

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra zpracování dřeva a biomateriálů**



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Výroba levandulového papíru za účelem odstranění molů**

**Bakalářská práce**

**Barbora Janebová**

**Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.**

**2023**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Barbora Janebová

Dřevařství  
Zpracování dřeva

Název práce

**Výroba levandulového papíru za účelem odstranění molů**

Název anglicky

**Production of lavender paper to remove moths**

### Cíle práce

Tato práce pojednává o chemickém zpracování levandule na papírenskou vlákninu. Hodnocenými faktory budou vybrané vlastnosti papíru. Tato práce má za účelem porovnat různé druhy zpracování na papírenskou vlákninu, jako je i použití esenciálních olejů. Účelem této závěrečné práce je zjištění možnosti odpudivosti papíru k molům.

### Metodika

1. Zpracování literární rešerše. (březen-červen 2023).
2. Experimentální část – příprava vlákniny (červenec-srpen 2023).
3. Experimentální část – vybrané vlastnosti (září-listopad 2023).
4. Statistické zpracování výsledků a jejich interpretace v textové, tabelární i grafické podobě (prosinec-únor 2024).
5. Závěr (březen 2024).

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

**Klíčová slova**

Levandule, papírenská vlákniina, mol, esenciální olej

---

**Doporučené zdroje informací**

- Biermann, Ch.J. Pulping Chemistry and Technology. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, 1996, 484. ISBN 978-3-11-021341-6.
- Ek, M.; Gellerstedt, G.; Henriksson, G. Handbook of Pulping and Papermaking. London: Academic Press Limited, 1996, 783. ISBN 978-0-12-097362-0.
- Jesser, E.N.; Wergin-González, J.O.; Murray, A.P.; Ferrero, A.A. Efficacy of essential oils to control the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 2017, 20(4), 1122–1129. ISSN 1226-8615.
- Popa, V.I. Pulp Production and Processing: From Papermaking to High-Tech Products. Shawbury: Smithers Rapra Technology Ltd, 2013, 542. ISBN 978-1-84735-633-8.
- Sixta, H. Handbook of pulp. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006, 1369. ISBN 978-3-527-30999-3.
- Sjöström, E.; Alén, R. Analytical Methods in Wood Chemistry, Pulping, and Papermaking. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 1999, 327. ISBN 978-3-642-08317-4

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 9. 5. 2023

**doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2024

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Výroba levandulového papíru za účelem odstranění molů vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 5. 4. 2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Kateřině Hájkové, Ph.D., za odborné vedení, velkou trpělivost a velmi užitečné rady k bakalářské práci. Na závěr bych velice chtěla poděkovat své rodině, svému muži a kolegům v práci za podporu při studiu.

# Výroba levandulového papíru za účelem odstranění molů

## Souhrn

Bakalářská práce pojednává o chemickém zpracování buničiny z ligninocelulózového materiálu a následném použití proti molu šatnímu. Práce je zaměřena na levanduli lékařskou (*Lavandula officinalis*) jak z chemického, tak i z praktického hlediska. Konkrétně je práce zaměřena na výrobu buničiny, stanovení základních vlastností buničiny a následné zpracování buničiny při výrobě papíru. Vzniklé zkušební vzorky papíru jsou testovány na mechanické vlastnosti za laboratorních podmínek. Dále na vytvořené archy papíru byly aplikovány v rámci testování proti molu šatnímu tři různé koncentrace esenciálního oleje za účelem zesílení účinků. Výsledky a postupy jednotlivých fází při zpracování levandule jsou zaznamenány a popsány v následujícím textu této práce. Součástí práce jsou fotografie pořízené během zpracování a testování.

**Klíčová slova:** Levandule, papírenská vláknina, mol, esenciální olej

# **Production of lavender paper to remove moths**

## **Summary**

The bachelor's thesis deals with the chemical processing of pulp from lignocellulosic material and its subsequent use against the clothes moth. The work is focused on medicinal lavender (*Lavandula officinalis*) from both a chemical and practical point of view. Specifically, the work is focused on the production of pulp, determining the basic properties of pulp and the subsequent processing of pulp during paper production. The resulting paper test samples are tested for mechanical properties under laboratory conditions. Furthermore, three concentrations of essential oil were used on the created sheets of paper as part of testing against the clothes moth in order to enhance the effects. The results and procedures of individual stages in the processing of lavender are recorded and described in the following text of this work. The work includes photographs taken during processing and testing.

**Keywords:** Lavender, paper pulp, moth, essential oil

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2 Cíl práce</b>	<b>9</b>
<b>3 Teoretická část</b>	<b>11</b>
3.1 Levandule	11
3.1.1 Charakteristika	11
3.1.2 Morfologie a chemické složení	12
3.1.3 Uplatnění a účinky	15
3.2 Papír	16
3.2.1 Historie výroby papíru	16
3.3 Esenciální olej	17
3.3.1 Získávání esenciálního oleje	17
3.3.2 Účinky a použití	18
3.4 Mol šatní	18
3.5 Souhrn dosavadních poznatků	19
<b>4 Experimentální část</b>	<b>21</b>
4.1 Materiál	21
4.2 Dezintegrace	21
4.3 Stanovení vlhkosti	21
4.4 Výroba buničiny	21
4.5 Všeobecné vlastností papírenské vlákniny	23
4.5.1 Stanovení hrubých neprovarů	23
4.5.2 Stanovení celkového výtěžku	23
4.6 Výroba zkušebních aršíků	27
4.7 Vliv účinku levandule na mola šatního	29
4.8 Testování vlastností levandulového papíru	30
<b>5 Výsledky</b>	<b>33</b>
5.1 Stanovení vlhkosti	33
5.2 Stanovení celkového výtěžku a množství neprovarů	33
5.3 Stanovení Kappa čísla	33
5.4 Vliv levandule na mola šatního	34
5.5 Stanovení mechanických vlastností papíru	37
<b>6 Diskuze</b>	<b>39</b>
6.1 Stanovení celkového výtěžku a množství neprovarů	39
6.2 Stanovení Kappa čísla	39
6.3 Vliv levandule na mola šatního	40
6.4 Stanovení mechanických vlastností papíru	41
<b>7 Závěr</b>	<b>43</b>
<b>8 Literatura</b>	<b>44</b>



# 1 Úvod

Levandule lékařská (*Lavandula officinalis*) je jedinečná a po tisíce let oblíbená bylina, ve které se snoubí všestranné využití a mnoho vzácných vlastností. Pod pojmem „levandule“ si mnoho lidí vybaví krásný vzhled, typickou fialovo modrou barvu, silnou aromatickou vůni či široké léčivé a aromaterapické účinky, včetně nenáročných podmínek pro pěstování. Původní místo výskytu se nacházelo ve Středomoří a nyní je levandule pěstována prakticky po celém světě. V našich končinách se levandule pěstuje v teplejších oblastech s větším výskytem slunečních paprsků. (Ponešová & Tréglová; 2017)

V minulosti levandule nacházela své využití napříč společenským postavením a svou oblíbenost získala již ve starověkém Egyptě, během Středověku se její využití rozšířilo a drží si svou oblibu a uplatnění do dnešních dní. (Koníčková; 2017)

V porovnání s širokým spektrem využití je charakteristika rostlinného materiálu a chemického využití mimo léčitelství a aromaterapii z vědeckého pohledu nedostačující. Většina autorů se u levandule specializuje na podmínky pěstování či využití v medicíně, nikoli ve využití proti škůdcům. Tento fakt se stal předlohou pro vytvoření mé bakalářské práce.

## 2 Cíl práce

V této bakalářské práci se soustředím na další efektivní využití sušené levandule v praxi mimo medicínu a aromaterapii. Tím, že levandule (*Lavandula*) je vysoce aromatická bylina, nachází své využití i mimo lékařství, například jako odpuzovač škůdců. Odpuzování škůdců, konkrétně šatních molů je součástí cíle této práce.

Hlavním cílem je zjištění, zda papír z levandule a následné modifikování papíru za pomoci navlhání levandulovým éterickým olejem či levandulových květů bude mít větší efekt na ochranu oděvů než pytlíčky plné květů levandule či různé chemikálie s příměsí levandule. Kromě zjištění odpudivosti proti škůdcům byla v práci stanovena i základní mechanika papíru jako pevnost v tahu či propustnost pro vzduch.

Další součástí cíle je také doplnit závěrečnou práci o odbornou literaturu, která je využita během experimentování a charakterizování levandule lékařské.

## 3 Teoretická část

### 3.1 Levandule

#### 3.1.1 Charakteristika

Jedná se o cévnatou krytosemenou rostlinu z čeledě hluchavkovité (*Lamiaceae*), která obsahuje okolo čtyřiceti druhů, včetně stovky kříženců s různými vlastnostmi a vzhledem. Jednotlivé druhy se mohou dále třídit podle podrodů *Lavandula*, *Fabricia* a *Sabaudia*, Tabulka 1. (Janča & Zentrich, 1995; *Celyden.cz*, 2018)

Tabulka 1 Charakteristika levandule (Přichystal, 2012)

Říše	rostliny ( <i>Plantae</i> )
Podříše	cévnaté rostliny ( <i>Tracheobionta</i> )
Oddělení	krytosemenné ( <i>Magnoliophyta</i> )
Třída	vyšší dvouděložné ( <i>Rosopsida</i> )
Řád	hluchavkotvaré ( <i>Lamiales</i> )
Čeď	hluchavkovité ( <i>Lamiaceae</i> )
Podčeď	<i>Nepetoideae</i>
Rod	levandule ( <i>Lavandula</i> )
Podrod	<i>Lavandula</i> ; <i>Fabricia</i> ; <i>Sabaudia</i>

Rostlinu známe pod odborným názvem levandule, lidově se jí někdy také říká dulenka, devandule, špikanard či špikrnát. (Koničková, 2017)

Nejnámější druh této rostliny je levandule pravá (*Lavandula vera*) a její vybrané kultivary, kterými jsou levandule lékařská (*Lavandula officinalis*), levandule úzkolistá (*Lavandula angustifolia*), levandule klasnatá (*Lavandula spica*), přičemž se tyto jmenované rostliny dosti často zaměňují kvůli velmi podobnému vzhledu. (Altmann, 2012; *Gardenia.net*, 2023, *mountainvalleygrowers.com*, 2023)

Pro účely své bakalářské práce jsem si vybrala druh levandule lékařská, která spadá do podrodu *Lavandula*, tedy *Lavandula officinalis*.

### 3.1.2 Morfologie a chemické složení

Z důvodu široké pestrosti rodu *Lavandula* je velmi obtížné popsat obecně jednotný vzhled byliny, neboť se v některých znacích různí (například v tvaru a množství listů, květenstvím apod.). I přes nejednotný vzhled rostliny, lze najít několik shodných znaků.

Levandule je stále zelený a vytrvalý polokeřík vysoký průměrně do 80 cm. Výška polokeříku se v různých zdrojích uvádí jiná. Ve zdrojích se udává výška 50 cm (Janča & Zentrich, 1995), 30 až 80 cm (Koničková, 2017) či 60 až 120 cm (Zelený, 2005).

Levanduli můžeme rozdělit na dvě části. Spodní část rostliny u báze stonku je dřevnatějící a vytrvalá, kdežto horní část rostliny je bylinná a jednoletá. Bylinné výhony jsou čtyřhranné a chlupaté, ve spodní části jsou hustě olistěné. Listy jsou úzké a dlouhé 2 až 6 cm. V mládí rostliny jsou listy šedavě plstnaté a v pozdějším stádiu růstu zelenají a v pozdějším stádiu růstu listy olýsávají. Stříbřitě šedo zelená barva a jemné chloupky na listech mají za úkol chránit rostlinu před slunečními paprsky a odpařováním vody. Na spodní části listů se nacházejí žlázovité tečky. (Janča & Zentrich, 1995) V horní části lodyhy se již žádné listy nenacházejí. Lodyhy jsou vystoupavé až přímé a sahají do výšky 20 až 50 cm. (Zelený, 2005)

Stonky jsou ukončeny lichými klasy namodralých květů, které jsou pro levanduli typické. Květenství se vždy vyskytuje ve vrcholové části stonku. Květenství je uspořádáno v 5 až 10 květných chudých lichopřeslenech naproti sobě nebo do spirály. Lichopřesleny jsou nahloučeny v úzkých 4 až 5 lichoklasech. Na spodu jsou lichopřesleny oddálené a směrem nahoru se k sobě přibližují. Jednotlivé květy jsou uspořádané do konečného klasu na holých lodyhách. Květy jsou pětičetné, drobné a úzce válcovitého tvaru. Každý květ má kalich a korunu. Koruna květu levandule je dvojpyská. Horní pysk je větší a dvoulaločný, kdežto spodní je menší a trojlaločný. (Janča & Zentrich, 1995)

Plodem levandule u každého květu jsou čtyři drobné oříšky, jenž jsou černé a lesklé. Tyto oříšky neboli tvrdky měří 2 mm a dozrávají na přelomu léta a podzimu.

Levandule patří mezi lignocelulózové materiály, neboť se jedná o polokeřík, který je vzdáleně příbuzný se dřevnatými rostlinami jako jsou stromy a keře, které též obsahují chemické látky lignin a celulózu. (Zelený, 2005) Levandule je svým chemickým složením podobná lnu či konopí, ze kterých se vyrábí aglomerovaný materiál neboli pazdeřové desky. Narozdíl od výše jmenovaných rostlin se levandule liší svou aromatickou a léčivou složkou, tedy drogou.

Drogou je převážně květ (*Flos lavandulae*), méně často celá nať (*Herba lavandulae*). Čerstvé i vysušené květy obsahují okolo 10 % taninu (tríslovin) a éterický nebo-li esenciální olej (0,5–1 %). Přesné složení oleje závisí na druhu levandule, ze které pochází, i na prostředí, ve kterém rostlina vyrůstala. Obecně se však dá říci, že esenciální olej se skládá z linalylacetát, linaloolu, borneolem, isoborneolem, cineolem, geraniolem, kafrem a dalšími terpeny. (Harding, 2016)

Dohromady tyto chemické látky působí fytoicidně, brání růstu mikroorganismů a přirozeně chrání rostlinu proti býložravcům. Za silný anxiolytický efekt (ospalost), uvolňované z čisté silice je zodpovědný terpenový alkohol linalool. Nať má oproti květu podstatně méně silice, zato obsahuje více tríslovin. (Pokajewicz, 2021; Festy, 2019)

Přesné složení levandulového esenciálního oleje se u jednotlivých druhů liší, ale skládá se převážně z monoterpenoidů a seskviterpenoidů. Převažuje linalool a linalyl-acetát,

dále se vyskytují lavandulyl-acetát, terpinen-4-ol a klevendulol. Složení je popsáno v Tabulce 2. (BIOOO.cz, 2023)

Tabulka 2 Složení levandulového oleje (BIOOO.cz, 2023)

Taniny/ třísloviny	<ul style="list-style-type: none"> <li>● polyfenolická látka</li> <li>● pokrývá cca 10 % složení</li> <li>● brání pronikání škodlivin do krevního oběhu</li> </ul>
Flavonoidy	<ul style="list-style-type: none"> <li>● bioflavonoidy</li> <li>● patří mezi sekundární rostlinné metabolity</li> <li>● má antioxidační účinky</li> </ul>
Kumarin	<ul style="list-style-type: none"> <li>● benzopyron</li> <li>● toxin obsažený v mnoha rostlinách</li> <li>● má sladkou vůni</li> <li>● zamezuje srážení krve, tlumí křeče a podporuje srdeční činnost</li> <li>● používá se v parfémeh</li> </ul>
Éterický/ esenciální olej (silice)	<p data-bbox="679 1249 839 1281">linalylacetát</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● monoterpeny</li> <li>● vonná substance</li> <li>● přirozená fytochemikálie</li> <li>● jedna z hlavních složek levandulového oleje (společně s linalolem) – 30 až 60 %</li> </ul>
	<p data-bbox="679 1704 778 1736">linalool</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● linalyl alkohol</li> <li>● bezbarvý, jemný, květinový zápach podobný konvalinkám</li> <li>● pokrývá cca 30% složení</li> </ul>

	levandulového oleje
borneol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• přírodní pryskyřice</li> <li>• složka těkavých olejů (levandule)</li> <li>• pach připomíná pačuli nebo kafr a pepř</li> </ul>
isoborneol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bicyklická organická sloučeniny</li> <li>• terpenový derivát</li> </ul>
eucalyptol 1,8-cineol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cyklické ethery a monoterpeny</li> <li>• pomocí frakční destilace ho lze získat čistý 99,6–99,8%</li> <li>• nerozpustný ve vodě</li> </ul>
geraniol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• monoterpeny</li> <li>• sladce růžová vůně</li> </ul>
kafr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• monoterpeny</li> <li>• bylinná, štiplavá, ostrá a zelená vůně</li> </ul>

### 3.1.3 Uplatnění a účinky

Levandule lékařská svou oblíbenost po tisíciletí získala kvůli svým léčivým a relaxačním vlastnostem. Ve starověkém Římě pěstovali lidé levanduli z důvodu účinkům proti bolesti hlavy a při menstruačních potížích, proti žaludečním nevolnostem, bolesti ledvin či hmyzímu bodnutí nebo hadímu uštknutí. Ve Středověku se používala jako součást bylinných masť a postupně se stala složkou velkého množství léčiv, kosmetiky a součástí aromaterapie. (Bialoň *et al.*, 2019)

Velké množství zdrojů (Altmann, 2012; Wenzel, 2014; *levandulezmoravy.cz*; 2023) uvádí obecné uplatnění z medicínského hlediska následovně:

- proti stresu a úzkosti
- proti nespavosti a poruchám spánku
- při bolestech zad, hlavy apod.
- pro posílení nervů.
- při potížích s trávením či trávícím traktem
- při hmyzím bodnutí

- pro léčbu kožních chorob
- antibakteriální a antiseptické účinky

Silice z květů levandule se získává poměrně složitým procesem extrakce a následně destilace vodní parou. (*zavunilevandule.cz*, 2023) Ke chemickému složení silice je důležité zmínit, že se zde objevuje jistá proměnlivost. Silice je totiž ovlivněna konkrétním druhem levandule a jejich kultivary, množstvím a kvalitou obsažených látek. (Harding, 2016) Na chemickém složení se též odráží klimatické podmínky, ve kterých bylina roste. Právě kvůli zmíněným důvodům je silice celosvětově přísně kontrolována. Nejvyšší kvality silice pochází právě z levandule lékařské (*Lavandula officinalis*), pocházející z Francie z Provence. Vynikající kvality dosahuje i silice získaná z levandule korunkaté (*Lavandula stoechas*). (Festy, 2019)

Silice vhodné pro výrobu parfémů pocházejí z levandule prostřední/ provensálské. Levandulová silice se velmi rychle vstřebává do těla, proto její účinky se po aplikaci velmi rychle projeví, pravděpodobně do několika minut.

Levandule nemusí mít využití pouze léčebné či relaxační, ale i praktické. Jak již bylo výše řečeno, aromatické složky levandule ochraňují rostlinu proti býložravcům a tím pádem odpuzuje i šatní moly. (Harding, 2016; *manufaktura.cz*, 2023).

## 3.2 Papír

### 3.2.1 Historie výroby papíru

Předchůdců papíru, takového, jak ho známe dnes, je několik. První médium, na který lidé mohli psát, byl papír vyroben na dálném východě a v oblasti na povodí řeky Nilu – papyrus. (Zuman, 1947)

Jednalo se o druh rákosu, konkrétně o šáchor papírodárný, jehož stonek se rozřezal na tenké plátky a procházel složitými operacemi, než se mohl použít pro zachycení myšlenek.

Papír, jenž je velmi podobný tomu dnešnímu, byl vyrobeném na dálném východě. První zmínky o něm se datují do 3. století před Kristem, kdy ho vytvořili Číňané plstěním rozložených odpadků hedvábí. Základ pro papír byl dán a doplňoval se použitím jiných látek, např. vlákna lýka, konopí, textilií. Jednalo se o tzv. papírovou vlákninu.

V roce 105 po Kristu vyrobil čínský dvorní úředník Tsai Lun „náš“ papír. Byl vyroben čistě z rostlinných materiálů, které se daly lépe spojit vodou a lepidly. V té době též se rozvinula ruční výroba papíru. (Zuman, 1947)

Do Evropy vstoupil papír, vyroben podle Číňanů, již ve 14. století a hojně se rozšířil po Itálii a Francii, ze kterých se dále přepravoval do zbytku Evropy. (Khel, 1999)

V 15. století začaly na území dnešního Švýcarska vznikat první papírny. V severských zemích jako je dnešní Švédsko či Dánsko byla snaha o soběstačnost, proto i zde se nacházejí papírny od 2. poloviny 16. století. Velké významné papírny novověku se nacházely v Dolních Rakousích (1469), v Solnohradsku (1509), v Štýrsku (1517) a Horních Rakousích (1520) či v Korutanech či Tyrolsku. Koncem 15. století pronikl papírenský průmysl do Polska a o dalších 100 let do carského Ruska.



V 19. století díky velkému rozvoji papírenského průmyslu a větší spotřebě papíru. V návaznosti na tento fakt docházelo k nedostatku textilie pro výrobu vlákniny. Proto bylo potřeba nahradit textilií náhradní surovinou rostlinného původu – dřevo. Na rozemletí dřeva, aby vznikla jemná dřevovina, musel být vynalezen nový stroj, který by to zvládl. K získání jemné dřevoviny se používalo broušení. (Zuman, 1947; Mašat, 1946)

Největší pokrok přišel v době, kdy byla chemicky vyrobena nová chemická vláknina – buničina. Buničina se začala vyrábět vařením dřevěného obrusu v alkálii (louhu), a to buď v sodném (natronová buničina) či v siřičitém (sulfitová buničina). Těmito způsoby je dřevěného obrusu odstraněn lignin a pryskyřice.

Shrnout výrobu papíru můžeme podle vstupního materiálu a tu můžeme rozdělit do 3 skupin: použití textilních vláken, použití textilních vláken s příměsí a použití lignocelulózové hmoty. (Havlíčková, 2004; Macháň & Slavětinský, 1990; Kunz, 2000)

Dále můžeme shrnout i samostatnou výrobu papíru. Postup pro ruční výrobu papíru zůstal téměř nezměněn do dnešních dní, kdežto strojní výroba papíru se stále mění díky vývoji technologií, ale jádro celé strojní výroby je stále stejné. (Sjöström & Alén, 1999; Zuman, 1947)

### **3.3 Esenciální olej**

#### **3.3.1 Získávání esenciálního oleje**

Esenciální olej má mnoho názvů i mnoho využití. Též se můžeme setkat s označením éterický olej či silice. Jedná se o velmi silnou aromatickou látku, která se využívá především pro aromaterapii, kosmetiku či péči o pokožku těla.

Esenciální oleje jsou tekutiny se silným účinkem, jež jsou součástí vnitřní chemické struktury aromatických rostlin. V rostlině vznikají během jejího růstu ve speciálních mikroskopických váčcích a postupně se plní olejem. Váčky s esenciálními oleji se u různých rostlin nacházejí na různých místech. Esenciální olej se i v menší míře nachází na listech levandule, obecně však levandule vytváří esenciální olej v okvětních lístcích. Olej se nachází blízko středu květů, aby bylina přitahovala motýly a včely. Olej tvoří rostliny za účelem ochrany proti napadení malým hmyzem, na nějž jeho aroma působí velmi odpudivě. (Harding, 2016)

K produkci značného množství esenciálního oleje je zapotřebí použít značně velké množství rostlinného materiálu. Za těmito účely vznikají po celém světě levandulová pole, která se nacházejí i v České republice, např. na Křivoklátsku, na Hodonínsku či na Šumavě. Farmáři vědí přesně, kdy mají byliny sklídit, aby se z nich získalo maximální množství esenciálního oleje. (zavunilevandule.cz, 2023)

Jelikož extrakční proces je velmi náročný na práci i na čas, odráží se tento proces na ceně esenciálního oleje. Levandulový esenciální olej se získává destilací či parní destilací. Jednoduchá neboli prostá destilace se provádí v nerezové destilační nádobě. Levandule je vkládána do nádoby, namočí se ve vodě a postupně je zahřívána. U parní destilace se byliny též vkládají do destilační nádoby, do které je následně vháněna vodní pára. U obou způsobů destilace se díky teplu uvolňuje esenciální olej z vláken byliny a vzniká voňavá pára, která je

odváděna z destilační nádoby do kondenzátoru. V kondenzátoru dochází k ochlazení voňavé páry na vodu s olejem. Vzniklý olej na hladině je odsáván. Při destilaci vzniká nejen esenciální olej, ale i vedlejší produkt, květová levandulová voda. (Saadatian *et al.*, 2013)

### 3.3.2 Účinky a použití

Levandulový esenciální olej má osvěžující aroma s kafrovými tóny ze stonků a listů. Esenciální olej z levandule lékařské je netoxický, nedráždí pokožku a nebudí přecitlivělé reakce, proto se hodí pro všechny typy pleti. Charakteristické znaky levandulového esenciálního oleje jsou utišující, uklidňující a povzbuzující účinky. Vůně levandulové silice navozuje hluboké uvolnění a podporuje pozitivní mysl. (saloos.cz, 2023)

Zklidňující efekt levandulového esenciálního oleje slouží k léčení popálenin, spálení od slunce nebo ekzému či zklidnění podrážděné pokožky po bodnutí hmyzem. Díky zklidňujícímu účinku se hodí i pro velmi citlivou pokožku. Použit se dá i jako pesticidní olej, regenerační balzám po holení, hydratační emulze po opalování nebo jako relaxační masážní olej. (Festy, 2019)

## 3.4 Mol šatní

Mol šatní (*Tineola bisselliella*) spadá do řádu motýlů, kteří nejsou užiteční, ale spíše na škodu. Konkrétní čeleď molovitých motýlů patří ke škůdcům zásob, tzv. skladištních škůdců a tvoří samostatnou skupinu hmyzu. Do skladištních škůdců patří například i šváby. Tyto druhy skladištních škůdců žijí i volně v přírodě, většinou však nepřežijí zimu. Obecně tato skupina hmyzu se může trvale udržet pouze ve vytápěných prostorách. (Gerstmeier, 2023)

Na světě je známo přes 2000 druhů molovitých motýlků. V České republice je známo necelých 60 druhů. Mezi přední molovité (*Tineidae*) patří mol šatní (*Tineola bisselliella*), mol čalounový (*Trichophaga tapetzella*) či mol kožešinový (*Tinea pellionella*), přičemž každý druh mola škodí jinému materiálu, čemuž odpovídá přívlastek za jménem. (Jesser *et al.*, 2017) Obecně mola šatního popisuje Tabulka 3.

Tabulka 3 Charakteristika mola šatního (Novák & Pokorný, 2003)

Říše	živočichové ( <i>Animalia</i> )
Kmen	členovci ( <i>Arthropoda</i> )
Podkmen	šestinozí ( <i>Hexapoda</i> )
Třída	hmyz ( <i>Insecta</i> )
Podtřída	křídlatí ( <i>Pterygota</i> )
Řád	motýli ( <i>Lepidoptera</i> )
Podřád	<i>Glossata</i>
Čeleď	molovití ( <i>Tineidea</i> )
Rod	mol ( <i>Tineola</i> )

Molovitým se často přezdívá “pravý molové” a obecně se dá říci, že se jedná o drobné až malé motýlky, čemuž odpovídají svým rozpětím křídel od 8 do 20 mm. Jen několik druhů dosahuje velikosti přes 30 mm. (Ponec, 1982; Novák & Pokorný, 2003)

Mají nápadnou kulatou hlavu pokrytou vztyčenými vláskovitými šupinami. Tykadla jsou nitkovitá, ve výjimečných případech peříčkovitá. Molové mají ústní ústrojí zakrnělá a pouze pysková makadla mají různé délky. (Bellmann, 2015)

Složené oči jsou u některých druhů poměrně velké, neboť jednoduchá očka chybějí. Křídla jsou různého tvaru, nejčastěji jsou široká a okrouhlá. Vyskytují se i úzká a dlouhá křídla. Žilnatina je různorodá a některé žilky mohou zcela chybět. Zbarvení křídel může být od nenápadných barev až po velmi výrazné. (Ponec, 1982)

Moli jsou nevzhlední a neškodní motýli. Proč jsou tedy škůdci? Samičky totiž kladou až 300 vajíček, ze kterých se do týdne líhnou housenky. Ty měří od 16–20 mm. Vývoj těchto housenek v motýla je velice dlouhý. Uvádí se od dvou měsíců do devíti let. Housenky se pak živí tkaninami vyrobenými z materiálů živočišného původu, jako například vlna a plst'. (Bartoš & Verner, 1979; *skudci.com*, 2023)

Mol šatní je škůdce, který se specializuje především na textil, konkrétně vlněné látky, relativně velké nebezpečí představuje i pro kožešiny. Většina molů je aktivních v noci a přilétají ke světlu, výjimkou je právě mol šatní, který je až světloplachý. (Novák & Pokorný, 2003; Stejskal, 1994)

### 3.5 Souhrn dosavadních poznatků

V kontextu oběhového hospodářství a nakládání s odpady jsou nedřevní suroviny, včetně zemědělských zbytků možným potenciálním zdrojem pro výrobu buničiny a papíru s přidanými vlastnostmi nebo ekonomicky životaschopné v zemích s omezenými lesními

zdroji (Mohieldin, 2014). V Asii, konkrétně v Číně a Indii, již nedřevní suroviny tvoří 70 % surovin pro výrobu papíru (Saijonkari-Pakhala, 2001).

Levandule zatím nebyla použita jako surovina pro výrobu papíru, ale existují publikace o použití levandulového éterického oleje jako antibakteriálního prostředku pro ošetření papíru nebo nátěrů nebo jako fungicidní následné ošetření (Kandirmaz *et al.*, 2020; Rungwasantisuk & Raibhu, 2020; Bidar *et al.*, 2022). Todorova *et al.* (2023) uvádějí, že papír ošetřený levandulovou silicí má slibnou perspektivu proti mikrobiálnímu poškození a prodlužuje trvanlivost papíru ve srovnání s neošetřeným vzorkem.

Tato studie se zaměřuje na levanduli z důvodu možného využití odpadní biomasy např. v Provence (Francie).

## 4 Experimentální část

### 4.1 Materiál

Jako materiál, pro výrobu levandulového papíru, byla použita levandule lékařská (*Lavandula officinalis*). Jedná se o druh levandule, který je v České republice dobře dostupný a zároveň jedním s největším obsahem esenciálního oleje. Pro výrobu papírenské vlákniny se použila levandule lékařská, konkrétně vzdušně suchý celý stoněk, včetně květenství.

### 4.2 Dezintegrace

Před jakýmkoliv chemickým zpracování levandule na papírenskou vlákninu, musí proběhnout dezintegrace levandule. Nejprve byly odděleny květy od stonků, a následně byly stonky pomocí nůžek dezintegrovány na 1,5 až 2 cm, dlouhé kousky.

### 4.3 Stanovení vlhkosti

Pro chemické zpracování a následné vlastnosti papírenské vlákniny je důležité u použitého materiálu stanovit jeho vlhkost, zvláště když pro výrobu byla použita vzdušně suchá surovina.

Vlhkost je stanovena z celkové sušiny. Stanovení sušiny probíhá podle normy Tappi T 210 cm-13 (Tappi, 2015), kdy do předem zvážené váženky je naváženo cca 5 g vzdušně suché levandule. Váženka s levandulí je sušena v sušárně při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti. Po uplynutí času je váženka s levandulí vyjmuta ze sušárny a ponechána vychladnout v exsikátoru. Po vychladnutí se váženka s navázkou opět zváží na laboratorních analytických vahách. Z jednotlivých hmotností je dopočtena celková sušina  $CS$ :

$$CS = \frac{\Delta m}{m_v} \cdot 100, \quad (1)$$

$CS$  – množství celkové sušiny [%]

$\Delta m$  – rozdíl hmotnosti váženky po sušení a prázdné váženky [g]

$m_v$  – hmotnost váženky navážky před sušením [g]

Následně ze stanovení celkového množství sušiny lze stanovit vlhkost rovnicí:

$$w = 100 - CS, \quad (2)$$

$w$  – vlhkost navážky [%]

$CS$  – množství celkové sušiny [%]

### 4.4 Výroba buničiny

Pro výrobu papírenské vlákniny existuje několik druhů postupů, jak vlákninu získat. Pro získání vlákniny budou použité dezintegrované stonky levandule lékařské. K výrobě

buničiny byl vybrán dusičnано-alkalický způsob delignifikace. Tento způsob je rozdělen do dvou procesů – vaření a extrakce.

Před začátkem delignifikace, odstranění ligninu byly namíchaný chemikálie. Pro samotnou várku 6% kyselina dusičná ( $\text{HNO}_3$ ), pro následnou extrakci 5% hydroxid sodný ( $\text{NaOH}$ ) a k neutralizaci 1% kyselina octová ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

Do 2000 ml varné baňky bylo vloženo cca 50 g dezintegrované levandule, u kterých byla zároveň stanovena i jejich sušina. Následně ke stonkům levandule přidáno 1000 ml 6% roztoku kyseliny dusičné. Tato směs byla vařena 30 minut od počátku varu v topném hnízde pod zpětným chladičem. Během vaření se uvolňují hydrolyticky lignin-sacharidové vazby. Následně lignin prochází nitrací a částečnou oxidací na nitrolignin. (Popa, 2013) Po uplynutí 30 minut byl obsah varné baňky kvantitativně převeden na sítko a provařená hmota byla promyta vodou.

Po řádném propláchnutí byla směs převedena do kádinky o objemu 2000 ml a zalita 1000 ml 5% roztoku hydroxidu sodného. Kádinka byla překryta hodinovým sklem a převedena k varu na plotýnkovém vařiči. Od počátku varu byla směs vařena 10 minut. Při extrakci louhem dochází k rozpuštění nitroligninu. Vedlejším projevem nitrace je hydrolyza hemicelulóz na monosacharidy a částečná hydrolyza samotné celulózy. Po uplynutí 10 minut byl obsah kádinky opět zfiltrován pomocí sítko a promyt proudem tekoucí vody.

Po vaření a extrakci přichází na řadu rozvláknění levandule a následná neutralizace roztokem kyseliny octové. Promyté štěpky po extrakci byly rozvlákněny pomocí ručního mixéru v 1000 ml vody po dobu 3 minut. Před neutralizací byla uvařená levandulová buničina ještě jednou odvodněna pomocí síta a následně byla buničina vložena do 2000 ml kádinky, do které bylo přidáno 1000 ml roztok 1% kyseliny octové, buničina v tomto roztoku byla ponechána 5 minut reagovat s chemikálií. Tento roztok kyseliny octové neutralizuje případné zbytky louhu. Po neutralizaci bylo nutné opět za pomoci sítko přefiltrovat buničinu za pomoci vlažné vody. Na závěr byla buničina opět vložena do 2000 ml kádinky, kde probíhalo důkladně praní ve vodě a při odvodnění buničiny byly pomocí sítko a pinzety odebrány hrubé neprovary. Po separaci neprovarů byl stanoven výtěžek uvařené levandulové vlákniny (Milichovský *et al.*, 1979; Hájková *et al.*, 2021).



Obrázek 1 Mokrý buničina



Obrázek 2 Absolutně suchá buničina

## 4.5 Všeobecné vlastností papírenské vlákniny

### 4.5.1 Stanovení hrubých neprovarů

Při výrobě buničiny, byly ze suspenze vyňaty za pomoci sítka a pinzety neuvařené kousky stonků levandule, tzv. neprovary. Neprovary se odkládají do předem zvážené Petriho misky a jsou sušeny při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti. Po získání konstantní hmotnosti neprovarů byl vzorek včetně Petriho misky vložen v exsikátoru. Po aklimatizování byly zváženy absolutně suché neprovary a bylo dopočteno jejich množství podle vztahu (Hájková, 2023):

$$x_{HN} = \frac{m_{HN}}{m_{a.s.}} \cdot 100, \quad (3)$$

$x_{HN}$  – množství hrubých neprovarů [%]

$m_{HN}$  – hmotnost absolutně suchých hrubých [g]



Obrázek 3 Vyjímání neprovarů z buničiny



Obrázek 4 Neprovary

### 4.5.2 Stanovení celkového výtěžku

Jedná se o základní veličinu charakterizující papírenskou vlákninu. Díky stanovení celkového výtěžku lze určit, zda vzniklá vláknina je nízkovýtěžová či vysokovýtěžová. Lze stanovit kolik vzniklo papírenské vlákniny z původního množství suroviny, ze kterého vláknina chemicky vznikla. Obecně se dá říci, že nižší výtěžek mají chemicky získané papírenské vlákniny. Kromě způsobu zpracování, jestli se jedná o chemické či mechanické, je dalším důležitým faktorem správná volba vstupní suroviny. Při volbě vstupní suroviny je třeba zohlednit druh rostliny. Jestli se jedná o dřevo listnaté či jehličnaté, či jako v tomto konkrétním případě se jedná o jednoletou rostlinu, konkrétně Levandule lékařská (*Lavander officinalis*).

Buničina po chemickém vaření a odstranění hrubých neprovarů byla vysušena na předem zvážené Petriho misce při 105 °C do konstantní hmotnosti. Z hmotnosti absolutně suché buničiny a neprovarů i původní vstupní navážky suroviny byl dopočten celkový výtěžek podle vztahu (Hájková, 2023):

$$CV = \frac{m_B + m_{HN}}{m_{a.s.}} \cdot 100, \quad (4)$$

$CV$  – celkový výtěžek [%]

$m_B$  – hmotnost absolutně suché buničiny [g]

$m_{HN}$  – hmotnost absolutně suchých hrubých [g]

$m_{a.s.}$  – navážka použitá pro dusičnано-alkalickou várku [g]

#### 4.5.2 Stanovení obsahu zbytkového ligninu v buničině – Kappa číslo

Kappa číslo je pojem známý taktéž jako stupeň odvaření buničiny a vyjadřuje informaci o zbytkovém množství ligninu v buničině. Zjednodušeně Kappa číslo slouží k vyjádření stupně delignifikace a případné relativní tvrdosti buničiny či obsahu ligninu v buničině. (Biermann, 1996)

Na zjištění Kappa čísla je zapotřebí titrace. Výsledek titrace by měl být přesný pouze u takových navážek, kde byla spotřebována polovina přidaného manganistanu draselného. Během titrace dochází k oxidaci, na kterou reaguje právě výše zmíněný lignin, a proto je možné dopočítat jeho přibližný obsah v buničině pomocí korelační tabulky.

Zjištění Kappa čísla je složitý proces skládající se z několika kroků: stanovení faktoru thiosíranu sodného, slepého pokusu a vlastního stanovení se vzorkem buničiny, vše v souladu s normou ČSN ISO 302. (ČSN, 1993)

#### Stanovení faktoru thiosíranu sodného

Pro stanovení faktoru thiosíranu sodného bylo odpipetováno do titrační baňky 25 ml dichromanu draselného ( $K_2Cr_2O_7$ ) o koncentraci  $0,001667 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ . Dichroman draselný byl okyselen 6 ml 25% kyseliny chlorovodíkové (HCl), jež byla odměřena v odměrném válci. Takto připravená reakční směs měla oranžovou barvu.

Reakční směs byla titrována thiosíranem sodným ( $Na_2S_2O_3$ ) o koncentraci  $0,2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ . Konec titrace byl indikován pomocí škrobu, který změnil odstín směsi do šedomodré barvy. Vzorec pro výpočet faktoru thiosíranu sodného:

$$f = \frac{5 \cdot V_{K_2Cr_2O_7} \cdot c_{KMnO_4}}{b_{Na_2S_2O_3} \cdot c_{Na_2S_2O_3}}, \quad (5)$$

$f$  – faktor thiosíranu sodného [–]

$V_{K_2Cr_2O_7}$  – objem dichromanu draselného [ml]

$c_{KMnO_4}$  – koncentrace manganistanu draselného [ $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ]

$b_{Na_2S_2O_3}$  – spotřeba thiosíranu sodného při titraci [ml]

$c_{Na_2S_2O_3}$  – koncentrace thiosíranu sodného [ $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ] (ČSN, 1993)





Obrázek 5 Chemikálie pro stanovení faktoru thiosíranu sodného

### Slepý pokus

Před vlastním stanovením Kappa čísla bylo zapotřebí stanovit slepý pokus, což byla titrace, při které nebyl použit vzorek buničiny. Do 2000 ml kádinky bylo nalito 790 ml destilované vody. Do menší 250 ml kádinky byla připravena směs roztoku manganistanu draselného a roztoku kyseliny sírové. Manganistan draselný o koncentraci  $0,02 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  byl odpipetován o objemu 100 ml a poté bylo přidáno 100 ml kyseliny sírové o koncentraci  $2 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Vzniklá směs byla přidána k destilované vodě a kádinka, jež obsahovala směs byla vypláchnuta 10 ml destilované vody, které jsou též přidány do reakční směsi. Kádinka s reakční směsí byla postavena na míchadlo. Za stálého míchání bylo do kádinky přidáno 20 ml jodidu draselného o koncentraci  $1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Veškerá směs byla titrována roztokem thiosíranu sodného o koncentraci  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Konec titrace nastane teprve, když dojde k odbarvení směsi z tmavě fialové do čiré barvy, a to za pomoci přídatku škrobového indikátoru. (ČSN, 1993)

Nejprve byla buničina ponechána bobtnat v malém množství destilované vody a následně byla v objemu suspenze cca 250 ml rozvláknována pomocí mixéru přibližně 2 minuty. Po rozvláknění byla suspenze doplněna na objem 790 ml destilovanou vodou a umístěna na míchadlo. Dále byly přidány chemikálie stejně jako v případě slepého pokusu, tudíž směs tvořená 100 ml manganistanu draselného o koncentraci  $0,02 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  a 100 ml kyseliny sírové o koncentraci  $2 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Opět byla kádinka od směsi vypláchnuta pomocí 10 ml destilované vody. Po přidání směsi ke vzorku buničiny byly stopováno 10 minut, aby mohla směs proreagovat s buničinou. Po uplynutí času bylo přidáno 20 ml jodidu draselného o koncentraci  $1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  a směs byla titrována pomocí thiosíranu sodného. Konec titrace byl indikován pomocí škrobového mazu. Konečná spotřeba byla odečtena, když došlo k úplnému odbarvení. Pomocí spotřeby při vlastním stanovení a slepém pokusu, faktoru thiosíranu sodného byl dopočten nejprve objem manganistanu draselného pro stanovení korekčního faktor:

$$V_{KMnO_4} = \frac{(a_{Na_2S_2O_3} - b_{Na_2S_2O_3}) \cdot c_{Na_2S_2O_3} \cdot f}{5 \cdot c_{KMnO_4}}, \quad (6)$$

$V_{KMnO_4}$  – objem manganistanu draselného [ml]

$a_{Na_2S_2O_3}$  – spotřeba thiosíranu sodného při slepém pokusu [ml]

$b_{Na_2S_2O_3}$  – spotřeba thiosíranu sodného při vlastním stanovení [ml]

$c_{Na_2S_2O_3}$  – koncentrace thiosíranu sodného [ $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ]

$f$  – faktor thiosíranu sodného [–]

$c_{KMnO_4}$  – koncentrace manganistanu draselného [ $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ] (ČSN, 1993)

Tabulka 4 Korekční faktory pro výpočet Kappa čísla (ČSN, 1993)

$V_{KMnO_4}$ , ml	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,898	0,900	0,902	0,904	0,906	0,908	0,910	0,912	0,914	0,916
10	0,918	0,920	0,922	0,924	0,926	0,928	0,930	0,932	0,934	0,936
20	0,938	0,940	0,942	0,944	0,946	0,948	0,950	0,952	0,954	0,956
30	0,958	0,960	0,962	0,964	0,966	0,968	0,970	0,973	0,975	0,977
40	0,979	0,981	0,983	0,985	0,987	0,989	0,991	0,994	0,996	0,998
50	1,000	1,002	1,004	1,006	1,009	1,011	1,013	1,015	1,017	1,019
60	1,022	1,024	1,026	1,028	1,030	1,033	1,035	1,037	1,039	1,042
70	1,044	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Vypočtený objem manganistanu sloužil k dohledání korekčního faktoru v Tabulce 4 a následně z něj a původní absolutně suché hmotnosti buničiny bylo stanoveno Kappa číslo:

$$\kappa = \frac{V_{KMnO_4} \cdot d}{m_{a.s.}}, \quad (7)$$

$\kappa$  – Kappa číslo [–]

$V_{KMnO_4}$  – objem manganistanu draselného [ml]

$d$  – korekční faktor [–]

$m_{a.s.}$  – hmotnost absolutně suché buničiny použité pro stanovení [g] (ČSN, 1993)



Obrázek 6 Začátek titrace



Obrázek 7 Konec titrace



Obrázek 8 Titrovaná buničina

## 4.6 Výroba zkušebních aršíků

### 4.6.1 Výroba aršíků pro testování levandule na mola

Poté, co byla vyrobena buničina, bylo z ní potřeba vyrobit aršíky pro testování. Za účelem zjištění účinků proti šatním molům bylo vytvořeno několik typů archů papírů, co se týká složení. Z levandulové buničiny byly vyrobeny tři série, a to 100% levandulová buničina; 99 % buničiny a 1 % levandulových květů; 95 % levandulové buničiny a 5 % levandulových květů. Aby se daly výsledky porovnat s jiným materiálem byly vytvořeny testovací archy z lněné natronové buničiny dodané firmou Delfort Group, a to ve stejných sériích jako u levandulové buničiny, takže 100, 99 a 95 % buničiny a zbytek tvořily levandulové květy.

Testovací aršíky ve tvaru kruhu byly vyrobené o plošné hmotnosti  $240 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  o průměru 7 cm. Testovací archy byly ponechány v laboratoři mezi filtračními papíry a ponechány sušit při laboratorní teplotě.



Obrázek 9 Buničina 100%

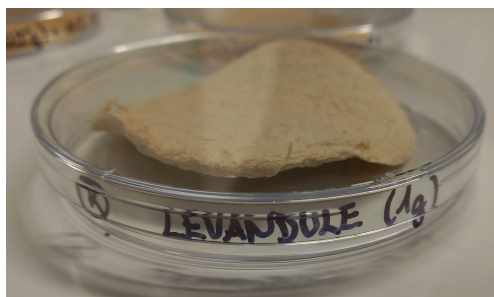


Obrázek 10 Buničina 99%

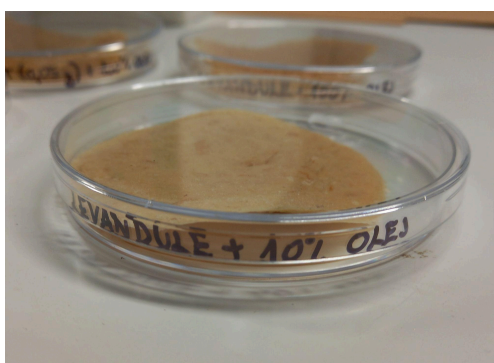


Obrázek 11 Buničina 95%

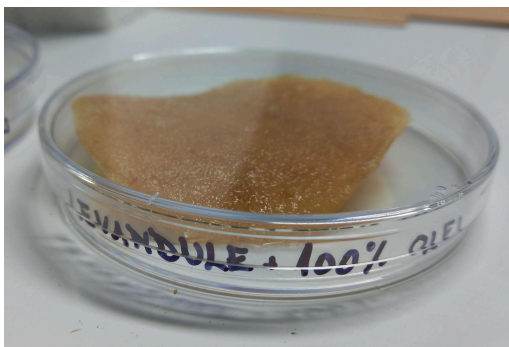
Po usušení testovacích archů papíru se přejde k další fázi, a to k aplikaci esenciálního levandulového oleje. Od každého typu archu se na dva aršíky aplikovaly pipetou dvě různé koncentrace oleje o objemu 1 ml. Použité koncentrace levandulového oleje byly 100 % a 10 %. Esenciální levandulový olej, jenž byl použit na aplikaci na testovací archy, byl 100% čistý esenciální olej od české značky M+H, Saloos naturcosmetic s.r.o. Archy se nechaly 30 dní navlhat v prostředí esenciálního oleje a pak se testovala odpudivost k šatním molům.



Obrázek 12 Testovací aršík bez esenciálního oleje



Obrázek 13 Testovací aršík + 10% olej



Obrázek 14 Testovací aršík + 100% olej

#### 4.6.2 Výroba aršíků pro mechanické zkoušky

Před výrobou levandulových testovacích aršíků pro mechanické vlastnosti, jako pevnost v tahu či v průtlaku, bylo zapotřebí nejprve předem zváženou buničinu (plošná hmotnost cca  $80 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) rozvláknit. Buničina byla rozvlákněna pomocí laboratorního rozvlákňovače firmy Lorentzen & Wettres. Takto připravená suspenze byla následně přesunuta do laboratorního archovače.

Laboratorní aršíky byly vyrobené na archovači RAPID-KÖTHEN RK-2A, Obrázek 15 a 16, který se skládá ze třech částí. První část je tvorba listu, následovalo sejmutí listu pomocí gaučovacieho válce a závěrečná část je sušení. Takto připravený vzorek byl klimatizován a byly u něj stanoveny pevnostní parametry.



Obrázek 15 Laboratorní archovač



Obrázek 16 Vyrobený levandulový aršík

### 4.7 Vliv účinku levandule na mola šatního

Vliv účinku levandulového papíru a esenciálního oleje na odpudivost mola šatního byl proveden tak, že tři jedinci mola šatního byly dány pod velkou Petriho misku. Následně byl pomocí pinzety po Petriho misku přidán aršík z levandulové či lněné buničiny doplněný o

květ či o esenciální olej o různém procentuálním zastoupením. Po vložení archu pod Petriho misku byli moli přivedeni do pohybu pomocí zvýšeného hluku na Petriho misku a po dvaceti minutách byl pořízen obrázek, jak se moli chovají v přítomnosti daného aršíku.



Obrázek 17 Mol šatní



Obrázek 18 Mol šatní pod zkušební Petriho miskou

Výsledky chování molů na jednotlivé aršíky jsou uvedeny ve výsledkové části.

## 4.8 Testování vlastností levandulového papíru

Mechanických vlastností, které se stanovují i papíru je celá řada, těmi hlavními jsou pevnost v tahu a v průtlaku. Tyto vlastnosti charakterizují materiál z hlediska namáhání při působení nějaké síly. Stanovením těchto parametrů se předchází problémům při výrobě či při dalším zpracování (Macháň & Slavětinský, 1990). Kromě mechanické pevnosti byla stanovena i propustnost pro vzduch.

### 4.8.1 Pevnost v tahu

Při této pevnostní zkoušce je vzorek vystaven působení vnějšího zatížení, které způsobí jeho přetržení. Pomocí této zkoušky byly zjištěny parametry jako tržná délka, pevnost v tahu, relativní prodloužení a práce potřebná k přetržení tahem (Souček, 1977). Veškerá stanovení byla stanovena v souladu s ISO 1924-2 (ČSN EN ISO, 2009) na laboratorní trhačce od firmy FRANK-PTI. Jelikož je zařízení automatické, nebylo zapotřebí žádné hodnoty dopočítávat, hodnoty byly pouze poznamenané, zařízení je uvedeno na Obrázku 19.



Obrázek 19 Laboratorní trhačka

#### 4.8.2 Pevnost v průtlaku podle Mullena

Jedná se o zkoušku, která vyjadřuje odpor při okamžiku přetržení, který vzorek klade na tlak, který působící na plochu vzorku v kolmém směru. V našem případě probíhalo stanovení v souladu s normou ISO 2758 (ISO, 2014), na zařízení od firmy FRANK-PTI, Obrázek 20.



Obrázek 20 Zařízení pro stanovení pevnosti v průtlaku

#### 4.8.3 Stanovení propustnosti pro vzduch

Stanovení propustnosti pro vzduch probíhalo metodou podle Gurleye, jedná se o měření, kdy 100 ml vzduchu prochází vzorkem o ploše 6,45 cm<sup>2</sup> a zaznamenává se čas průchodu vzduchu v sekundách. Vše bylo v souladu s normou ISO 5636-5:2013 (ISO, 2019) na zařízení firmy Lorenzen & Wettre, které je uvedené na Obrázku 21.



Obrázek 21 Zařízení pro stanovení propustnosti pro vzduch



## 5 Výsledky

### 5.1 Stanovení vlhkosti

Před použitím vzorku levandule bylo nutné stanovit vlhkost onoho materiálu. Sušina materiálu činila 92,18 %, z čehož byla dopočtena průměrná vlhkost materiálu, a to 7,82 %

### 5.2 Stanovení celkového výtěžku a množství neprovarů

Buničina, která byla vyrobena za účelem výroby testovacích aršíků papíru, byla vyrobena ze dvou várek. Během výroby buničiny byly ze zpracovávané hmoty odebrány větší kusy nerozpuštěných vláken, tzv. neprovary 0,41 %. A z uvařené vlákniny byl stanoven celkový výtěžek várek 21,39 %.

Tabulka 5 Stanovení celkového výtěžku

Číslo várky	Navážka [g]	$m_B$ [g]	$m_N$ [g]	$x_N$ [%]	$CV$ [%]
Várka 1	45,037	10,1247	0,1188	0,26	22,74
Várka 2	56,560	11,0074	0,3190	0,56	20,03

### 5.3 Stanovení Kappa čísla

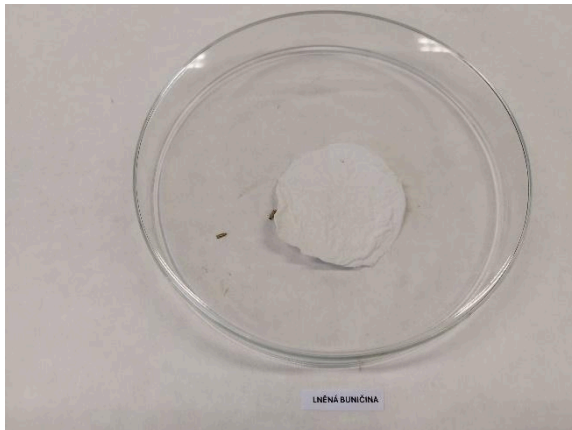
Pro stanovení Kappa čísla je potřeba znát faktor thiosíranu sodného. Ten se vypočítal pro každou titraci zvlášť. Pro účely zkoumání levandulové buničiny, která vznikla ve dvou várkách delignifikace, proběhla u každé várky titrace. Faktor thiosíranu sodného byl vypočten jako aritmetický průměr ze dvou stanovení a ten činil 0,9961.

Tabulka 6 Stanovení Kappa čísla

Číslo várky	Titrace	$m_B$ [g]	$a_{Na_2S_2O_3}$ [ml]	$b_{Na_2S_2O_3}$ [ml]	$\kappa$
Várka 1	Titrace 1	1,5100	48,0	34,6	16,9
Várka 1	Titrace 2	1,5094	48,0	34,2	17,4
Várka 2	Titrace 1	1,5040	48,0	35,1	16,3
Várka 2	Titrace 2	1,5062	48,0	35,7	15,5

## 5.4 Vliv levandule na mola šatního

Jak již bylo zmíněno v experimentální části, laboratorně vyrobené aršíky byly podrobeny zkoušce odolnosti proti molu šatnímu na následujících obrázcích jsou uvedené výsledky.



Obrázek 22 Lněná buničina



Obrázek 23 Levandulová buničina



Obrázek 24 Lněná buničina + 1 %  
levandulového květu



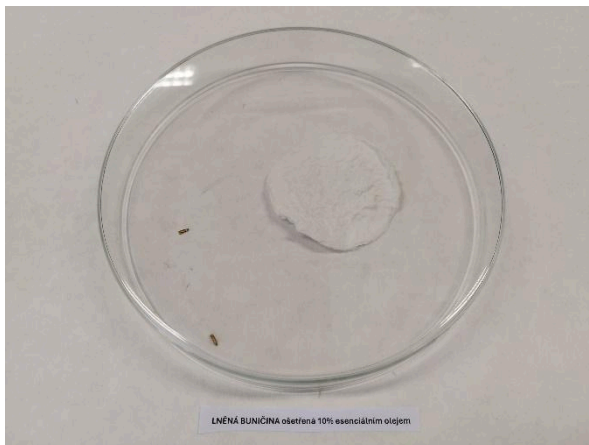
Obrázek 25 Levandulová buničina + 1 %  
levandulového květu



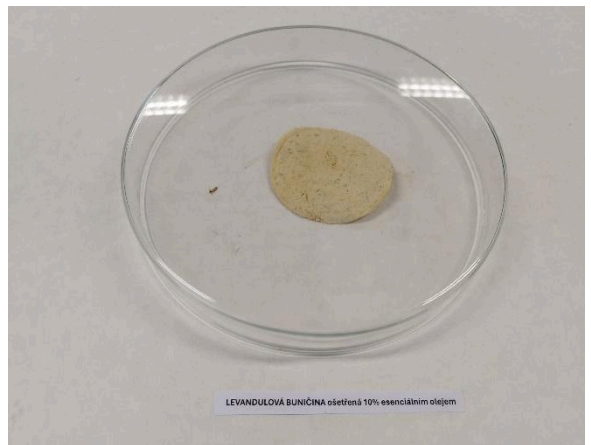
Obrázek 26 Lněná buničina + 5 % levandulového květu



Obrázek 27 Levandulová buničina + 5 % levandulového květu



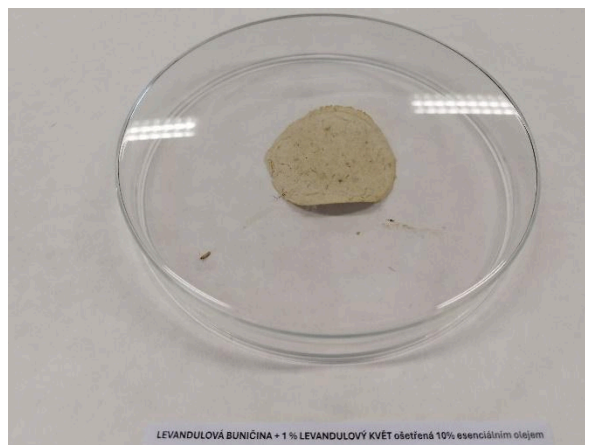
Obrázek 28 Lněná buničina a 10% olej



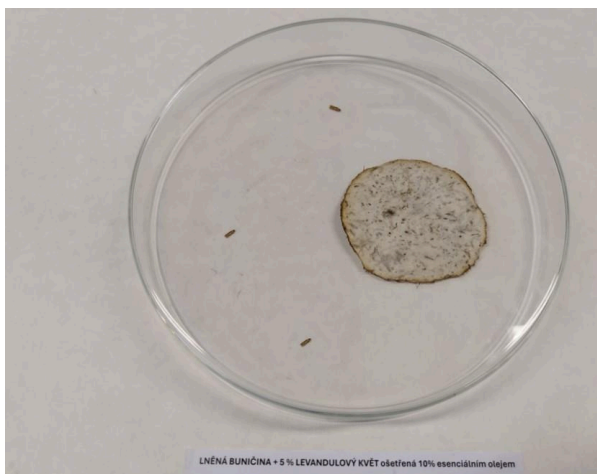
Obrázek 29 Levandulová buničina a 10% olej



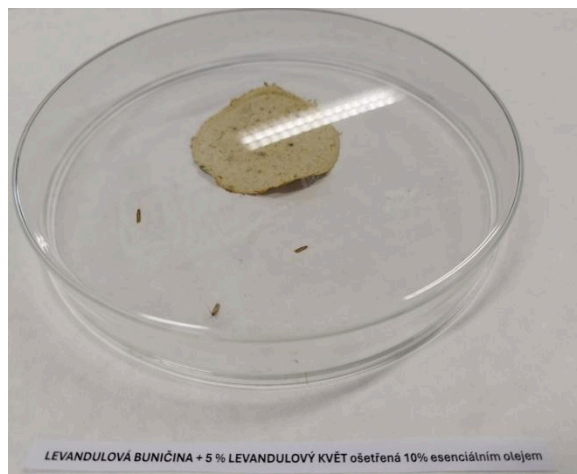
Obrázek 30 Lněná buničina s 1 % levandulového květu a 10% olejem



Obrázek 31 Levandulová buničina s 1 % levandulového květu a 10% olejem



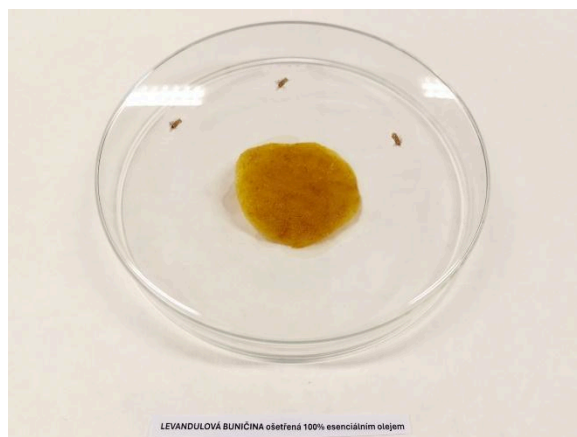
Obrázek 32 Lněná buničina s 5 % levandulového květu a 10% olejem



Obrázek 33 Levandulová buničina s 5 % levandulového květu a 10% olejem



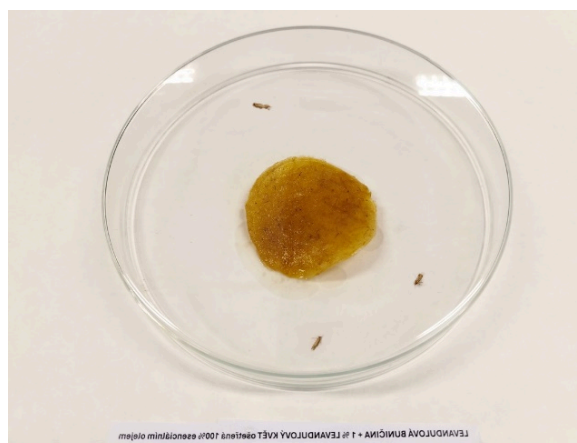
Obrázek 34 Lněná buničina a 100% olej



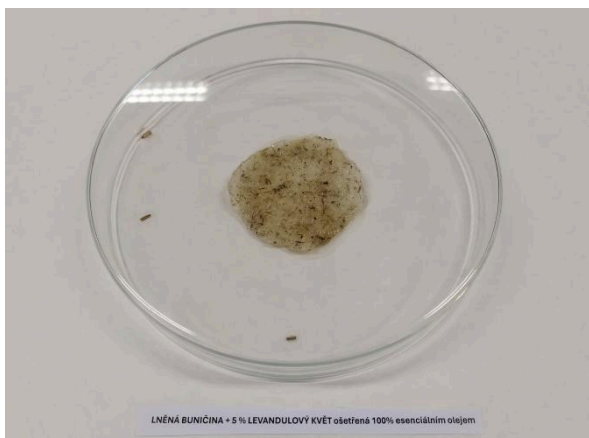
Obrázek 35 Levandulová buničina a 100% olej



Obrázek 36 Lněná buničina s 1 % levandulového květu a 100% olejem



Obrázek 37 Levandulová buničina s 1 % levandulového květu a 100% olejem



Obrázek 38 Lněná buničina s 5 % levandulového květu a 100% olejem



Obrázek 39 Levandulová buničina s 5 % levandulového květu a 100% olejem

## 5.5 Stanovení mechanických vlastností papíru

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty pevnosti v tahu, tlaku a propustnosti pro vzduch podle Gurleje pro levandulový papír o plošné hmotnosti 80; 100 a 120 g·m<sup>-2</sup>.

Tabulka 7 Mechanické vlastnosti pro plošnou hmotnost 80 g·m<sup>-2</sup>

Měření	<i>BL</i>	$\epsilon$	<i>TI</i>	<i>TEAI</i>	<i>BI</i>	<i>AP</i>
1	1,71	0,71	16,73	0,08	26,70	1,80
2	1,76	0,69	17,24	0,08	27,00	1,60
3	1,66	0,64	16,31	0,07	27,10	2,00
Průměr	1,71	0,68	16,76	0,08	26,93	1,80
Sm.odch.	0,05	0,04	0,47	0,01	0,21	0,20

*BL* – tržná délka [km],  $\epsilon$  – relativní prodloužení [%], *TI* – pevnost v tahu [Nm·g<sup>-1</sup>], *TEAI* – index absorpce tažné práce [J·g<sup>-1</sup>], *BI* – pevnost v průtlaku [kPa], *AP* – propustnost pro vzduch [s]

Tabulka 8 Mechanické vlastnosti pro plošnou hmotnost 100 g·m<sup>-2</sup>

Měření	<i>BL</i>	$\epsilon$	<i>TI</i>	<i>TEAI</i>	<i>BI</i>	<i>AP</i>
1	0,72	0,50	7,09	0,02	30,10	2,40
2	0,41	0,19	4,07	0,01	30,30	2,20
3	0,57	0,36	5,59	0,01	31,20	2,40
Průměr	0,57	0,35	5,58	0,01	30,53	2,33

Sm.odch.	0,16	0,16	1,51	0,01	0,59	0,12
----------	------	------	------	------	------	------

Tabulka 9 Mechanické vlastnosti pro plošnou hmotnost  $120 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Měření	$BL$	$\varepsilon$	$TI$	$TEAI$	$BI$	$AP$
1	0,98	0,59	9,63	0,04	35,60	3,8
2	1,02	0,65	9,97	0,04	35,80	4,0
3	0,93	0,53	9,14	0,03	37,10	3,8
Průměr	0,98	0,59	9,58	0,04	36,17	3,87
Sm.odch.	0,05	0,06	0,42	0,01	0,81	0,12

## 6 Diskuze

### 6.1 Stanovení celkového výtěžku a množství neprovarů

Buničina, která byla vyrobena pro potřebné testování, byla vyrobena sulfátovým postupem. Delignifikace proběhla během vaření sušené levandule v hydroxidu sodném. Tento způsob patří mezi nejčastěji používané a nejefektivnější postupy delignifikace. Tento způsob delignifikace obecně má relativně vysokou výtěž. Zdroj zabývající se delignifikačními metodami uvádí 45–55 % výtěžnost u papírenské buničiny a 30–35 % výtěžnost u rozpuštěné buničiny (Zinovyev, 2015). Obecně se u dřeva udává průměrné množství celulózy, ze které vzniká buničina, kolem 50 %. U lignocelulózových materiálů se množství celulózy, konkrétně u kukuřičné slámy a klasu, rýžové slámy, pšeničné slámy či pšeničné plevy v rozmezí 35–40 % (Vostřejš, 2020). Z těchto uvedených údajů se dá předpokládat, že celkový výtěžek buničiny bude u lignocelulózových materiálů nižší než u dřeva. U várky 1 byl celkový výtěžek 22,74 % a u várky 2 byl celkový výtěžek 20,03 %.

Množství neprovarů, které zůstaly v buničině po jejím vytvoření, souvisí též se vstupním materiálem a celkovým výtěžkem buničiny. Čím je větší hmotnost absolutně suché buničiny, tím je větší hmotnost neprovarů. Množství neprovarů u várky 1 činí 0,26 % a u várky 2 činí 0,56 %. Udávané množství neprovarů je velmi nízké, takže se dá konstatovat, že při vzniku buničin u obou várek nevznikl téměř žádný odpad.

### 6.2 Stanovení Kappa čísla

Kappa číslo vyjadřuje stupeň odvaření buničiny a vyjadřuje tak informaci o zbytkovém množství ligninu v buničině. Z tohoto důvodu je potřebné opět zmínit obecné procentuální množství ligninu ve dřevě a lignocelulózových materiálech. Ve dřevě se obecně udává množství ligninu 25 %. U lignocelulózových materiálu, konkrétně u kukuřičné slámy a klasu, rýžové slámy, pšeničné slámy či pšeničné plevy, se množství ligninu pohybuje od 12 do 24 % (Vostřejš, 2020). Kappa číslo ovlivňuje jak množství ligninu ve vstupním materiálu, tak na množství celkové výtěžnosti buničiny po delignifikaci a druhu delignifikace (Ek *et al.*, 2009). U sulfátové delignifikace bývá Kappa číslo obvykle nízké. Kappa číslo u měkkých dřeviny se pohybuje od 20–35 (procentuální množství ligninu se pohybuje od 3–5,2 %). U tvrdých dřevin se pohybuje Kappa číslo od 12–18 (procentuální množství ligninu se pohybuje od 1,8–2,4 %) (Sixta, 2006).

Obrázek 40 Vztah mezi celkovou výtěžností a Kappa číslem (Ek *et al.*, 1996)

Zde existuje přímá úměra. Čím menší je výsledné Kappa číslo, tím je menší zbytkové množství ligninu. U každé várky byly provedeny dvě titrace. U várky 1 - první titrace je Kappa číslo 16,9 a u druhé titrace je Kappa číslo 17,4. U várky 2 – první titrace je Kappa číslo 16,3 a u druhé titrace je Kappa číslo 15,5. Vypočítané hodnoty odpovídají tomu, že v

lignocelulózovém materiálu je menší množství ligninu, tudíž bude i menší Kappa číslo u vytvořené buničiny.

### 6.3 Vliv levandule na mola šatního

V rámci testování efektu papírových aršíků proti molům, vznikly dva druhy papírů z levandulové a lněné buničiny. U každého druhu testovacích aršíků papíru bylo vytvořeno devět modifikovaných variant testovacího papíru, aby případné odpuzovací účinky na mola šatního byly efektivnější. Každá z variant byla pro pokusné testování modifikována pomocí 1 % levandulového květu, 5 % procenty levandulového květu, 10% roztokem levandulového esenciálního oleje a 100% koncentrátem levandulového esenciálního oleje. Uvedené modifikace jsou navzájem nakombinované.

U první varianty, tedy testovací aršíky z čisté levandulové a lněné buničiny. Dle předpokladu molové se kontaktu s testovacím aršíkem papíru nevyhýbá. Fakt, že testovací aršík je z levandulové buničiny nehraje zde roli, neboť arch papíru nevyniká žádnou vůní typickou pro levanduli.

Druhá varianta, konkrétně k levandulové a lněné buničince je přidáno 1 % levandulového květu. Zde nastává změna v chování molů. V obou případech jsou dva ze tří molů od testovacího aršíku ve větší vzdálenosti. Tento typ modifikace testovacích aršíků vynikají slabší levandulovou vůní.

Třetí varianta se skládá z levandulové a lněné buničiny s příměsí 5 % levandulového květu. Nyní všichni jedinci šatního mola se drží ve větší vzdálenosti od testovacích aršíků. Testovací papíry vynikají intenzivnější vůní.

Čtvrtá varianta je opět z testovacích aršíků z čisté levandulové a lněné buničiny s aplikací 10% roztoku levandulového esenciálního oleje. Chování molů je obdobné jako u druhé varianty. Dva ze tří molů se drží ve větší vzdálenosti od testovacích aršíků. Roztok levandulového oleje je slabý, vůně papíru je též slabá.

Pátá varianta se skládá z levandulové a lněné buničiny, 1 % levandulového květu s obsahem 10% roztoku levandulového oleje. Jedinci mola šatního se chovají stejně jako u předchozí varianty.

Šestá varianta spočívá z levandulové a lněné buničiny s přísadou 5 % levandulového květu a 10% roztokem levandulového oleje. Vůně papíru je nyní silná, a to se odráží na chování molů. Jedinci se drží ve velké vzdálenosti od testovacích aršíků.

Sedmá varianta obsahuje opět čistou levandulovou a lněnou buničinu s aplikací 100% koncentrátem levandulového esenciálního oleje. Papíry nyní jsou cítit intenzivní vůní, která jedince šatního mola velice odpuzují, proto se molové drží dále od aršíků. Stejného efektu bylo docíleno i u dalších dvou variant, na které je též aplikován 100% koncentrát levandulového esenciálního oleje – lněná a levandulová buničina s 1 % či 5 % levandulového květu esenciálního oleje absolutně přebíjí původní vůni levandulového papíru.

Dle dosažených výsledků lze říci, že čistá buničina z levandule nemá žádný vliv proti molům. Kdežto jakmile se přidá k papíru vonná složka z květů levandule či levandulový olej, které jsou silně aromatické nastává předpokládané chování jedinců mola šatního – odpuzující účinek.



## 6.4 Stanovení mechanických vlastností papíru

Součástí této práce bylo ověření mechanických vlastností vyrobeného papíru. Testovací archy papíru z levandulové buničiny byly vyrobeny z jedné ze dvou várek. Testování aršíků proběhlo v laboratoři v papírně ve Štětí za správných podmínek stanovených normami. Pro testování mechanických vlastností bylo vytvořeno celkem devět testovacích aršíků o třech různých plošných hmotnostech. Konkrétní plošné hmotnosti papíru pro testování byly 80, 100 a 120 g·m<sup>-2</sup>. Pro porovnání mechanických vlastností se u jednotlivých druhů aršíků použila průměrná hodnota z daného měření. V rámci mechanických vlastností bylo testování zaměřeno na tržnou délku, relativní prodloužení, pevnost v tahu, indexu absorpce tažné práce, pevnost v průtlaku a propustnost pro vzduch.

S mechanickými vlastnostmi souvisí plošná hmotnost. Nejvíce kvalitní buničina, potažmo papír vzniká ze dřeva. Pokud buničina vzniká z lignocelulózových materiálů dá se říci, že mechanické vlastnosti jsou horší. Buničina vytvořená z jehličnanů dosahuje tržné délky 7,99 km, relativního prodloužení 3,2 %, pevnosti v tahu 78,4 Nm·g<sup>-1</sup> a indexu absorpce v tažné práce 1,78 J·g<sup>-1</sup> (Boček, 2003). Proto naměřené hodnoty nelze porovnávat s papírem vyrobeným z buničiny z jehličnanů, ale lze porovnat s jinými papíry, které jsou vyrobeny lignocelulózových materiálů, například kukuřice, cukrová třtina či rýžová sláma.

Když porovnáme hodnoty levandulové buničiny a kukuřičné buničiny. U kukuřičné buničiny (Hájková *et al.*, 2023) bylo dosaženo 5,42 km tržné délky, kdežto u levandulové buničiny bylo dosaženo největší hodnoty u 80 g·m<sup>-2</sup> a to 1,71 km.

Hodnoty relativního prodloužení levandulové buničiny jsou opět porovnány s kukuřičnou buničinou. Autoři u kukuřičné buničiny (Hájková *et al.*, 2023) naměřili hodnotu 3,42 %. U levandulové buničiny byla naměřena nejvyšší hodnota pro relativní prodloužení 0,59 % a to u 120 g·m<sup>-2</sup>.

U pevnosti v tahu můžeme porovnat hodnotu levandulové buničiny jak u kukuřičné buničiny (Hájková *et al.*, 2023), tak i u buničiny z rýžové slámy (Polyium *et al.*, 2019). U kukuřičné buničiny byla naměřena pevnost v tahu 83,16 Nm·g<sup>-1</sup> a u rýžové slámy je pevnost v tahu 95,33 Nm·g<sup>-1</sup>. Oproti uvedeným hodnotám, bylo u levandulové buničiny naměřena velmi malá hodnota. Nejvyšší naměřená hodnota je opět u 80 g·m<sup>-2</sup> a to 16,76 Nm·g<sup>-1</sup>. U buničiny z cukrové třtiny byla u stejné plošné hmotnosti 80 g·m<sup>-2</sup> naměřena velice nízká hodnota pevnosti v tahu, a to 4,13 Nm·g<sup>-1</sup> (Zhao, 2017).

Index absorpce tažné práce se opět objevuje u autorů (Hájková *et al.*, 2023) při testování kukuřičné buničiny. Zde autoři naměřili hodnotu 1,34 J·g<sup>-1</sup>. U levandulové buničiny je nejvyšší naměřená hodnota 0,08 J·g<sup>-1</sup> a to u 80 g·m<sup>-2</sup> papíru.

Naměřená pevnost v průtlaku patří mezi největší naměřené hodnoty. U kukuřičné buničiny (Hájková *et al.*, 2023) bylo naměřeno 257,18 kPa. U rýžové slámy (Jani & Rushdan, 2016) byla naměřena značně menší hodnota a to 5,70 kPa. U levandulové buničiny byla naměřena vyšší hodnota. Nejvyšší hodnota byla naměřena u papíru o plošné hmotnosti 120 g·m<sup>-2</sup> 36,17 kPa.

Hodnoty propustnosti pro vzduch u levandulové buničiny byly naměřeny maximální hodnoty u papíru 120 g·m<sup>-2</sup> 3,87 s. U kukuřičné buničiny byla naměřena hodnota 90,14 s. U rýžové slámy (Polyium *et al.*, 2019) byly naměřeny podobné hodnoty, a to 79,36 s.

Po porovnání veškerých naměřených hodnot se zdroji, můžeme zjistit, že kvalita mechanických vlastností levandulové buničiny jsou pro běžné použití papíru nedostatečné. Buničina z levandule by byla vhodná pro zvláštní druhy papíru.

## 7 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo porovnat různé druhy zpracování sušené levandule na papírenskou vlákninu, jako je použití levandulového květu či levandulového esenciálního oleje a jejich kombinace za účelem zjištění možnosti odpudivosti proti jedincům mola šatního.

Vedlejším cílem byla chemická delignifikace levandulové buničiny. Při chemické způsobu výroby buničiny byl zjištěn celkový výtěžek včetně množství neprovarů. Naměřené hodnoty byly nízké podle očekávání, neboť se jedná v našem prostředí o jednoletou rostlinu a pro ty je typická nízká výtěžnost při chemickém zpracování. Dále bylo zjištěno Kappa číslo, které bylo v porovnání s Kappa číslem buničiny jiných buničin. Výsledné Kappa číslo mělo opět nízkou hodnotu. Nízká hodnota je dána celkovým množstvím ligninu, které je u levandule, a i u jiných lignocelulózových materiálu menší než u našich dřevin, a zároveň způsobem delignifikace při procesu výroby buničiny.

Dalším vedlejším cílem v rámci zhodnocení kvality vytvořené levandulové papírenské vlákniny byly provést testování aršíků papíru na mechanické vlastnosti. Zkouška proběhla na ověření pevnosti v tahu, relativního prodloužení, tržné délky, indexu absorpce tažné práce, pevnosti v průtlaku či propustnosti pro vzduch. Obecně se dá říci, že papír z levandulové buničiny disponuje na rychle rostoucí rostlinu vyšší kvalitou než běžně užívaná sláma z rýže či bagasy.

Jak je již zmíněno výše, tak hlavním účelem této práce je zjištění odpudivosti proti molům u levandulového papíru. V rámci porovnání, zda ovlivňuje odpudivost už samotný vstupní materiál pro vznik papíru, byly vytvořeny testovací archy papíru z lněné buničiny. Stonky levandule, ze kterých vznikala buničina, během delignifikace ztratily i zbytky vonné esence, které na nich ulpěly z květů. Tedy testovací aršíky papíru bez jakékoliv modifikace neměly žádný účinek. V porovnání s lněnou buničinou, byly výsledky zcela totožné. Moli totiž zcela vůbec neodpuzovali.

Poté, co se do buničiny přidaly různá procentuální množství levandulových květů, oba druhy testovacích aršíků začaly mít lehkou aromatickou vůni. To už se na chování molů projevilo a došlo ke slabému odpuzování molů. Dále byly testovací papíry modifikovány esenciálním olejem, který byl už silně aromatizující. V tomto případě došlo již k úplnému odpuzení jedinců mola šatního. Pokud došlo v rámci testování ke kombinaci buničiny s určitým procentuálním množstvím levandulového květu a esenciálního levandulového oleje, byl efekt více znásoben, neboť právě aromatická složka z levandule má odpuzující účinek. Nikoliv buničina samotná.

Závěrem bych chtěla dodat, že hlavním zjištěným faktorem pro odpuzování molů šatních je právě aromatická složka, obsažena v levanduli. Samotná čistá levandulová buničina nemá na prevenci a odpuzování molů žádný vliv. Moli sice byli odpuzeni do jiné části v testovacím zařízení, ale levandule je pouze odpudí, nikoliv však vyhubí.

V další etapě výzkumu by bylo dobré se zaměřit na testování levandule proti plísním a lignotvorným či celulóztvorným houbám.

## 8 Literatura

Altmann, H. 2012. *Jedovaté rostliny, jedovatí živočichové*. Praha: Euromedia Group – Knižní klub, 159 s. ISBN 978-80-242-3324-6.

Bartoš, J; Verner, P. 1979. *Ochrana proti skladištním škůdcům a chorobám*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 344 s. ISBN 07-092-79.

Bellmann, H. 2015. *Nový průvodce přírodou hmyz*. Praha: Euromedia Group – Knižní klub, 256 s. ISBN 978-80-242-4708-3.

Bialoń, M.; Krzyško-Lupicka, T.; Novakowska-Bogdan, E.; Wieczorek, P. Chemical Composition of Two Different Lavender Essential Oils and Their effect on Facial Skin Microbiota. *Molecules* 2019, 24(18), 3270.

Bidar, L.; Noohi, N.; Dehkordi, M. H. Comparative Study of Antifungal Activity of Three Herbal Essential Oil of Thymus, Lavender, and Boswellia on Paper. *Journal of Research on Archaeometry* 2022, 8(2), 101–114.

Biermann, Ch. J. 1996. *Pulping Chemistry and Technology*. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG., str. 484. ISBN 978-3-11-021341-6.

BiOOO.cz. 2024. *LEVANDULE LÉKAŘSKÁ (LAVANDULA ANGUSTIFOLIA)* [online]. © Copyright BIOOO.CZ. [cit. 25.10.2023]. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/>.

Boček, S. *Použití sekundárních vláken ve výrobě pytlového papíru*. Diplomová práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003, 112 s.

Celyden.cz. 2018 *Léčivé bylinky-zdraví z přírody*. [online]. © Copyright Celyden.cz [cit. 10.11.2023]. Dostupné z: <https://lecive-bylinky.celyden.cz/levandule-lekarska/index.html>.

ČSN EN ISO 1924-2 (50 0340) *Papír a lepenka – Stanovení tahových vlastností*. Praha: Český normalizační institut, 2009.

ČSN ISO 302 (50 0258) *Buničiny. Určení čísla Kappa*. Praha: Český normalizační institut, 1993.

Ek, M.; Gellerstedt, G.; Henriksson, G. 1996. *Handbook of Pulping and Papermaking*. London: Academic Press Limited, 783 s. ISBN 978-3-11-021341-6.

Ek, M.; Gellerstedt, G.; Henriksson, G. 2009. *Paper Products Physics and Technology*. Stockholm: KTH – Royal Institute of Technology, 342 s. ISBN 978-3-11-021345-4.

Festy, D. 2019. *6 esenciálních olejů, bez kterých se neobejdete*. Praha: Via, 128 s, ISBN 978-80-7585-599-2.

- Gardenia.net. 2023. *Lavender Main Types* [online]. © Copyright 2023 [cit. 15.11.2023]. Dostupné z: <https://www.gardenia.net/guide/lavender-main-types>.
- Gerstmeier, R. 2023. *Hmyz – do kapsy*. Praha: Grada Publishing,a. s., 128 s. ISBN 978-80-271-3571-4
- Harding, J. 2016. *Esenciální oleje od A do Z*. Praha: Metafora, 288 s. ISBN 978-80-7359-502-9.
- Hájková, K. 2023. *Laboratorní návody k chemickým analýzám dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 110 s. Elektronická skripta.
- Hájková, K.; Jurczyková, T.; Filipi, M.; Bouček, J. Chemical pulp from corn stalks. *Biotechnology Reports* 2023, 37, e00786.
- Hájková, K.; Bouček, J.; Procházka, P.; Kalous, P.; Budský, D. Nitrate-Alkaline Pulp from Non-Wood Plants. *Materials* 2021, 14, 3673.
- Havličková, G. 2004. *Ruční výroba papíru*. Brno: Computer Press, 98 s. ISBN 80-251-0295-5.
- ISO 2758:2014 Paper – Determination of bursting strength*. Geneve: International Organization for Standardization, 2014.
- ISO 5636-5:2013 Paper and board– Determination of air permeance (medium range). Part 5: Gurley method*. Geneve: International Organization for Standardization, 2019.
- Janča, J.; Zentrich, J. 1995. *Herbář léčivých rostlin 3. díl*. Praha: EMINENT, 287 s. ISBN 80-85876-14-0.
- Jani, S. M.; Rushdan, I. Mechanical properties of beating pulp and paper from rice straw. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science* 2016, 44(1), 103–109.
- Jesser, E. N.; Wergin-Gonzalez, J. O.; Murray, A. P.; Ferrero, A. A. Efficacy of essential oils to control the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 2017, 20(4), 1122–1129.
- Kandirmaz, E. A.; Birtne, H.; Cigil, A.B.; Ozcan, A. pH-controlled lavender oil capsulation with ABA-type block copolymer and usage in paper coating. *Flavour and Fragrance Journal* 2020, 35(2), 174–281.
- Khel, R. 1999. *Poselství papíru*. Praha: Karolinum – nakladatelství Univerzity Karlovy, 332 s. ISBN 80-7184-684-8.
- Koničková, M. 2017. *Levandule recepty, návody a tipy pro pěstování, výrobu domácí kosmetiky, tvoření dekorací a vaření s levandulí*. Praha: Metafora, 128 s. ISBN 978-80-7359-546-3.

- Kunz, I. 2000. *Ruční papír jednoduše a tvořivě*. Uherské Hradiště: CFA+H, 53 s. ISBN 80-902637-5-5.
- levandulezmoravy.cz. 2023. *Levandulář – Lavandia s. r. o.* [online]. © Copyright Lavandia s. r. o. [cit. 25.10.2023]. Dostupné z: <https://www.levandulezmoravy.cz/levandular/>
- Macháň, J.; Slavětinský, L. 1990. *Nauka o materiálu pro 1. a 2. ročník SPŠG*. Praha: SPN, 299 s. ISBN 8004234550.
- manufaktura.cz. 2023. *Kosmetika Levandule* [online]. © Copyright 2023. [cit. 25.11.2023]. Dostupné z: <https://manufaktura.cz/nase-ingredience/levandule/>.
- Mašat, J. 1946. *O papíru: suroviny, strojní výroba, druhy papíru, zkoušení papíru*. Praha: Typografie. ISBN 2720157003.
- Milichovský, M.; Kadeřábek, V.; Murcková, E.; Tomis, B.; Gebrtová, J. 1979. *Návody pro laboratorní cvičení z chemické technologie papíru a celulózy*. Pardubice: Vysoká škola chemickotechnologická v Pardubicích, 88 s.
- Mohieldin, S. D. Pretreatment approaches in non-wood plants for pulp and paper production: A review. *Journal of Forest Products and Industries* 2014, 3(2), 84–88.
- Mountainvalleygrowers.com. 2023. *Organic Lavandula angustifolia Vera* [online]. © Copyright 1997–2023. [cit. 26.10.2023]. Dostupné z: <https://mountainvalleygrowers.com/organic-plants/lavandula-angustifolia-vera-vera-lavender/>.
- Novák, I.; Pokorný, V. 2003. *Atlas motýlů*. Praha; Litomyšl: Paseka, 268 s. ISBN 80-7185-569-3.
- Pokajewicz, K.; Bialoń, M.; Svydenko, L.; Fedin, R.; Hudz, N. Chemical Composition of the Essential Oil of the New Cultivars of *Lavandula angustifolia* Mill. Bred in Ukraine. *Molecules* 2021, 26(18), 5681.
- Polyium, U.; Thanapan, B.; Songsiri, W. Characterization of physical and mechanical properties of bleaching paper from rice straw. *Applied Mechanics and Materials* 2019, 891, 3–8.
- Ponec, J. 1982. *Motýle*. Bratislava: Obzor, 384 s. ISBN 65-006-82.
- Ponešová, A.; Tréglová, L. 2017. *Levandule*. Praha: Grada Publishing, a. s., 112 s.
- Popa, V. 2013. *Pulp Production and Processing: From Papermaking to High-Tech Products*. Shawbury: Smithers Rapra Technology Ltd., 542 s. ISBN 978-1-84735-633-8.
- Přichystal, J. *Analýza markerů pro charakterizaci levandule a levandulového oleje*. Bakalářská práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012, 89 s.

Rungwasantisuk, A.; Raibhu, S. Application of encapsulating lavender essential oil in gelatin/gum-arabic complex coacervate and varnish screen-printing in making fragrant gift-wrapping paper. *Progress in Organic Coatings* 2020, 149, 105924.

Saadatian, M.; Aghaei, M.; Farahpour, M. Chemical composition of lavender (*Lavandula officinallis* L.) extraction extracted by two solvent concentrations. *Global Journal of Medicinal Plant Research* 2013, 1(2), 214–217.

Saijonkari-Pakhala, K. *Non-wood Plants As Raw Materials For Pulp and Paper*. Ph.D.Thesis. Helsinki, Finland: The University of Helsinki, 2001, 101 s.

saloos.cz. 2023. *Levandule – Saloos.cz* [online]. © Copyright 2023. [cit. 3.12.2023]. Dostupné z: <https://www.saloos.cz/c/bio-telove-a-masazni-oleje/levandule-3>.

Sixta, H. 2006. *Handbook of pulp*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1369 s.

Sjöström, E.; Alén, R. 1999. *Analytical Methods in Wood Chemistry, Pulping, and Papermaking*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin. 327 s. ISBN 978-3-642-08317-4.

skudci.com. 2023. *Mol, Moli* [online]. © Copyright 2023 [cit. 1.12.2023]. Dostupné z: <https://www.skudci.com/mol-moli>.

Souček, M. 1977. *Zkoušení papíru*. Praha: SNTL, 344 s.

Stejskal. V. 1994. *Moli, červotoči a jiní škůdci materiálů v domácnostech, skladech a chalupách*. Praha: SCRIPTUM spol. s. r. o., 56 s. ISBN 80-85528-34-7.

*Tappi T 210 cm-13. Sampling and Testing Wood Pulp Shipments for Moisture*. Georgia: Tappi Press Atlanta, 2015.

Todorova, V.; Ivanov, K.; Georgieva, Y.; Karcheva-Bahchevanska, D.; Ivanova, S. Comparison between the Chemical Composition of Essential Oil from Commercial Products and Biocultivated *Lavandula angustifolia* Mill. *International Journal of Analytical Chemistry* 2023, 1997157.

Vostrejš, P. *Izolace ligninu z hroznových semen a jeho aplikace jako plniva pro polyhydroxyalkanoáty (PHA)*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2020, 82 s.

Wenzel, M. 2014. *Léčivé rostliny – Nejlepší využití pro zdraví celé rodiny*. Praha: Grada Publishing, a. s., 240 s. ISBN 978-80-247-5155-9.

zavznilevandule.cz. 2023. *Jednoduše milujeme LEVANDULI*. [online]. © Copyright 2021–2023. [cit. 2.11.2023]. Dostupné z: <https://zavunilevandule.cz/>.

Zelený, V. 2005. *Rostliny Středozeří*. Praha: Academia, 402 s. iISBN 80-200-1224-9.

Zhao, F. *Comparison between non-wood fiber paper and Finnish traditional wood-fiber paper by mechanical properties*. Master Thesis. Lappeenranta, Finland: LUT University, 2017.

Zinovyev, G. 2015: *The influence of delignification methods on the veral yield and quality of cellulose: a review*. (online) [cit. 13.3.2024] Dostupné z: [https://www.academia.edu/10363352/The\\_influence\\_of\\_delignification\\_methods\\_on\\_the\\_overall\\_yield\\_and\\_quality\\_of\\_cellulose\\_a\\_review](https://www.academia.edu/10363352/The_influence_of_delignification_methods_on_the_overall_yield_and_quality_of_cellulose_a_review).

Zuman, F. 1947. *Knížka o papíru*. Praha: Společnost přátel starožitností, 94 s.