksnyje – aštuntą parą (iki  $68,5 \pm 0,78$  %). Taigi, priešingai džioviklio temperatūrų kaitai, žemiausios vidutinės džioviklio santykinio drėgnumo reikšmės nustatytos džiovinimo pabaigoje, t. y. aštuntą džiovinimo parą. Jos kito nuo  $54,4 \pm 0,37$  % iki  $68,5 \pm 0,78$  %: mažiausia džioviklio santykinio drėgnumo reikšmė būdinga pluoštinių kanapių sampilo apatiniam sluoksniui, o didžiausia – sampilo viršutiniam sluoksniui.

#### 4. Išvados

1. Padidinus lyginamąjį ventiliavimo intensyvumą nuo  $613 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  iki  $6220 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ , pluoštinių kanapių sėklų sampilo lyginamasis ventiliavimo intensyvumas padidėja 22,3 karto, nuo  $182 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$  iki  $4060 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ .
2. Nustatyta, kad  $988 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  intensyvumu ir  $23,2 \pm 1,49$  °C temperatūros bei  $48,4 \pm 2,39$  % santykinio drėgnumo džiovikliu 210 valandų ventiliuojamų pluoštinių kanapių sėklų sampilo drėgnumas sumažėjo nuo  $20,1 \pm 1,06$  % iki  $8,12 \pm 0,4$  %.
3. Skirtingiems stacionaraus 0,86 m aukščio aktyviaja ventilacija džiovinamo pluoštinių kanapių sėklų sampilo sluoksniams būdingos savitos džioviklio parametrų – temperatūros ir santykinio drėgnumo, kitimo dinamikos.
4. Nustatyta, kad mažiausia džioviklio temperatūros reikšmė ( $16,30 \pm 0,45$  °C) būdinga pluoštinių kanapių sėklų sampilo apatiniam sluoksniui džiovinimo pradžioje, o mažiausia džioviklio

santykinio drėgnumo reikšmė ( $50,8 \pm 0,13$  %) – pluoštinių kanapių sėklų sampilo apatiniame sluoksniui džiovavimo pabaigoje.

## LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

- [1] F. Ahmad, Z. Islam, S. Muhmad, E. Sarker, R. Islam R. Hemp as a potential raw material toward a sustainable world. *Heliyon, PubMed Central*, 2022, 8(1). DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e08753
- [2] J. Byron. Industrial hemp harvest and storage. 2014.
- [3] J. C. Callaway. Hemp seed production in Finland. *Journal of Industrial Hemp*, 2008, 9(1), 97-103 p. DOI: 10.1300/J237v09n01\_11.
- [4] C. Karunakaran, W.E.Muir, D.S. Jayas, N.D.G.White, D. Abramson. Safe storage time of high moisture wheat. *Journal of Stored Products Research*, 2001, 37(3), 303-312 p.
- [5] C. Kaiser, C. Cassady, M. Ernst. Industrial hemp production. *Cent. Crop. Diversif. Univ. Ky*, 2015, 27, 101-106 p.
- [6] C.M. Andre, J-F. Hausman, G. Guerriero. Cannabis sativa: The Plant of the Thousand and One Molecules. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7, 1-17 p. DOI: 10.3389/fpls.2016.00019
- [7] Z. Gudžinskas, J. Petrulis. (2020). Kanapė. 2006.
- [8] J. R. Portugal, O. Arf, S. Buzetti, A.R.P. Portugal, N.F.S. Garcia, F.C. Meirelles, L.M. Garé, F.L. Abrantes, R.A.F. Rodrigues. Do cover crops improve the productivity and industrial quality of upland rice? *Agronomy Journal*, 2020, 112(1), 327-343 p.
- [9] K. Sacilik, R. Ozturk, R. Keskin, Some physical properties of hemp seed. *Biosystems Engineering*, 2003, 86(2), 191-198 p.
- [10] S. Suriyong, N. Krittigamas, S. Pinmanee, A. Punyalue, S. Vearasilp. Influence of storage conditions on change of hemp seed quality. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2015, 5, 170-176 p. DOI:10.1016/j.aaspro.2015.08.026.
- [11] S. L., Datwyler, & G. D., Weiblen. Genetic variation in hemp and marijuana (*Cannabis sativa* L.) according to amplified fragment length polymorphisms. *Journal of Forensic Sciences*, 2006, 51(2), 371-375 p. DOI:10.1111/j.1556-4029.2006.00276.x.
- [12] D. Valiūnas, E. Zvicevičius, V. Tilvikienė. Stambiasiebio energetinio augalo (pavėsinio kiečio) sampilo aerodinaminių savybių tyrimas. *Agroinžinerija ir energetika*, 2018, 23, 3-7 p.

## RESEARCH OF THE ACTIVELY VENTILATED FIBROUS HEMP LAYER

### Extended Summary

#### 1. Introduction

Fibrous hemp (*Cannabis sativa* L.) is a tall annual herbaceous plant with a branched, hunting stem at the bottom [5; 6; 11]. It is a productive and versatile plant [1; 7; 8]. All parts of fibrous hemp can be used to advantage. However, it is mostly valued for fiber and seeds. Fiber hemp seeds contain 25–35 % fat, 20–30 % carbohydrates, 20–25 % protein, and a lot of minerals. Due to the high content of polyunsaturated fatty acids in the seeds, hemp oil is especially valued [2]. However, due to the high moisture content and fat content of the seeds, the risk of deterioration in the yield quality of fibrous hemp seeds is higher than that of cereals [4]. In order to maintain their quality, it is important to properly manage the harvesting processes, the most important of which is drying. Fiber hemp seeds must be dried to at least 7–9 % moisture [3]. Low-temperature drying technologies are the most suitable for this purpose [10].

**The aim** of the study was to evaluate the effect of fibrous hemp seed sample on the drying flow pressure loss and its state dynamics.

**Research tasks:** - to determine the aerodynamic drag characteristic of fibrous hemp seed sample; - to analyze the change of the condition of the dryer flowing through the sample - temperature and relative humidity, during the drying of fibrous hemp seeds by active ventilation.

**Keywords:** fibrous hemp, seeds, active ventilation, relative ventilation intensity, dryer

#### 3. Materials and methods

Research of aerodynamic resistance and drying of fibrous hemp seeds were performed in the Laboratory of Biomass Preparation, Logistics and Solid Fuel Processes of Vytautas Magnus University. A special active ventilation stand was used for this purpose (Fig. 1).

During the aerodynamic research, the relative ventilation intensity of the seeds was changed from  $0 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  to  $6220 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ . Each time the air flow was increased, the static pressure in the seed bed was

measured with a micromanometer. The layered aerodynamic drag of the cannabis seeds was then calculated from the measurement results.

Drying dynamics studies were performed by ventilating a 0.86 m high layer of stationary fibrous hemp seeds. The ventilation intensity was  $988 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ . To measure the parameters of the dryer (temperature and relative humidity) in the bottom (10 cm from the bottom), middle (40 cm from the bottom) and top (70 cm from the bottom, 10-15 cm from the top of the sample) layers of the ventilated container. The measurement results were recorded periodically every 10 minutes on an Almemo 3290 data logger. The additional ventilated container was weighed to determine the evaporated moisture content and the average moisture content of the seed layer.

#### 4. Results

It was found that by increasing the relative ventilation intensity to  $6220 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ , the relative ventilation intensity of the fibrous hemp seed layer increases to  $4060 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$  (Fig. 2). The relative aerodynamic drag of the layer increases unevenly. In the range up to  $500 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ , the rate of increase of the relative aerodynamic drag of the layer is 3.48 times lower than in the range from  $5500 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  to  $6000 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ : 28.5 Pa and 99.1 Pa every  $100 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  respectively.

In addition, the drying process of fibrous hemp seeds and the regularities of the change of dryer indicators were analyzed during the study. Due to the drying of fibrous hemp seeds, the temperature of the dryer decreased in all layers of the mound (Fig. 3). First, the bottom layer of mound has cooled. The lowest temperature of the lower layer of the mound was reached on the second day of drying ( $16.30 \pm 0.45 \text{ }^\circ\text{C}$ ). After that, the dryer temperature started to increase and on the fourth day of drying it was  $21.3 \pm 0.14 \text{ }^\circ\text{C}$ . In the upper layer of mound, the period of intense drying was the longest but less intense. The average dryer temperature ranged from  $17.85 \text{ }^\circ\text{C}$  to  $18.54 \text{ }^\circ\text{C}$ .

During the eight days of drying, the moisture content of seed fiber hemp decreased from  $20.1 \pm 1.06 \%$  to  $8.12 \pm 0.4 \%$ . The most intense moisture exchange took place during the first three days of drying (Fig. 4). The relative humidity of the dryer was greater than 84 % in all layers of the mound. Only on the fourth day in the lower layer of the mound did the relative humidity of the dryer decrease to  $57.7 \pm 2.25 \%$ . In the middle layer, the relative humidity of the dryer decreased significantly only on the seventh day of drying (to  $81.4 \pm 1.64 \%$ ), and in the upper layer - on the eighth day (to  $68.5 \pm 0.78 \%$ ).

#### 5. Conclusion

1. Increasing the relative ventilation intensity from  $613 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  to  $6220 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$  increases the relative ventilation intensity of the fibrous hemp seed mound by 22.3 times, from  $182 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$  to  $4060 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ .
2. Using a dryer with a temperature of  $23.2 \pm 1.49 \text{ }^\circ\text{C}$ , a relative humidity of  $48.4 \pm 2.39 \%$  and a supply intensity of  $988 \text{ m}^3 \cdot (\text{t} \cdot \text{h})^{-1}$ , the moisture content of the fibrous hemp seed mound has decreased from  $20, 1 \pm 1,06 \%$  to  $8,12 \pm 0,4 \%$  humidity for 210 hours.
3. Different layers of fibrous hemp seed mound with a height of 0.86 m are characterized by specific dynamics of changes in the parameters of the dryer (temperature and relative humidity).
4. It was determined that the lowest value of the dryer temperature ( $16.30 \pm 0.45 \text{ }^\circ\text{C}$ ) is characteristic for the lower layer of fibrous hemp seeds mound at the beginning of drying, and the lowest value of the dryer relative humidity ( $50.8 \pm 0.13 \%$ ) – for the lower layer of fibrous hemp seeds mound at the end of drying.

#### Autoriai kontaktams:

Author for contacts

#### **Egidijus Zvicevičius,**

docentas dr.. Mechanikos, energetikos ir biotechnologijų inžinerijos katedra,  
Vytauto Didžiojo universitetas, Kaunas, Lietuva.  
El. p. egidijus.zvicevicius@vdu.lt

#### **Šarūnas Petronis,**

magistrantas. Mechanikos, energetikos ir biotechnologijų inžinerijos katedra,  
Vytauto Didžiojo universitetas, Kaunas, Lietuva.  
El. p. sarunas.petronis@stud.vdu.lt

#### **Martynas Jonaitis,**

magistras inžinierius, UAB Energy Advice, Kaunas, Lietuva.  
El. p. martynas.jonaitis@energyadvice.lt